

ПРОФ. В. Н. ВЕРХОВСКИЙ

ТЕХНИКА И МЕТОДИКА
ХИМИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА
В ШКОЛЕ

ПРОФ.
В. Н. ВЕРХОВСКИЙ
—
ТЕХНИКА
И МЕТОДИКА
ХИМИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА
В ШКОЛЕ
—

ТОМ
II

ТОМ
II

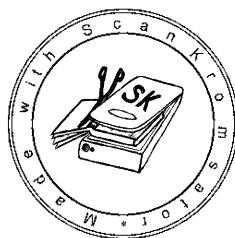
УЧПЕДАГИЗ • 1960

Проф. В. Н. ВЕРХОВСКИЙ

ТЕХНИКА И МЕТОДИКА ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ШКОЛЕ

ТОМ ВТОРОЙ

ИЗДАНИЕ ПЯТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ



Scan AAW

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
Москва 1960

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ТОМУ

Пятое издание второго тома «Техники и методики химического эксперимента» В. Н. Верховского подготовлено к печати кафедрой методики преподавания химии Ленинградского государственного педагогического института имени А. И. Герцена при участии кафедры общей химии.

В переработке и подготовке издания принимали участие: доцент В. А. Агаханянц («Металлы»), доцент М. А. Афанасьев («Галогены»), старший преподаватель П. В. Верещагин («Окислы, основания, кислоты, соли. Электролитическая диссоциация»), доцент Д. П. Королев («Сера и ее соединения»), ассистент Е. Ф. Ратч («Количественные соотношения при химических реакциях. Кислород»), доцент А. Д. Смирнов («Азот и его соединения»), доцент Г. М. Тулякова («Горение и окисление. Углерод»), старший преподаватель Е. Н. Федорова («Дисперсные системы. Растворы. Химическое равновесие»). Статья «Методические взгляды В. Н. Верховского и их современное значение» (в первом томе) написана П. В. Верещагиным.

В книге сохранен основной стиль изложения, принятый в свое время В. Н. Верховским, однако порядок расположения материала значительно отличается от предыдущих изданий. Устранена имевшая место ранее разбросанность отдельных вопросов. Однородный по содержанию материал объединен в соответствующих разделах, отчего книга получила большую стройность. Во все разделы внесено значительное количество нового экспериментального материала, разработанного сотрудниками кафедры или заимствованного из журнала «Химия в школе» и других изданий.

Устранен дублирующий и явно устаревший материал. Установленный объем тома и стремление сохранить основной текст В. Н. Верховского не позволили увеличить количество нового материала, тем не менее мы сочли необходимым включить ряд описаний новых опытов, связанных с изучением производственных процессов. Заново написаны разделы «Электролитическая диссоциация» (П. В. Верещагин), «Металлы» (В. А. Агаханянц), «Химическое равновесие» (Е. Н. Федорова).

Настоящее пятое издание второго тома является продолжением первого, выпущенного под нашей редакцией шестым изданием Учебно-педагогическим издательством в 1959 г.

Общая редакция тома принадлежит А. Д. Смирнову.

Кафедра методики преподавания химии

I. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

ВЕСОВОЙ СОСТАВ ВОДЫ

1. Синтез воды в эвдиометре

Опыт синтеза воды в эвдиометре может быть поставлен различно.

1. Опыт делается над ртутью. В эвдиометр собирается смесь кислорода и водорода в точном объемном отношении 1 : 2. Смесь получается электролизом воды в приборе Бунзена. После взрыва ртуть заполняет эвдиометр доверху. Над ртутью заметно ничтожное количество влаги. Опыт показывает, что при взрыве смеси двух объемов водорода и одного объема кислорода получается только вода.

Соблюдая все необходимые предосторожности, можно добиться, что после взрыва над ртутью остается лишь ничтожный пузырек газа. Это воздух, вполне избавиться от которого очень трудно.

2. Опыт производится над ртутью, но кислород и водород вводятся в эвдиометр каждый отдельно в отношении 1 : 2.

Точное отмеривание газов на уроке возможно лишь в эвдиометре Гофмана с трехходовым краном. В обычном эвдиометре Бунзена (рис. 1) нельзя отмерить газы с достаточной точностью, и после взрыва остается значительный пузырек — избыток одного из газов и воздух. В эвдиометре Гофмана, если газы достаточно чисты и объемы их точно отмерены, пузырек остается очень небольшой (рис. 2).

3. Опыт производится над ртутью или над водой, а кислород и водород берутся не в отношении 1 : 2, а в отношении 2 : 2 или 1 : 3. В первом случае после взрыва остается один объем кислорода, во втором — один объем водорода. При такой постановке опыта можно пользоваться любой системой эвдиометра, вплоть до самодельного.

При указанных соотношениях объемов газов не возникает вопрос об оставшемся пузырьке, всегда смущающем учащихся. Кроме того, нанеся на эвдиометр краской грубые видимые изда-

ли деления, можно опыт сделать более наглядным. Эти деления имеют преимущество в том, что они скрадывают неизбежную небольшую неточность в отмеривании газов и после взрыва уровень жидкости в эвдиометре устанавливается примерно против нужного деления в пределах ширины нанесенной на эвдиометр черты.

Если опыт производится над ртутью, то лучше пользоваться эвдиометром Гофмана, в котором удобно измерять объемы газов, приводя их к атмосферному давлению.

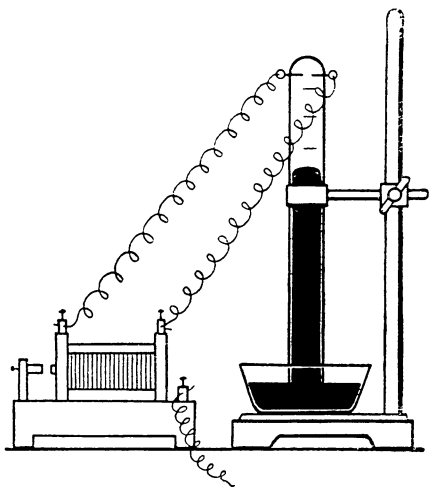


Рис. 1. Эвдиометр Бунзена с индуктором.

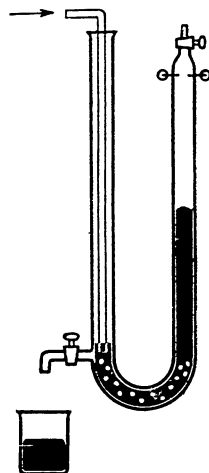


Рис. 2. Эвдиометр Гофмана.

При опытах с водой приведение к атмосферному давлению несущественно (см. т. I, стр. 518, примечание), и потому можно пользоваться упрощенным или самодельным эвдиометром типа эвдиометра Бунзена.

Для того чтобы вызвать взрыв смеси газов в эвдиометре, обычно пользуются каким-либо **индуктором** (см. т. I, стр. 332). Достаточно, если индуктор даст искру 0,5—1 см длиной. Вполне пригодна, например, маленькая индукционная катушка с простым молоточковым прерывателем.

Зажимы вторичной обмотки индуктора соединяются кусками проволоки с ушками эвдиометра (рис. 1). Проволока может быть совсем тонкая и изолированная. Обе проволоки должны быть натянуты так, чтобы расстояние между ними нигде не было меньше, чем искровой промежуток индуктора. Проволоки нигде не должны касаться штатива и других приборов, которые могли бы дать соединение с землей.

Нет надобности заботиться о хорошем контакте. Достаточно загнуть концы проволоки крючками и зацепить один конец за ушко эвдиометра, другой за зажим индуктора.

Даже и при маленькой катушке не следует приближать руку к проводам во время действия прибора.

Ток в первичной цепи включается на очень короткое время, и, как только произойдет взрыв, ток выключается (пояснения к обращению с индукторами см. в т. I, стр. 332—338).

Вместо индуктора можно воспользоваться обычно имеющейся в физическом кабинете **электрической машиной**. Взрыв можно вызвать или непосредственно соединяя эвдиометр с кондукторами машины, или зарядив при помощи электрической машины **лейденскую банку** (рис. 3).

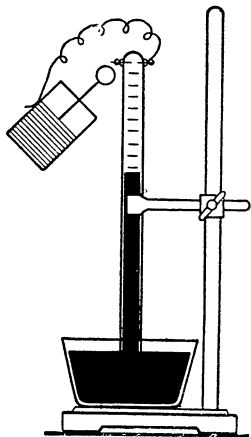


Рис. 3. Эвдиометр Бунзена с лейденской банкой.

Наконец, лейденскую банку можно зарядить при помощи электрофора. За неимением готового электрофора его готовят. На чугунной сковороде расплавляется канифоль, которой дают медленно остыть. На остывшую канифоль кладется соответствующего размера жестяной или цинковый кружок, к середине которого приплавлена в качестве ручки палочка сургуча.

Электрофор заряжается трением поверхности канифоли куском меха.

Мех при этом не следует плотно прижимать к электрофору. Лучше всего ударять мехом по поверхности электрофора, держа мех за край. После того как электрофор заряжен, на него кладется металлический круг. К поверхности круга прикасаются пальцем, чтобы снять заряд с его верхней поверхности, а затем круг поднимают и касаются его краем шарика лейденской банки, затем опять кладут круг на канифоль, снова снимают пальцем заряд и опять подносят край круга к шарика лейденской банки. Это повторяют раз 20—30. Предварительным опытом необходимо убедиться, сколько раз надо поднести к банке кружок, чтобы банка затем дала достаточно сильную искру.

Разряд лейденской банки через эвдиометр производят следующим образом.

К одному платиновому ушку эвдиометра прикрепляется конец тонкой проволочки или цепочки; противоположный конец ее прижимается рукой к обкладке лейденской банки, и шарик лейденской банки подносится ко второму платиновому ушку эвдиомет-

ра (рис. 3). Между концами платиновых проволочек проскакивает искра, и происходит взрыв.

В самодельном эвдиометре взрыв можно вызвать не искрой, а накаливанием проволочки (см. ниже).

Продельвая опыт с новым, еще не испытанным эвдиометром, необходимо принять *меры предосторожности*. Для этого эвдиометр или окружают достаточно частой медной сеткой, или покрывают толстостенным батарейным стаканом, который, однако, не должен касаться эвдиометра. Пользуясь затем эвдиометром, не следует наполнять его большим количеством газовой смеси, чем при испытании.

○ 4. Опыт в эвдиометре Бунзена над ртутью. **Эвдиометр Бунзена** представляет собой толстостенную градуированную трубку, в верхний запаянный конец которой вплавлены две платиновые проволочки, изогнутые или прямые (рис. 4). Вместо обычного эвдиометра Бунзена можно воспользоваться простейшим школьным эвдиометром (см. т. I, стр. 337).

Эвдиометр наполняется над ртутью гремучим газом (правила обращения со ртутью см. т. I, стр. 50). Между проволочками пропускается электрическая искра. Происходит взрыв, газы соединяются, образуя воду, и ртуть в трубке поднимается доверху.

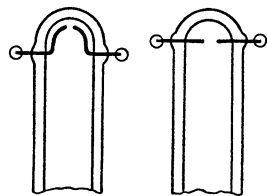


Рис. 4. Проволочки, впаянные в эвдиометр.

В качестве **ванны** для наполнения эвдиометра ртутью, а также и для самого опыта лучше всего воспользоваться цилиндром с расширением наверху (рис. 5) или бокалом, но, если ртути мало, можно обойтись и небольшой ванной в виде толстостенной стеклянной чашки диаметром 9—10 см, обрезанной склянки и т. п.

Прежде чем наполнить эвдиометр ртутью, его следует тщательно вымыть и протереть фильтровальной бумагой, наверху на палочку, или, лучше, сполоснуть спиртом и продуть через трубочку с ватой воздух, лучше без нагревания. Протирать эвдиометр в том месте, где проволочки, следует осторожно, чтобы не соединить и не раздвинуть их концы. К нижнему концу эвдиометра можно притереть стеклянную **пластинку**.

Наполнив эвдиометр ртутью, закрыть его конец притертой пластинкой, пальцем или пробкой и перенести в ванну. Наполнение следует производить на **подносе**.

Ртуть, как служащая для наполнения эвдиометра, так и в ванне, должна быть чистая. Наливать ртуть следует осторожно, держа эвдиометр наклонно, чтобы ртуть лилась спокойной струей и не увлекала с собой много воздуха.

Укрепить эвдиометр на штативе, в х о р о ш е м зажиме с пробками так, чтобы нижний конец эвдиометра был недалеко от поверхности ртути в ванне.

Опыт. Подвести под эвдиометр газоотводную трубку прибора Бунзена (см. т. I, стр. 510) или упрощенного прибора для получения гремучего газа (см. т. I, стр. 503) и заполнить газом эвдиометр на 10—15 см его высоты. Из прибора для получения гремучего газа должен быть предварительно совершенно вытеснен весь воздух, для чего прибор должен работать некоторое время (минут 10—15) до начала опыта.

Если эвдиометр погружен в цилиндр со ртутью (рис. 5), то, прежде чем взрывать гремучий газ, необходимо опустить эвдиометр настолько, чтобы он на 4—5 см не доходил до дна цилиндра, и затем хорошо укрепить его в зажиме штатива, лучше — в двух. Эвдиометр должен находиться в самой середине цилиндра и ни в коем случае не касаться стенок цилиндра. Иначе от толчка при взрыве эвдиометр или цилиндр могут быть разбиты.

Если в качестве сосуда со ртутью воспользоваться низкой ванной, то необходимо принять меры, чтобы во время взрыва газы не выбросило из эвдиометра и чтобы после взрыва верхушку эвдиометра не разбило ударом ртути с силой, устремляющейся в образовавшееся разреженное пространство. Для этого под конец эвдиометра подводится резиновая пробка большего диаметра, чем эвдиометр. В пробке следует сделать по диаметру прорез, как показано на рисунке 6, чтобы отверстие эвдиометра не было закрыто пробкой вполне. Иначе после

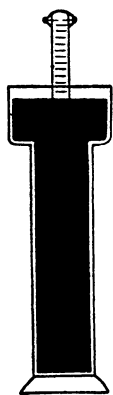


Рис. 5. Ванна для эвдиометра Бунзена.

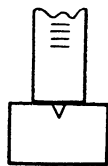


Рис. 6. Пробка для упора конца эвдиометра.

взрыва, пока над ртутью остается разреженное пространство, успевают подняться в эвдиометр несколько пузырьков воздуха, всегда остающихся на поверхности пробки. Если же в пробке сделаны прорезы, то ртуть хотя и не моментально, но быстро поднимается вверх, и если в эвдиометр и попадает воздух, то в ничтожном количестве. В то же время через прорез во время взрыва не выбрасываются газы. Эвдиометр плотно прижимается к пробке и хорошо укрепляется в зажиме штатива.

После этого производится взрыв. Взрыв в эвдиометре почти беззвучный, и о нем можно судить главным образом по сотрясению всего прибора и вспышке внутри него.

Сейчас же после взрыва ртуть поднимается до верха эвдиометра, где собирается и небольшое количество образовавшейся воды. Обыкновенно, несмотря на все предосторожности, остается

ся более или менее незначительный пузырек газа. Это попавший в эвдиометр воздух.

Если у эвдиометра обломано одно или оба колечка выведенных наружу проволочек, можно присоединить провода при помощи двух комочков алюминиевой фольги (например, от конфет), прижатых к концам проволочек резиновым кольцом. Для разряда высокого напряжения такой контакт вполне достаточен.

Эвдиометр для описанного опыта может быть и неградуированный.

За неимением ртути опыт, как было указано, можно производить и **над водой**. Вода должна быть очень хорошо предварительно прокипячена для удаления растворенного воздуха и затем остужена. В качестве сосуда можно взять достаточно глубокую банку, которая может заменить цилиндр с расширением.

○ 5. Опыты с эвдиометром типа Гофмана, видоизмененным М. М. Гостевым (рис. 7). Прибор состоит из U-образной трубки с двумя кранами — один внизу у левого колена трубки и другой сверху у правого колена, имеющего тройничок. В правом колене сверху два электрода. Это колено проградуировано через 2 см^3 . Эвдиометрическая трубка укреплена на деревянной подставке.

Опыт в этом приборе производят следующим образом. Открывают верхний кран и наполняют через воронку оба колена эвдиометра чистой ртутью, которой требуется около 550—560 г, это совсем немного по сравнению с другими конструкциями приборов этого назначения. Закрыв после наполнения ртутью эвдиометра верхний кран, открывают нижний и выливают в подставленную чашку ртуть из воронки и части левого колена. Через тройничок с помощью резиновой трубочки впускают в правое колено гремучий газ, полученный при разложении воды в электролизере, или отдельно кислород из газометра и водород из прибора, где он получается.

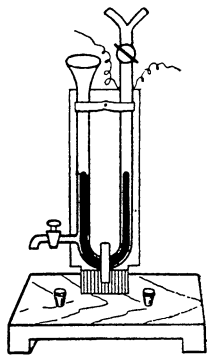


Рис. 7. Эвдиометр типа Гофмана, видоизмененный Гостевым.

Водород перед впуском в эвдиометр необходимо предварительно очистить, пропустив через концентрированную серную кислоту. Во избежание неточности при выпуске определенных объемов газа каждый раз вытесняют из тройника током впускаемого газа предыдущий газ (воздух или кислород).

Закрыв правый кран, спускают после наполнения эвдиометра газами поднявшуюся в левом колене его ртуть. Отверстие воронки следует закрыть небольшим комочком ваты во избежание выбрасывания ртути при взрыве.

Вызвать образование искры в эвдиометре можно различными путями: от электростатической машины, от небольшого индуктора, дающего искру около 2 см (при мощной искре электроды могут расплавиться), или, наконец, с помощью лейденской банки, заряженной от той же электростатической машины или даже от электрофора.

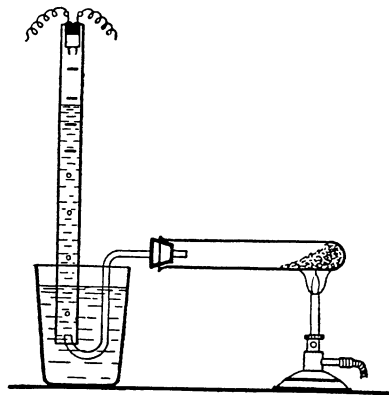


Рис. 8. Упрощенный эвдиометр.

При производстве опыта следует помнить, что испарения ртути очень ядовиты, и поэтому нужно тщательно следить, чтобы она не пролилась и капельки ее не остались где-нибудь в углублениях стола или пола. Во избежание этого следует поставить эвдиометр перед взрывом на поднос, с которого уже потом тщательно

собрать ртуть, если она прольется.

●● 6. Опыт с упрощенным эвдиометром. За неимением продажного эвдиометра можно сделать упрощенный эвдиометр из стеклянной трубки (рис. 8). Трубку следует взять неширокую — с наружным диаметром около 1 см и не тонкостенную (обыкновенную). К трубке подобрать хорошую корковую пробку. Пробку обрезать так, чтобы ее можно было вдвинуть в трубку целиком. В пробку вставить две тонкие железные или медные проволочки, которые изогнуть так, как на рисунке 9.

Чтобы потом проволочки не могли поворачиваться в пробке, у них делают резкий перегиб, как показано на отдельно изображенной (рис. 9) проволочке. Пробка с вставленными в нее проволочками вводится внутрь трубки. После установления проволочек сверху пробка заливается слоем менделеевской замазки (изображено на рис. 9 черным). Таким способом проволочки прочно закрепляются на своем месте.

При небольшом диаметре трубки она легко выдерживает взрыв. Не нужно, конечно, впускать в нее много гремучего газа (7—8 см по длине трубки).

Преимущество такого эвдиометра в том, что он не требует много ртути. Его можно сделать длиной 15—20 см. Можно пользоваться вместо ртути предварительно прокипяченной водой.

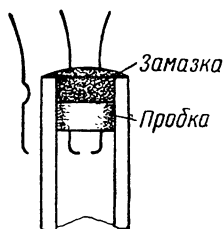


Рис. 9. Укрепление проволочек в пробке упрощенного эвдиометра.

Если брать очень немного газа, то можно пробку не заливать менделеевской замазкой, а только очень плотно вставить.

На трубке следует нанести грубые деления, как на рисунке 8. Деления не должны соответствовать определенному объему, а только должны быть расположены на равных расстояниях по длине трубки на $1\frac{1}{2}$ —2 см одно от другого. Нанести деления можно эмалевой краской, наклеенными бумажными полосками, покрытыми затем лаком, и т. п. Можно также надеть на трубку несколько колечек, отрезанных от широкой резиновой трубки.

Лучше всего нанести четыре деления и брать два объема кислорода и два объема водорода или один объем кислорода и три объема водорода. После взрыва остается один объем кислорода или водорода. Преимущества такой постановки опыта заключаются в следующем: 1) опыт более безопасен, чем при отношении 1 : 2, и 2) как уже сказано, уровень ртути или воды обычно довольно точно устанавливается на первом делении, тогда как, если брать отношение 1 : 2, кроме воды, обычно остается более или менее значительный пузырек газа.

Лабораторный опыт обычно производится с водой.

Опыт. Наполнить **эвдиометр** (рис. 8) водой и опрокинуть в **стакан** или лучше в глубокую банку с водой.

Поместить в пробирку немного **марганцовокислого калия**, вставить пробку с газоотводной трубкой и нагревать, пока не пойдет чистый **кислород** (испытание лучинкой). Нагревать слабо, чтобы кислород выделялся медленно. То подводя конец газоотводной трубки под эвдиометр, то отводя в сторону, впустить в эвдиометр точно два (или один) объема кислорода.

При помощи прибора для получения **водорода** таким же образом впустить два (или три) объема водорода (предварительно испытав его на чистоту).

Получить от преподавателя заряженную **лейденскую банку**, соединить ее обкладку с одной проволочкой эвдиометра и поднести шарик к другой (рис. 3). Наблюдать взрыв.

Закрывать конец эвдиометра под водой пальцем, перевернуть и глеющей **лучинкой** обнаружить, какой газ остался в избытке.

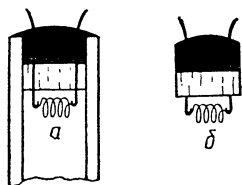
Ставя лабораторный опыт, можно производить взрыв на всех столах одновременно (П. В. Верещагин). Для этого от эвдиометра к эвдиометру протягиваются тонкие провода (например, для радио), которые присоединяются к небольшому индуктору.

Взрыв в самодельном эвдиометре можно произвести не только с помощью искры, но и с помощью тонкой проволоки, накаленной электрическим током (Петров). Тонкая (0,1—0,2 мм) железная или алюминиевая проволочка длиной 6—10 см изгибается в виде спирали, концы которой зажимаются между загнутыми концами двух более толстых проволок (медных или железных), вставлен-

ных в пробку эвдиометра (рис. 10). Пробка заливается менделеевской замазкой.

Для приготовления спирали годится балалаечная струна «ля». Витки спирали должны быть крупные (0,5—1 см в диаметре) и не слишком плотные, чтобы между ними не задерживалась вода при наполнении эвдиометра газом.

Для укрепления спирали удобнее всего поступить следующим образом: сначала подбирается подходящая пробка, которая хорошо обминается. От пробки отрезается кусок



длиной около 1 см. В пробку вставляются толстые (0,5—1 мм) проволоки, изогнутые выше пробки, как на рисунке 10, нижние концы оставляются прямыми. Пробка с проволоками вставляется в трубку, как показано на рисунке 10, а. Затем пробка заливается менделеевской замазкой, которая накладывается в трубку кусочками и затем расплавляется с помощью пламени спиртовки или горелки, отклоняемого вниз паяльной

Рис. 10. Верх эвдиометра, по Петрову.

трубкой (см. т. I, стр. 237). После того как замазка застынет, конец трубки нагревается до начала плавления замазки и пробка вместе с замазкой выталкивается из трубки деревянной палочкой. Теперь проволоки плотно держатся в полученном «пыже», и в них легко вставить спиральку. Для этого концы проволок загибаются кверху, на загибы помещается спиралька из тонкой проволоки (рис. 10, б) и концы толстой проволоки плотно прижимаются к ней плоскогубцами.

После этого конец трубки эвдиометра нагревается и в него вставляется «пыж» с проволочками, и замазка снова нагревается. Она должна хорошо приплавиться к стеклу.

За неимением менделеевской замазки пробку можно залить сургучом, канифолью или серой тем же способом, что и менделеевской замазкой.

Для накаливания спиральки указанных размеров достаточно одного аккумулятора или 1—2 гальванических элементов (см. т. I, стр. 328). Полезно включить спираль через реостат. Для взрыва достаточно красного каления. После взрыва ток сейчас же выключается.

2. Синтез воды по Дюма (качественный опыт)¹

●● 1. Для опыта следует приготовить или заказать тугоплавкую трубку А, оттянутую и изогнутую, как на рисунке 11.

¹ Проф. В. Н. Верховский, Техника и методика химического эксперимента в школе, т. I, Учпедгиз, 1959, стр. 508.

Длина трубки — 17—18 см, наружный диаметр — около 1,5—2 см, наружный диаметр оттянутого кончика — 0,3—0,4 см.

В изогнутый конец трубки вложить комочек асбестовой или стеклянной ваты и насыпать зернистой окиси меди (сиргит оху-

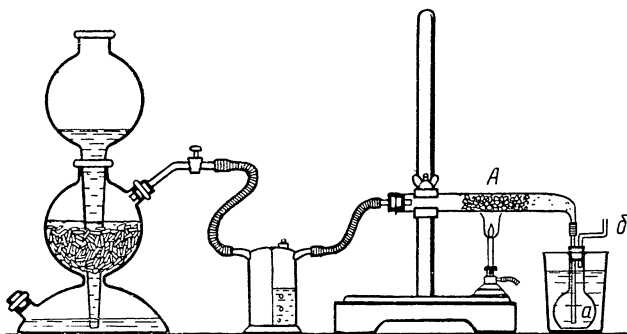


Рис. 11. Восстановление окиси меди водородом с собиранием воды.

datum granulatum pro analysi). Затем вложить еще комочек асбестовой или стеклянной ваты и закрыть трубку хорошей пробкой со вставленной стеклянной трубкой 4—5 см длиной. Между пробкой и ватой в трубке должно остаться свободное пространство около 3 см, чтобы пробка не горела при нагревании трубки. Трубку укрепить в зажиме штатива слегка наклонно, как на рисунке, и вставленную в пробку трубочку соединить с **водородным прибором** (Киппа или Сент-Клер Девиля).

При качественном опыте нет необходимости очищать водород. Поэтому достаточно поставить только одну склянку Тищенко или какую-либо другую **промывную склянку** (см. т. I, стр. 256) с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84), чтобы следить за током газа и осушать его.

Для собирания образующейся воды присоединить к изогнутому концу трубки с окисью меди маленькую (на 50—60 мл) колбочку или пробирку (рис. 11), баночку и т. п. с двумя вставленными в пробку трубочками. Одна из них *а* (рис. 11), опущенная почти до дна колбы, соединяется с трубкой для восстановления, другая изогнутая *б* служит для отвода избытка водорода. Колбочка ставится в стакан с водой и присоединяется на каучуке к трубке для восстановления.

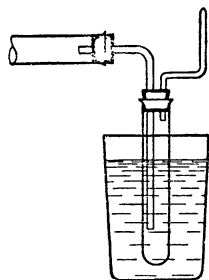


Рис. 12. Пробирка, заменяющая колбу в приборе, изображена на рисунке 11.

Соединяемые трубки должны упираться друг в друга, чтобы колбочка не всплывала.

Собрав прибор, испытать, держит ли он (см. т. I, стр. 271).

Опыт. Собрать прибор и пустить через него быстрый ток водорода. Через некоторое время *испытать*, вытеснен ли весь воздух. Когда проба покажет, что весь воздух вытеснен, зажечь водород (*правила!* т. I, стр. 51). Немного ослабить ток водорода, который все-таки может быть довольно быстрым, и начать нагревать (осторожно, трубка толстостенная!) окись меди с того конца, который ближе к водородному прибору. От времени до времени следует прогревать и остальную часть трубки, чтобы в ней не скопьялась вода. Горелка должна быть хорошая. Спиртовая лампочка для опыта малопригодна. Если у горелки есть насадка для плоского пламени, то ее следует надеть, чтобы прогревать трубку на большем пространстве. Тогда восстановление пойдет скорее. Наблюдать, что происходит с пламенем водорода.

Когда большая часть или вся окись меди восстановится, прекратить нагревание и, ослабив ток водорода, но не прекращая его, оставить медь остывать. Когда трубка остынет настолько, что ее можно будет взять в руки, прекратить ток водорода, разобрать прибор, вынуть пинцетом вату и высыпать восстановленную медь в чашку или на блюдечку. Показать учащимся восстановленную медь и полученную воду. Восстановленная медь может быть затем окислена в струе кислорода (см. ниже) и опять служить для того же опыта.

За неимением трубки с оттянутым концом можно воспользоваться шариковой или прямой тугоплавкой трубкой. В крайнем случае можно взять и легкоплавкую трубку, но тогда придется при нагревании следить, чтобы она не размягчилась и не раздулась. Можно, наконец, воспользоваться железной трубкой и жаровней (см. т. I, стр. 163).

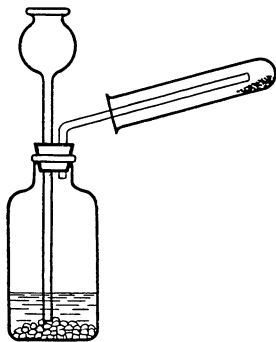


Рис. 13. Восстановление окиси меди водородом в пробирке.

За неимением зернистой окиси меди можно воспользоваться и порошкообразной, но полученная медь не будет иметь такого характерного металлического вида, как в первом случае. Порошкообразную окись меди не следует насыпать в трубку плотно. Над слоем порошка должен оставаться свободный проход для газа. Этого легко достигнуть, если, держа трубку горизонтально, ударять по ней сбоку рукой.

Полезно иметь вторую запасную приготовленную трубку с окисью меди, на

случай если первая лопнет. Эта запасная трубка может служить для демонстрации окиси меди до опыта.

● 2. Наиболее простая постановка опыта для лабораторного урока изображена на рисунке 13.

Пробирка (обыкновенная) с окисью меди надевается на наклонную газоотводную трубку прибора для получения водорода. Наклон должен быть таков, чтобы окись меди не съезжала вниз по пробирке. Для нагревания годится спиртовая лампочка.

Опыт. Налить в прибор кислоты. Испытать, чистый ли идет водород (см. т. I, стр. 489).

Когда пойдет чистый водород, насыпать в пробирку очень немного **зерновой окиси** меди и надеть пробирку на конец газоотводной трубки, как показано на рисунке. Надевать осторожно, чтобы окись меди не съехала вниз.

Нагреть то место пробирки, где находится окись меди (не прогревать всю пробирку). Что делается с окисью меди? Что замечается на холодных стенках пробирки? Почему? Дать остыть пробирке, не прекращая тока водорода. Высыпать и рассмотреть полученное вещество.

3. Синтез воды по Дюма (количественный опыт)

● Опыт может дать хорошие результаты только в том случае, если имеются достаточно **точные весы** с чувствительностью не менее 1—2 мг, например так называемые химико-технические весы (см. т. I, стр. 289).

Водород берется из сильного **автоматического прибора** (см. т. I, стр. 254). Водород должен быть чистый и сухой, для чего его пропускают через ряд **промывных склянок**. На рисунке 14 изображены склянки Тищенко. Их можно заменить любыми другими.

В первую склянку наливается раствор **марганцовокислого калия** (*kalium hypermanganicum*) 1 : 10, подкисленный несколькими миллилитрами серной кислоты 1 : 5. Во вторую — раствор **едкого натра** (*natrium oxydatum hydricum*). В третью — **концентрированную серную кислоту** (уд. в. 1,84). Вместо серной кислоты можно взять обезвоженный зерненный **хлористый кальций** (*calcium chloratum siccum granulatum*), которым наполнить склянку Тищенко (как на рис. 14), колонку и т. п. (см. т. I, стр. 269). Можно воспользоваться бусами, смоченными серной кислотой.

Хлористый кальций можно взять крупнозернистый, какой поступает в продажу, но лучше отсеять и взять с зерном среднего размера.

Трубка для окиси меди берется такая же, как для предыдущего опыта (стр. 13).

Для соби́рания и поглоще́ния воды служат две **дугообразные трубки** высотой около 12 см. К трубкам следует подобрать очень хорошие корковые или лучше резиновые пробки, в которые вставить трубочки, как на рисунке 14.

В первую трубку вкладывается сначала **комочек ваты**, который продвигается настолько, чтобы на него можно было опустить маленькую **пробирочку** (рис. 14), в которой собирается жидкая вода. Остальная часть трубки заполняется отсеянным мелкозернистым хлористым кальцием, поверх которого опять

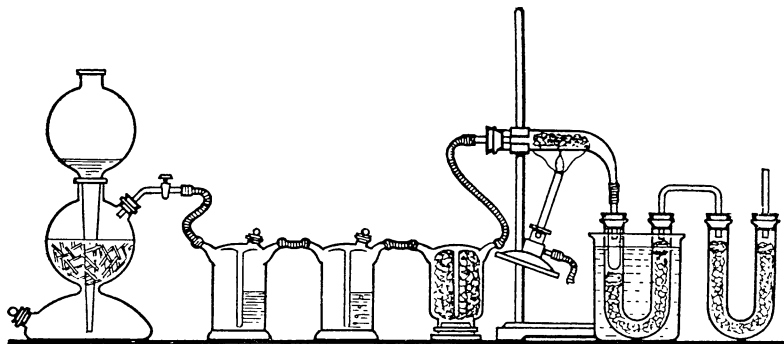


Рис. 14. Синтез воды по Дюма.

кладется **комочек ваты**. Вторая трубка нацело заполняется хлористым кальцием, который прикрывается сверху комочками ваты. По наполнении хлористым кальцием поглотительный прибор, состоящий из двух дугообразных трубок, сейчас же собирается и на концы трубок надеваются **обрезки каучука**, которые закрываются оплавленными **кусочками стеклянной палочки**, чтобы хлористый кальций не поглощал влаги из воздуха. Такие же колпачки нужно приготовить и для трубки с окисью меди. Трубка, соединяющая дугообразные трубки с трубкой для восстановления, должна опускаться во вставленную в первую дугообразную трубку пробирочку (рис. 14). Наружный конец этой трубки присоединяется к трубке для восстановления на стык.

При работе с дугообразными трубками надо иметь в виду, что они очень легко ломаются в месте изгиба. При наполнении или вытирании одного колена нельзя держать трубку за другое колено, а надо держать за то же самое.

Прежде чем производить опыт, необходимо собрать весь прибор и испытать, держит ли он.

Для этого следует поступать так. Закрывать пальцем конец последней дугообразной трубки и пустить ток водорода. Если прибор держит, то через промывные склянки вначале будут идти

пузырьки водорода, но затем ток водорода быстро начнет ослабевать и, наконец, совсем прекратится. Если ток газа не прекратится, это значит, что прибор не держит. Чтобы узнать, где пропускает прибор, следует действовать систематически. Сначала отделить последнюю дугообразную трубку и повторить испытание, затем — вторую дугообразную трубку и снова повторить испытание и т. д., пока, наконец, не будет обнаружено место утечки газа. Добившись, что в этом месте прибор начнет держать, следует затем опять постепенно присоединять дальнейшие приборы, каждый раз производя испытание.

Если пробки корковые, то лучше произвести сначала испытание до наполнения дугообразных трубок, а по наполнении еще раз проверить.

Убедившись, что прибор держит, приступить к опыту.

Опыт. Приступая к опыту, нужно прежде всего удалить из подлежащих взвешиванию приборов, т. е. из трубки с окисью меди и из поглотительных трубок, оставшийся в них после испытания водород, продув их сухим воздухом. Вообще эти приборы при всех взвешиваниях должны находиться в одинаковых условиях, а именно наполненными сухим воздухом, так как иначе может получиться разница в их весе. Трубку с окисью меди полезно, кроме того, прогреть для удаления из окиси меди и из асбестовой ваты гигроскопической воды.

Для сушения воздуха можно воспользоваться промывной склянкой с серной кислотой от прибора для очистки водорода или, если у прибора склянка с хлористым кальцием, особой промывной склянкой с концентрированной серной кислотой.

Для продувания можно воспользоваться или **резиновым баллоном** (см. т. I, стр. 133, рис. 95), или газометром с воздухом. Присоединив баллон или газометр к промывной склянке, соединить последнюю сначала с поглотительными трубками. Пропускать несколько минут небыстрый ток воздуха (с такой скоростью, чтобы можно было считать проходящие через склянку пузырьки) и затем отделить поглотительный прибор и сейчас же закрыть концы трубок приготовленными колпачками.

Таким же образом продуть и трубку с окисью меди, которую следует хорошо прогреть горелкой.

Оставить трубку остывать, не отделяя от промывной склянки, и, когда она совсем остынет, еще некоторое время продувать через нее сухой воздух (если продувание производится при помощи газометра, то оставить трубку остывать под током сухого воздуха). Затем закрыть концы трубки приготовленными колпачками.

Пока остывает трубка с окисью меди, взвесить на точных весах поглотительные трубки (не различая их). Лучше всего подвесить их на проволочном крючке. Записать вес.

Когда совсем остынет восстановительная трубка, взвесить и ее. Записать вес.

Снять с восстановительной трубки и с поглотительных трубок колпачки и положить их на бумажки с надписями, чтобы не перепутать.

Снова собрать прибор. Трубку с хлористым кальцием, в которой будет собираться в маленькой пробирке вода, погрузить в **стакан с холодной водой** (см. рис. 14) так, чтобы не замочить пробки.

Внимательно проверить, правильно ли составлены все части аппарата, еще раз испытать, держит ли прибор, и начать пропускание водорода (слабой струей).

Когда воздух из прибора будет окончательно вытеснен (*проба!* См. т. I, стр. 480), приступить к нагреванию трубки с окисью меди. Сначала прогревать ее очень осторожно (толстостенная трубка!) на всем протяжении, затем усилить нагревание той части окиси меди, которая находится ближе к водородному прибору, не переставая, однако, время от времени прогревать окись меди на всем ее протяжении.

Когда окись меди будет восстановлена, перегнуть всю воду из конца трубки с окисью меди в поглотительные трубки, прогревая трубку с окисью меди ближе к оттянутому ее концу (однако осторожно, чтобы не сжечь резину) и продолжая пропускать водород.

Когда вся вода будет выгнана из трубки с окисью меди, ослабить ток водорода.

Не прекращать пропускания водорода, пока трубка не охладится настолько, что не будет теплой на ощупь.

Когда трубка вполне охладится, продуть сразу восстановительную и поглотительные трубки током сухого воздуха, как было указано выше.

Отделить восстановительную и поглотительные трубки и надеть на концы их колпачки. Очень осторожно, не наклоняя, сухо вытереть чистым полотенцем поглотительную трубку, которая была в холодной воде.

Взвесить восстановительную и поглотительные трубки. Записать вес.

Найти вес образовавшейся воды, вес кислорода, вошедшего в состав образовавшейся воды, вес водорода в образовавшейся воде и затем:

- 1) вычислить весовое количество кислорода, приходящееся на одну весовую часть водорода;
- 2) вычислить на основании данных произведенного опыта процентное содержание водорода и кислорода в воде;
- 3) рассчитать процентный состав воды по формуле H_2O и сравнить полученный результат с результатом работы.

Полученная медь может быть затем опять окислена в струе кислорода (см. стр. 71), и та же трубка без переснаряжения опять может служить для опыта восстановления.

4. Термическая диссоциация водяного пара

Сущность этого явления сводится к тому, что при температуре в 1000° и выше вода разлагается на водород и кислород, образуя гремучий газ. Чтобы доказать это, можно сделать опыт. Для этого в колбу объемом 400—500 мл вводят кусок никромовой спирали от электрической плитки, которая закрепляется у концов толстых медных проволок, пропущенных через пробку (рис. 15). Спираль накаливается током от осветительной сети. В цепь включается реостат. В пробку колбы вставляется газоотводная трубка, конец которой погружается в ванну с водой. Газы, образующие гремучую смесь, собираются под водой в небольшой стеклянный цилиндр или пробирку.

Опыт. Нагреть воду в колбе до кипения и, когда весь воздух будет вытеснен (от конца газоотводной трубки перестанут подниматься пузырьки воздуха), соединить медные проволочки с источником электрического тока. Начинать нужно с самого слабого тока. При помощи реостата довести силу тока до такой величины, чтобы проволочка накалилась почти до белого каления. Увеличивать силу тока нужно очень осторожно, так как проволочка легко может расплавиться. На всякий случай полезно иметь запасную проволочку такой же длины, как и первая. Нужная сила тока зависит, конечно, от размеров проволочки, и ее проще всего найти эмпирически. При достаточно сильном накаливании проволочки из газоотводной трубки выходят небольшие пузырьки гремучего газа. Окончив предварительный опыт, разомкнуть ток, вынуть конец газоотводной трубки из воды, потушить горелку и, заметив нужное число элементов или положение реостата, оставить прибор до урока.

Для демонстрации опыта зажечь горелку под колбой и, когда весь воздух из колбы будет вытеснен парами воды, замкнуть

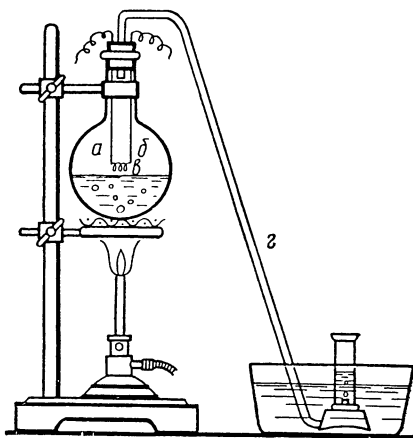


Рис. 15. Термическая диссоциация воды.

ток. Собрав полный сосуд гремучего газа, отставить его в сторону, не вынимая из воды, и разомкнуть ток. Затушить горелку, сейчас же поднять колбу вместе со штативом и вынуть конец газоотводной трубки из ванны. Закрывать сосуд с гремучим газом под водой **стеклышком** или пальцем, вынуть из ванны, не переворачивая, открыть сосуд и сейчас же поднести его отверстие к зажженной горелке. Произойдет не очень сильный взрыв.

Во время опыта, если выделение гремучего газа слабое, вода в ванне в конце концов прогревается, и пары, выходящие вместе с гремучим газом, перестают конденсироваться. Вместе с парами уходит и гремучий газ. В таком случае следует вычерпывать из ванны горячую воду и все время приливать свежую холодную воду. Можно класть в ванну куски льда. Еще лучше приспособить постоянную смену воды, опустив в ванну трубку, соединенную с водопроводом, и устроив отток воды при помощи сифона или через просверленное в стенке ванны отверстие.

Ванну следует взять по возможности большую и наполнить ее почти доверху. Сосуд для собирания гремучего газа не должен быть велик. Если это пробирка, то ее удобнее всего укрепить в зажиме штатива. В качестве сосуда для собирания газа можно воспользоваться эвдиометром, в котором затем и взорвать собравшийся гремучий газ.

Опыт должен быть хорошо налажен.

Опыт. В колбе *A* кипятят воду и пропускают пары ее в стеклянную, фарфоровую или железную трубку *B* (рис. 16). В ту же трубку вставлены два электрода из железной или алюминиевой

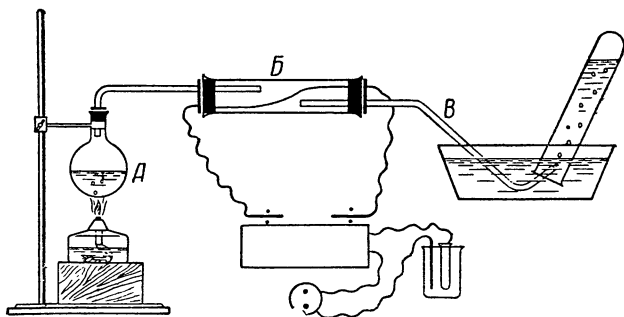


Рис. 16. Термическая диссоциация воды (по Парменову).

проволоки, соединенные с индукционной катушкой для получения искры. Через трубочку *B* отводятся в пробирку *Г*, наполненную водой, продукты диссоциации — водород и кислород. После непрерывного пропускания искры в трубке *B* и получения

достаточного количества газа в пробирке Г последнюю, зажав пальцем, вынимают из воды. Поджигая с помощью спички или горячей спиртовки газ, убеждаются по характеру звука, получающегося при воспламенении газа, что в пробирке собрался гремучий газ¹.

¹ К. Я. Парменов, Опыты с электрическим током по химии в средней школе, Учпедгиз, 1948, стр. 18—19.

II. ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА. ЗАКОН КРАТНЫХ ОТНОШЕНИЙ. НАХОЖДЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ

1. Получение перекиси водорода

○ Опыт получения перекиси водорода может быть проделан только для того, чтобы познакомить учащихся с методом, для дальнейших же опытов проще пользоваться готовым аптечным 3-процентным раствором перекиси водорода (*hydrogenium peroxidatum medicinale*) или 30-процентным раствором перекиси водорода. Последняя хранится в особых склянках, покрытых изнутри парафином и снабженных парафиновой пробкой или сделанных из особого сорта стекла. Вскрывая, следует держать отверстие склянки от себя, так как иногда небольшое количество перекиси водорода, заключающееся в каналах пробки, выбрасывается при вскрывании и может попасть в лицо. На коже от концентрированной перекиси водорода образуются ожоги в виде белых пятен. На платье также иногда остаются пятна.

Перекись водорода следует хранить по возможности в холодном месте и, во всяком случае, в темноте. Склянку с концентрированной перекисью водорода ввиду этого следует держать в коробке.

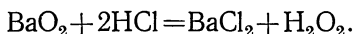
Если имеется 30-процентный раствор перекиси водорода, то в 3-процентном растворе надобности нет, так как ее легко приготовить разбавлением концентрированной.

За неимением 30-процентного раствора перекиси водорода некоторые опыты из описанных ниже можно показать и с разбавленной.

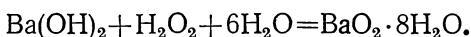
Перекись водорода при продолжительном хранении постепенно разлагается, и перед употреблением имеющийся раствор необходимо испытать.

Для опыта получения перекиси водорода следует лучше всего заранее приготовить гидрат перекиси бария ($\text{BaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). Для этого продажную **перекись бария** (*barium hyperoxidatum*), измельченную в порошок, смешивают с небольшим количеством воды и в виде кашицы вносят небольшими порциями в охлажденную до 0° **соляную кислоту** (уд. в. 1,12), разбавленную тремя объемами воды. Кислота помещается в тонкостенный стакан, погруженный в чашку со **льдом** (лучше

даже охлаждать смесью льда и соли). Перекись бария прибавляется при помешивании стеклянной палочкой почти до полной нейтрализации кислоты:



Полученный раствор фильтруется и затем прибавляется насыщенный раствор **едкого барита** (*barium oxydatum hydricum*) до щелочной реакции:



Полученный осадок **гидрата перекиси бария** отфильтровывают и сохраняют в л а ж н ы м в закупоренной банке. В таком виде гидрат перекиси бария сохраняется очень хорошо, и, пользуясь им, всегда очень легко получить раствор перекиси водорода. Для этого нужно заготовить в поставленном в лед (лучше с солью) стакане охлажденную до 0° (или ниже) серную кислоту 1 : 10.

Опыт. В приготовленную охлажденную **серную кислоту** вносить небольшими порциями влажный гидрат перекиси бария почти до полной нейтрализации. Дать большей части сернокислого бария осесть и отфильтровать (**воронка, фильтр, стакан**) полученный раствор перекиси водорода.

Можно получать перекись водорода (до урока) и непосредственно из продажной технической перекиси бария (*barium hyperoxydatum anhydricum technicum*). Для этого в химическом стакане готовится разбавленная серная кислота: на 120 мл воды 5 мл концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84). Раствор охлаждается во льду или, лучше, в смеси снега с солью. Затем 15 г перекиси бария растирается в ступке с 30 мл ледяной воды в однородную кашицу, прибавляется еще 30 мл воды, и полученная полужидкая масса постепенно вливается при постоянном помешивании в охлажденную до 0° или даже несколько ниже серную кислоту. Перед вливанием полезно бросить непосредственно в кислоту еще кусочек льда, так как повышение температуры при реакции уменьшает выход перекиси водорода.

Не прекращая охлаждения, дать осесть образовавшемуся сернокислому барью и затем слить прозрачную жидкость, представляющую 3—5-процентный раствор перекиси водорода. Раствор может идти непосредственно для нижеследующих опытов. Некоторый избыток кислоты не вредит.

2. Свойства перекиси водорода

●● 1. Разложение нагреванием.

Опыт. В колбу на 100—200 мл налить почти доверху полученного в классе или продажного 3-процентного раствора перекиси водорода. Закрывать колбу **пробкой** с изогнутой, как на рисун-

ке 17, газоотводной трубкой, конец которой погрузить в ванну с водой.

Нагреть колбу и собрать некоторое количество кислорода в небольшой цилиндр для собиранья газов.

Испытать полученный кислород тлеющей лучинкой.

Во время опыта нужно следить за ходом разложения и, если оно пойдет слишком бурно, ослабить пламя горелки.

При лабораторном опыте можно воспользоваться пробиркой.

●● 2. Разложение под влиянием катализатора.

Опыт. Налить в маленький бокал или стаканчик несколько миллилитров концентрированного (30%) раствора перекиси водорода. Налитая в стеклянный сосуд перекись водорода обыкновенно сразу же начинает выделять мелкие пузырьки кислорода. Бросить в перекись водорода немного двуокиси марганца в порошке или в кусточках (*manganum hyperoxydatum pulveratum* или *granulatum*). Происходит бурное разложение. Затем бросить немного двуокиси марганца в небольшую колбочку с полученным в классе или продажным 3-процентным раствором перекиси водорода и через некоторое время внести в горло колбочки тлеющую лучинку, которая вспыхивает в выделяющемся кислороде.

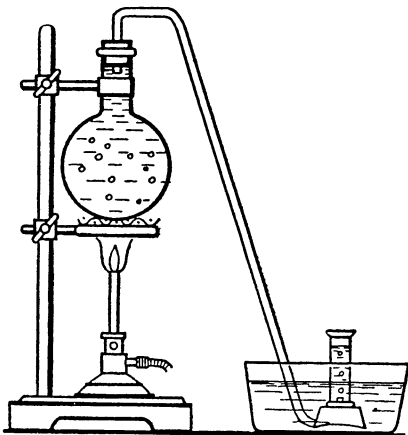


Рис. 17. Разложение перекиси водорода нагреванием.

Если в лаборатории есть концентрированный раствор перекиси водорода, то для второго опыта лучше разбавлением его приготовить раствор более концентрированный, чем поступающий в продажу 3-процентный раствор (примерно 10%).

Для того чтобы показать учащимся, что двуокись марганца сама при реакции не изменяется, можно отфильтровать ее и снова бросить в пробирку с перекисью водорода. Эффект получается тот же. Можно повторить опыт еще раз.

Подсушивать двуокись марганца при этом нет надобности, так как и влажная действует весьма энергично.

●● 3. Окисление сернистого свинца.

Опыт. К налитому в бокал раствору свинцовой соли (например, $Pb(NO_3)_2$, *plumbum nitricum*) прилить немного сероводородной воды (см. ниже). Слив жидкость и слегка промыв осадок

PbS декантацией, прилить к осадку 3-процентный раствор перекиси водорода. Осадок белеет (PbS окисляется в PbSO₄). Опыт иллюстрирует применение перекиси водорода для реставрации картин.

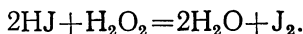
●● 4. Окисление индиго.

Опыт. Взять $\frac{1}{2}$ пробирки очень разбавленного (голубого) раствора индиго (см. т. I, стр. 389), прибавить несколько миллилитров возможно более концентрированного раствора перекиси водорода и кипятить до обесцвечивания (1—2 мин).

●● 5. Беление волоса.

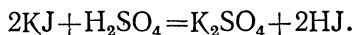
Опыт. Прядь темных волос обработать 10-процентным раствором соды для удаления жира и затем поместить в стакан с 3-процентным раствором перекиси водорода так, чтобы часть пряди не была погружена в жидкость. Через несколько часов волосы в части, погруженной в перекись водорода, делаются светлыми.

●● 6. Окисление йодистого водорода. При реакции выделяется свободный йод:



Йод обнаруживается раствором крахмала. Способ приготовления этого раствора см. ниже при опытах с йодом.

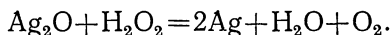
Йодистый водород получается во время опыта действием на йодистый калий серной кислотой:



Опыт. Взять в бокал или стакан несколько кристалликов йодистого калия (kalium jodatum), растворить в нескольких миллилитрах воды, прилить несколько капель серной кислоты (1 : 5), долить почти полный бокал раствора крахмала, прилить немного 3-процентного раствора перекиси водорода и размешать палочкой. Тотчас же появляется синее окрашивание.

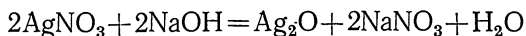
Не следует брать слишком концентрированных растворов, так как иначе вместо синего окрашивания получается почти черное.

●● 7. Восстановительные свойства перекиси водорода. Перекись водорода H—O—O—H, будучи сильным окислителем, может действовать и как восстановитель, отдавая свои два атома водорода и выделяя молекулу кислорода. Так, например, перекись водорода может восстанавливать окись серебра:



Опыт. К слабому (1—2%) раствору азотнокислого серебра (argentum nitricum) прилить немного 3-процентного раствора

перекиси водорода и затем немного раствора едкого натра (1 : 10). Образующаяся при реакции



окись серебра восстанавливается перекисью водорода и получается черный осадок серебра.

●● 8. Перекись водорода как кислота. Перекись водорода является слабой кислотой, а перекиси металлов, как BaO_2 , Na_2O_2 и т. п., — солями этой кислоты.

Опыт. Прилить к нейтральному раствору лакмуса чистой перекиси водорода. Лакмус краснеет.

Прилить перекиси водорода к раствору гидрата окиси бария. Происходит образование осадка перекиси бария.

3. Количественный состав различных окислов металлов

Нижеописанные опыты подводят к закону кратных отношений. Желательно производить их с точным взвешиванием на химических или химико-технических весах (см. т. I, стр. 289); но приблизительные результаты можно получить и с обыкновенными аптекарскими весами. Опыты производятся группами и легко заканчиваются в течение двухчасового урока. Одна группа может делать один опыт, другая — другой.

а) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКИСИ И ЗАКИСИ МЕДИ ВОДОРОДОМ

● 1. Восстановление в лодочках. Для опыта лучше всего воспользоваться окисью меди, полученной разложением чистой углекислой меди или чистой азотнокислой меди (*surgum nitricum crust.*). Продажная окись меди для опыта не годится. Закись меди также следует приготовить свежую. Для этого в 600 мл воды растворяют 50 г медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 75 г сегнетовой соли (двойная калиевонатриевая соль винной кислоты $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, *kalionatrium tartaricum* или *tartarus natronatus purissimus*) и 75 г едкого натра. Получается синий раствор комплексной соли. Раствор нагревают до кипения и в него небольшими порциями всыпают 100 г обыкновенного сахарного песка.

При этом сахара постепенно инвертируется, а затем идет восстановление, и образуется красный осадок закиси меди; его хорошо промывают дистиллированной водой, сначала декантацией, потом на фильтре, высушивают между листами фильтровальной бумаги, затем на воздухе при обыкновенной температуре и, наконец, в течение нескольких дней в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над хлористым кальцием. При сушке закись рассыпается тонким слоем на куске фильтровальной бумаги.

Для того чтобы получались хорошие результаты, окись меди также необходимо до опыта просушивать в течение нескольких дней в эксикаторе над серной кислотой.

Восстановление производится в **фарфоровых лодочках**, какие употребляются при органическом анализе (5,6—7,2 см длиной).

Лодочка помещается в **трубку** (рис. 18), через которую пропускается ток **чистого водорода**. Трубку лучше взять тугоплавкую, но можно обойтись и обыкновенной, если она не очень тонкостенная.

Размеры трубки зависят от размеров имеющих лодочек. Если лодочек достаточно, то лучше всего помещать в трубку сразу две лодочки — одну с закисью, другую с окисью меди. Лодочки полезно перед опытом тоже высушить в эксикаторе.

Эксикаторы для учащихся за неимением готовых могут быть приготовлены из обрезанных (см. т. I, стр. 189) склянок или банок (см. рис. 19). Пробку лучше залить парафином или менде-

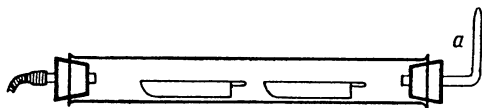


Рис. 18. Восстановление окислов металлов водородом в лодочках.



Рис. 19. Простейший эксикатор.

леевской замазкой. Место разреза смазать вазелиновой мазью или лучше ланолином. На стенках следует сделать метку (наклеить бумажную полоску) поперек разреза, чтобы сразу правильно ставить верхнюю часть на нижнюю. В склянку насыпается хлористый кальций или наливается серная кислота. Высушиваемое вещество помещается на **треножник**, выгнутый из медной проволоки. Снимая «крышку» эксикатора, ее следует класть боком, чтобы на смазанный разрез не налипал сор.

Без эксикатора для лодочек результаты получаются несколько менее точные, но достаточно убедительные. Можно высушить все лодочки предварительно в одном эксикаторе и затем раздать их учащимся перед занятиями.

Опыт. Собрать прибор, как на рисунке 18. Присоединить к нему прибор для получения водорода со склянками для очистки и сушения (стр. 13, рис. 11). Испытать, держит ли прибор.

Получить от руководителя **эксикатор** с двумя лодочками или только лодочки. Взвесить лодочки на точных весах, записать вес. В одну из лодочек насыпать до половины черного окисла

меди, в другую столько же красного окисла меди¹. Снова взвесить обе лодочки и записать их вес. Вынуть из прибора пробку *a*. Вдвинуть обе лодочки в трубку. Вставить пробку и проверить, держит ли прибор.

Трубка с лодочками должна быть установлена несколько наклонно. Пробка *a* должна быть ниже пробки на противоположном конце, чтобы образующаяся при реакции вода не могла стекать обратно на горячее стекло, которое от этого легко может лопнуть.

Пропускать через трубку водород с такой скоростью, чтобы можно было считать проходящие через промывные склянки пузырьки. *Испытать, весь ли воздух вытеснен.*

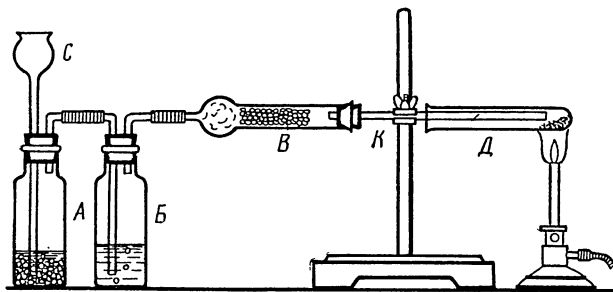


Рис. 20. Восстановление окислов металлов в пробирке со взвешиванием.

Когда пойдет чистый водород (*не раньше!*), зажечь его (*правила!*) и, прогрев сначала осторожно всю трубку, начать сильнее нагревать то место, где находятся лодочки. Со спиртовой лампочкой опыт идет дольше, чем с более сильной горелкой, но все же удастся хорошо.

Когда восстановление окончится (в обеих лодочках получится медь, и порошки изменят свой цвет), прекратить нагревание и, ослабив ток водорода (пламя его должно быть совсем маленькое), оставить трубку охлаждаться.

Когда трубка делается совсем холодной на ощупь, прекратить ток водорода. Вынуть пробку *a*.

Проволочным крючком осторожно вынуть лодочки и поставить их в порядке на кусок чистой **бумаги**, положенной в эксикатор или, если нет эксикатора, на кусок картона, книгу и т. п. На бумаге должно быть заранее помечено против каждой лодочки, что в ней находилось.

Взвесить лодочки и записать результат.

¹ Можно в инструкции не давать названий окислов, а обозначать: соединение меди с кислородом № 1 и № 2 или красный окисел меди и черный окисел меди.

Вычислить, сколько меди приходилось на 1 в. ч. кислорода в черном и в красном окислах меди.

Найти отношение между полученными величинами.

К каким целым числам близко полученное отношение? (1 : 2).

Лодочки по окончании опыта моются концентрированной азотной кислотой и водой.

● 2. Восстановление в пробирках. Опыт можно значительно упростить и ускорить, если восстанавливать окислы не в лодочках, а непосредственно в пробирках, как описано на странице 15 (опыт 2, 2), с той лишь разницей, что водород лучше брать не непосредственно из прибора, как на рисунке 13, а пропускать через склянки для очистки и сушения. Для упрощения можно ограничиться одной промывалкой (банка или склянка Тищенко) со щелочным раствором марганцовокислого калия и трубкой с хлористым кальцием (рис. 20).

Результаты получаются не хуже, чем в опыте с лодочками, и значительно быстрее, но пробирка портится.

Для того чтобы всыпаемый в пробирку порошок не приставал к стенкам пробирки (необходимо, чтобы порошок весь собрался у доньшка пробирки, так как иначе трудно будет восстановить его нацело), а также и для того чтобы вес пробирки после опыта не менялся благодаря удалению гигроскопической воды, пробирку перед опытом необходимо прокалить.

Для получения водорода лучше взять не серную кислоту, а соляную (кислоту уд. в. 1,19 разбавить равным объемом воды) и приливать ее понемногу.

Опыт. Надеть пробирку, в которой будет взвешиваться окисел меди, на **стеклянную палочку**, трубку или проволоку, держа ее наклонно в сторону отверстия, сильно прогреть в пламени горелки или лампочки (для того чтобы удалить с поверхности стекла гигроскопическую воду) и дать остыть, укрепив стеклянную палочку в зажиме штатива.

Пока пробирка остывает, собрать прибор, как на рисунке 20. Здесь *А* — приборчик с воронкой *С* служит для получения водорода, склянка *Б* — со щелочным раствором марганцовокислого калия — для очистки водорода и трубка *В* с хлористым кальцием — для осушения водорода. Трубка *К* должна быть укреплена в пробке и зажата в лапке штатива в таком положении, как на рисунке, чтобы надетая на нее пробирка *Д* имела небольшой наклон. Если дать большой наклон, порошок окисла меди может сползть вниз, если меньший — трубка не будет наполнена во время опыта водородом.

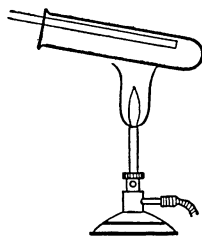


Рис. 21. Прогревание пробирки.

Испытать, держит ли прибор.

Взвесить остывшую пробирку и записать ее вес.

Всыпать в пробирку 0,5—1 г **черного окисла меди** или 1—1,5 г **красного окисла меди** (заранее высушенных) и легонько постучать донышком пробирки о стол, чтобы порошок не оставался на стенках пробирки. Взвесить пробирку с веществом и записать вес.

Влить в приборчик для получения водорода немного **кислоты** и через некоторое время *испытать*, чистый ли идет водород. Когда водород будет загораться в пробирке спокойно, осторожно надеть пробирку с порошком на трубку *K* и, выждав немного, начать нагревать пробирку, подвигаясь от середины пробирки к донышку (если начать нагревать с донышка, порошок может сползать вниз).

Одновременно необходимо следить за током водорода и от времени до времени доливать кислоту, но понемногу, чтобы водород не выделялся слишком бурно.

Когда окисел металла нацело восстановится, не прекращая тока водорода, осторожно, проводя лампочкой вдоль пробирки, выгнать из нее всю осевшую на стенках воду; не следует греть пробирку сильно, чтобы она не лопнула. Не греть у самого отверстия пробирки, чтобы выходящий водород не загорался. Если же он случайно загорится, не следует стараться его задуть. Это не удастся. Нужно продолжать удаление воды из пробирки и затем, дав остыть ей, снять с трубки *K*. Пламя появится на конце трубки. Тогда погасить пламя, зажав на секунду резиновую трубку, снова надеть пробирку на трубку и прогреть ее пламенем, чтобы удалить образовавшуюся при горении водорода воду, не приближая пламени к отверстию пробирки.

Дать пробирке окончательно остыть в токе водорода (иначе горячий металл окислится кислородом воздуха), взвесить пробирку и записать вес.

Найти вес окисла, вес металла и вес отделившегося от металла кислорода.

Рассчитать, сколько металла приходится на 10 г кислорода, с точностью до 0,1.

Следует отдельным группам учащихся дать различные окислы. По окончании работы, сравнивая количества меди, приходящиеся на 10 г кислорода, учащиеся убеждаются, что эти количества одно в два раза больше другого (в пределах ошибки опыта).

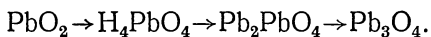
Менее точный, но достаточно убедительный результат получается и в том случае, если водород не очищать и не сушить.

За неимением точных весов можно проделать опыт с роговыми, предупредив учащихся, что результат получится лишь приблизительный. Но и в таком случае опыты дадут реальный подход к закону кратных отношений.

6) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКСИ И ДВУОКСИ СВИНЦА ВОДОРОДОМ

● 1. Восстановление в лодочках. Окись свинца PbO для опыта можно взять готовую, чистую (*plumbum oxydatum purissimum*), двуокись свинца PbO_2 либо тоже готовую, чистую (*plumbum hyperoxydatum purissimum*), либо приготовить действием азотной кислоты на чистый сурик Pb_3O_4 (*minium purissimum*).

Как известно, сурик есть свинцовая соль ортосвинцовой кислоты, соответствующей ангидриду — двуокиси свинца:



При действии азотной кислоты она дает соль двухвалентного свинца, образуемая же при реакции ортосвинцовая кислота распадается на ангидрид PbO_2 и воду. Сурик смешивается с горячей водой, прибавляется концентрированная азотная кислота (уд. в. 1,4), и смесь нагревается, пока весь сурик не побуреет. Можно взять сразу азотную кислоту (уд. в. 1,2) и с ней нагреть сурик. Образовавшаяся двуокись свинца сначала несколько раз промывается горячей дистиллированной водой декантацией, а затем на фильтре. Когда выпаривание фильтрата на платиновой (или стеклянной) пластинке покажет, что осадок промыт вполне, высушить осадок при 100° . Под конец можно температуру поднять до 150° . Охлаждать лучше в эксикаторе (см. стр. 27). Окись свинца (глет) перед отвешиванием также полезно прогреть до 150° и охладить в эксикаторе.

Опыт. Отвесить в фарфоровых лодочках по 2—3 г бурого и желтого окислов свинца¹. Опыт производится совершенно так же, как описано выше для окислов меди. Результат рассчитывается на 1 в. ч. свинца. Свинец получается в виде блестящих шариков. Греть следует осторожно, чтобы свинец не возгонялся.

● 2. Восстановление в пробирках. Ис окислами свинца можно проделать опыт в пробирках, как и с окислами меди. Только навески следует взять побольше — около 1,5 г. Трубка следует придать несколько меньший наклон. Опыт хорошо идет со спиртовкой, и результаты получаются не хуже, чем с лодочками. Пробирка портится.

4. Установление химической формулы соединения меди с серой

● Для опыта потребуется чистая медь в виде тонкой пластинки (*cuprum metallicum purissimum* или *purum in laminis*) и чистая кристаллическая сера, кристаллизованная из сероуглерода (*sulfur purissimum crystallisatum*). Взвешивание должно

¹ Так же как и при предыдущем опыте, можно обозначить: соединение свинца с кислородом № 1 и № 2.

быть на **точных весах** (химических или химико-технических). Медь должна **быть** хорошо вычищена наждачной бумагой и протерта фильтровальной бумагой (пока не перестанет ее пачкать). Медь лучше всего выдавать учащимся уже вычищенную и нарезанную на кусочки весом около 0,2 г. Получается при опыте соединение закиси Cu_2S .

Опыт. Получить от руководителя кусочек меди и взвесить его на точных весах (правила взвешивания, т. I, стр. 294).

Взвесить на точных весах чистый **тигель** и затем отвесить в нем на аптекарских весах (приблизительно) около 3 г чистой кристаллической серы.

Поместить тигель в **вытяжной шкаф** на кольцо штатива и, закрыв крышкой, нагревать до тех пор, пока из-под крышки не покажется пламя горящих паров серы. Приподняв крышку тигля **щипцами**, бросить в него отвешенный кусочек меди, сейчас же закрыть тигель и продолжать нагревание.

Когда горение паров серы совершенно прекратится, погасить горелку и дать тиглю в п о л н е остыть.

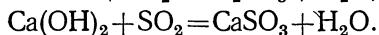
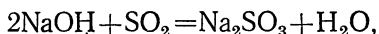
Взвесить тигель (без крышки) на точных весах.

Зная вес меди и вес полученного соединения меди с серой, а также атомный вес меди $\text{Cu}=64$ и атомный вес серы $\text{S}=32$, составить химическую формулу полученного соединения.

Учащимся не следует предупреждать, что получается соединение закиси. Можно дать им различные количества серы: 3 г, 3,5 г, 4 г. Результат будет подтверждением закона постоянства состава.

5. Сжигание серы и установление формулы полученного сернистого газа

● Сера сжигается в токе чистого и сухого кислорода. Образующийся сернистый газ удерживается во взвешенных U-образных трубках, содержащих натронную известь в одной половине и хлористый кальций в другой. При реакции между сернистым газом и смесью едкого натра и извести образуется вода:



Для поглощения выделяющейся воды служит хлористый кальций.

Взвешивание серы и хлоркальциевых трубок производится на химических или химико-технических весах.

Для опыта требуется **фарфоровая лодочка**, как при опыте 3, а, 1 (стр. 26).

В лодочке отвешивается **сера** (можно взять черенковую серу или серный цвет), и лодочка помещается в **стеклянную трубку** (рис. 22), можно нетугоплавкую, размеры которой зависят от

размеров имеющейся лодочки. Расстояние от концов лодочки до пробок должно быть с одной стороны (со стороны газометра) не меньше 5 см, с другой стороны — не меньше 7 см. Пробки должны хорошо держать.

К трубке для сжигания серы присоединяется с одной стороны **газометр с кислородом**, который очищается пропусканием через промывную склянку с раствором **едкого натра** (*natricum oxudatum hydricum depuratum*) концентрации 1 : 5 и затем осушается концентрированной **серной кислотой** (уд. в. 1,84).

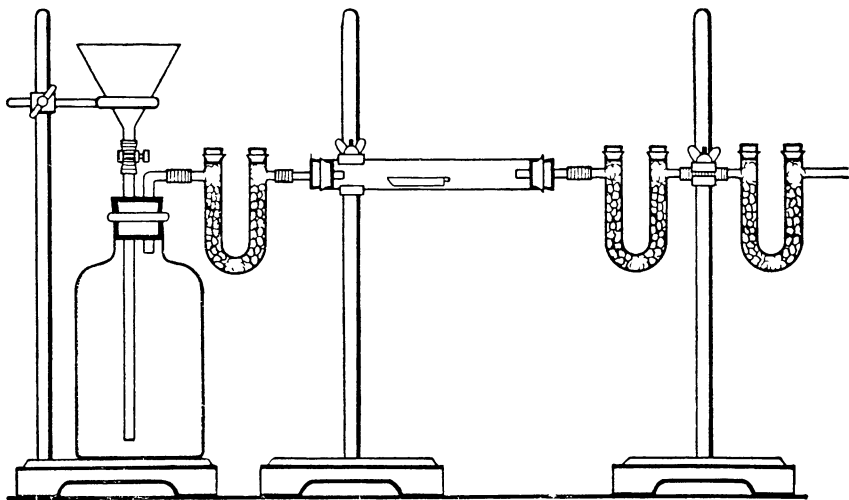


Рис. 22. Прибор для установления формулы сернистого газа.

Вместо газометра можно воспользоваться склянкой на 2—3 л, которую можно наполнить кислородом по способу вытеснения воздуха и затем вставить в нее пробку с воронкой и отводной трубкой. Для очистки и сушения газа можно взять дугообразную трубку, наполненную наполовину натронной известью, наполовину хлористым кальцием (рис. 22).

Для того чтобы получить ток кислорода, через воронку пускается медленный ток воды, регулируемый винтовым зажимом.

С другой стороны к трубке для сжигания присоединяются две U-образные трубки (высотой около 12 см), наполненные наполовину мелкой натронной известью (измельченной и отсеянной), наполовину — хлористым кальцием (см. т. I, стр. 270). Наполнение дугообразных трубок и обращение с ними см. страницу 16. Пробки должны быть резиновые (рис. 22) или залиты менделеевской замазкой (см. т. I, стр. 235, 390).

Опыт. Собрать прибор, как на рисунке 22, состоящий из: 1) склянки (или газометра) с кислородом, 2) дугообразной трубки для очистки и сушения кислорода, наполненной наполовину натронной известью (смесь едкого натра и извести), наполовину — хлористым кальцием (вместо этой трубки можно взять две промывные склянки — одну с едким натром, другую с концентрированной серной кислотой), 3) трубки, в которую помещается лодочка с серой, и 4) двух дугообразных трубок для удержания образующегося при горении серы сернистого газа. Трубки наполнены наполовину натронной известью, поглощающей сернистый газ, наполовину хлористым кальцием для поглощения образующейся при реакции между сернистым газом и смесью едкого натра с известью воды.

Испытать, держит ли прибор. Пропускать некоторое время кислород, слегка прогревая трубку, и, когда тлеющая лучинка, поднесенная к последней дугообразной трубке, начнет вспыхивать, отнять дугообразные трубки от прибора, разъединить и сейчас же закрыть их концы заранее приготовленными **колпачками** из куска резиновой трубки, закрытой с другого конца стеклянной палочкой. Колпачки должны быть помечены, чтобы их нельзя было потом перепутать.

Взвесить дугообразные трубки каждую в отдельности и записать их вес.

Насыпать в фарфоровую лодочку около 0,5 г серы в порошке и взвесить на точных весах. Записать вес.

Поместить лодочку в трубку, как на рисунке 22, и присоединить дугообразные трубки. Снятые с трубок колпачки положить на бумажку с надписями: 1-я трубка, 2-я трубка, чтобы не перепутать.

Пропускать через прибор небыстрый ток кислорода (с такой скоростью, чтобы можно было считать проходящие через промывные склянки пузырьки), пока не будет вытеснен весь воздух, т. е. пока поднесенная к концу последней трубки тлеющая лучинка не начнет вспыхивать (не следует забывать, что вначале из дугообразных трубок будет выделяться кислород, оставшийся в них после испытания).

Осторожно прогреть трубку для сжигания и затем сильнее нагревать то место, где находится лодочка, пока сера не вспыхнет (сера не должна возгораться в трубке). Урегулировать ток кислорода так, чтобы конец пламени не был слишком близок к пробке. Вообще, ток кислорода должен быть возможно медленный, чтобы весь сернистый газ нацело успел задержаться в поглотительных трубках.

Когда горение серы прекратится, несколько ослабить ток кислорода и дать трубке с лодочкой вполне остыть. Когда трубка не будет казаться теплой на ощупь, остановить ток газа,

отделить дугообразные трубки и сейчас же закрыть их концы колпачками.

Взвесить дугообразные трубки, записать их вес. Если опыт производился правильно, вторая трубка будет весить столько же, сколько до опыта или очень немного больше. Взвесить лодочку.

Сколько сернистого газа получилось при сгорании серы? Сколько серы сгорело? Сколько кислорода пошло на горение?

На основании полученных данных составить формулу сернистого газа, зная, что атомный вес кислорода равен 16 и серы — 32,

III. ОБЪЕМНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ГАЗОВ ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

(Объемный закон Гей-Люссака)

1. Объемный состав хлористого водорода

Опыт заключается в том, что на определенный объем хлористого водорода действуют натрием. Натрий замещает водород, образуя поваренную соль, а водород остается в свободном виде. Объем его измеряется. Водород занимает 2 объема, которые занимал хлористый водород. Натрий для опыта берется не в чистом виде, а растворенный в ртути, в виде амальгамы.

● 1. Хлористый водород собирается в **трубке** диаметром 10—12 мм и длиной 40—45 см. Концы трубки должны быть оплавлены. К одному концу подбирается хорошая пробка. На другой конец надевается кусок **резиновой трубки** длиной 6—7 см. На каучук у самой трубки надевается **пружинный зажим**. К свободному концу резиновой трубки подбирается плотно входящая **стеклянная палочка**, заплавленная на одном конце трубочка или хорошая пробка.

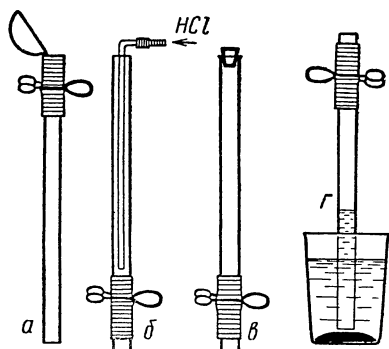


Рис. 23. Объемы водорода и хлора, образующие хлористый водород (1).

Амальгама готовится следующим образом. Берется около 10 мл ртути (*hydrargyrum metallicum*) в фарфоровую ступку и к ней прибавляется по одному 4—5 кусочков натрия

(*natrium metallicum*) с горошину величиной. При работе следует *тщательно соблюдать все предосторожности*, необходимые при обращении с натрием (см. т. I, стр. 54) и со ртутью (см. т. I, стр. 50). Кроме того, следует иметь в виду, что при реакции меж-

ду натрием и ртутью происходит *сильная вспышка* и выделяются *ядовитые пары ртути*. Поэтому амальгаму следует получать *под тягой* или перед топящейся печью.

Кусочки натрия вносятся в ртуть при помощи *щипцов*. Во избежание отравления парами ртути щипцы следует держать в вытянутой руке и не наклоняться над чашкой. Погрузив кусочек натрия в ртуть, следует *сжать его щипцами*, чтобы нарушить быстро образующуюся корку перекиси, препятствующую реакции. После этого происходит вспышка. Если брать кусочки натрия больших размеров, чем указано выше, вследствие сильной вспышки натрий разбрасывается в стороны и *возможны ожоги*.

Полученная амальгама по остывании должна быть жидкая. Если она загустевает, то нужно добавить ртути.

Хлористый водород добывается так, как описано на стр. 244, причем он осушается серной кислотой.

Опыт. Наполнить резиновую трубку амальгамой (рис. 23, а) и закрыть приготовленной палочкой, стараясь, чтобы в трубке по возможности не осталось воздуха.

Перевернуть прибор и, расположившись против приспущенной дверцы тяги, ввести в прибор почти до дна тонкую трубочку, соединенную с аппаратом для получения хлористого водорода (рис. 23, б). Когда из отверстия прибора начнется обильное выделение «дыма», медленно вынуть трубку (если вынимать быстро, то количество воздуха, входящее в прибор при вынимании трубки, может оказаться большим, чем количество притекающего в то же время хлористого водорода) и сейчас же закрыть прибор приготовленной пробкой (рис. 23, в).

Открыть зажим и, сжимая пальцами трубку, ввести в прибор амальгаму, после чего снова закрыть зажим. Поворачивая несколько раз трубку, заставить амальгаму несколько раз перетекать из одного конца прибора в другой.

Погрузить конец трубки в высокий стакан с водой и вынуть под водой пробку. Амальгама вытекает в стакан, а вода поднимается в прибор (рис. 23, г).

Отметить уровень воды в трубке, захватив трубку так, чтобы

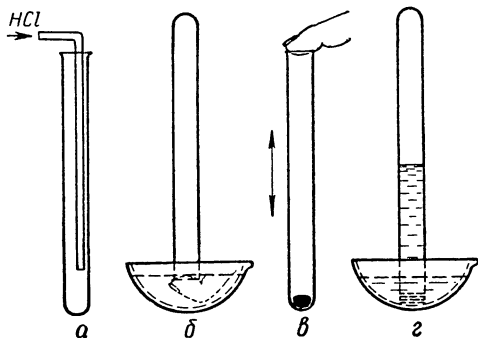


Рис. 24. Объем водорода и хлора, образующие хлористый водород (2).

конец ногтя большого пальца приходился против уровня воды. Вынуть трубку и измерить расстояние до отмеченного места от конца трубки и от зажима на каучуке. Расстояния равны.

●● 2. Проще можно проделать опыт таким образом. **Трубку** взять такую же, как сказано выше, но без каучука, запаянную или закрытую хорошей пробкой с одного конца.

Амальгаму налить в чашку. Наполнив трубку **хлористым водородом** (рис. 24, *a*), закрыть ее слегка влажным большим пальцем, погрузить в **чашку** с амальгамой и, приоткрыв отверстие трубки, впустить туда немного амальгамы (рис. 24, *б*). Снова закрыв трубку пальцем, встряхнуть ее несколько раз, чтобы амальгама перетекала из одного конца трубки в другой (рис. 24, *в*), погрузить в чашку или стакан с водой и отнять палец (рис. 24, *г*). Вода поднимается до половины длины трубки.

Амальгаму можно заготовить в одной чашке для всех работающих. Ртуть после опытов следует промыть и высушить (см. т. I, стр. 50).

2. Объемные соотношения газов при синтезе воды (см. стр. 4)

IV. АТОМНЫЙ И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВЕС. ЭКВИВАЛЕНТЫ

1. Определение молекулярного веса газа

Опыт в описанной ниже постановке не может дать очень точных результатов, но учащиеся получают представление о том, как определяется молекулярный вес по плотности газа.

Для нахождения молекулярного веса газа сначала определяется его плотность по водороду D . Найденное число умножается на 2 ($M = 2D$).

Для опыта нужен прибор (Киппа, Сент-Клер Девиля и т. п.) для получения углекислого газа (см. т. I, стр. 259). Газ осушается серной кислотой или хлористым кальцием (см. т. I, стр. 265).

Взвешивание газа производится на химико-технических весах в колбе на 500 мл (чем больше колба, тем лучше, но размер ее зависит от размеров весов). К колбе подобрать хорошую пробку.

Порядок работы следующий: 1) взвешивание колбы с воздухом, 2) наполнение колбы углекислым газом, 3) взвешивание колбы с газом, 4) измерение объема колбы, 5) расчет веса пустой колбы, 6) расчет веса газа, 7) расчет плотности газа, 8) расчет молекулярного веса углекислого газа.

Опыт. Взвесить колбу с пробкой. Записать вес. Опустить до дна колбы трубку от прибора для получения углекислого газа (рис. 25) и пропускать ток углекислого газа минуты 3—4 (по часам или считать про себя до 300). Не прекращая тока газа, вынуть трубку из колбы (не очень быстро) и сейчас же закрыть ее пробкой.

Взвесить колбу с газом и записать вес.

Повторить пропускание газа в течение 2—3 мин. Еще раз взвесить колбу. Если вес окажется прежний, продолжать работу.

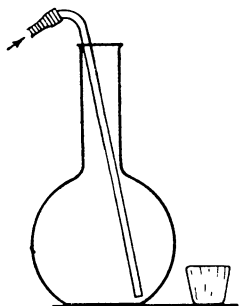


Рис. 25. Наполнение колбы углекислым газом.

если же больше,—повторять пропускание газа и взвешивание, пока не получится постоянный вес. Записать вес.

Записать температуру комнаты (**термометр**) и давление (**барометр**).

Измерить объем колбы до уровня слегка вставленной пробки, вливая в колбу воду из мензурки и давая каждый раз стечь всей воде. Чтобы вода хорошо стекала, мензурка должна быть чистая.

Вместо этого можно наполнить колбу водой, взвесить и рассчитать объем (считая, что вес воды в граммах равен объему в миллилитрах).

Первое взвешивание колбы дало нам ее вес вместе с весом наполняющего ее воздуха. Нужно рассчитать, сколько весила бы пустая колба (только одно стекло ее), зная, что 1 мл воздуха при нормальных условиях (0° и 760 мм давления) весит 1,0012935 г.

Для этого нужно сначала рассчитать, какой объем занял бы заключающийся в колбе воздух (и любой газ) при нормальных условиях по уравнению

$$V_0 = \frac{V \cdot P}{(1 + 0,00367 t) 760},$$

затем рассчитать его вес и, наконец, вес колбы без воздуха.

Узнав вес колбы без воздуха, рассчитать вес наполняющего колбу углекислого газа.

Предыдущее вычисление дало уже объем, который занял бы наполняющий колбу любой газ, а следовательно и углекислый газ при нормальных условиях, и вес этого объема. Рассчитать теперь вес 1 л углекислого газа при нормальных условиях.

Зная, что 1 л водорода при нормальных условиях весит 0,08987 г, рассчитать плотность углекислого газа по водороду и отсюда — молекулярный вес углекислого газа по уравнению $M=2D$. Сравнить полученные данные с молекулярным весом по формуле CO_2 .

Углекислый газ можно дать учащимся в газометре как «неизвестный газ».

2. Определение химических эквивалентов цинка и магния

Для определения эквивалента металла берется навеска металла, металл растворяется в кислоте, и определяется объем выделившегося водорода. По объему рассчитывается вес водорода. Деля вес металла на вес водорода, мы узнаем, какой вес

металла вытесняет 1 г водорода. Это и будет эквивалент металла.

Для определения объема выделяющегося водорода можно или непосредственно собирать водород в измерительный цилиндр или в бюретку, или вытеснять выделяющимся газом воду и измерять ее объем. И тот и другой приемы описаны ниже.

Цинк для опыта берется возможно более чистый в виде тонкой пластинки (*zincum metallicum in lamellis*).

Магний берется в виде ленты (*magnesium metallicum in laminis*).

Металл, если он окислился, должен быть предварительно хорошо очищен **наждачной бумагой** и протерт **фильтровальной бумагой**.

Навеска берется на **точных** химических или химико-технических **весах**.

Величина навески зависит от размера измерительного сосуда, в который собирается газ или вытесняемая им вода, и определяется предварительным расчетом.

Если, например, газ собирается в бюретку на 50 мл, то объем собираемого газа должен быть около 40 мл. Грамм-атом цинка (65 г) вытесняет грамм-молекулу водорода, занимающую объем 22,4 л.

Отсюда

$$65 \text{ г} - 22\,400 \text{ мл},$$

$$x \text{ г} - 40 \text{ »}$$

$$x = \text{около } 0,11 \text{ г}.$$

Для магния навеска будет около 0,04 г.

Предварительными опытами определяется, какой длины должна быть ленточка магния, чтобы она весила около 0,04 г. **Ножницами** нарезаются кусочки нужной длины. На уроке кусочек помещается на весы и, если вес оказывается больше, чем нужно, кусочек подстригается **ножницами**.

Цинк также лучше заготовить в виде длинных ровных полосок, от которых и отрезать кусочки найденной предварительными опытами длины.

Кислота берется **соляная** (уд. в. 1,12), разбавленная равным объемом воды.

Найденный при опыте объем газа приводится к нормальным условиям по формуле

$$V_0 = \frac{V(H-h)}{760(1+0,00367t)},$$

где V — найденный объем газа, H — атмосферное давление, показываемое в данный момент барометром, h — упругость водя-

ных паров при данной температуре в комнате в миллиметрах ртутного столба, которое можно найти по нижеследующей таблице:

Градусы	мм	Градусы	мм	Градусы	мм
8	8	16	13,6	24	22,4
9	8,6	17	14,5	25	23,8
10	9,2	18	15,5	26	25,2
11	9,8	19	16,5	27	26,7
12	10,5	20	17,5	28	28,3
13	11,2	21	18,5	29	30,0
14	12,0	22	19,5	30	31,8
15	12,8	23	21,1	31	33,7

t — температура помещения.

Вес данного объема водорода рассчитывается или исходя из веса 1 мл водорода, равного 0,00008987 г, или из объема 2 граммов (моля) водорода, равного 22,4 л.

а) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТА МЕТАЛЛА С СОБИРАНИЕМ ВЫДЕЛЯЮЩЕГОСЯ ВОДОРОДА В ИЗМЕРИТЕЛЬНУЮ ТРУБКУ ИЛИ БЮРЕТКУ

Объем вытесняемого из кислоты водорода измеряется при помощи **измерительной трубки** на 50 мл, бюретки Верховского (см. т. I, стр. 306) или за неимением ее при помощи обыкновенной **бюретки** на 50 мл. Так как деления бюретки идут не до самого конца, в бюретку выше делений впускается воздух при атмосферном давлении, для чего бюретка погружается в **глубокий сосуд** — цилиндр, банку, ведро и т. п. с водой (рис. 26).

Сосуд может быть один на весь класс.

Неудобство обычной бюретки заключается еще в том, что отсчет приходится делать по перевернутым цифрам и найденную величину вычитать из 50.

Следует указать учащимся, что при опытах в бюретку собирается не чистый водород, а и вытесняемый водородом из прибора воздух, но так как все газы одинаково подчиняются законам Бойля — Мариотта и Гей-Люссака, это никакого влияния на результат не оказывает.

● 1. **Опыт.** Собрать прибор, состоящий из пробирки и изогнутой трубки (рис. 27), и испытать, держит ли он. Налить в пробирку **соляной кислоты**, сколько показано на рисунке. Наливать осторожно, держа пробирку наклонно, и стараться, чтобы лишь небольшая часть внутренней поверхности верхней части пробирки была смочена кислотой (в случае

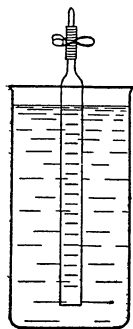


Рис. 26. Установление уровня воды в бюретке.

надобности протереть фильтровальной бумагой). Поставить пробирку в **стойку** для пробирок.

Отвесить около 0,1 г **цинка** (или 0,04 г магния) на химических или химико-технических **весах** (правила взвешивания). Подстригать выданную пластинку цинка (ленту магния) **ножницами** до тех пор, пока вес ее не будет около 0,1 г (0,04 г), а затем взвесить ее точно. Вес должен быть не больше 0,11 г (или 0,04 г), так как иначе бюретки может не хватить для измерения всего вытесненного металлом водорода.

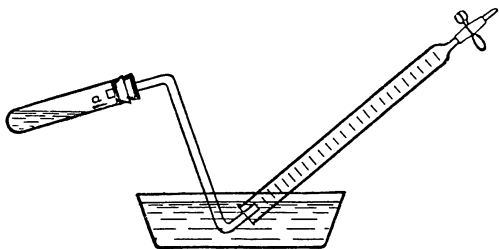


Рис. 27. Определение эквивалента магния (1).

Наполнить **измерительную трубку** или бюретку водой. Если это обыкновенная бюретка, открыв зажим или кран, погрузить ее в сосуд с водой на такую глубину, чтобы уровень воды в бюретке находился против 50-го деления (рис. 26). Уровни воды в бюретке и в сосуде должны быть на одной высоте (уровень в бюретке отсчитывать по низу мениска).

Закрывать зажим (или кран). Бюретку, закрытую под водой пальцем, перенести на свой стол в чашку с водой (рис. 27).

Бюретку зажать в штативе в наклонном положении, как на рисунке.

Отвешенный кусочек цинка (магния) *a* (рис. 27) вложить в пробирку, держа последнюю наклонно, и продвинуть внутрь так, чтобы пластинка лежала на сухой стенке пробирки, не съезжая в кислоту. Вставить пробку с газоотводной трубкой, подвести конец трубки под бюретку (рис. 27) и стряхнуть металл в кислоту. Пробирку держать за пробку, стараясь не согревать ее теплотой руки.

Когда выделение газа совершенно прекратится, вынуть трубку из-под бюретки, а бюретку, закрыв отверстие ее под водой пальцем, перенести опять в глубокий сосуд с водой.

Установив уровень воды в бюретке и в сосуде на одной высоте, отсчитать объем собранного водорода. Бюретку во время работы стараться не согревать теплотой руки.

Заметить давление (**барометр**) и температуру помещения (**термометр**).

Привести объем водорода к нормальным условиям по формуле, приведенной на странице 41.

Рассчитать вес собранного водорода, зная, что 1 мл его при нормальных условиях весит 0,00008987 г.

Рассчитать, сколько граммов цинка (магния) нужно, чтобы вытеснить 1 г водорода (эквивалент цинка).

Для данного опыта пробирка может быть заменена колбой или банкой, в которую вставлена пробирка с кислотой и помещена навеска металла, как на рисунке 28. При наклонении банки кислота выливается, а между металлом и кислотой начинается реакция.

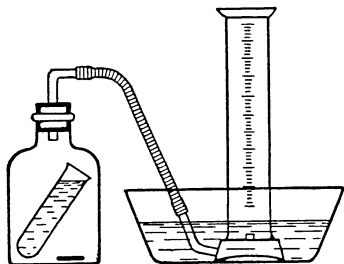


Рис. 28. Определение эквивалента магния (2).

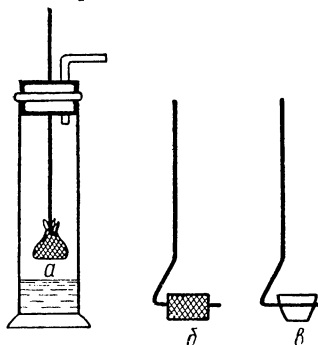


Рис. 29. Определение эквивалента магния (3).

Можно также воспользоваться банкой или цилиндром для собирания газов, в который наливается кислота. В резиновую пробку вставляется медная проволока или стеклянная палочка, загнутая на конце крючком. На крючок подвешивается завернутая в кусок медной сетки (рис. 29, а) навеска металла. После растворения металла нужно встряхнуть прибор, чтобы выгнать из сетки все пузырьки газа.

Можно сделать из медной сетки чашечку, в которую продеть конец крючка, как на рисунке 29, б. Можно, наконец, сделать на конце проволоки кольцо, в которое вставить маленький тигель с навеской металла (рис. 29, в).

Вместо бюретки можно воспользоваться измерительным цилиндром, как на рисунке 28. Для того чтобы наполненный водой цилиндр можно было опрокинуть в ванну, не впуская в него воздуха, носик можно заполнить размягченным воском, пластилином, менделеевской замазкой или сургучом. Наполненный водой цилиндр прикрывается бумажкой, вместе с которой опрокидывается в ванну. Точность измерения в цилиндре, конечно, меньше, чем в бюретке.

Прибор, изображенный на рисунке 28, удобно использовать в том случае, если нет металла в пластинках, а есть только опилки или мелкие стружки.

В последнем случае можно применить также прибор для опыта 3, изображенный на рисунке 34, который, конечно, пригоден и для опыта с металлом в виде пластинки.

● 2. Наиболее простой прибор для определения эквивалента цинка изображен на рисунке 30. Он состоит из **батарейного стакана**, небольшой воронки с короткой трубкой, **измерительного цилиндра на 100 мл** и **воронки с длинной трубкой**.

Если носик цилиндра очень велик и наполненный водой цилиндр не удается опрокинуть в стакан с водой (отверстие прикрывается бумажкой) без того, чтобы в цилиндре остался пузырек воздуха, заполнить носик цилиндра воском (пластилином, парафином, менделеевской замазкой, сургучом).

Опыт. Взвешенную цинковую пластинку (0,3—0,4 г, см. стр. 44) обмотать тонкой **медной проволокой**, чтобы цинк, покрывшись пузырьками водорода, не всплывал.

Поместить цинк в стакан, прикрыть воронкой, налить в стакан воды выше конца воронки.

Наполнить цилиндр водой (лучше 2-нормальным раствором соляной кислоты), прикрыть бумажкой и, опрокинув в стакан с водой, вынуть бумажку. Укрепить цилиндр в зажиме штатива над воронкой.

Через длинную воронку вливать в стакан понемногу концентрированную **соляную кислоту**, пока не начнется реакция (кислота собирается на дне и легко проникает через щели под воронку). По мере надобности добавлять кислоту.

После того как весь цинк растворится, выждать минут 10, пока жидкость и газ над ней примут температуру комнаты (при разбавлении кислоты и при реакции выделяется тепло).

Держа цилиндр за основание (чтобы не согревать), установить его на такой высоте, чтобы жидкость внутри цилиндра и в стакане была на одном уровне. Произвести отсчет и найти эквивалент цинка, как сказано на странице 41. Измерение объема газа в цилиндре, конечно, менее точно, чем в бюретке.

Недостаток описанного прибора заключается в том, что приходится затрачивать значительно больше кислоты, чем в вышеописанных приборах.

Этим же прибором можно воспользоваться и для определения эквивалента **магния**, но последний недостаточно обернуть медной проволокой, из которой он легко выскальзывает. Магний можно завернуть в кусочек **марли** (бинта). Концы получившегося марлевого мешочка следует зажать краем воронки, как показано на рисунке 31.

Неудобство этого приема заключается в том, что после растворения всего магния в кислоте в мешочке остается пузырек газа. Для того чтобы перевести этот пузырек в цилиндр, нужно,

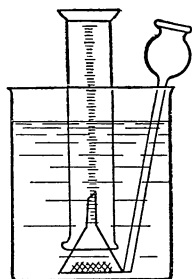


Рис. 30. Определение эквивалента магния (4).

придерживая воронку цилиндром, вытащить марлю из-под воронки в стакан при помощи стеклянной трубочки (рис. 32). Конец трубочки не должен быть оплавлен, чтобы она не скользила по марле.

3. Один из самых удобных приборов для определения эквивалентов металлов изображен на рисунке 33. Он состоит из **пробирки** и **бюретки** на 50 мл и большой **воронки** диаметром около 9 см.

Пробирка соединена с бюреткой **резиновой трубкой** *a* такой длины, чтобы пробирке легко было придать вертикальное положение.

Резиновая трубка *б*, соединяющая бюретку с воронкой, должна быть такой длины, чтобы низ воронки можно было установить против нулевого деления бюретки.

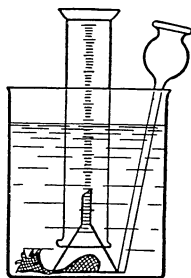


Рис. 31. Определение эквивалента магния (5).

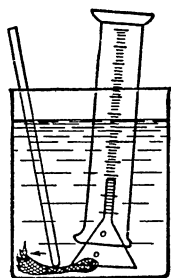


Рис. 32. Определение эквивалента магния (6).

Пробки должны хорошо держать (лучше взять резиновые). Весь прибор устанавливается на штативе. Пробирка и бюретка — в зажимах. Воронка — в зажиме или в кольце.

Преимущества прибора заключаются в том, что в нем: 1) газ приводится к атмосферному давлению очень просто; 2) отсчет объема газа в бюретке производится при нормальном положении бюретки, от нуля; 3) не требуется большого количества кислоты.

Опыт. Держа пробирку вертикально, налить в нее через **воронку соляной кислоты** немного меньше половины. Стенки пробирки должны быть сухие (в случае надобности вытереть фильтровальной бумагой). Установить пробирку в штативе горизонтально.

Отвесить на химических или микро-технических весах точно около 0,1 г **цинка** или 0,04 г **магния**. Поместить металл в пробирку, как показано на рисунке 33.

Не вставляя пробки в колбу, налить в воронку столько воды, чтобы уровень воды в бюретке был на

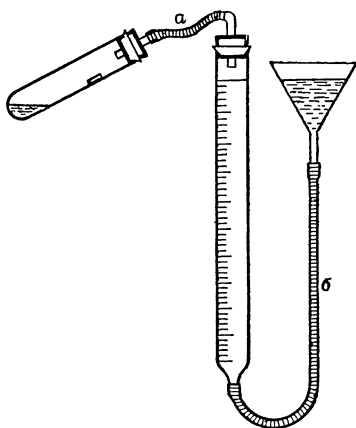


Рис. 33. Определение эквивалента магния (7).

нулевом делении. Воронка должна иметь положение, как на рисунке 33 или немного выше.

Наклонить пробирку так, чтобы металл упал в кислоту.

По окончании реакции установить воронку на такой высоте, чтобы вода в бюретке и в воронке была на одном уровне (для того, чтобы газ в приборе находился при атмосферном давлении).

Деление бюретки, против которого установится уровень воды, будет соответствовать объему выделившегося при реакции водорода при атмосферном давлении и при температуре помещения.

Произвести расчеты (как на стр. 41) и найти эквивалент взятого металла.

Пробирку можно заменить банкой, как на рисунке 34. Зажим *a* закрывается после того, как вода в бюретке установлена на нулевом делении.

● 4. Прибор, изображенный на рисунке 35, не требует длинного каучука, как описанные выше приборы.

Прибор состоит из скляночки на 100 мл, воронки, соединенной со скляночкой трубкой с пружинным зажимом *b*, изогнутой трубки *a* и измерительной трубки (бюретки, как на рисунке) или цилиндра для измерения жидкостей (см. стр. 44).

Пробку следует взять резиновую. Трубка *a* не должна выходить из нижнего конца пробки.

Опыт. Отвесить точно на химических или химико-технических весах около 0,1 г цинка или около 0,04 г магния (магний следует

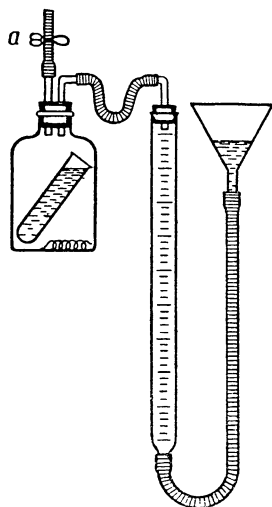


Рис. 34. Определение эквивалента магния (8).

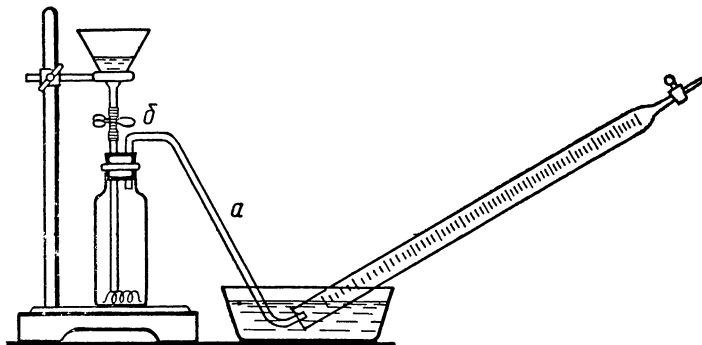


Рис. 35. Определение эквивалента магния (9).

завернуть в кусочек медной или латунной сетки, чтобы он во время реакции не всплывал).

Поместить навеску в склянку, вставить пробку с воронкой и отводной трубкой *a*. Конец трубки *a* опустить в чашку с водой.

Вливать в воронку воду до тех пор, пока она не вытеснит из банки и трубки *a* весь воздух. Вода в чашке и вода, вливаемая в банку, должна быть не из крана, а комнатной температуры, чтобы из нее не мог выделиться во время опыта растворенный воздух.

Уровень воды в воронке должен установиться почти у самого каучука.

Поместить над концом трубки *a* бюретку (измерительную трубку или цилиндр для измерения жидкостей).

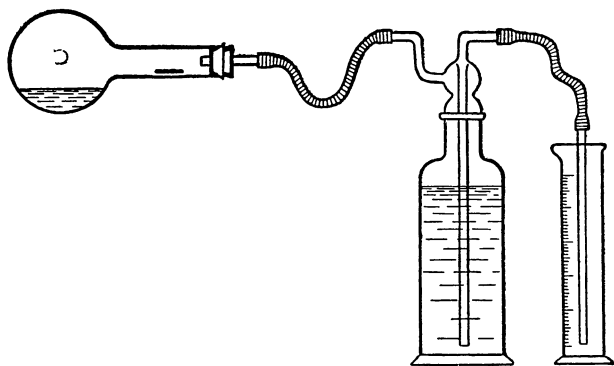


Рис. 36. Определение эквивалента магния (10).

Влить в воронку 30—50 мл концентрированной соляной кислоты и, приоткрывая зажим *b*, постепенно спустить в банку почти всю кислоту (уровень ее должен быть виден в трубке воронки).

Когда реакция окончится, приливая в воронку воду, вытеснить весь водород в измерительный сосуд.

Как воспользоваться бюреткой для измерения газа, см. опыт 1 (стр. 42).

Если металл завернут в медную сетку, по окончании реакции встряхнуть сосуд, чтобы выгнать газ из сетки. Как производить расчеты, см. страницы 41—42.

Для опыта вместо обыкновенной воронки удобнее воспользоваться воронкой с краном (см. т. I, стр. 172).

6) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТА МЕТАЛЛА ПУТЕМ ВЫТЕСНЕНИЯ ВЫДЕЛЯЮЩИМСЯ ПРИ РЕАКЦИИ ВОДОРОДОМ РАВНОГО ОБЪЕМА ВОДЫ

● **Опыт.** В колбу емкостью в 100 мл налить через воронку с длинной трубкой соляной кислоты. Горло колбы не должно быть смочено кислотой (в случае надобности вытереть фильтровальной бумагой).

Отвесить на точных весах навеску цинка (около 0,2 г) или магния (около 0,1 г) и поместить в горло колбы, для чего последней придать горизонтальное положение (рис. 36). Колбу закрыть **резиновой пробкой**, в которую вставлена стеклянная трубка с резиновой, при помощи которой колбочку можно было бы соединить с большой **склянкой Дрекселя**, как на рисунке 36.

Склянку Дрекселя наполнить водой. Воду брать не из крана, а из склянки, в которую вода должна быть налита заранее, чтобы она могла принять комнатную температуру и выделить растворенный в ней воздух. Присоединить к трубке склянки Дрекселя, доходящей до дна, резиновую трубку с зажимом и стеклянной трубкой, как на рисунке 36. Наполнить резиновую и стеклянную трубки водой. Для этого открыть зажим и вдуть во вторую трубку склянки Дрекселя воздух, пока вода не потечет из стеклянной трубки, после чего закрыть зажим.

В мензурку на 150—200 мл налить 40—50 мл воды. Опустить в мензурку присоединенную к склянке Дрекселя трубку. Соединить склянку Дрекселя с колбой и открыть зажим на резиновой трубке. Поднять мензурку настолько, чтобы уровни воды в мензурке и в склянке Дрекселя были на одной высоте, т. е. привести газ в приборе к атмосферному давлению. Закрыть зажимы и, приподняв трубку из мензурки, заметить объем воды в мензурке. Снова опустить трубку в мензурку и записать найденный объем воды. Открыть зажим и сдвинуть его на стеклянную трубку.

Установить колбу наклонно так, чтобы навеска металла упала в кислоту.

После того как реакция окончится и колба примет комнатную температуру, взять в руку мензурку и установить ее так, чтобы уровни воды в мензурке и в склянке Дрекселя были на одной высоте. Этим давление газа в колбе и склянке Дрекселя приводится к атмосферному.

Зажать зажим и вынуть трубку из мензурки. Объем воды в мензурке за вычетом ранее прибавленного равен объему выделившегося водорода при атмосферном давлении и комнатной температуре. Привести этот объем к нормальным условиям и рассчитать эквивалент металла, как указано на страницах 41 и 42.

Для опыта вместо обыкновенной колбы можно воспользоваться колбой Вюрца или банкой, в которую вставлена пробирка с кислотой (рис. 37).

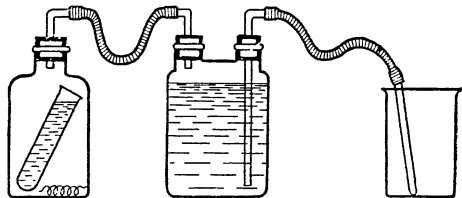


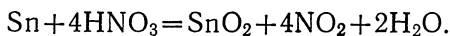
Рис. 37. Определение эквивалента магния (11).

Вместо склянки Дрекслея можно взять двухгорлую склянку (рис. 37).

Вместо того чтобы измерять объем вытесненной газом воды, можно собрать воду во взвешенный химический стакан (рис. 37) и взвесить. Вес воды в граммах считать равным объему в миллилитрах.

3. Определение химического эквивалента олова по кислороду

●● Для опыта берется олово в виде фольги (тонкие листы). Олово действием азотной кислоты превращается в двуокись олова:



Опыт. Прогреть на сильном огне фарфоровый тигель с крышкой, дать ему вполне остыть и взвесить на точных весах.

Отвесить приблизительно около 1 г оловянной фольги (можно на аптекарских весах). Разорвать фольгу на куски, которые скатать в рыхлые шарики, поместить в тигель и взвесить на точных весах. По разности найти точный вес взятого олова.

Под тягой смочить олово водой и затем прилить концентрированной (уд. в. 1,2—1,4) азотной кислоты. Произойдет реакция с выделением бурой двуокиси азота (ядовитый газ) и образованием окисла олова.

Если через некоторое время реакция не начнется, прикрыть тигель часовым стеклом и слегка подогреть. По окончании реакции смыть водой белый налет с часового стекла в тигель.

Поместить тигель на треугольнике на кольцо штатива и (*под тягой!*) осторожным нагреванием, избегая кипения и разбрызгивания, удалить всю жидкость, пока в тигле не останется только сухой порошок окисла олова.

После этого прокалить тигель (не под тягой) на сильном огне в течение 15 мин. Затем прикрыть тигель крышкой, с которой он взвешивался, и оставить охлаждаться (тигель прикрывается крышкой для того, чтобы предохранить порошок от влаги воздуха).

Вполне остывший тигель взвесить на точных весах. Разность в весе тигля с оловом и с полученным окислом олова дает вес кислорода в окисле.

Отсюда найти эквивалент олова, т. е. весовое количество олова, соединившееся с 8 в. ч. кислорода.

4. Определение химического эквивалента свинца по цинку

Опыт. Приготовить раствор уксуснокислого свинца, как указано на странице 103.

Отрезать пластинку цинка примерно 10×5 см, вычистить ее наждачной бумагой и вытереть фильтровальной бумагой.

Загнуть конец пластинки так, чтобы ее можно было повесить на лучинку, положенную на края стакана (рис. 38). Взвесить пластинку на **точных весах**.

Налить в стакан почти доверху раствора уксуснокислого свинца, погрузить в него пластинку, как на рисунке 38, и оставить до следующего урока.

На следующем уроке осторожно снять с цинковой пластинки пальцами весь выделившийся свинец и скатать его пальцами в комок.

Оттиснуть его между листами фильтровальной бумаги сначала рукой, а затем, взяв в несколько раз сложенную свежую бумагу, молотком на утюге, чтобы вытиснуть из комка весь раствор.

Вымыть и тщательно высушить фильтровальной бумагой цинк.

Взвесить свинец и цинк.

Рассчитать эквивалент свинца по цинку, считая эквивалент цинка 32,7.

Опыт дает эквивалент с точностью до 1.

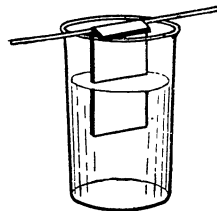


Рис. 38. Определение эквивалента свинца по цинку.

5. Определение химического эквивалента меди по кислороду

● **Опыт** прделывается так же, как опыт 3,а на закон кратных отношений, описанный выше (стр. 26), но берется только окись меди. Можно также воспользоваться опытом 3,1 (стр. 70).

Если опыт 3,а был прделан раньше, то имеющимися у учащихся данными можно воспользоваться для вычисления эквивалента меди.

6. Закон Дюлонга и Пти. Определение атомного веса олова или свинца

Приблизительный атомный вес олова или свинца можно найти исходя из закона Дюлонга и Пти и эквивалента металла.

По закону Дюлонга и Пти произведение атомного веса на удельную теплоемкость металла есть величина приблизительно постоянная и равна около 6,4:

$$A \cdot Q = 6,4.$$

Отсюда атомный вес

$$A = \frac{6,4}{Q}.$$

Найдя удельную теплоемкость металла и разделив 6,4 на полученную величину, мы найдем приблизительный атомный вес металла.

Для того чтобы найти точный атомный вес, нужно подобрать

такое небольшое целое число, чтобы при умножении на него эквивалента данного металла получилось произведение, близкое к найденному приближительному атомному весу. Это произведение и будет точный атомный вес, подобранный же множитель будет валентностью данного металла.

Обыкновенно поступают следующим образом: найденный атомный вес делят на эквивалент. Полученное число округляют до целого числа и затем на это целое число (валентность) умножают эквивалент. Произведение есть точный атомный вес элемента.

●● 1. Определение удельной теплоемкости металла можно произвести в упрощенном калориметре, состоящем из двух химических стаканов емкостью в 300 и в 500 мл, вставленных один в другой. Промежуток между стаканами заполняется рыхлым слоем ваты.

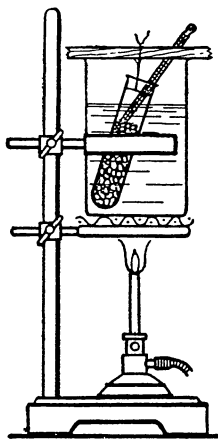


Рис. 39. Определение теплоемкости олова.

Калориметр накрывается крышкой из толстого картона с отверстием для термометра посередине.

В калориметр помещается хороший термометр с делениями на $0,1^\circ$ и такой длины, чтобы при комнатной температуре ртуть стояла немного выше крышки калориметра. Для определения температуры металла желателен второй термометр, но, так как металл нагревается в кипящей воде, без этого термометра можно обойтись. Нужно только выдержать металл в кипящей воде минут 10. Температура металла в последнем случае считается равной 100° .

Металл берется в виде мелких кусочков: свинец — в виде мелкой дроби, олово в виде неправильных кусочков, получаемых выливанием расплавленного олова тонкой струей в ведро с водой с возможно большей высоты.

Металл нагревается в широкой пробирке, опущенной в стакан с кипящей водой.

Пробирка обвязывается проволокой или ниткой, которая привязывается к лучинке, помещаемой на края стакана (рис. 39).

Водяное число калориметра не определяется. Вместо этого внутренний стакан взвешивается, и тепло, затраченное на нагревание стакана, рассчитывается исходя из удельной теплоемкости стекла, равной 0,2.

Вес стакана определяется до урока и сообщается учащимся.

Опыт. Налить в калориметр точно отмеренные мензуркой 150 мл воды комнатной температуры. Прикрыть калориметр крышкой, вставить термометр, размешать воду и записать температуру.

Отвесить точно около 150 г олова или свинца, поместить в широкую пробирку с термометром. Погрузить пробирку в стакан с кипящей водой (рис. 39).

Когда ртуть термометра, окруженного металлом, перестанет подниматься, записать температуру (около 100°), быстро вынуть пробирку и, держа ее полотенцем, высыпать металл в калориметр, закрыть его крышкой и размешивать в нем воду с металлом термометром (осторожно, чтобы не разбить его), пока ртуть термометра не перестанет подниматься.

Записать температуру.

Вычтя из наблюдаемой температуры первоначальную температуру воды в калориметре, найдем, на сколько градусов повысилась температура воды. Известно, что удельная теплоемкость воды равна 1 (это количество тепла, которое нужно затратить для нагревания 1 г воды на 1° , равное 1 малой калории). Поэтому, умножив вес воды (150 г) на найденную разность температур, мы найдем число малых калорий тепла, полученного водой от металла (а).

Но металл нагрел не только воду, но и внутренний стакан калориметра. Умножив теплоемкость стекла 0,2 на вес стакана и на разность температур, мы найдем число малых калорий тепла, отданного металлом стеклу (б).

Сложив обе найденные величины (а+б), мы найдем общее количество тепла, отданного металлом воде и стеклу (в).

Такое количество тепла потерял металл, охладившись от своей первоначальной температуры до температуры воды в калориметре в конце опыта.

Вычтя из первоначальной температуры металла (около 100°) его температуру в конце опыта и разделив общее количество тепла, отданного металлом (в), на эту разницу и на вес металла, найдем его удельную теплоемкость, т. е. число малых калорий тепла, которое нужно затратить на нагревание 1 г металла на 1° (это же количество тепла отдает 1 г металла, охладившись на 1°).

На основании закона Дюлонга и Пти и найденной теплоемкости металла рассчитать его приблизительный атомный вес.

Исходя из приблизительного атомного веса и эквивалента металла, найти его точный атомный вес.

Для олова можно воспользоваться эквивалентом, найденным при опыте 3 (стр. 50). Сравнить найденный атомный вес с атомным весом в таблице.

Точный эквивалент олова равен 27,18, эквивалент свинца — 103,61.

○ 2. Для лекционного опыта, иллюстрирующего закон Дюлонга и Пти, следует заготовить большие пробирки с различными металлами, содержащие грамм-атом каждого металла в виде опилок, дроби, мелких кусочков и т. п.

Например, 27 г алюминия, 55 г железа, 64 г меди, 65 г цинка, 119 г олова, 200 г ртути, 207 г свинца.

До урока пробирки подвешиваются в **стакан с кипящей водой** и оставляются в ней до опыта (на 10—20 мин). До урока же готовится столько одинаковых **бокалов** или стаканов, сколько заготовлено пробирок с металлами.

В сосуды наливаются при помощи **мензурки** равные объемы (по 100 мл) воды комнатной температуры. Если есть достаточное число **термометров**, то в каждый сосуд вставляется термометр. Тогда опыты со всеми металлами можно проделать одновременно. Если достаточного числа термометров нет, то опыты производятся последовательно.

Опыт. Вынув пробирку с металлом из кипящей воды, взять ее полотенцем, быстро высыпать металл в приготовленный сосуд с водой, размешивать воду термометром и заметить наивысшую температуру, какую покажет термометр.

Для наблюдения температуры полезно вызвать к столу учащихся.

Во всех случаях наблюдается одно и то же повышение температуры, хотя количества взятых металлов сильно различаются между собой.

Если все опыты проделываются с одним и тем же термометром, то для следующего опыта необходимо предварительно поболтать термометром в большом сосуде с водой комнатной температуры и, когда он покажет комнатную температуру, перенести его в сосуд с отмеренной водой.

Если нет измельченных металлов, можно взять их в виде мотков проволоки или крупных кусков, которые нагревать непосредственно в воде, подвесив на нитках.

V. КИСЛОРОД. ОЗОН. ГОРЕНИЕ

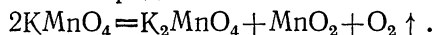
КИСЛОРОД

1. Получение и свойства кислорода

а) ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ИЗ МАРГАНЦОВОКИСЛОГО КАЛИЯ

Для получения кислорода в лаборатории обычно пользуются марганцовокислым калием ($KMnO_4$).

Разлагается соль при температуре 240° совершенно спокойно и дает ровный ток кислорода:



Следует заметить, что с серой, углем, фосфором и другими горючими веществами марганцовокислый калий образует **взрывчатые смеси**.

100 г соли дают около 7 л кислорода. Разложение можно вести в **реторте**, круглодонной колбе или в стеклянной трубке (рис. 40).

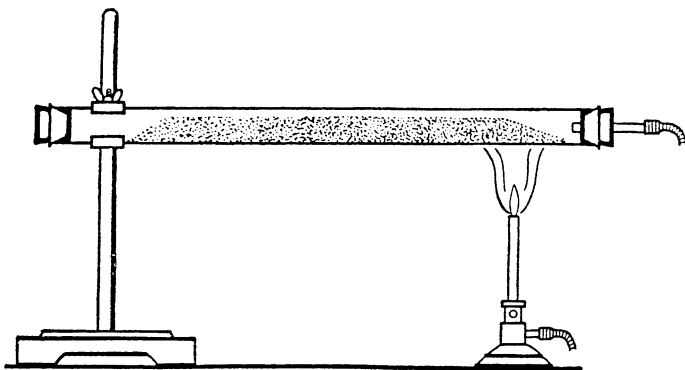


Рис. 40. Трубка для получения кислорода.

При лабораторных опытах разложение вести в пробирке с газоотводной трубкой. Во время нагревания марганцовокислый калий несколько распыляется. Пыль летит вместе с кислородом и может окрасить воду. Во избежание этого кислород пропускать

через трубку с неплотно положенной ватой. Если реакция ведется в пробирке, то можно вложить комочек ваты в передний конец пробирки около пробки. В настоящее время можно купить кислород в аптеках в кислородной подушке. Из нее можно наполнять газометры и прямо приборы.

б) ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ИЗ БЕРТОЛЕТОВОЙ СОЛИ

Следует брать возможно чистую **бертолетову соль** KClO_3 высшего качества, желателно мелкокристаллическую или в порошке (*kalium chloricum purissimum crystallisatum* или *pulveratum*).

Обращение с бертолетовой солью требует *большой осторожности (правила! См. т. I, стр. 54)*, так как при некоторых условиях она может разлагаться со взрывом; причиной взрыва может быть незначительная примесь органических и вообще горючих веществ даже в виде пыли. Если же имеющаяся соль на вид пыльная и содержит мелкие обрывки бумаги, щепочки и т. п., она уже является совершенно непригодной. Вообще, даже чистую на вид неизвестную соль, прежде чем применять, необходимо испытать, нагревая небольшое количество ее (около $\frac{1}{2}$ чайной ложки) в открытой чашке. Соль плавится около 350° и затем около 400° , если она чистая, начинает при осторожном нагревании равномерно и спокойно разлагаться. Если при нагревании соли происходят небольшие взрывы или сильные вспышки, то соль непригодна (ее можно попробовать очистить перекристаллизацией).

Для получения кислорода к бертолетовой соли всегда примешивают **двуокись марганца** или другое вещество, действующее на нее каталитически. Если нагревать более или менее значительные количества чистой соли, то на поверхности расплавленной соли может образоваться корка тугоплавкого хлористого калия, под которой скопляется кислород, в результате чего происходит взрыв. В присутствии двуокиси марганца бертолетова соль начинает разлагаться раньше, чем расплавится,— около 200° .

Двуокись марганца MnO_2 берется в виде порошка (*manganum hyperoxydatum 70—75% pulveratum*). Двуокись марганца, как и бертолетова соль, не должна, конечно, содержать никаких посторонних примесей.

Ввиду сходства порошковой двуокиси марганца с углем бывали случаи, что последний попадал по тем или другим причинам в двуокись марганца. При нагревании смеси, содержащей уголь, происходит *страшный взрыв*, при котором окружающие могут быть сильно ранены и даже убиты. Могут быть опасны и другие примеси. Известен случай (Egli-Rüst), когда по ошибке

вместо двуокиси марганца была взята похожая на нее сернистая сурьма, причем экспериментатор был убит на месте.

Смешиваются бертолетова соль и двуокись марганца в определенном соотношении. То и другое вещество можно отмеривать: на 3 ложки сухой мелкокристаллической бертолетовой соли 1 ложка двуокиси марганца, но лучше *отвесить* сразу на несколько раз определенные количества обоих веществ: 150 г $KClO_3$ и 90 г MnO_2 . Указанного количества смеси может хватить для наполнения двух газометров средней величины (10 г бертолетовой соли дают около 3 л кислорода).

Оба вещества берутся в виде порошков. Если бертолетова соль слежалась в комки, ее следует сначала отдельно измельчить в фарфоровой ступке или чашке. Делать это нужно *осторожно*, не при помощи пестика, а роговой или деревянной **ложкой**, раздавливая комки, а не растирая. Точно так же и при смешивании веществ их следует не растирать, а только *перемешивать*, лучше всего встряхиванием в колбе, но никоим образом не в ступке (*правила!* См. т. I, стр. 54).

Если чистота двуокиси марганца вызывает сомнение, то, прежде чем готовить большое количество смеси, двуокись марганца *следует испытать*, для чего несколько ложек смеси нагревается в фарфоровой чашке, и если разложение идет спокойно, без сильных вспышек, то смесь можно употреблять в дело.

Маленькие огоньки от почти неизбежных пылинок, появляющиеся в конце разложения, не представляют опасности. Если же смесь, полученная с чистой, испытанной бертолетовой солью, дает сильные вспышки и взрывы, значит, смесь содержит посторонние примеси и для получения кислорода не годится.

За неимением двуокиси марганца в порошке можно взять ее и в виде зерен (*granulatum*); с такой двуокисью марганца выделение кислорода также идет удовлетворительно (В. С. Горшечников).

Двуокись марганца можно заменить окисью железа (*ferrum oxydatum rubrum*), хорошо высушенной и прокаленной в железной чашке. Каталитическое действие ее слабее, чем двуокиси марганца.

На самый крайний случай можно взять промытый и прокаленный песок, который обладает еще более слабыми каталитическими свойствами и служит главным образом для того, чтобы разъединить кристаллики бертолетовой соли и помешать им сплавляться.

Смесь бертолетовой соли с окисью железа или с песком также следует предварительно испытать, как указано выше.

Если имеется бертолетова соль в виде очень крупных кристаллов (в несколько миллиметров в длину), то ее лучше измельчить, но не в ступке, а путем перекристаллизации. Для этого получает-

ся насыщенный раствор при нагревании, а затем горячая жидкость быстро охлаждается при сильном взбалтывании. Выделившиеся мелкие кристаллики отфильтровываются (удобнее всего на воронке Бюхнера под уменьшенным давлением, если имеется воронка и водоструйный насос) и высушиваются на листе гладкой бумаги на воздухе.

Таким же способом можно очистить бертолетову соль, загрязненную органическими веществами.

При получении кислорода необходимо соблюдать еще одну *предосторожность*: нагревание смеси следует вести очень равномерно и не на сильном пламени. Если нагревание ведется на газе, то следует уменьшить приток воздуха в горелку, если же не на газе, то не следует применять горелку Бартеля, а лучше воспользоваться обыкновенной спиртовой лампочкой. За током газа необходимо внимательно следить и, если разложение начинает идти слишком бурно, следует отставить на время горелку.

При соблюдении всех вышеуказанных *предосторожностей* получение кислорода из бертолевой соли не представляет опасности.

Следует еще отметить, что бертолетова соль ядовита и прием ее внутрь может быть смертелен. Поэтому во избежание каких бы то ни было случайностей на банке с бертолетней солью всегда должна быть отчетливая этикетка.

Во избежание случающихся иногда недоразумений при неправильном понимании названий на этикетках следует отметить сходства латинского названия хлористого калия *kalium chloratum* с немецким названием бертолетней соли *kalium chlorat*.

Известен случай отравления со смертельным исходом в результате перепутывания названий. Больному в лекарстве вместо хлористого калия была дана бертолетова соль.

Бертолетова соль по-латыни — *kalium chloricum*, хлористый калий по-немецки — *kalium chlorid*.

в) КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ДВУОКСИ МАРГАНЦА НА БЕРТОЛЕТОВУ СОЛЬ

●● *Опыт*. Насыпать в пробирку бертолетней соли KClO_3 слоем около $\frac{1}{2}$ см.

Укрепив пробирку в зажиме штатива или держа ее в руке при помощи держалки, полоски бумаги и т. п., нагревать бертолетову соль в пламени горелки. Когда начнется выделение кислорода (расплавленная соль начинает как бы кипеть), опустить в пробирку конец тлеющей лучинки примерно на 2—3 см. Если лучинка сразу не вспыхнет, глубже ее не опускать, а повторить испытание через несколько секунд. Продолжать нагревание и испытывать кислород лучинкой через небольшие, примерно

одинаковые промежутки времени, пока соль не разложится до конца, т. е. пока лучинка не перестанет вспыхивать.

Не следует брать бертолетовой соли слишком много, так как от недостаточно сильного нагревания на расплавленной соли образуется *корка*, под которой скопляется газ. Вследствие этого *может произойти взрыв*.

Затем в другую пробирку взять столько же бертолетовой соли. Нагреть ее до плавления и при помощи тлеющей лучинки показать, что кислород еще не выделяется. Отставить горелку, всыпать щепотку двуокиси марганца и сейчас же испытать тлеющей лучинкой, как в предыдущем случае. Лучинка сразу же вспыхивает, так как после добавления двуокиси марганца начинается бурное выделение кислорода. Продолжать испытание, как и раньше, пока разложение не дойдет до конца.

Учащиеся вполне отчетливо замечают, что процесс во втором случае заканчивается гораздо быстрее. Можно нагреть пробирку — выделения кислорода не происходит. Таким образом, учащиеся убеждаются, что процесс с двуокисью марганца проходит не только быстрее, но и при более низкой температуре.

Можно дополнительно взять в одну пробирку чистую бертолетову соль, в другой — смешать такое же количество бертолетовой соли с двуокисью марганца, укрепить обе пробирки на штативе на одной высоте, подставить под обе пробирки одновременно одинаковые горелки или лампочки с пламенем одинаковых размеров и затем испытывать кислород в обеих пробирках по очереди (начиная с пробирки с чистой бертолетовой солью) тлеющей лучинкой.

В пробирке со смесью кислород появляется раньше, и процесс в ней заканчивается значительно быстрее, чем в пробирке с чистой бертолетовой солью.

Можно заметить время начала опыта по часам или считать ровно: раз, два, три и т. д. до тех пор, пока разложение в обеих пробирках не дойдет до конца (В. С. Горшечников).

Если желательно показать, что катализатор при реакции не расходуется и сохраняет свои свойства, можно прокипятить содержимое пробирки, в которой нагревалась смесь, с водой, отфильтровать двуокись марганца, промыть горячей водой, перенести в железную чашку или на кусок железа, высушить нагреванием на горелке (не докрасна) и снова применить для получения кислорода.

Если не хватит времени на уроке, то на кружковых занятиях можно взвесить двуокись марганца до и после опыта.

В последнем случае отфильтрованную и промытую двуокись марганца следует смыть по возможности полностью струей воды из промывалки во взвешенную фарфоровую чашку, осторожно выпарить воду, высушить на горелке и взвесить.

г) НАПОЛНЕНИЕ ГАЗОМЕТРА
(см. т. I, стр. 277)

Опыт. Реторту или круглодонную колбу, или стеклянную трубку с марганцовокислым калием укрепить в зажиме штатива. При нагревании шейка реторты или горлышко колбы должны быть направлены несколько вниз. На конец реторты или газотводной трубки, идущей через пробку, надеть резиновую трубку.

Начать нагревание реторты на небольшом пламени.

К концу трубки от времени до времени подносить тлеющую лучинку. Когда проба обнаружит, что из реторты идет чистый кислород, ввести конец трубки в нижний тубулус газометра.

Разложение бертолетовой соли начинается почти сразу после того, как подставлена горелка, и идет очень легко. Вначале следует нагревать слабее и только под конец несколько усилить нагревание, все время следя за ходом реакции. Если в лаборатории нет газа, то следует воспользоваться не лампой Бартеля, а обыкновенной спиртовой лампочкой.

Кислород, получаемый из бертолетовой соли, обыкновенно содержит примеси в виде белого дыма (распыленная соль), а также имеет более или менее сильный запах окислов хлора.

Для устранения белого дыма достаточно пропускать кислород через широкую (диаметром $1\frac{1}{2}$ —2 см и длиной около 15 см) трубку, наполненную (не очень туго) обыкновенной или гигроскопической ватой. Присутствие указанных посторонних веществ несколько не мешает дальнейшим опытам с кислородом, но если желательно иметь еще более чистый кислород, то его можно, кроме того, пропустить через промывалку с раствором едкого кали или едкого натра (1 : 5).

За неимением газометра можно собрать кислород по способу вытеснения воздуха (см. стр. 62).

За неимением реторты получение кислорода можно вести в колбе. В таком случае двуокись марганца перед приготовлением смеси лучше прогреть, чтобы в ней не было гигроскопической воды, так как вода, конденсируясь, будет во время опыта стекать обратно, и колба легко может лопнуть.

Для лабораторного опыта можно воспользоваться пробиркой. Смесь можно также поместить в длинную трубку (рис. 40). Трубка укрепляется в горизонтальном положении. Нагревание следует начинать с того конца, к которому присоединяется газотводная трубка. Смесь не должна заполнять трубку полностью, над порошком во всю длину трубки должен оставаться проход. Для этого по наполненной трубке, держа ее горизонтально, следует постукивать сбоку рукой. Трубка должна быть достаточной длины, чтобы конец ее можно было ввести в газометр. Можно резиновую трубку надставить стеклянной.

Наполнить газометр свежей водой. Воду необходимо брать свежую, если неизвестно совершенно определенно, каким газом был наполнен газометр раньше, и если, кроме лица, наполняющего газометр, последним никто не мог пользоваться. Бывали случаи страшных взрывов, когда кислород собирался в газометр после ацетилена или иного горючего газа, более или менее растворимого в воде. Газ выделялся из воды, примешивался к кислороду, и при пробе кислорода тлеющей лучинкой происходил взрыв.

Поместить газометр над раковиной, лоханкой, ведром и т. п. (см. рис. 41). Закрывать все краны и открыть нижний тубулус (относительно различных газометров и подробности о наполнении их см. т. I, стр. 277—283).

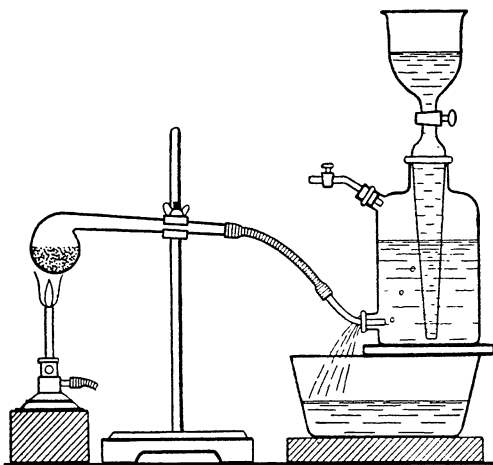


Рис. 41. Наполнение газометра кислородом.

д) КИСЛОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ВЫДЕЛЯЮЩИЕ КИСЛОРОД ПРИ НАГРЕВАНИИ, ЛЕГКО, ТРУДНО И СОВСЕМ НЕ ВЫДЕЛЯЮЩИЕ

● В качестве дополнительной исследовательской работы полезно дать учащимся нагреть ряд кислородных солей и окислов, чтобы они имели ясное представление о том, какие вещества разлагаются легко, какие трудно, какие при данных условиях разложить не удается.

Можно дать следующие вещества: **бертолетову соль** $KClO_3$ (kalium chloricum), **селитру** KNO_3 (kalium nitricum), **окись серебра** Ag_2O (argentum oxydatum), **окись ртути** HgO (hydrargyrum oxydatum), **марганцовокислый калий** $KMnO_4$ (kalium hypermanganicum), **двуокись марганца** MnO_2 (manganum hyperoxydatum) в порошке (на обыкновенной горелке не разлагается), **сурик** Pb_3O_4 (minium), который разлагается при сильном нагревании, а также несколько окислов и солей, не разлагающихся, как **окись меди** CuO (cuprum oxydatum), **известь** CaO , **сернокислый натрий** Na_2SO_4 (natrium sulfuricum) и т. д.

Для того чтобы не портить пробирки, можно заготовить оттянутые трубки небольшого диаметра (7—8 мм), длиной 7—8 см.

Опыт. Насыпать в оттянутые и запаянные с одного конца трубочки понемногу выданных веществ и нагревать до тех пор,

пока тлеющая лучинка не обнаружит выделения кислорода или пока при самом сильном нагревании, какое можно достигнуть с данной горелкой, не обнаружится, что кислород не выделяется и что тлеющая лучинка не загорается даже при погружении до дна трубочки.

Составить список выданных веществ в определенном порядке, начиная от наиболее легко выделяющих кислород и кончая веществами, которые кислород не выделяют.

2. Сжигание различных веществ в кислороде

Сжигание различных веществ в кислороде производится обыкновенно в особых тонкостенных и широкогорлых **склянках для сжигания в кислороде** (см. рис. 43). Для демонстрации желательно иметь склянки больших размеров — около $2\frac{1}{2}$ —3 л. Запас их должен быть достаточный, так как во время опыта они нередко лопаются. Можно воспользоваться и другими широкогорлыми сосудами, например бутылками для молока (см. т. I, стр. 171), банками, большими стаканами и т. п. Широкогорлые сосуды и стаканы прикрываются кусками картона с вырезом для трубки (рис. 42). Для наполнения кислородом и для внесения сжигаемого вещества картон несколько сдвигается в сторону.

Лабораторные опыты производятся так же, как и лекционные, но сосуды берутся небольшие. Все важнейшие опыты можно проделать с чайными стаканами, прикрытыми куском картона с вырезом для трубки. Но лучше, конечно, брать небольшие материальные банки, банки для варенья, для консервов (рис. 42) и т. п.

Сосуды для сжигания веществ в кислороде *должны быть чистые*.

Кислород для наполнения можно получать в пробирке (рис. 42).

В крайнем случае можно не собирать кислород, а производить сжигание в тех же пробирках, в которых получается кислород, беря очень немного смеси и держа пробирку при нагревании вертикально.

При сжигании одни вещества помещают на особые **ложечки** (см. т. I,

стр. 373), другие укрепляются на **проволоках**. Ложечки и проволоки вставляются в широкие корковые **пробки**, которые не должны плотно входить в отверстия склянок, а берутся

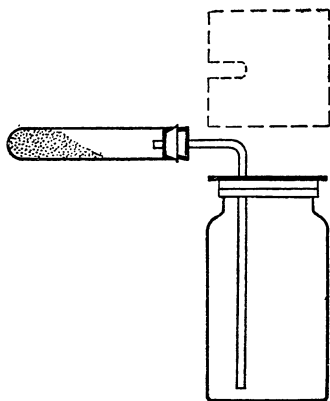


Рис. 42. Наполнение банки кислородом.

обыкновенно большего диаметра, чем эти отверстия (рис. 43), так как иначе, если склянку плотно закупорить, ее может разорвать нагретыми газами.

Если нет больших пробок, можно взять малые и вставить их в деревянные или картонные кружки. Кружки необходимы, если

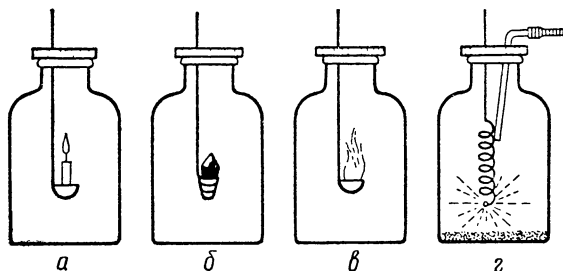


Рис. 43. Сжигание различных веществ в кислороде.

вместо склянок пользуются банками или стаканами. Ложечки и проволоки должны в пробках держаться плотно, не опускаясь вниз. При этом ложечки и проволоки следует установить на такой высоте, чтобы горящее вещество, когда ложечка опущена в склянку, находилось немного ниже середины сосуда. Иначе во время опыта может загореться пробка или может лопнуть горло склянки.

За неимением ложечек можно приготовить их из жести (см. т. I, стр. 373, рис. 470).

Для всех склянок, кроме склянок для сжигания железа и магния, желательно приготовить еще отдельно хорошо **подогнанные** пробки, которыми склянки можно было бы закрыть после опыта. Испытание полученных окислов лакмусом иногда приходится производить не сразу после сжигания, а между тем желательно, чтобы полученные газы не улетучились, а твердые вещества не изменились от действия влаги и углекислого газа воздуха. Для закрывания склянок можно также притереть к ним стеклянные пластинки (см. т. I, стр. 276), которые пригодятся для опытов с хлором.

Кислород для опытов удобнее всего брать из газометра. Если нет газометра, то можно сосуды наполнять непосредственно из кислородной подушки или прибора, в котором получается кислород.

Наполнение лучше всего производить на уроке непосредственно перед каждым опытом по способу вытеснения воздуха. Конеч широкой газоотводной трубки погружается до дна сосуда, и количество собравшегося кислорода определяется при помощи

тлеющей лучинки. При достаточно быстром токе кислорода каждое наполнение требует времени не более 2 мин. После того как один сосуд наполнен, газоотводная трубка переносится в следующий, а в первом — производится сжигание.

Для испытания (по окончании всех опытов) полученных веществ приготовить достаточное количество нейтрального раствора лакмуса (см. т. I, стр. 387).

●● 1. Сжигание свечи. Обыкновенно берут восковую свечу, но, конечно, можно воспользоваться и парафиновой. Свеча длиной 3—4 см прилепляется к ложечке (рис. 43, а) или привязывается к загнутой крючком проволоке.

Опыт. Зажечь свечу и опустить ее в склянку с кислородом. Когда горение окончится, закрыть склянку приготовленной подогнанной пробкой.

●● 2. Сжигание угля. Для опыта удобнее всего воспользоваться так называемым рисовальным углем, но можно вырезать также и из хорошего обыкновенного древесного угля кусок толщиной 6—9 мм и длиной около 4 см; один конец его следует заострить. Уголь или привязывается тонкой проволочкой к концу толстой проволоки, загнутой крючком кверху, или, лучше, вставляется в сделанную на конце проволоки коническую спираль (рис. 43, б). Уголь во время горения часто растрескивается и разваливается. Если он помещен в указанную спираль, то она его лучше удерживает, растрескавшийся кусок не вываливается и продолжает гореть. Спираль делается при помощи круглогубцев (или плоскогубцев) из отоженной железной или медной (достаточно толстой) проволоки. Вставляя уголь, спираль следует несколько развернуть, тогда она хорошо зажимает конец угля.

Можно просверлить в куске угля задним концом напильника отверстие и надеть уголь на загнутую на одном конце проволоку.

Опыт. Нагреть заостренный конец угля в пламени горелки, пока он не начнет тлеть, и затем опустить уголь в склянку с кислородом. Когда горение кончится, закрыть склянку плотно пробкой.

●● 3. Сжигание серы. Поместить на ложечку несколько кусочков серы или немного порошковатой серы (*sulfur sublimatum*).

Опыт. Нагреть серу на горелке. Обратит внимание на пламя серы, держа ложечку против темного фона. Опустить серу в склянку с кислородом (рис. 43, в), не закрывая пробки плотно.

Когда горение кончится, закрыть склянку плотно пробкой.

●● 4. Сжигание железа. Для опыта можно воспользоваться тонкой стальной проволокой или часовой пружинкой (волосок, его можно достать в часовой мастерской). Очень хорошо горит также так называемая фортепианная стальная

проволока, балалаечная струна. Железная проволока тоже может гореть, но не так хорошо, как стальная. Проволока (или пружинка) должна быть свернута в спираль (рис. 43, *г*), для чего сталь сначала нужно «отпустить», т. е. нагреть почти докрасна и дать медленно остыть. Затем проволока накручивается на толстую проволоку, гвоздь или на деревянную палочку. Так как сталь и после «отпуска» сохраняет отчасти свою упругость, то спираль потом несколько расходитя. Следует выбрать палочку такой толщины, чтобы диаметр витков спирали оказался не больше 7—8 мм. Один конец проволоки оставляется прямой и привязывается при помощи медной и т. п. проволочки к концу толстой проволоки, вставленной в пробку. В последние витки свободного конца спирали следует вложить небольшой кусок **лучинки** (рис. 44) или спичку, при помощи которой железо зажигается в кислороде.

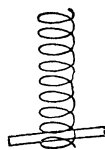


Рис. 44. Стальная спираль с лучинкой для зажигания.

Для зажигания железа можно также воткнуть конец спирали в кусочек пробки или обмотать конец проволоки ниткой и погрузить в расплавленную серу. Полученный серный фитиль хорошо зажигает проволоку в кислороде.

На дно склянки следует насыпать слой **песку**, чтобы стекло не лопнуло от капающей во время опыта с конца проволоки расплавленной железной окалины (иногда наливают в склянку воды, но она мало предохраняет дно склянки).

Песок полезно промыть или отсеять от пыли, чтобы она не поднималась от струи кислорода при наполнении склянки.

За неимением проволоки или пружинки можно взять тонкую пилку для лобзика. Для лабораторного опыта очень удобна тонкая игла. Ее следует вставить ушком в лучинку, а на острый конец насадить кусочек спички для зажигания в кислороде (рис. 45).

Можно сжигать и порошкообразное железо, поместив его кучкой на выгнутый в виде скамеечки с наклоном к учащимся кусок асбестового картона (рис. 46). Вместо склянки тогда нужен батарейный стакан, банка для варенья и т. п. Зажигается порошок накаленной проволокой или лучинкой.

Опыт. Наполнить склянку кислородом. Затем, не прекращая тока кислорода, зажечь вставленную в спираль лучинку (пробку и т. п.) и опустить спираль в склянку. Железо вскоре загорается. Для того чтобы горение шло энергично и чтобы оно не прекращалось, на горящее железо следует направить струю кислорода из газоотводной трубки (см. рис. 43, *г*). Для



Рис. 45. Игла для сжигания в кислороде.

этого в пробке нужно сделать соответствующий вырез, а можно и совсем не пользоваться пробкой.

○ 5. Сжигание натрия. При горении **натрия** (см. т. I, стр. 465; *правила!* См. т. I, стр. 54) в кислороде происходит *сильное разогревание*, так что если натрий сжигать непосредственно на ложечке, то железо плавится и загорается. Поэтому в ложечку сначала помещают **чашечку из мела** или лучше из **извести**, в которую и кладут натрий. Чашечку легко выточить при помощи ножа и напильника. Известь следует взять чистую (*calcium oxydatum purum* или *calcaria caustica e marmore*). Мел должен быть природный; классный прессованный мел для опыта непригоден (он готовится из смеси белых порошков, как отмученный мел, окись цинка и т. п., со связывающими веществами и при нагревании растрескивается).



Рис. 46. Асбестовая подставка для сжигания железа в кислороде.

Вместо того чтобы класть чашечку на ложечку, можно взять большой длинный кусок мела, сделать на одном конце его соответствующее углубление и затем привязать кусок при помощи тонкой проволоки к толстой проволоке, укрепленной в пробке (рис. 47).

Вместо чашечки из мела или извести можно сделать чашечку из асбестового картона. Из картона вырезается кружок, смачивается водой, плотно прижимается к ложечке пальцами и хорошо высушивается (не снимая) на горелке.

Для того чтобы натрий загорелся, он должен быть сильно нагрет. Так как известь, мел и асбест плохо проводят тепло, то нагревать натрий приходится сверху, для чего можно воспользоваться **паяльной трубкой**. Если есть газ, то проще всего нагревать натрий при помощи газовой паяльной трубки. Можно также обойтись и обыкновенной паяльной трубкой или даже оттянутой стеклянной трубкой, при помощи которой направить на натрий пламя горелки, спиртовой лампочки или свечи (рис. 48).

Ввиду того что натрий при нагревании нередко разбрасывается в стороны, к паяльной трубке следует *присоединять каучук и держать лицо подальше от ложечки*.

Кроме того, следует предохранить глаза, надев **очки** (см. т. I, стр. 46).

Для опыта желательно иметь возможно большую склянку для сжигания в кислороде.

Опыт. Наполнить склянку кислородом и закрыть ее пробкой. Отрезать (пинцет, нож) от высушенного **фильтровальной бумагой** куска натрия (см. т. I, стр. 465) кусочек величиной немного



Рис. 47. Чашечка из мела для сжигания натрия в кислороде.

больше горошины (кубик, стороны которого равны приблизительно 5—6 мм). Корка с натрия должна быть предварительно удалена.

Поместить натрий на ложечку, открыть склянку с кислородом и, держа ложечку над самым отверстием склянки (рис. 48), нагревать натрий до тех пор, пока он не расплавится и не начнет загораться в воздухе (появляются желтые искорки). Тогда быстро опустить натрий в склянку с кислородом, где сгорание происходит с ослепительно ярким светом.

Если натрий долго не загорается, то он покрывается иногда толстым слоем окиси. Эта корка в конце концов прорывается, и натрий вспыхивает, разбрызгиваясь в стороны. Во избежание этого следует время от времени нарушать корку, хотя бы той же паяльной трубкой, при помощи которой производится нагревание.

По окончании горения плотно закрыть склянку приготовленной пробкой.

●● 6. С ж и г а н и е к а л ь ц и я. Для опыта нужен кальций в виде стружек (см. т. I, стр. 462). Кальций, как и натрий, нельзя сжигать непосредственно на ложечке, но известь для покрывания ложечки в данном случае не подходит, так как желательно показать после опыта ту известь, которая образуется при горении кальция. Поэтому для опыта следует приготовить чашечку из асбестового картона (см. стр. 66).

Для опыта желательно иметь по возможности большой сосуд для сжигания веществ в кислороде.

Опыт. Наполнить склянку кислородом. На ложечку положить спичку и сверху насыпать стружки кальция (см. рис. 49).

Зажечь спичку и опустить ложечку в сосуд с кислородом. От спички загорится и кальций.

Происходит энергичная реакция с легким треском и ослепительным светом.

По окончании опыта закрыть склянку приготовленной пробкой.

Вместо того чтобы зажигать кальций при помощи спичек, можно нагреть его сильной газовой или бензиновой лампой (Бартеля), наклонив ее пламя над ложечкой.

● 7. С ж и г а н и е б е л о г о ф о с ф о р а. Для сжигания белого фосфора (phosphorus albus. *Правила!* См. т. I, стр. 49) не-



Рис. 48.
Зажигание
натрия.

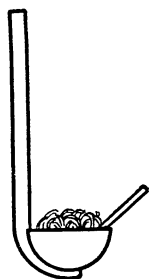


Рис. 49. Спичка для зажигания кальция в кислороде.

обходимо устроить приспособление, позволяющее воспламенить фосфор, уже внесенный в сосуд с кислородом. Иначе, при внесении в сосуд ложечки с горящим фосфором, горло сосуда легко может лопнуть. Кроме того, от горящего фосфора часто разлетаются в сторону брызги, которые могут попасть на стол и на экспериментатора. Наконец, внося ложечку в сосуд, легко пролить расплавленный горящий фосфор.

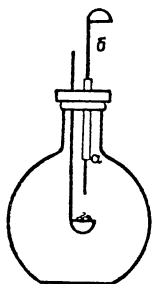


Рис. 50. Колба для сжигания фосфора в кислороде.

Для за ж и г а н и я фосфора внутри сосуда пользуются нагретой **проволокой** (можно взять перевернутую ложечку для сжигания веществ в кислороде). Для того чтобы удобнее было внести проволоку в сосуд, в пробку, в которой укреплена ложечка, вставляется **широкая стеклянная трубка** таким образом, чтобы ось ее проходила как раз через середину ложечки (рис. 50, а).

Фосфор можно сжигать непосредственно на железной ложечке, без асбестовой прокладки.

В качестве сосуда для сжигания фосфора принято пользоваться широко- и короткогорлой **колбой** (рис. 50) на 4—5 л (горло обыкновенной колбы можно обрезать). В шарообразном и большом сосуде горящий фосфор будет находиться дальше от стенок сосуда, чем в цилиндрической склянке, и брызги фосфора будут сгорать, не попадая на стенки сосуда. За неимением колбы можно воспользоваться и большой склянкой для сжигания веществ в кислороде. Рекомендуются также большой батарейный стакан. В него можно поместить опрокинутый большой тигель. На дно его поставить чашечку или крышку от тигля с отбитым ушком, жестяную коробочку. В чашку кладется фосфор. Стакан прикрывается куском стекла, жести и т. п. Под сосуд, на случай если бы он лопнул во время опыта, следует положить сковородку, кусок асбестового картона, жести.

Для опыта следует отрезать кусочек фосфора величиной не больше горошины (кубик, стороны которого равны 4—5 мм). При обращении с фосфором соблюдать все необходимые предосторожности. Резать фосфор можно только под водой, придерживая пинцетом или щипцами. Вода должна находиться в толстостенном сосуде (ступка, тарелка, но не фарфоровая чашка). Отрезанный кусочек должен иметь гладкие поверхности, чтобы его легче было высушить. Перед опытом кусочек полезно положить в холодную воду, так как фосфор, лежащий в воде комнатной температуры, легче загорается при высушивании (*правила!* См. т. I, стр. 49, подробнее стр. 401—403).

Во время подготовки фосфора и во время опыта на уроке следует иметь под руками концентрированный (1 : 10) р а с т в о р

ляписа или перманганата калия, которые служат **противоядием** при ожогах фосфором (смочить обожженное место). (Подробнее см. ниже, в главе «Фосфор».)

Кроме того, следует иметь поблизости **чашку с водой**, чтобы бросить в нее фосфор, если он случайно загорится во время высушивания. Если горящий фосфор попадет на стол, то лучше всего засыпать его **песком**, который также должен быть под руками.

Получающийся при горении фосфора дым фосфорного ангидрида P_2O_5 опасности не представляет.

Опыт. Наполнить сосуд кислородом. Вынуть фосфор пинцетом из воды и, поместив его на сложенный в несколько слоев кусок **фильтровальной бумаги**, тщательно обсушить его другим куском. Ни в каком случае *не тереть*, а только прикладывать бумагу к фосфору. Высушивать следует возможно быстро, поворачивая фосфор пинцетом. Сухой фосфор сейчас же поместить на **ложечку** и опустить в **сосуд**. Иногда, если в комнате очень тепло или после неосторожного вытирания, фосфор через некоторое время сам загорается в кислороде. Если этого не произойдет, нагреть в пламени горелки (не очень сильно, температура воспламенения фосфора около 60°) проволоку или стеклянную палочку и воспламенить фосфор; он сгорает с ослепительно ярким светом.

По окончании опыта, когда сосуд немного остынет, вынуть ложечку и закрыть сосуд приготовленной пробкой. Ложечку, на случай если на ней осталось немного фосфора, погрузить в приготовленный стакан с водой.

Если фосфор недостаточно хорошо высушен, то он сгорает с треском, и от горящего фосфора разлетаются в сторону брызги.

Ложечку после опыта прокалить под тягой, чтобы уничтожить возможные остатки фосфора, вымыть и высушить на горелке.

○ 8. Сжигание красного фосфора. **Красный фосфор** (phosphorus amorphus) сжигать гораздо проще, чем белый. Поэтому для школ рекомендуется проделывать опыт только с красным фосфором. Красный фосфор должен быть сухой. Если он отсырел, его следует промыть и высушить (см. ниже, стр. 401).

Для опыта можно воспользоваться колбой или широкогорлой склянкой.

Опыт. Наполнить сосуд кислородом. Поместить на ложечку немного красного фосфора и опустить ложечку с фосфором в сосуд с кислородом.

Нагреть на горелке конец проволоки (можно воспользоваться концом ложечки для сжигания в кислороде, рис. 51) или стеклянной палочки. Приподнять ложечку с фосфором и внутри сосуда коснуться фосфора нагретым концом проволоки. Если фосфор сразу не загорится, то, значит, проволока была недостаточно нагрета, ее следует нагреть сильнее.

Фосфор сгорает ослепительным пламенем. Сосуд наполняется белым дымом фосфорного ангидрида P_2O_5 .

Сосуд можно оставить закрытым той пробкой, в которой укреплена ложечка.

По окончании опыта ложечку, в которой горел фосфор, следует прокалить (лучше под тягой), чтобы сжечь все остатки фосфора, вымыть и высушить на горелке.

○ 9. Сжигание магния. Ленту магния (*magnesium metallicum in laminis*) длиной 25—30 см свернуть в плотную спираль (см. стр. 64) и привязать одним концом к вставленной в пробку проволоке.



Рис. 51. Зажигание красного фосфора в кислороде.

Опыт. Наполнить сосуд кислородом, зажечь ленту магния в пламени горелки и быстро опустить в сосуд с кислородом.

Магний сгорает ослепительно ярким светом.

Если недостаточно быстро вносить магний в сосуд, то горло сосуда может лопнуть. Сосуд может лопнуть также в том случае, если пламя магния коснется стенки сосуда.

По окончании всех опытов, когда склянки остынут, влить во все склянки, за исключением той, в которой горело железо (окисел железа нерастворим), воды, хорошо взболтать и прибавить нейтральный раствор лакмуса.

В склянках, где горели свеча, уголь и магний, окрашивание лакмуса получается не интенсивное, но ясно заметное.

По окончании урока сейчас же *вымыть ложечки и прокалить их в пламени горелки*. На ложечках сохранить до следующего раза пробки, в которые ложечки вставлены.

3. Окисление меди в струе кислорода

●● 1. **Опыт.** Трубку с медью, оставшуюся от опыта 2 (стр. 13) или 3 (стр. 28), укрепить в зажиме штатива на такой высоте, чтобы ее можно было легко нагревать.

Газометр, наполненный кислородом (стр. 60), соединить с двумя промывными склянками: одна — с раствором едкого натра, чтобы отнять от кислорода примеси, обыкновенно сопровождающие этот газ, при получении его из бертолетовой соли; другая — с концентрированной серной кислотой — для сушения. Воронка газометра должна быть наполнена водой.

Трубку с медью продуть ртом, чтобы выгнать из нее водород (если опыт восстановления делался недавно), и затем соединить при помощи резиновой трубки с промывными склянками. Открыть кран в воронке газометра и повернуть кран отводной труб-

ки настолько, чтобы кислород проходил несильной струей (следить по пузырькам в промывных склянках).

Нагревать трубку с медью сначала осторожно, потом сильнее. Прокалив медь в струе кислорода, пока вся медь не почернеет, прекратить ток газа, закрыв оба крана газометра.

Трубка с окисью меди может снова служить для опытов восстановления (стр. 13).

● 2. При лабораторном опыте можно произвести окисление небольшого количества меди, полученной восстановлением в пробирке, пользуясь тем же упрощенным приемом, который был описан выше (упрощенный прием восстановления окиси меди, стр. 14), но пробирка должна быть укреплена слегка наклонно, отверстием кверху.

4. Белящее действие кислорода в момент выделения

Опыт. В стакан с раствором сернокислого натрия Na_2SO_4 (natrium sulfuricum rigrum) опускают угольные электроды, укрепленные в куске картона (рис. 52). Анод предварительно обертывают в несколько слоев легко обесцвечивающейся окрашенной материей (лучше всего голубой бумажной тканью). Электроды присоединяют к соответственным полюсам батарей из 2—3 аккумуляторов и пропускают ток. Через 2—3 мин слой материи, непосредственно прилегающей к электроду, обесцвечивается атомарным кислородом, выделяющимся на аноде.

Опыт показывает, что атомы кислорода быстро соединяются в молекулы, так как третий и следующие слои материи уже не обесцвечиваются.

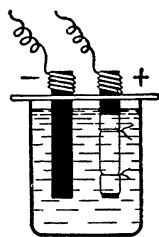


Рис. 52. Беле-ние ткани кислородом в момент выделе-ния.

ОЗОН

1. Получение и свойства озона

Для опытов можно воспользоваться любым **озонатором** лабораторного типа, имеющимся в школе. Озон получается при помощи тихого разряда, проходящего через пропускаемый сквозь озонатор ток кислорода. **Кислород** берется из **газометра**. Кислород должен быть сухой, для чего его сушат, пропуская через **промывную склянку** (см. т. I, стр. 265) с концентрированной **серной кислотой** (уд. в. 1,84). Кислород должен идти через озонатор несильной струей так, чтобы можно было считать пузырьки, проходящие через промывную склянку.

Для получения тихого разряда пользуются индуктором. **Индуктор** (см. т. I, стр. 332) может быть средних размеров, дающий искру длиной 5—10 см. Прежде чем включить индуктор, необходимо прочесть наставления к обращению с индукторами (см. т. I, стр. 332, и правила! См. т. I, стр. 47).

За неимением индуктора можно присоединить озонатор к кондукторам электрической машины; но необходимость все время вращать машину, конечно, усложняет опыты.

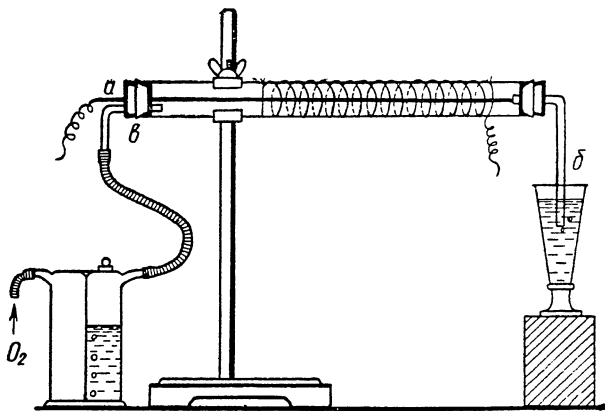


Рис. 53. Простейший озонатор В. Н. Верховского.

Слишком большого напряжения при работе с индуктором или с машиной следует избегать. Через озонатор не должны скакивать искры.

Простейший озонатор В. Н. Верховского, изображенный на рисунке 53, может быть приготовлен самим преподавателем. Озонатор состоит из стеклянной трубки диаметром около 2 см, длиной 40—45 см. Концы трубки закрыть корковыми (не резиновыми!) пробками. Через одну из пробок по оси трубки проходит более или менее толстая прямая железная (можно воспользоваться ложечкой для сжигания в кислороде), медная или алюминиевая проволока. К наружному концу этой проволоки *a* присоединяется провод от индуктора. Внутренний конец упирается в трубку *б*, служащую для отвода озонированного кислорода. С противоположной стороны в широкую трубку вставлена другая трубочка *в*, приводящая кислород.

Снаружи на трубку навита неплотной спиралью тонкая медная, железная или алюминиевая проволока, свинцовая бумага или оловянная фольга в виде полосы, которая присоединяется ко второй клемме индуктора. Когда ток пущен, между обеими про-

волоками происходит через стекло и кислород тихий разряд, и кислород озонируется.

Для того чтобы с описанным прибором показать нижеприведенные опыты, достаточно иметь индукционную катушку, которая дает искру в 2 см длиной.

Озон действует на корковые пробки, но не настолько сильно, как, например, на резиновые. Поэтому, хотя пробки и разрушаются постепенно, но для лекционных опытов могут служить много лет.

В продаже имеется озонатор, устроенный по этому же типу (К. Я. Парменов), но без пробок. Центральная проволока вставлена в тонкую стеклянную трубку, впаянную внутри широкой. Озонатор монтирован вертикально на деревянной подставке (рис. 54).

Более продуктивны озонаторы, где тихий разряд происходит между двумя сплошными проводящими поверхностями. На рисунке 55 изображен озонатор Сименса. Здесь разряд происходит между двумя слоями фольги. Один слой покрывает наружную поверхность трубки озонатора, другой — внутреннюю поверхность впаянной в него внутренней трубки. Слои фольги соединяются с клеммами при помощи медных пружин.

Недостаток озонатора Сименса для школы заключается в том, что свечения тихого разряда не видно. Этого недостатка не имеет озонатор Бертело (рис. 56), состоящий из двух концентрических, вставленных одна в другую стеклянных трубок. Во внутреннюю, запаянную снизу трубку А наливается серная кислота (1:5). Наружная трубка Б погружается в цилиндр с серной кислотой. В серную кислоту, налитую в трубку, опускается одна проволока от вторичной обмотки индуктора, в серную кислоту, налитую в цилиндр, — другая. Проволоки берут обыкновенно платиновые, но можно воспользоваться и медными.

Кислород впускается в озонатор через нижнюю трубку а, а озонированный кислород выходит через верхнюю б. К верхней

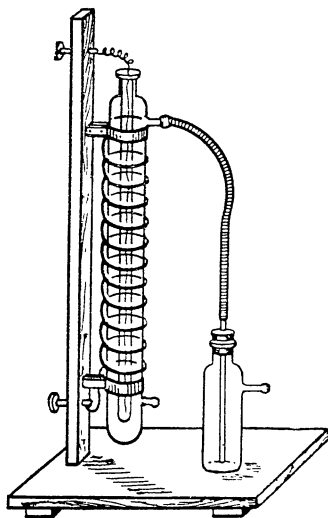


Рис. 54. Озонатор К. Я. Парменова.

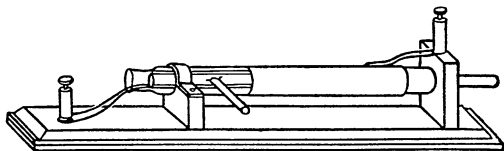


Рис. 55. Озонатор Сименса.

трубке газоотводная трубка присоединяется на корковой пробке (на резину озон сильно действует).

Напомним, что в озонаторе максимум 15% кислорода превращается в озон. Из озонатора выходит не озон, а озонированный кислород.

а) РАСТВОРЕНИЕ ОЗОНА В ВОДЕ

○ *Опыт.* Под конец газоотводной трубки б озонатора подставить на подставке (рис. 53) небольшой бокал, пробирку или стакан с водой и пропускать некоторое время озонированный кислород. Затем выключить ток, отставить подставку, вынуть из-под трубки бокал и дать понюхать раствор озона учащимся, чтобы познакомиться их с запахом озона.

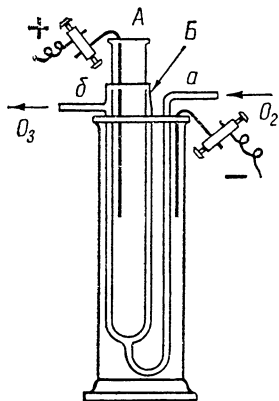


Рис. 56. Озонатор Бертелло.

Если бокал и другие сосуды при опытах с озоном помещать не на подставку, то при вынимании сосудов пришлось бы каждый раз поднимать озонатор. Можно присоединить газоотводную трубку и на каучуке, который, однако, постепенно разрушается озоном (см. опыт г).

б) ОКИСЛЕНИЕ ИНДИГО

○ *Опыт.* Под газоотводную трубку озонатора поместить небольшой бокал или пробирку с очень слабым (голубым) раствором индиго (см. т. I, стр. 389). При пропускании озонированного кислорода индиго через некоторое время, но не сразу обесцвечивается. Быстрее обесцвечивается смоченная раствором индиго бумажка, если ее держать перед отверстием газоотводной трубки.

Вместо бокала можно взять склянку с небольшим количеством раствора индиго, которую после пропускания в течение некоторого времени озонированного кислорода сильно взбалтывать, закрыв пробкой. При этом обесцвечивание наступает быстрее.

в) ОКИСЛЕНИЕ РТУТИ

○ *Опыт.* Через пробирку с небольшим количеством чистой фильтрованной ртути пропускать ток озонированного кислорода. Через некоторое время поверхность ртути тускнеет, и при встряхивании пробирки ртуть начинает приставать к стеклу. Образуется черная закись ртути Hg_2O .

Ртуть лучше предварительно слегка подогреть.

г) ОКИСЛЕНИЕ КАУЧУКА

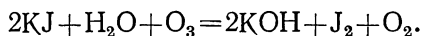
○ **Опыт.** К концу газоотводной трубки озонатора присоединить тонкую резиновую трубку. При пропускании озонированного кислорода трубка через некоторое время делается рыхлой и разваливается на куски.

Этот опыт можно, конечно, соединить с предшествующими опытами с озоном. Для этого при помощи куска каучука длиной в 5—8 см к озонатору присоединяется стеклянная трубочка, которая и погружается, например, в воду или раствор индиго. Каучук должен быть свежий, черной или красной резины, не очень толстостенный. Трубку, которая к нему присоединяется, следует выбрать такой толщины, чтобы каучук налезал на нее с трудом и был сильно растянут. При таких условиях он быстро разрушается и в нем появляется ряд трещин. Это сразу же обнаруживается тем, что через воду, в которую опущена трубка, перестают проходить пузырьки газа.

Если каучук снять и растянуть, то на нем заметен ряд продольных трещин.

д) ВЫТЭСНЕНИЕ ИОДА ИЗ ИОДИСТОГО КАЛИЯ

○ **Опыт.** В бокал с водой прибавить немного крахмального клейстера (см. стр. 283) и несколько капель 1 : 10 раствора йодистого калия (см. стр. 279). При пропускании озона раствор сейчас же окрашивается в синий цвет:



Кроме того, можно показать, каким образом пользуются для открытия озона йодокрахмальной бумагой. Для этого к газоотводной трубке озонатора поднести кусок фильтровальной бумаги, смоченной указанным выше раствором. На ней появляются синие пятна.

Можно также воспользоваться продажной или заранее приготовленной и высушенной йодокрахмальной бумагой. Перед опытом ее надо смочить водой.

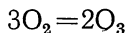
При помощи йодокрахмальной бумажки можно иногда обнаружить озон в воздухе после грозы или в солнечный зимний день.

Для этого йодокрахмальная бумажка помещается в коротенькую пробирку или тигелек с несколькими каплями воды так, чтобы влажный конец бумажки выставлялся наружу.

Бумажка помещается на некоторое время на полочку за окном.

е) УМЕНЬШЕНИЕ ОБЪЕМА ГАЗА ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ОЗОНА ИЗ КИСЛОРОДА

○ Для того чтобы показать, что реакция



сопровождается уменьшением объема газа, к отводной трубке озонатора при помощи обрезка достаточного диаметра трубки и двух хороших **корковых пробок** присоединяется изогнутая, как на рисунке 57, трубка, служащая **манометром**. В трубку наливается концентрированная **серная кислота** (уд. в. 1,84), подкрашенная **индиго** (см. т. I, стр. 389), сколько показано на рисунке.

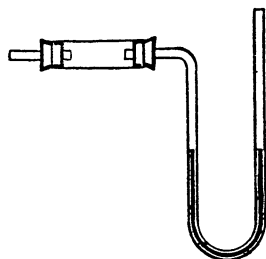


Рис. 57. Манометр к озонатору.

Озон в концентрированной серной кислоте не растворяется и на нее не действует.

Для опыта можно воспользоваться любым озонатором. Если он имеет пробки, последние должны хорошо держать.

Опыт. Пропустить через озонатор ток сухого кислорода и, когда можно будет считать, что весь воздух вытеснен, надеть на отводную трубку приготовленный манометр.

Снять с приводящей кислород трубки каучук и заткнуть конец трубки комочком размяченного в руке **воска**. Включить ток. Через некоторое время манометр покажет уменьшение объема газа.

Вместо того чтобы пользоваться для закрывания трубки воском, было бы удобнее иметь озонатор с краном на приводящей газ трубке. Можно было бы надеть на конец трубки небольшую пробирочку, закрытую хорошей корковой пробкой с отверстием. Но при этом уровни кислоты в манометре сильно переместятся, что нежелательно. Пользоваться для закрывания трубки каучуком с зажимом не следует, так как каучук сильно поглощает озон и опыт будет неубедителен.

ж) РАЗРУШЕНИЕ ОЗОНА НАГРЕВАНИЕМ

К **озонатору** тем же способом, каким присоединялся манометр, присоединить **тонкую трубку** длиной около 20 см. Пустить через прибор очень слабый ток кислорода и включить ток.

Подержать у отверстия трубки **йодокрахмальную бумажку** (см. опыт д). Бумажка синеет.

Прогреть трубку пламенем горелки и поднести к отверстию свежую йодокрахмальную бумажку. Она не синеет.

Продолжая держать йодокрахмальную бумажку у отверстия трубки, дать ей остыть. Йодокрахмальная бумажка снова открывает озон.

Для успеха опыта важно хорошо урегулировать ток кислорода, так как при слишком быстром токе озон не успевает разрушиться.

2. Образование озона при химических реакциях

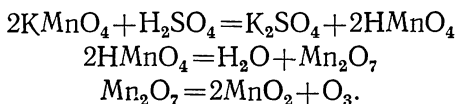
а) МЕДЛЕННОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФОСФОРА

●● В большую плоскодонную колбу (2—5 л) или склянку налить столько воды, чтобы помещенные затем на дно колбы несколько кусочков **белого фосфора** (*обращаться крайне осторожно*, см. *правила!* См. т. I, стр. 49, и т. II, стр. 403—407) наполовину выставлялись из воды. Колбу закрыть пробкой и оставить на несколько часов, лучше до следующего дня, в таком месте, где ее никто не мог бы трогать.

Опыт. Открыть колбу. В ней будет ясно ощущаться запах озона. Внесенная в колбу на проволоке **бумажка**, смоченная раствором **йодистого калия** и **крахмала** (см. выше), сейчас же синее.

б) ДЕЙСТВИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА МАРГАНЦОВОКАЛИЕВУЮ СОЛЬ

●● **Опыт.** В небольшой сухой **стаканчик** насыпать очень немного (на кончике ложечки) **марганцовокислого калия** KMnO_4 (*kalium hypermanganicum*) и прилить несколько капель концентрированной **серной кислоты** H_2SO_4 (уд. в. 1,84). Происходит бурная реакция, сопровождающаяся выделением озона:



Озон легко открыть при помощи влажной **йодокрахмальной бумажки** (см. оп. I, д, стр. 75).

Не следует брать слишком много веществ, так как может произойти взрыв.

Пользуясь этой реакцией, можно показать опыт, относящийся к разряду «чудес», а именно **воспламенение спирта**. Опыт лучше производить не в стаканчике, а в чашке. Спирт лучше смешать с эфиром. Если капать спирт в чашку из трубочки (как из пипетки), то каждая капля вследствие энергичного окисления загорается и из чашки вырывается пламя.

Можно взять некоторое количество реагирующей в чашке смеси на стеклянную палочку и коснуться ею смоченной смесью спирта с эфиром бумаги или ваты.

Вместо спирта можно взять бензин или бензол.

ГОРЕНИЕ И ОКИСЛЕНИЕ

1. Воспламенение различных веществ

Цель опытов — подчеркнуть, что при «зажигании» какого-либо вещества вся суть заключается в нагревании части этого вещества до некоторой более или менее определенной для каждого вещества температуры, причем это нагревание может быть произведено не только каким-либо пламенем, но любым нагретым предметом.

●● 1. Воспламенение светильного газа.

Опыт. Конец куска не очень толстой железной проволоки слегка нагреть в пламени какой-либо горелки и затем поднести к газу, выходящему из отверстия газовой горелки Бунзена или иной горелки. Это повторить несколько раз, причем с каждым разом проволоку нагревать все сильнее и сильнее, пока, наконец, газ не вспыхнет.

Обыкновенно это происходит тогда, когда железо будет нагрето до красного каления (около 600°).

Вместо проволоки можно воспользоваться гвоздем, укрепленным на конце деревянной палочки.

Опыт можно проделать с водородом (см. т. I, стр. 489). Со спиртовой лампочкой и с бензиновой горелкой опыт не удастся.

●● 2. Воспламенение сернистого углерода.

Опыт. Внести в пламя горелки щипцами проволоку или сложенную в несколько рядов (чтобы не так легко прогревалась) ленту магния (*magnesium metallicum in filis* или *in laminis*) и нагреть ее настолько, чтобы магний был возможно сильно накален, но не успел загореться. Нагретый магний затем поднести к блюдечку или фарфоровой чашке, в которую налито очень немного сернистого углерода CS_2 (*alcohol sulfuris* или *carboneum sulfuratum*). Сернистый углерод при этом вспыхивает, так как температура воспламенения его равна 120° .

Таким образом, магний, будучи горючим, не загорается, но нагрет достаточно для того, чтобы зажечь другое вещество.

Обращаться с сернистым углеродом следует *возможно осторожнее*. При наливании его в чашку на столе не должно быть огня.

Вместо магния для воспламенения сероуглерода можно воспользоваться пробиркой, в которой нагреть машинное или другое масло. Пробирка имеет температуру находящегося в ней масла.

●● 3. Воспламенение целлулоида.

Опыт. В пламя горелки внести одновременно узенькую пластинку целлулоида (держат *щипцами!*) и такой же кусочек картона или лучинку и сейчас же вынуть из пламени. Целлулоид загорается, картон нет. Загоревшийся целлулоид задуть или бросить в воду.

В качестве целлулоида можно воспользоваться «зубом» от целлулоидной гребенки. За неимением щипцов его можно вставить в расщепленную на конце **лучинку**. Никким образом нельзя держать целлулоид в руке во избежание ожога.

● ● 4. Воспламенение фосфора.

Опыт. Приготовить в пробирке кипящую воду, в которую опустить стеклянную или деревянную палочку. Маленький кусочек белого фосфора (*phosphorus albus*. *Правила!* См. т. I, стр. 48; получение белого фосфора из красного, см. стр. 404), со спичечную головку, высушить **фильтровальной бумагой** и положить на **сковородку**, доску штатива, кусок жести и т. п. Вынуть из горячей воды палочку, быстро вытереть ее полотенцем и прижать к фосфору. Он сейчас же загорается. Температура воспламенения фосфора около 60° .

Можно прикоснуться к фосфору непосредственно пробиркой с нагретой водой. Не смущаться, если фосфор прилипнет к пробирке; дать ему сгореть.

При обращении с фосфором соблюдать *все необходимые предосторожности* (см. т. I, стр. 49, а также 401—404 ниже, в главе о фосфоре): резать фосфор под водой, в **фарфоровой ступке** (не в тонкостенном сосуде), держать фосфор **щипцами**, тщательно собирать все остатки, не оставлять надолго вне воды, иметь под руками **раствор ляписа** AgNO_3 или марганцовокислого калия KMnO_4 .

При лабораторном уроке учащимся перед самым опытом раздаются (кладутся в чашки или на куски жести) уже нарезанные и высушенные очень маленькие кусочки фосфора (меньше спичечной головки). Учащиеся касаются кусочков пробиркой с горячей водой.

● ● 5. Воспламенение кремнистого водорода.

Опыт. Можно показать такое вещество, температура воспламенения которого ниже комнатной температуры, можно приготовить до урока **кремнистый магний** Mg_2Si (см. ниже опыт получения кремния), который на уроке бросить в стакан с **соляной кислотой**. Выделяющийся кремнистый водород загорается на воздухе.

2. Зависимость воспламеняемости вещества от степени его раздробления

Чем мельче раздроблено вещество, тем быстрее отдельные частички его прогреваются до температуры воспламенения и тем легче оно воспламеняется.

1. Воспламенение можно наблюдать, выливая нагретый до кипения **парафин** в какой-нибудь сосуд (Б. И. Субботин).

Парафин нагревается в **пробирке**. Для того чтобы пламя не обожгло руки, пробирку лучше всего привязать к длинной **лучине** (рис. 58). Выливать парафин можно в **консервную банку** или в ведро.

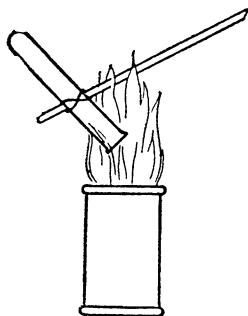


Рис. 58. Самовоспламенение парафина.

Опыт. Около $\frac{1}{3}$ пробирки наполнить кусочками парафина. Нагреть его до кипения и сильно кипящий вылить с высоты 10—15 см тонкой струей в банку или в ведро (рис. 58). Парафин вспыхивает, получается большое пламя.

2. **Опыт.** Нагреть порошкообразное (восстановленное) **железо** в **пробирке** (около $\frac{1}{4}$ пробирки), держа ее при помощи **держалки** или зажима от штатива. Если железо достаточно прогрето, то при всыпании его с некоторой высоты в **ведро** железо загорается и получается сноп искр.

3. Опыт можно упростить, если всыпать ненагретый порошок **железа** с некоторой высоты в пламя горелки. Порошок железа загорается, тогда как железная проволока, нагреваемая в том же пламени, не загорается. Но предыдущий вариант опыта, конечно, убедительнее.

3. Огнеопасность бензина

Цель опытов — предостеречь учащихся от возможных несчастных случаев при неосторожном обращении с такими веществами, как бензин, эфир и т. п.

○ **Опыты.** 1. На стол положить **кусочек жести** и налить на него немного **бензина**, чтобы образовалась лужица около 8 см в поперечнике. Отставить склянку с бензином и через минуту зажечь **лучинку** о стоящую на противоположном конце стола горелку, поднести лучинку на расстояние около 15 см от лужицы бензина и затем приближать ее постепенно все ближе и ближе (рис. 59). Пары бензина вспыхивают на значительном расстоянии (до 10 см) от лужицы, и весь бензин загорается.

Погасить бензин, накрыв пламя **полотенцем**.

Если стол ровный, без щелей, то можно налить бензин прямо на стол.

Вместо жести можно воспользоваться перевернутым чайным блюдечком.

2. Привязать к штативу куклу в платье (рис. 60). Голова куклы должна быть не целлулоидная, а фарфоровая или мастичная, без парика.

Слегка смочить платье куклы бензином, поджечь бензин лучинкой и, как только он вспыхнет, погасить пламя, обернув куклу полотенцем.

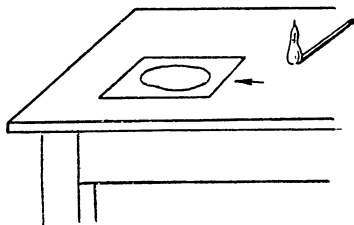


Рис. 59. Воспламенение проли- того бензина.

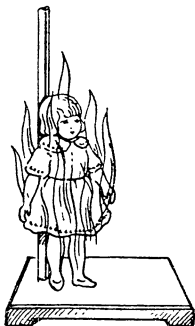


Рис. 60. Кукла для демонстрации тушения бензина, загоревшегося на платье.

Если все это проделать достаточно быстро, то на кукле не останется никаких следов и она может служить для многих опытов.

Опыт наглядно показывает учащимся, как нужно поступать, если по несчастному случаю на человеке загорится платье.

4. Температура воспламенения

а) ТЕМПЕРАТУРА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ФОСФОРА

○ Поместить на кольцо штатива стакан на 400—500 мл (на сетке). В стакан опустить пробирку, верх которой укрепить в зажиме (рис. 61). В стакан и в пробирку налить воды. В пробирку поместить кусочек белого фосфора (*предосторожности!* См. т. I, стр. 49) с горошину величиной. До дна пробирки опустить нетолстую стеклянную трубку (№ 3—4), изогнутую на конце и соединенную с газометром, содержащим кислород.

Опыт. Пустив через прибор слабый ток кислорода (1—2 пузырька в секунду), подставить под стакан горелку. Когда вода достаточно прогреется, фосфор сначала плавится, а потом, при прохождении каждого пузырька кислорода, в стакане происходит вспышка.

Для определения температуры, при которой начинается вспышка, в воду стакана погрузить **термометр**.

Иногда, особенно если ток кислорода слишком сильный, поднимающиеся пузырьки газа увлекают за собой фосфор, он остается плавать на поверхности воды и загорается. Тогда нужно временно прервать ток газа и влить в пробирку из приготовленного заранее стакана немного холодной воды.

По окончании урока, когда вода остынет, достать из пробирки застывший остаток фосфора при помощи заостренного конца **проволоки** и поместить в баночку для остатков фосфора (см. ниже, в главе XV «Фосфор»).

Воду с остальными мелкими кусочками фосфора, имеющими вид ключев темного цвета, лучше всего профильтровать и влажный фильтр бросить в топящуюся печь или сжечь под тягой на **асбестированной сетке**.

б) ПРЕКРАЩЕНИЕ ГОРЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЕМ ГОРЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ

○ 1. *Опыт.* В железный тигель 5—6 мм высотой или соответствующих размеров жестяную коробку налить

немного (1—2 мл) **амилового спирта** (alcohol amylicus), **скипидара** (oleum therebinthinae) или **керосина**. Показать, что жидкость не зажигается **лучинкой**. Лучинка, опущенная в керосин или скипидар, гаснет. Взяв тигель **щипцами**, слегка нагреть его на горелке и затем зажечь жидкость. Она продолжает гореть. По мере того как тигель прогревается, горение усиливается.

Погрузить тигель до $\frac{2}{3}$ высоты **щипцами** в приготовленную в большой чашке **холодную воду**. Пламя начинает постепенно уменьшаться, и, наконец, горение совсем прекращается.

Чтобы ускорить охлаждение, скипидар в тигле следует слегка взбалтывать, покачивая тигель круговыми движениями.

После того как скипидар погаснет, снова нагреть его в пламени горелки и зажечь, чтобы показать, что он погас не от того, что весь выгорел.

Опыт можно видоизменить таким образом: зажечь жидкость в **фарфоровой чашке** и затем вылить немного горячей жидкости на **чугунную сковородку** или на какой-нибудь другой массивный металлический предмет подходящих размеров. При соприкосновении с металлом скипидар быстро охлаждается и гаснет. Для

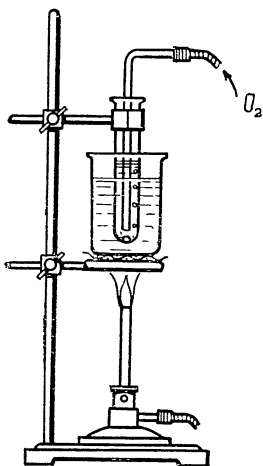


Рис. 61. Температура воспламенения фосфора.

сравнения часть горящего скипидара вылить на тарелку или фарфоровую чашку; он продолжает гореть.

Амиловый спирт имеет то преимущество, что не дает такой копоти, как скипидар и керосин. Но зато, с другой стороны, он является веществом, неизвестным учащимся.

● 2. Для лабораторного опыта вместо тигля можно воспользоваться **наперстком**, охлаждать в **стакане**. За неимением щипцов наперсток можно вставить в колечко, выгнутое на конце кустика **проволоки**.

в) ПРЕКРАЩЕНИЕ ГОРЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЕМ ПЛАМЕНИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СЕТКОЙ

Опыты основаны на том, что металл как хороший проводник тепла быстро отводит его и отдает окружающему воздуху. Поэтому температура горящего газа падает ниже температуры воспламенения газа.

● ● 1. Для опыта нужна **медная или латунная** (не железная) **сетка**, какая обычно употребляется для подкладывания под нагреваемую стеклянную посуду. Сетка должна быть не слишком тонкая, с просветами не более $\frac{1}{2}$ мм.

Опыт. Опустить сетку при помощи **щипцов** на пламя газовой горелки Бунзена приблизительно до половины его. Пламя не проходит через сетку (рис. 62). Затем зажечь спичку или **лучинку** и поднести ее к проходящему через сетку газу: он вспыхивает, пламя появляется и над сеткой.

Загасить горелку (зажать пальцами резиновую трубку). Затем, держа сетку в прежнем положении, пустить газ и поднести горящую лучинку к газу ниже сетки. Газ вспыхивает, но пламя не распространяется выше сетки.

Снова загасить горелку и проделать то же, но поднести пламя лучинки к газу выше сетки. Газ загорается, но пламя не распространяется вниз (рис. 63).

При всех описанных опытах пламя проходит через сетку только в том случае, если сетка сильно прогреется.

● ● 2. За неимением газа описанные опыты можно проделать и с обыкновенной **спиртовой лампочкой**. Светильню следует выдвинуть побольше. Сначала внести сетку в пламя сверху и показать, что горение не распространяется выше сетки. Если теперь

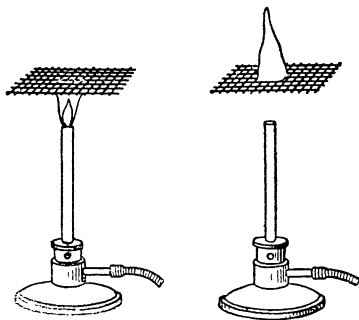


Рис. 62. Охлаждение пламени газа сеткой.

Рис. 63.

Охлаждение пламени газа сеткой.

сетку приблизить к светильне настолько, чтобы сетка касалась последней, то можно зажечь проходящие сквозь сетку пары спирта. Загасив лампочку, положить сетку на светильню и зажечь спирт поверх сетки. Пламя не распространяется вниз.

○ 3. Опыт с пламенем **спирта** можно изменить таким образом: налить на **тарелку** или на блюдечко немного **спирта** и поставить на середину тарелки свернутую из медной сетки **трубку** диаметром 5—6 см и высотой около 20 см. Бросить в трубку зажженную спичку. Спирт внутри трубки загорается, но пламя не распространяется наружу.

● ● 4. Опыт охлаждения пламени сеткой можно проделать и с бензиновой или спиртовой **лампой Бартеля**, но, так как температура пламени ламп Бартеля значительно выше температуры пламени газа, сетка довольно быстро прогревается и пламя проходит сквозь сетку. Опыт удастся лучше, если сетку сложить в два или три ряда. Пламя должно быть слегка светящимся.

● ● 5. Чтобы проделать опыт с **бензином**, можно воспользоваться и газовой горелкой Бунзена, вдвывая в нее, хотя бы при помощи ручной **резиновой груши**, воздух, карбюрированный пропуская через **промывную склянку** (см. т. I, стр. 266) с небольшим количеством бензина (см. т. I, стр. 267). За неимением бунзеновской горелки можно приготовить горелку из стеклянных трубок (см. ниже, при опытах с пламенем).

5. Рудничная лампа

Для того чтобы показать, каким образом можно воспользоваться охлаждающим действием металлической сетки для предупреждения взрыва смеси горючего газа с воздухом, необходимо проделать два опыта: сначала показать, что данная смесь взрывает, и затем повторить опыт в тех же условиях, но со вставленной в прибор сеткой. В качестве горючего газа можно воспользоваться бытовым газом (из городской сети или полученным лабораторным способом; см. ниже при опытах с пламенем), парами бензина или водородом.

а) ОПЫТЫ С БЫТОВЫМ ГАЗОМ

○ 1. Для опытов нужна небольшая **склянка** (на $1-1\frac{1}{2}$ л) с **тубулусом** внизу (рис. 64). Нижний тубулус склянки закрывается пробкой с трубочкой *a*, на которую надевается резиновая трубка, приводящая бытового газ. В верхнее горло также вставляется при помощи пробки стеклянная трубочка *b* длиной 25—30 см. Трубочку *b* следует взять диаметром около 1 см и лучше тонкостенную.

Кроме трубочки *b*, следует приготовить еще одну такую же,

в которую на расстоянии 7—10 см от нижнего конца вставить свернутую медную сетку. Для этого полоска сетки $2-2\frac{1}{2}$ см шириной скатывается в цилиндр с диаметром, соответствующим диаметру приготовленной стеклянной трубки, в которую он и вставляется при помощи какой-нибудь палочки или проволоки (не железной). Чтобы сетка легче скручивалась, ее предварительно полезно отжечь, т. е. нагреть докрасна и дать остыть. Скатывать сетку следует не слишком туго, чтобы через нее свободно мог проходить газ.

Вторую трубочку следует, как и первую, вставить в пробку, подходящую ко взятой склянке.

Опыт. Пустить через склянку ток светильного газа. Когда можно будет думать, что склянка наполнилась газом, закрыть кран, вынуть пробку из тубулуса и зажечь газ у конца трубки б (рис. 64). Газ, будучи значительно легче воздуха, поднимается вверх и выходит через трубку б. Через тубулус же в склянку постепенно входит воздух, который в склянке смешивается с газом. Пламя делается все меньше и меньше, и, наконец, когда к газу примешивается достаточное количество воздуха, горение распространяется внутрь склянки и происходит довольно громкий взрыв.

Обыкновенно бывает очень хорошо видно, как пламя проникает в трубку и быстро опускается по ней внутрь склянки.

Производя опыт с данным прибором в первый раз, конечно, лучше отойти от него подальше, но, вообще говоря, опыт можно считать вполне безопасным, если только размеры склянки незначительно больше указанных.

Проделав опыт со взрывом, вместо трубки б вставить приготовленную трубку с медной сеткой в (рис. 65). Снова наполнить склянку газом, вынуть пробку с трубкой, приводящей газ, и зажечь газ у отверстия трубки с сеткой. Опыт на этот раз продолжается немного дольше, так как благодаря сетке газ поднимается по трубке несколько медленнее. Пламя, как и в предыдущий раз, постепенно уменьшается, наконец, проникает в трубку, но опускается только до сетки, около которой и исчезает. Взрыва в склянке не происходит.

Для успеха опыта, особенно первого, важно, чтобы

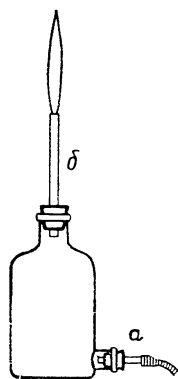


Рис. 64. Взрыв смеси бытового газа с воздухом.

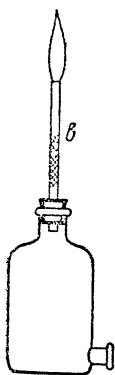


Рис. 65. Предупреждение взрыва с помощью медной сетки (1).

трубка была подходящего диаметра и не очень толстостенная, так как иначе она отнимает у пламени много тепла, пламя не доходит до конца трубки и взрыв не происходит. Если трубка во время опыта значительно холоднее, чем была при испытании, то опыт также может не удался.

За неимением подходящей трубки можно взять более короткую трубку меньшего диаметра, но тогда не так отчетливо будет видно пламя, опускающееся по трубке вниз.

Вместо склянки с тубулусом можно воспользоваться двухгорлой склянкой.

○ 2. Можно произвести опыт с верхней **воронкой от прибора Киппа** (см. т. I, стр. 261), укрепив ее длинным концом кверху и впуская газ через горлышко. Прodelать опыт без сетки, затем вставить сетку (рис. 66) и повторить опыт.

○ 3. Наконец, можно воспользоваться **колоколом** или обрезанной склянкой, как в опыте с водородом (см. т. I, стр. 496). Но взрыв смеси светильного газа с воздухом в открытом сосуде сравнительно очень слаб. Поэтому низ колокола лучше заклеить писчей бумагой, сделав в середине небольшое (диаметром около $\frac{1}{2}$ см) отверстие.

Наполнив колокол через верхнюю трубку газом, снять резиновую трубку и зажечь выходящий газ.

При взрыве бумага, которой заклеен колокол, прорывается.

○ 4. После описанных опытов можно показать опыт с **рудничной лампой**.

Можно воспользоваться старой рудничной **лампой Дэви** (рис. 67). Ее следует наполнить оливковым или другим растительным маслом. Для этого от лампы нужно отвинтить резервуар, вывинтив предварительно имеющимся при лампе ключом запирающий штифтик.

Поднимая верхнюю часть лампы, нужно придержать стекло, чтобы оно не упало. Проволочку, служащую для снятия нагара, следует повернуть так, чтобы она не приходилась над светильней.

Современная рудничная лампа — бензиновая; продолжительность ее непрерывного горения 12 ч, средняя сила света 0,52 св. Защитная сетка изготавливается из железной проволоки диаметром 0,3—0,4 мм, на 1 см² в ней имеется 144 отверстия. Лампа запирается двумя затворами: пломбовым и магнитным. Последний представляет собой пружинный замок, запирающий стержень которого, задерживаемый пружинкой, утоплен в гнезде

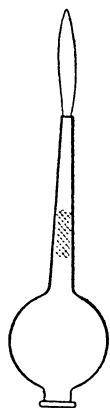


Рис. 66. Предупреждение взрыва с помощью медной сетки (2).

каркаса рудничной лампы так, что его можно вынуть только в шахтной ламповой мастерской с помощью специального электромагнита. Бензиновые рудничные лампы применяются у нас исключительно в качестве индикаторов рудничной атмосферы: по ореолу пламени приблизительно определяется процентное содержание метана в воздухе.

Для опыта с рудничной лампой нужен батарейный стакан или банка, например банка для варенья, в которую свободно входила бы вся лампа.

Опыт. Зажечь рудничную лампу или лампу Дэви и поместить ее на какую-нибудь подставку, например на опрокинутый стакан. На некотором расстоянии от лампы поместить **зажженную горелку** или свечу. Затем впустить в приготовленный большой сосуд некоторое количество светильного газа. Для этого, держа сосуд в руках или поместив его на таган и т. п. вверх дном, ввести в сосуд присоединенную к газовому крану трубку и открыть кран. Закрыв через некоторое время кран и не перевертывая сосуда, надеть его сверху на рудничную лампу или лампу Дэви. Пламя лампы начинает колебаться и иногда потухает.

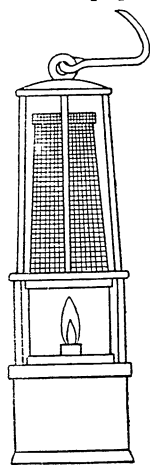


Рис. 67. Лампа Дэви.

Сняв сосуд с рудничной лампы или лампы Дэви, сейчас же поднести его к зажженной горелке или свече. Газ вспыхивает с легким взрывом. В тот момент, когда газ вспыхивает, сосуд можно повернуть отверстием кверху. Из него вырывается громадная пламя газа.

Предварительными опытами следует установить, сколько приблизительно времени нужно впускать газ в сосуд, чтобы опыт удавался наилучшим образом.

Не следует слишком долго держать сосуд с газом над лампой Дэви, так как вследствие происходящих в лампе мелких взрывов сетка может прогреться и газ в сосуде вспыхнет.

● ● 5. Вместо настоящей лампы Дэви можно воспользоваться упрощенной, с которой и показать описанный выше опыт.

Упрощенную лампу Дэви, изображенную на рисунке 68, можно приготовить из крышки от жестянки изпод какао и т. п. и обыкновенной медной сетки, употребляемой при нагревании химической посуды.

Из сетки нужно свернуть цилиндр такого диаметра, чтобы он довольно туго входил в имеющуюся жестяную крышку. Края сетки должны находить один на другой. Их можно в нескольких местах спаять (см. т. I, стр. 391) илишить куском тонкой проволоки.

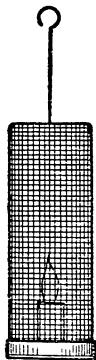


Рис. 68. Упрощенная лампа Дэви.

В цилиндр с одного конца следует вставить кружок из той же сетки или же из жести и загнуть края цилиндра, как на рисунке. В середине кружка укрепить кусок проволоки, за которую можно было бы лампу поднимать. С противоположного конца сетку следует обмять так, чтобы цилиндр можно было вставлять в жестяную крышку и вынимать.

Чтобы загнутые края цилиндра не разгибались, их предварительно следует отжечь, т. е. накаливать и дать остыть. Сетка должна быть достаточно мелкая, а цилиндр — достаточно высоким, чтобы верх его во время опыта очень не накаливался (достаточна высота около 20 см). На крышке укрепляется небольшой огарок свечи.

б) опыты с бензином

○ 1. Для опыта можно воспользоваться такой же **склянкой с тубулусом** (на 1—2 л), как и для опыта с бытовым газом (стр. 85).

К нижнему тубулусу склянки присоединить при помощи пробки со вставленным в нее отрезком трубки **резиновую грушу** (баллон) с двумя шарами (см. т. I, стр. 129) или лучше паяльный мех.

Приготовить из **медной сетки цилиндрик** (стр. 86), который входил бы в верхнее горлышко склянки. Вставлять в горлышко еще трубку, как в опыте с бытовым газом, не следует; образующиеся при взрыве газы должны иметь через это горлышко свободный выход.

Опыт. Влить в склянку очень немного (не более $\frac{1}{2}$ мл) легкого (авиационного) **бензина** и начать вдвухать в склянку воздух. Через несколько секунд поднести к горлышку прибора зажженную спичку.

Выходящие из трубки вместе с воздухом пары бензина загораются и горят совершенно спокойно светящимся пламенем. По мере того как бензин испаряется, пламя все уменьшается, и, наконец, при некотором избытке воздуха пламя распространяется внутрь склянки, и происходит взрыв.

Опыт вполне безопасен, если только склянка с тубулусом не превышает значительно указанных размеров.

Склянку с бензином после вливания последнего следует отставить подальше.

После опыта со взрывом вставить в горлышко склянки приготовленный цилиндрик из медной сетки (верхний конец цилиндрика должен быть приблизительно

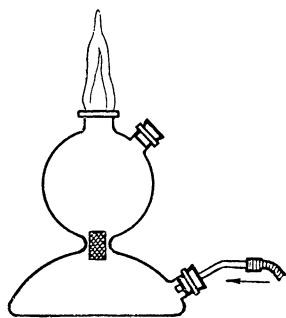


Рис. 69. Предупреждение взрыва смеси паров бензина с воздухом в нижней части аппарата Киппа.

но на 1 см ниже края горла) и повторить опыт. Взрыв не происходит.

Если повторить опыт несколько раз подряд, то сетка прогревается и взрыв распространяется внутрь склянки, причем сетку выбрасывает вон. Ввиду этого сетку не следует вставлять слишком туго, чтобы при взрыве не разорвало склянку.

Цилиндрик должен быть достаточной длины и довольно плотно свернут.

Вместо склянки с тубулусом очень удобно воспользоваться нижней частью от прибора Киппа (см. т. I, стр. 261).

Сетку можно вставить в суженную часть сосуда (рис. 69), тогда взрыв происходит только в верхней части сосуда, в нижнюю же не распространяется.

Можно, наконец, воспользоваться для опыта обыкновенной матерьяльной склянкой или склянкой для молока (см. т. I, стр. 171), опустив трубку, приводящую воздух, до дна сосуда (рис. 70). При опыте с сеткой трубку *a* можно вставить внутрь цилиндрика из сетки *б* (рис. 70). Верхний конец трубки должен быть, конечно, загнут, чтобы каучук не находился в пламени.

●● 2. Бензином можно воспользоваться и для опыта с лампой Дэви (см. выше).

Пары бензина вводятся в такой же большой сосуд, как и в опыте с бытовым газом, но сосуд должен стоять, конечно, отверстием кверху.

Опыт. Зажечь лампу. Затем смочить комок ваты бензином и слегка провести ватой в нескольких местах по внутренней поверхности стенок приготовленной банки. Отставить бензин и вату подальше в сторону и опустить в банку зажженную лампу Дэви. Горючая смесь проникает сквозь сетку в лампу, пламя начинает колебаться от слабых вспышек и иногда даже совсем потухает.

Вынув лампу из банки — сейчас же бросить в банку зажженную спичку. Происходит вспышка паров бензина, иногда даже слабый взрыв, в банке появляется громадное пламя.

Приступая к опыту, следует погасить все имеющиеся на столе горелки, чтобы распространяющиеся от смоченной бензином ваты пары бензина не вспыхнули. Не следует оставлять лампу в парах бензина очень долго, так как сетка может в конце концов прогореть, и бензин в банке вспыхнет.

в) ОПЫТ С ВОДОРОДОМ

○ Опыт с водородом может быть показан в том случае, если не предполагается затем производить параллельно опыт с лампой

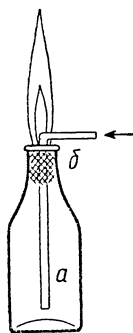


Рис. 70. Предупреждение взрыва смеси паров бензина с воздухом в склянке.

Дэви, так как производить опыт с большим сосудом, наполненным гремучей смесью, было бы, конечно, рискованно.

Опыт с водородом без сетки производится в колоколе совершенно так же, как описано в томе I (стр. 497). Затем в трубку вставляется сетка (см. выше), и опыт повторяется.

Цилиндрик из сетки должен быть достаточной длины.

Трубку прибора можно взять несколько длиннее, чем указано на странице 496 (т. I), чтобы лучше было видно опускающееся по трубке пламя.

6. Самовоспламенение фосфора

○ 1. Раствор белого фосфора (приготовление см. ниже на стр. 404) в сероуглероде выливается на бумагу. Когда сероуглерод испарится, оставшийся на бумаге мелкоизмельченный фосфор через некоторое время сам вспыхивает.

Для приготовления раствора **фосфора** (*phosphorus albus*) в **сероуглероде** CS_2 (*alcohol sulfuris* или *carboneum sulfuratum*) кусочек фосфора не больше горошины величиной *со всеми предосторожностями* (см. т. I, стр. 49, и т. II, стр. 401—404) высушивается фильтровальной бумагой и опускается в баночку или пробирку с несколькими миллилитрами сернистого углерода. Сосуд закрывается пробкой и слегка взбалтывается. Фосфор довольно быстро растворяется, но раствор всегда получается более или менее мутный, что, конечно, не имеет значения.

Готовить раствор следует только для одного опыта и незадолго до урока, так как *хранение этого раствора весьма опасно*. Если сосуд будет случайно кем-нибудь открыт, разбит или если вследствие перемены температуры напором паров сероуглерода выбросит пробку, то фосфор неминуемо загорится, что может послужить причиной пожара. Кроме того, нужно остерегаться пролить раствор на руки или на платье, так как ожоги фосфором *очень опасны*. На случай, если бы при работе сосуд с раствором был случайно разбит, следует иметь под руками ведро с песком, чтобы засыпать пламя.

До урока сосуд с раствором лучше всего поместить в чашку с песком и спрятать в надежное место. Обращение с раствором требует, конечно, возможно большей осторожности. На случай ожога — иметь раствор **ляписа** $AgNO_3$ (смочить обожженное место, см. т. I, стр. 49, и т. II, стр. 404).

Опыт. Кусок фильтровальной бумаги приблизительно 10×20 см величиной поместить на жестяную и т. п. пластинку и облить приготовленным раствором так, чтобы только смочить им бумагу. Сосуд сейчас же закрыть пробкой. Затем взять бумагу щипцами и, держа ее вертикально, плоскостью к учащимся (рис. 71), слегка помахивать ею в воздухе. Как только вес

сероуглерод испарится, фосфор вспыхивает. Бумага при этом большей частью не успевает загореться.

Опыт лучше всего производить *под тягой*, чтобы не вдыхать паров сероуглерода, но особой опасности это не представляет. Поэтому, если тяги нет, то можно обойтись и без нее.

Вместо фильтровальной бумаги можно, конечно, взять и обыкновенную бумагу. По окончании урока следует сейчас же вылить под тягой или на чистом воздухе остатки раствора в железную чашку и сжечь раствор до конца. Под конец чашку можно прокалить на горелке. То же сделать с пластинкой, на которой бумага смачивалась раствором фосфора. Для удаления остатков сероуглерода и фосфора из сосуда, в котором готовился раствор, в последний следует вдуть через стеклянную трубочку при помощи **резиновой груши** воздух также до тех пор, пока весь фосфор не выгорит.

За неимением сернистого углерода опыт можно поставить с **четырёххлористым углеродом** CCl_4 (carboneum tetrachloratum).

Растворимость фосфора в четырёххлористом углероде значительно меньше, чем в сернистом углероде. Кроме того, четырёххлористый углерод сам не горюч. Поэтому при опыте не получается такой яркой вспышки, как с сернистым углеродом, но все же явление самовозгорания наблюдается вполне отчетливо, особенно в темноте. По бумаге бежит синяя полоска пламени фосфора. Бумага при этом не загорается.

Раствор готовится насыщенный. Все остальные условия опыта и предосторожности те же, что и при опыте с раствором фосфора в сероуглероде.

● 2. При небольшом количестве учеников в классе вместо лекционного опыта можно поставить лабораторный. Учащимся выдают **полоски фильтровальной бумаги** шириной около $\frac{1}{2}$ см и длиной 10—18 см.

Учащиеся подходят по заранее установленной очереди к столу преподавателя, держа полоску **щипцами** или зажав ее в расщепленной на конце лучинке, затем опускают конец полоски в приготовленный заранее **раствор фосфора** в сероуглероде, налитый в небольшую баночку или чашечку слоем не более 1 см, снимают избыток раствора о край сосуда и отправляются к своему месту. Фосфор вскоре вспыхивает иногда раньше, чем учащийся успеет дойти до своего места.

Преподаватель должен внимательно следить за тем, как уча-



Рис. 71. Самовоспламенение фосфора.

щиеся опускают бумажки, и не разрешать брать слишком много раствора, чтобы раствор не мог капнуть с бумажки.

Взамен сернистого углерода можно, как и при лекционном опыте, воспользоваться **четырёххлористым углеродом** (стр. 90).

○ 3. Опыт, разоблачающий одно из «чудес». У куска **свечи** следует заранее очистить от парафина или стеари-

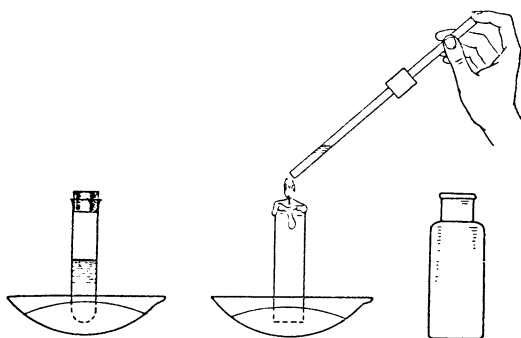


Рис. 72. Самовозгорание свечи.

на и распушить светильню. Свеча вставляется в подсвечник или лучше в **чашку с песком**. Затем светильня смачивается **раствором фосфора в сероуглероде** (раствор фосфора в четыреххлористом углероде для опыта не годится). После испарения сероуглерода свеча загорается.

Раствор фосфора должен быть концентрированный. Для приготовления его в пробирку наливают около **1 мл сероуглерода**, и в нем растворяются два кусочка **белого фосфора** — каждый с горошину величиной (со всеми *предосторожностями*, см. т. I, стр. 49).

Для смачивания светильни раствором фосфора удобнее и безопаснее всего воспользоваться следующим приемом (Б. И. Субботин). На кусок стеклянной **трубки 6 мм** диаметром и длиной около **15 см** надевается **пробка**, подогнанная к небольшой **скляночке**, в которую трубка опускается до опыта и после опыта. Трубка служит пипеткой.

Опыт. Вынуть приготовленную трубочку из склянки, опустить конец трубочки в пробирку с раствором фосфора в сероуглероде, зажать верхний конец пальцем, поднять трубочку, поднести ее к светильне свечи (рис. 72) и, осторожно приоткрывая верхний конец трубочки, дать раствору стечь по каплям на светильню. Если светильня недостаточно пропиталась раствором, повторить это пропитывание еще раз.

Опустить трубочку в склянку, с тем чтобы после урока удалить остатки фосфора (см. т. I, стр. 49). Закрывать пробирку с раствором фосфора пробкой. Пробирку с раствором фосфора в сероуглероде лучше всего держать в чашке с песком (рис. 72).

После урока раствор уничтожить (см. т. I, стр. 49).

Свечу можно выставить на лекционный стол со светильней, уже смоченной до урока раствором фосфора, с тем чтобы самовозгорание свечи произошло неожиданно для учащихся.

VI. ОКИСЛЫ, ОСНОВАНИЯ, КИСЛОТЫ И СОЛИ

1. Основные окислы и основания

●● 1. Получение и свойства гидрата окиси кальция. Для опыта лучше всего пользоваться чистой окисью кальция, получаемой при прокаливании мрамора, но можно использовать и техническую жженую **известь**. Жженая (негашеная) известь, употребляемая как строительный материал, неудобна тем, что при опытах с ней обыкновенно приходится долго ожидать начала реакции.

Перед уроком следует испытать, через сколько времени начинается реакция. Иногда, для того чтобы реакция заметно началась, приходится ждать минут десять, но при хорошо обожженной (не пережженной) извести разогревание начинается уже через 1—2 мин.

Для опыта следует взять наиболее крупные куски извести (6—8 см в поперечнике). Если известь плохо гасится, ее можно предварительно прокалить в пламени паяльной горелки или лампы Бартеля, чтобы разложить образовавшийся карбонат.

Выжигание извести из известняка в больших кусках в лабораторной обстановке не удастся. Можно получить порошкообразную известь, обжигая рассыпанный на железном листе в печке порошкообразный углекислый кальций. После прокаливания порошка в течение нескольких часов его еще теплым следует высыпать в банку с притертой или резиновой пробкой, в случае использования корковой пробки ее следует залить парафином.

Достаточно хорошие результаты дает прокаливание кусков хорошего мела размером с горошину в электрической муфельной печи. Приготовленную в лаборатории известь надо предварительно испытать.

Опыт. Поместить несколько кусков негашеной извести на блюдечко или в мелкую тарелку. Поливать известь понемногу из пипетки водой такими порциями, чтобы вода целиком впитывалась, стараясь не проливать воду мимо кусков. Как только известь перестанет впитывать воду, прекратить поливание. Через некоторое время начинается сильное разогревание, над кусками извести с шипением поднимается пар, куски увеличиваются в объеме, растрескиваются и рассыпаются в порошок.

Взболтать некоторое количество полученного порошка в воде, дать отстояться, профильтровать и к фильтрату прилить нейтральный раствор **лакмуса**.

Если известь при предварительном испытании гасится плохо, можно попробовать взять для гашения горячую воду. Если гасится большое количество извести, то полученную гашеную известь следует сохранять в банке с залитой парафином пробкой и по мере надобности использовать для получения известковой воды, получения едкого натра (см. ниже), аммиака и т. п.

● 2. Гашение извести в пробирке.

Опыт. Если нет возможности раздать учащимся большие куски извести, можно погасить небольшой кусочек извести в пробирке с водой, оставив на долгое время, и затем испытать **лакмусом**. Можно для ускорения нагревать известь с водой.

Если нельзя достать жженой извести, то можно обжечь кусочек мрамора и с ним проделать опыт гидратации окиси кальция. (Описание опыта см. в главе «Углерод», стр. 421.)

● 3. Едкие свойства извести.

Опыт. Несколько ложек влажной гашеной извести завернуть в бумагу или тряпку и оставить на несколько дней, хорошо прикрыв, чтобы известь не высыхала. Наблюдать разрушение ткани известью.

● 4. Получение едкого натра. В выпаривательную чашку 5—6 см диаметром наливают до $\frac{3}{4}$ объема 10-процентного раствора углекислого натрия. Туда же всыпают свежеприготовленную гашеную известь до густоты известкового молока. Ставят чашку на кольцо штатива и нагревают смесь до кипения. После пятиминутного кипячения (остерегаться брызг) производят пробу на полноту реакции. Для этого отбирают пипеткой небольшое количество жидкости и фильтруют в пробирку. Прибавление раствора соды к фильтрату не должно давать осадка (проба на отсутствие в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Если при пробе выпадает осадок, продолжают кипячение, прибавив немного раствора соды. По мере испарения воды подливают воду в чашку, чтобы объем смеси в чашке оставался постоянным. При отсутствии осадка в повторной пробе реакцию можно считать законченной. Тогда следует отфильтровать раствор образовавшегося едкого натра и определить его концентрацию титрованием соляной кислотой (см. стр. 109). При приливании соляной кислоты к фильтрату не должно наблюдаться шипения и выделения газа, это свидетельствует о наличии в фильтрате избытка соды.

● 5. Свойства едкого натра и едкого кали.

Опыт. Получить от преподавателя кусочек едкого натра и растворить его в пробирке в небольшом количестве воды (1—2 мл). Прикоснуться ко дну пробирки рукой. Замечается

разогревание. Несколько капель полученного раствора перенести палочкой на бумагу или тряпку и оставить на несколько дней. Бумага или тряпка разъедаются щелочью.

Одну каплю раствора взять на палец так, чтобы жидкость не попала под ноготь и *сейчас же* вымыть. При растирании раствора между пальцами кожа делается скользкой. Отмывать до тех пор, пока это ощущение не пропадет.

Разбавить раствор, долив пробирку доверху водой. Одну каплю раствора (не больше) перенести палочкой в стакан с водой, хорошо размешать и попробовать на язык (мыльный вкус щелочи). Сейчас же хорошо выполоскать рот чистой водой.

Прилить к раствору едкого натра раствор нейтрального или красного лакмуса. Лакмус синее. Аналогичные опыты проделать с едким кали.

● 6. Свойства едкого барита.

Опыт. Растворить небольшое количество $Ba(OH)_2$ в воде, прилить раствор лакмуса и испытать действие на кожу, как указано выше. Пробовать раствор едкого барита на вкус ни в коем случае нельзя, так как *соединения бария сильно ядовиты*.

● 7. Окислы, нерастворимые в воде.

Опыт. Взболтать в воде следующие вещества:

окись железа Fe_2O_3 (*ferrum oxydatum rubrum*), окись алюминия Al_2O_3 (*aluminium oxydatum anhydricum*), окись меди CuO , двуокись кремния SiO_2 . Дать отстояться, слить воду с осадка и испытать лакмусом. Убедиться в отсутствии реакции указанных окислов с водой.

● 8. Свойства гидрата окиси меди и гидрата окиси железа

а) Гидрат окиси меди для опыта берется в виде готового препарата. При всыпании его в воду обнаруживается, что полученная суспензия цвета индикаторов не изменяет (нерастворимое основание). При нагревании сухого гидрата окиси меди в пробирке образуется окись меди и вода (пробирку при нагревании держать горизонтально).

б) Гидрат окиси железа, полученный осаждением раствором щелочи из раствора хлорного железа, фильтруют и промывают на фильтре водой. При прокаливании осадка на жестяной пластинке получается красная окись железа.

2. Ангидриды кислот

● 1. Реакция между кислотным окислом и водой. Для опыта требуется фосфорный ангидрид в виде порошка. Хранить его следует всегда плотно закрытым. Если пробка корковая, ее следует залить парафином.

Опыт. При помощи роговой ложечки всыпать в тонкостенный стакан с водой фосфорный ангидрид. Реакция происходит весьма бурно с сильным шипением. Прилить раствор лакмуса. Одну каплю раствора перенести палочкой в стакан с водой, хорошо размешать и попробовать на вкус.

● 2. Приготовление фосфорного ангидрида и опыты с ним. За неимением в лаборатории фосфорного ангидрида можно его приготовить в количестве, достаточном для пробирочного опыта.

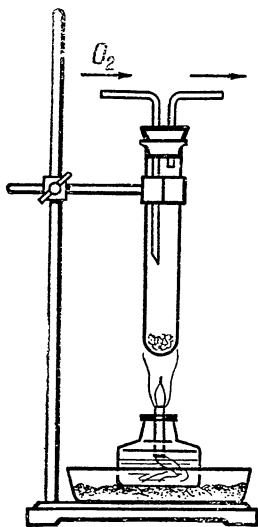


Рис. 73. Получение фосфорного ангидрида.

Опыт производят в приборе, изображенном на рисунке 73 (П. В. Верещагин). В пробирку помещают 0,1 г сухого красного фосфора и закрывают пробирку пробкой с двумя трубками, как показано на рисунке. К свободному концу короткой трубки присоединяют с помощью резиновой трубки хлоркальциевую трубочку, наполненную ватой для поглощения «дыма» фосфорного ангидрида.

Укрепляют пробирку в зажиме штатива, подставляют под нее спиртовку, поставленную на тарелку с песком. Свободный конец длинной стеклянной трубки соединяют с газометром, наполненным кислородом. Зажигают спиртовку и, как только фосфор загорится, пускают ток кислорода. Фосфор сгорает ослепительным пламенем. Когда горение прекратится,

прекращают ток кислорода. Охлажденную пробирку с полученным фосфорным ангидридом закрывают резиновой пробкой. Опыт можно производить на уроке или заготовить указанным способом несколько пробирок с фосфорным ангидридом до урока. Полученное количество фосфорного ангидрида позволяет проделать все указанные выше опыты (гидратация фосфорного ангидрида, свойства метафосфорной кислоты).

● 3. Получение серного ангидрида из серной кислоты. Опыт имеет целью показать, что выведение формулы ангидрида по формуле кислоты отнятием воды имеет реальное основание. Для опыта на часовое стекло наливают две-три капли концентрированной серной кислоты и подсыпают тройное по объему количество фосфорного ангидрида. Образующийся серный ангидрид «дымит» на воздухе (туман капелек серной кислоты). Если фосфорный ангидрид был получен в пробирке (см. выше), то концентрированную серную кислоту капают прямо в пробирку пипеткой.

● 4. Нерастворимость кремниевого ангидрида. Белый чистый кварцевый песок насыпают в пробирку и наливают воды. Смесь кипятят. При испытании индикатором кислотной реакции не обнаруживается. Опыт предупреждает ошибочное мнение учащихся о том, что всякий ангидрид, соединяясь с водой, образует кислоту (см. главу «Кремний», стр. 469).

● 5. Соединение двух безводных окислов. В качестве примера образования соли при соединении двух безводных окислов может служить получение свинцового стекла при сплавлении окиси свинца с кремнеземом. Опыт описан ниже, в главе «Кремний» (стр. 474).

3. Реакции между окислами металлов и кислотами¹

○ 1. Опыт с окисью меди и серной кислотой. Для первого опыта лучше всего воспользоваться окисью меди. Продажная окись меди реагирует с серной кислотой довольно медленно. Гораздо быстрее реагирует окись меди, полученная при разложении углекислой меди (см. т. I, стр. 429). Можно приготовить некоторое количество окиси меди прокаливанием углекислой меди в железной чашке или в тигле. Прокаливать следует настолько, чтобы взятая проба растворялась в кислоте без шипения.

Серная кислота берется той же концентрации, что и для получения водорода, т. е. 1 : 5 (1 объем кислоты на 5 объемов воды).

Опыт. Взять в большую пробирку или в стаканчик немного окиси меди CuO и прилить серной кислоты. Для ускорения опыт производится с нагреванием. Окись меди полностью вступает в реакцию, и получается синий раствор медного купороса.

● 2. Опыты с окислами меди, цинка и магния. При лабораторном опыте, кроме окиси меди, можно воспользоваться окисью цинка ZnO (*zincum oxydatum*) и окисью магния MgO (*magnesia usta*). Реакцию удобнее производить в фарфоровой чашке.

Опыт. В фарфоровую чашку налить одну пробирку раствора серной кислоты 1 : 5.

Нагреть раствор почти до кипения.

Прибавлять в него очень небольшими порциями порошкообразную окись меди, оставшуюся от разложения углекислой меди, окись цинка или окись магния, наблюдая, как идет реакция. Не всыпать следующей порции, пока не прореагирует предыдущая. Не кипятить, а только нагревать.

¹ Взаимодействие металлов с кислотами см. выше, т. I, стр. 476.

Если окись меди при этом остается без изменения, прибавить одну пробирку воды, нагреть жидкость до кипения. Если и после этого остается непрореагировавшая окись меди, то, значит, вся кислота израсходовалась.

Отфильтровать (**фильтр, воронка**) раствор в **стаканчик** от оставшейся окиси меди и оставить охлаждаться. Если раствор медного купороса получился не синий, а зеленый (образовалась основная соль), то прибавить несколько капель кислоты.

Если по охлаждении соль не выкристаллизовалась, перелить раствор в фарфоровую чашку, сгустить выпариванием (наполовину) и снова оставить кристаллизоваться. Полученные кристаллы пойдут для следующих работ.

● 3. Обнаружение выделяющейся при реакции воды.

В предыдущих опытах выделение при реакции воды заметить нельзя, так как кислота берется в виде раствора. Если же взять олеиновую или стеариновую кислоту и нагревать с ней окись меди, то выделяющаяся вода садится на холодных стенках пробирки в виде капель, хорошо заметных на «жирных» от кислоты стенках пробирки.

При реакции образуется медная соль стеариновой или олеиновой кислоты зеленого цвета.

Опыт. Взять в пробирку немного **олеиновой кислоты** $H(C_{18}H_{33}O_2)$ (*acidum oleinicum*), всыпать очень небольшое количество **окиси меди** и нагреть. Что наблюдается?

Написать равенство реакции.

Повторить то же самое со **стеариновой кислотой** $H(C_{18}H_{35}O_2)$ (*acidum stearinicum*, обыкновенный стеарин, из которого делаются свечи).

4. Реакции между гидратами окислов металлов и кислотами

●● 1. Едкий натр и соляная кислота.

Опыт. К небольшому количеству концентрированной **соляной кислоты** (уд. в. 1,19), помещенному в химический **стакан** или пробирку, приливать понемногу (лучше по каплям) концентрированный раствор (1 : 5) **едкого натра** $NaOH$ (*natrium oxudatum hydricum*). Происходит бурная реакция, и образуется осадок поваренной соли.

При лабораторном опыте соляной кислоты нужно брать в пробирку не более 2—3 *мл.*

●● 2. Гидрат окиси меди и серная кислота. Для реакции между гидратом окиси меди и серной кислотой нужно приготовить гидрат окиси меди. Готовый гидрат окиси меди всегда содержит большое количество углекислой меди и сильно шипит при растворении в кислоте. Для получения свежее-

осажденного гидрата окиси меди раствор медного купороса вливают в раствор едкого натра (не наоборот). Раствор должен оставаться слегка щелочным. Полученный осадок удобнее всего отфильтровать через материю (холст или коленкор), так как через фильтр жидкость проходит очень медленно. Материю можно положить прямо на края стакана. Когда часть жидкости стечет, материю можно взять в руки и отжать осадок руками (после чего сейчас же вымыть руки). Промывать осадок нет необходимости.

Для опыта удобнее всего воспользоваться влажным веществом, так как даже несколько раз промытый осадок содержит едкий натр, который во время сушения притягивает из воздуха углекислый газ, и вещество сильно шипит при растворении, что отвлекает внимание учащихся.

Опыт. Поместить некоторое количество гидрата окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ в стаканчик или пробирку и облить разбавленной серной кислотой (1 : 5). Реакция идет легко, без нагревания.

● 3. Другие гидраты окислов металлов. Для лабораторных опытов можно взять, кроме того, свежееосажденные гидраты окислов других металлов, например железа и хрома. Гидраты предварительно готовятся осаждением едким натром (1 : 10) растворов (1 : 10) соответствующих солей, например хлорного железа FeCl_3 (ferrum sesquichloratum) и хромовых квасцов (alumen chromicum).

5. Взаимодействие ангидридов кислот с гидратами окислов металлов

а) УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ И ГАШЕНАЯ ИЗВЕШТЬ

○ Углекислый газ и твердая гашеная известь. Опыт имеет цель показать, что при реакции между углекислым газом и гашеной известью выделяется вода. Это выделение воды является, как известно, причиной сырости в новых каменных домах. Поэтому поучительнее всего, если взять известь в виде кусков свежей штукатурки. Кроме того, в последнем случае опыт удастся гораздо лучше, чем с известью в виде порошка.

Следует взять приблизительно равные объемы гашеной извести (можно воспользоваться известью, оставшейся от опыта 1, стр. 93) и песка. То и другое в большой фарфоровой ступке или другом сосуде смешивается с небольшим количеством воды, пока не получится густое тесто. Это тесто намазывается слоем в $1-1\frac{1}{2}$ см на лист бумаги, которая помещается на какую-нибудь сетку или решето, чтобы масса лучше просыхала, и оставляется при комнатной температуре или, лучше, в теплом месте

на 1—2 суток. Масса должна просохнуть настолько, чтобы, будучи помещена в виде кусков 2—4 см в поперечнике (слоем около 5 см) в какой-нибудь сосуд, например в склянку для сжигания в кислороде (см. опыт 2, стр. 42), не давала на стенках сосуда осадка влаги. В то же время масса *непрерывно* должна содержать в себе некоторое количество влаги, так как иначе реакция идет очень медленно и опыт не удается. Таким образом, важно не пересушить массы. В случае же, если масса высохнет больше, чем нужно, ее следует слегка спрыснуть водой. До опыта массу следует сохранять в хорошо закрытом сосуде.

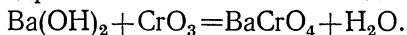
Опыт. В склянку с кусками известковой массы пустить сильный ток углекислого газа (получение см. ниже). На стенках сосуда сейчас же появляется обильная роса, которая скоро собирается в капли, образующие потоки по стенкам сосуда. При реакции выделяется значительное количество тепла, дно сосуда делается теплым на ощупь.

Выделение воды настолько значительно, что не может быть никакого сомнения в том, что это является результатом реакции, а не результатом выделения влаги из углекислого газа. Поэтому в сушении последнего нет надобности.

Известковой массы лучше всего заготовить сразу на несколько опытов, и, если масса окажется надлежащим образом приготовленной, ее можно сохранить до следующего раза в банке с залитой парафином пробкой (см. т. I, стр. 236).

б) ХРОМОВЫЙ АНГИДРИД И ГИДРАТ ОКСИ БАРИЯ

● Цель опыта — показать, что при реакции между ангидридом кислоты и гидратом окиси металла выделяется вода:



При растирании сухого гидрата окиси бария с сухим хромовым ангидридом образующаяся желтого цвета соль, благодаря выделяющейся воде, получается в виде полужидкой желтой массы.

Опыт. В фарфоровую ступку взять одну ложечку сухого хромового ангидрида CrO_3 (acidum chromicum technicum), прибавить столько же сухого гидрата окиси бария $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (едкий барит, baryum oxudatum hydricum) и растереть пестиком. Почему масса сделалась полужидкой?

6. Вытеснение металлов друг другом

а) ВЫТЕСНЕНИЕ МЕДИ ЖЕЛЕЗОМ

Этот опыт обыкновенно производится двумя способами: сначала на какой-нибудь железной пластинке осаждают из раствора медного купороса слой меди, который был бы всем отчетливо

виден, а затем берут избыток железа и доводят реакцию до конца, чтобы показать, что в растворе образуется железный купорос.

Раствор **медного купороса** CuSO_4 (сиргум sulfuricum rигum) в обоих случаях может быть концентрированным, даже насыщенным, а для того чтобы не происходило окисления образующегося железного купороса и чтобы слой меди получался плотный, блестящий, раствор медного купороса должен быть немного кислым. На 250 мл насыщенного раствора следует взять не более 1 мл раствора серной кислоты 1 : 5. Водород, выделяющийся в небольшом количестве при действии такого кислого раствора на железо, действует восстанавливающим образом, и железный купорос не окисляется.

○ 1. Для первого опыта в качестве железной пластинки удобнее всего воспользоваться ножом (например, ножом для пробок), который следует перед самым уроком как можно лучше вычистить **наждачной** или карборундовой **бумагой**. После чистки не следует дотрагиваться до поверхности металла руками и вообще чем-либо жирным.

Опыт. В раствор **медного купороса**, налитый в бокал, стакан или цилиндр, опустить на несколько секунд приготовленный **нож** и затем вынуть его, быстро сполоснуть водой и сейчас же насухо протереть **полотенцем**. Нож оказывается покрытым ровным блестящим слоем меди.

Предварительным опытом следует определить, сколько приблизительно времени следует оставлять нож в растворе, чтобы получились наилучшие результаты. Образовавшийся на ноже слой меди легко счищается наждачной бумагой.

Полезно перед самым опусканием ножа в раствор на всякий случай еще раз протереть его куском **наждачной бумаги**, чтобы иметь уверенность в том, что поверхность ножа совершенно чистая. Иначе медь садится неровно, отдельными пятнами и легко слезает при вытирании.

● 2. Для лабораторного опыта можно воспользоваться вязальными спицами, хорошо вычищенными гвоздями, кусками железной проволоки, большими иглами или полосками листового железа.

Опыт. Вычистить **железную проволоку** или пластинку **наждачной бумагой**. Налить $\frac{1}{2}$ пробирки раствора **медного купороса**. Опустить в него на несколько секунд **железо**. Вынуть, сполоснуть водой. Что получилось?

●● 3. Для выделения **всей меди** из раствора медного купороса удобнее всего воспользоваться крупными чистыми **железными опилками**, которые иногда можно получить в аптекарских складах (ferrum metallicum limatum rигum). Обыкновен-

ные опилки из слесарной мастерской для опыта непригодны, так как они недостаточно чисты и обычно плохо смачиваются водой, так как бывают масляные.

Такие опилки можно отмыть чистым эфиром или бензолом, но не бензином, оставляющим на железе тонкий слой менее летучих углеводородов.

Наилучший способ получить чистые опилки — это приготовить их при помощи крупного напильника из куска железа. Точно так же малопригодно и порошкообразное железо (*alcoholysatum*), так как оно слишком мелко и образует в растворе долго не оседающую мусть.

Опыт. В большую пробирку или стакан (250—300 мл, лучше высокий, см. т. I, стр. 166, рис. 141, А) налить до половины раствора медного купороса, всыпать железных опилок (слоем приблизительно $\frac{1}{2}$ см) и сильно взбалтывать, пока не пропадет синий цвет медного купороса и не заменится зеленоватым оттенком железного купороса. Получающийся раствор железного купороса окрашен гораздо менее интенсивно, чем взятый раствор медного купороса. Опилки приобретают характерный цвет меди.

Чтобы зеленый цвет раствора железного купороса был виден отчетливее, можно раствор отфильтровать¹.

При взбалтывании медного купороса с железом обратить внимание на изменение температуры раствора (на ощупь).

Если опилки содержат много мелкой железной пыли, то их предварительно полезно просеять через тонкое сито. Тогда после встряхивания опилки быстро сядут на дно, и раствор получается совершенно прозрачный.

За неимением чистых опилок можно воспользоваться и обыкновенными опилками, промыв их эфиром и высушив, или железным порошком, но в последнем случае полученный раствор железного купороса необходимо отфильтровать. С кусочками железа, гвоздями и т. п. можно поставить только длительный опыт в пробирке, закрытой пробкой (чтобы не окислялся образующийся железный купорос).

По окончании опыта следует показать учащимся кристаллы медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и кристаллы железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (*ferrum sulfuricum oxydulatum purum*).

Полезно отметить, что описанной реакцией пользуются в технике для омеднения железной проволоки.

¹ Получение из раствора кристаллов железного купороса не дает хороших результатов, так как значительная часть соли окисляется, превращаясь в бурый гидрат окиси железа. Хорошие кристаллы можно получить, только кристаллизуя большие количества раствора.

6) ВЫТЭСНЕНИЕ МЕДИ ЦИНКОМ

● **Опыт.** Налить $\frac{1}{2}$ пробирки раствора медного купороса (раствор можно приготовить из кристаллов, полученных при опыте).

Положить в раствор несколько кусочков цинка (*zincum metallicum granulatum*, зерненный цинк, см. т. I, стр. 390, или нарезанная цинковая пластинка) и некоторое время взбалтывать. Для ускорения реакции пробирку можно слегка нагреть.

Когда раствор совершенно обесцветится, обратить внимание на кусочки цинка, на их цвет¹. Что произошло?

Раствор профильтровать через маленький фильтр (воронка) в стакан и оставить кристаллизоваться.

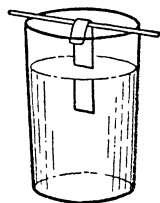


Рис. 74. Цинковая пластинка в растворе уксуснокислого свинца

в) ВЫТЭСНЕНИЕ СВИНЦА ЦИНКОМ (САТУРНОВО ДЕРЕВО)

●○ Приготовить слабый раствор (лучше всего 0,4%) уксуснокислого свинца (*plumbum aceticum purum*). На 250 мл раствора прибавить несколько капель уксусной кислоты (*acidum aceticum 30%*), чтобы не выпадала основная соль. Раствор налить в стакан, банку и т. п.

Цинк можно взять в виде палочки или лучше в виде пластинки (листовой цинк). Из последнего можно вырезать и выгнуть подобие ветвистого дерева.

Цинк подвесить к лучинке, которую можно было бы положить на края сосуда. Палочку можно подвесить на нитке. У пластинки загнуть один конец крючком (рис. 74). Опущенный в сосуд цинк не должен доходить до дна по крайней мере на 5 см.

В качестве сосуда можно взять стакан, батарейный стакан, банку в зависимости от того, в каком масштабе предполагается поставить опыт.

Опыт. Налить в стакан или банку слабый раствор уксуснокислого свинца $Pb(H_3C_2O_2)_2$.

Опустить в банку цинк, подвешенный к лучинке, и оставить стоять спокойно, не переставляя его и не передвигая, в случае же надобности делать это осторожно.

Лучше всего, если возможно, опустить цинк в раствор в самом начале урока. В течение часа успевает выделиться заметное количество кристаллов свинца в виде пушистого налета на цинке.

Если оставить опыт на несколько дней, то кристаллы свинца вырастают до самого дна сосуда, причем отдельные кристалли-

¹ Если цинк нечистый, то, кроме цвета меди, наблюдается черный цвет примесей: углерода, мышьяка и др.

ки получают вид блестящих табличек более или менее значительных размеров.

Если полученное «сатурново дерево» вынуть из жидкости, то оно теряет свой вид и кристаллы слипаются в комок.

Снять комок с цинковой пластинки, хорошо отжать между листами **фильтровальной бумаги**, поместить в **тигель**, нагреть до плавления, вылить (**щипцы**) на крышку тигля, кусок железа и т. п. Дать остыть. Попробовать резать ножом полученный слиток свинца и кусочек цинка. Какая разница?

Обратить внимание на пластинку цинка. Не заметно ли на ней каких-либо изменений? (Пластинка как бы разъедена по краям; на палочке изменения менее заметны.)

г) ВЫТЭСНЕНИЕ РТУТИ МЕДЬЮ

○ При вытеснении ртути медью ртуть садится на меди в виде капель. Если капли растереть по поверхности меди, получается блестящий слой ртути.

Если таким способом покрыть ртутью медную или бронзовую монету, она кажется посеребренной. Монета не портится, так как ртуть постепенно испаряется и монета принимает прежний вид.

Для того чтобы ртуть хорошо пристала к меди, медь должна быть хорошо вычищена. Еще лучше предварительно погрузить медь на короткое время в концентрированную дымящую азотную кислоту.

Опыт с «серебрением» монеты годится для публичной лекции в качестве «чуда» и производит обычно большой эффект.

При классном опыте лучше воспользоваться чистой красной медью в виде пластинки, но годится и латунь или бронза.

Опыт. Пластинку меди опустить **щипцами** в концентрированную азотную кислоту и, как только начнется выделение окислов азота (бурый газ), сполоснуть медь водой и погрузить в раствор азотнокислой ртути $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (*hydrargyrum nitricum*) 1 : 10; при растворении прибавляется азотная кислота, чтобы не выпадала основная соль.

Через некоторое время вынуть, обмыть водой, протереть куском фильтровальной бумаги или полотенцем. Медь покрывается блестящим слоем ртути.

С солями ртути нужно обращаться с *осторожностью*, так как они *ядовиты*.

д) ВЫТЭСНЕНИЕ СЕРЕБРА РТУТЬЮ

○ **Опыт.** В пробирку налить каплю ртути и прилить немного раствора азотнокислого серебра AgNO_3 (*argentum nitricum*) 1 : 10.

Через несколько часов на поверхности ртути появляется лес иглообразных ярко блестящих кристаллов серебра.

7. Реакции обмена

а) ОБМЕН МЕЖДУ СОЛЯМИ

○ 1. Приготовить слабый (например, 2-процентный) раствор азотнокислого серебра (*argentum nitricum*), растворить лучше в дистиллированной воде (за неимением дистиллированной воды можно взять питьевую, и если образуется осадок AgCl , его отфильтровать). Приготовить раствор поваренной соли, взяв 1 ложку на стакан воды.

Опыт. Влить некоторое количество одного из растворов в бокал или стакан и прибавить другого раствора. Дать образовавшемуся хлористому серебру осесть на дно и показать учащимся полученный осадок.

Если раствор азотнокислого серебра необходимо оставить для других опытов, то лучше всего поместить склянку в какую-нибудь коробку, так как раствор этой соли может сохраняться только в темноте.

● 2. Для лабораторных опытов можно взять больше солей (в растворах 1 : 10), например:

Хлористый барий (*barium chloratum*) + **серноокислый цинк**, полученный при одном из предшествующих опытов. Можно взять другие соли серной кислоты, например **серноокислый алюминий** (*aluminium sulfuricum*) или **квасцы** (*alumen kalicum*).

Хлористый барий + **углекислый натрий** (*soda, natrium carbonicum*).

Азотнокислый свинец (*plumbum nitricum*) или **уксуснокислый свинец** (*plumbum aceticum*) + **поваренная соль** (*natrium chloratum*) или **хлористый барий** (см. выше).

Азотнокислый свинец + **хромовокислый калий** (*kalium chromicum*).

Азотнокислая ртуть (см. стр. 104) + **хромовокислый калий**.

Кроме того, можно взять несколько пар солей, которые не дают осадков, чтобы учащиеся видели, что не всякая реакция обмена течет до конца, например:

Поваренная соль + **азотнокислый калий** (*kalium nitricum*).

Хлористый барий + **азотнокислый калий**.

Серноокислый цинк (*zincum sulfuricum*) + **поваренная соль**.

На уроке опыты, при которых получается осадок, и опыты, при которых осадка не получается, следует производить вразбивку. Лучше всего предоставить учащимся сливать попарно растворы заготовленных солей по их собственному выбору.

Опыты. Влить в пробирку 1—2 мл одного из заготовленных растворов солей и прибавить столько же раствора какой-либо другой соли.

Получился ли осадок? Если получился, то написать равенство реакции. Справиться в таблице растворимости (таблица в

учебнике или лучше стенная таблица), которое из полученных веществ выпало в осадок. Подчеркнуть в равенстве реакции.

Проделать те же опыты с другими солями.

Было бы полезно выдавать учащимся все перечисленные соли в твердом виде и предоставить им перед опытом растворить по несколько кристалликов каждой соли в пробирках и уже затем сливать полученные растворы. Тогда у учащихся останется более реальное представление о самих солях, а не только об их растворах.

б) РЕАКЦИЯ ОБМЕНА МЕЖДУ СОЛЯМИ И КИСЛОТАМИ

Для опытов можно взять следующие комбинации: хлористый барий и серная кислота, азотнокислое серебро и соляная кислота, поваренная соль и серная кислота.

●● **Опыты.** 1. Влить в бокал (или пробирку) раствор хлористого бария и прилить раствора серной кислоты (1 : 5). Образуется обильный белый осадок сернокислого бария, в растворе — соляная кислота.

2. Влить в бокал (или пробирку) соляной кислоты и прилить раствора азотнокислого серебра (стр. 105). Образуется белый осадок хлористого серебра, в растворе — азотная кислота.

Чтобы показать, что в растворе действительно образовалась азотная кислота, нужно взять для опыта концентрированный раствор азотнокислого серебра, отфильтровать (воронка, фильтр, колбочка) немного раствора, прибавить к фильтрату еще немного азотнокислого серебра и, если достигнуто полное осаждение, профильтровать весь раствор, сгустить его выпариванием и затем обнаружить азотную кислоту по действию на олово (*stannum metallicum*) или железо — выделение бурых окислов азота.

3. Взять в колбу (или пробирку) немного твердой поваренной соли, прилить концентрированной серной кислоты и нагреть.

У отверстия сосуда подержать синюю лакмусовую бумажку. Она краснеет.

Можно смочить раствором азотнокислого серебра стеклянную палочку и подержать над отверстием сосуда; образование белого налета хлористого серебра убеждает, что выделяющийся газ есть хлористый водород.

8. Получение нерастворимых в воде гидратов окислов металлов. Амфотерные основания

Нерастворимые в воде гидраты окислов металлов получают при действии на соли едкими щелочами. Амфотерные гидраты окислов металлов растворяются в избытке щелочи и в кислоте.

Для опытов приготовить 1 : 10 растворы следующих солей: сернокислого магния $MgSO_4$ (magnesium sulfuricum), сернокислой меди $CuSO_4$ (cuprum sulfuricum), сернокислого никеля $NiSO_4$ (niccolum sulfuricum), хлорного железа $FeCl_3$ (ferrum sesquicloratum), сернокислого кадмия $CdSO_4$ (cadmium sulfuricum), сернокислого цинка $ZnSO_4$ (zincum sulfuricum), сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$ или квасцов $KAl(SO_4)_2$ (aluminium sulfuricum, alumen kalicum), сернокислого хрома $Cr_2(SO_4)_3$ или хромовых квасцов $KCr(SO_4)_2$ (chromium sulfuricum, alumen chromicum) и азотнокислого свинца $Pb(NO_3)_2$ (plumbum nitricum). Все соли можно взять для растворения в виде кристаллов (crystallisatum). Вместо указанных солей можно взять любые другие растворимые соли перечисленных металлов.

Кроме того, приготовить раствор 15 : 100 едкого натра $NaOH$ (natrium oxydatum hydricum depuratum или любой другой сорт) или едкого кали KOH (kalium oxydatum hydricum) и раствор азотной кислоты (концентрированную кислоту разбавить равным объемом воды).

Если не брать для опытов солей свинца, то вместо азотной кислоты можно воспользоваться серной кислотой 1 : 5.

● 1. *Опыт.* В бокалы, стаканы или пробирки налить сначала понемногу растворов $MgSO_4$, $CuSO_4$, $NiSO_4$, $FeCl_3$ и $CdSO_4$.

Прибавить едкой щелочи и взболтать стеклянной палочкой или лучинкой. Показать осадки. То же проделать с растворами солей амфотерных металлов: $ZnSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $Cr_2(SO_4)_3$, $Pb(NO_3)_2$, но приливать щелочи понемногу.

Во все бокалы прибавить избыток щелочи и снова взболтать. Осадки второго ряда солей должны все раствориться, образуя соли: цинкаты, алюминаты, хромиты и плюмбиты¹.

Снова получить осадки всех гидратов, прибавляя небольшие количества щелочи, и затем, слив избыток раствора, прибавить ко всем осадкам азотной кислоты.

Если в данном месте курса вопрос об амфотерных окислах не рассматривается, то ограничиться первой серией примеров.

● 2. При лабораторных опытах можно дать учащимся или только первую серию солей, или все соли, но без определенного порядка, с тем чтобы они сами определили, какие из окислов являются основными и какие — амфотерными. Полезно, кроме того, дать еще ряд растворов солей, которые образуют растворимые в воде гидраты окислов и осадков не дают, например: хлористый барий $BaCl_2$ (baryum chloratum), хлористый кальций $CaCl_2$ (calcium chloratum), азотнокислый калий KNO_3 (kalium

¹ Следует напомнить, что хроматами называются соли хромовой кислоты H_2CrO_4 и плюмбатами — соли, отвечающие окислу PbO_2 и соответствующим кислотам H_2PbO_3 и H_4PbO_4 . Хромиты же и плюмбиты соответствуют гидратам $Cr(OH)_3$ или H_3CrO_3 и $Pb(OH)_2$ или H_2PbO_2 . Эти термины часто путают.

nitricum). Соли давать попеременно. Учащиеся сами должны потом привести их в систему.

Вместо готовых растворов можно, как и в предыдущем опыте, дать твердые соли — учащиеся растворяют несколько кристалликов каждой соли и продельвают дальнейшие опыты.

а) Опыт. Налить в пробирки понемногу (меньше $\frac{1}{4}$ пробирки) выданных растворов солей ($MgSO_4$, $CuSO_4$, $BaCl_2$, $NiSO_4$, $CaCl_2$, $FeCl_3$, $CdSO_4$, KNO_3).

Прилить во все пробирки понемногу раствора едкого натра (гидрата окиси натрия). В каких случаях образовался осадок? Описать характер и цвет осадков. Написать равенства реакций. Какие гидраты окислов металлов растворимы в воде?

Со всех осадков слить избыток раствора и прибавить азотной кислоты.

Что получилось? Написать равенства реакций.

б) В том случае, если амфотерные окислы рассматриваются, работу можно провести следующим образом.

Опыт. Налить в пробирки понемногу (1—2 мл) выданных растворов солей: $MgSO_4$, $CuSO_4$, $BaCl_2$, $ZnSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $NiSO_4$, KNO_3 , $FeCl_3$, $Cr_2(SO_4)_3$, $CdSO_4$, $CaCl_2$, $Pb(NO_3)_2$.

Прилить в каждую пробирку очень небольшими порциями (вначале — по каплям) раствор едкого натра $NaOH$ и каждый раз взбалтывать. Общий объем раствора должен быть не больше $\frac{1}{2}$ пробирки.

Составить список гидратов окислов, растворимых в воде, список нерастворимых в воде и список нерастворимых в воде, но растворимых в избытке щелочи.

Снова получить осадки всех гидратов окислов металлов, нерастворимых в воде, избегая избытка щелочи, и прилить ко всем осадкам раствор азотной кислоты. Что происходит?

Написать равенства всех реакций (преподаватель дает разъяснение относительно реакций, происходящих при растворении гидратов окислов металлов в щелочи и названия соответствующих окислов).

Если пробирок мало, то, используя имеющиеся пробирки, записать результат, пробирки выполоскать и затем продолжать работу.

9. Реакция нейтрализации

а) ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ С ИНДИКАТОРАМИ

Цель опытов — показать, каким образом можно воспользоваться индикаторами для определения конца реакции между растворами щелочи и кислоты (в том случае, если получающаяся соль нейтральна).

Для опыта следует приготовить более или менее соответствующие друг другу слабые растворы **едкого натра** NaOH (*natrum oxydatum hydricum depuratum*) и **серной кислоты** H₂SO₄ (например, 10 г NaOH на 1 л воды и около 7 мл H₂SO₄ уд. в. 1,84 на 1 л воды).

Приготовить раствор **лакмуса**, желательно очищенного (см. т. I, стр. 387), а если имеются, то и других каких-либо индикаторов, например **фенолфталеина** (*phenolphthalein*, 1-процентный раствор в спирте; можно воспользоваться слабительными пилюлями с фенолфталеином — пургеном), который в нейтральном и в кислом растворе бесцветен, в щелочном интенсивно малинового цвета, **кошенили** (*cochonella* настоять в спирте, разбавленном 3—4 объемами воды); кошениль в присутствии кислоты — светло-желтого цвета, в щелочном растворе — красно-фиолетового; **конго** (*kongo*) в противоположность лакмусу в присутствии кислот — синего цвета, в присутствии щелочей — красного; **метилоранжа** (*methylorange*), который от кислоты краснеет, от щелочи желтеет, и др.

○ **Опыт.** Написать равенство реакции между NaOH и HCl. Слить в бокале растворы едкого натра и кислоты и обратить внимание учащихся на то, что образование соли незаметно (она растворима в воде). Налить в бокалы, стаканы или пробирки свежепрокипяченной воды (лучше дистиллированной) и прибавить в один бокал несколько миллилитров раствора **лакмуса**, в другой — некоторое количество **кошенили**, в третий — несколько капель **фенолфталеина** и т. д. Затем во все бокалы и т. п. прилить щелочи. Повторить то же самое, прилив вместо щелочи кислоты.

Показать, что поваренная соль не действует на индикаторы, прилив к ним раствора соли. После этого приливать кислоту в бокалы, где была прибавлена к индикаторам щелочь, и, наоборот, щелочь в те бокалы, куда была прилита кислота. Приливать до изменения цвета. Обратить внимание учащихся на чувствительность индикаторов и на трудность получить нейтральную реакцию, приливая растворы прямо из склянок.

б) ОПЫТ С БЮРЕТКАМИ

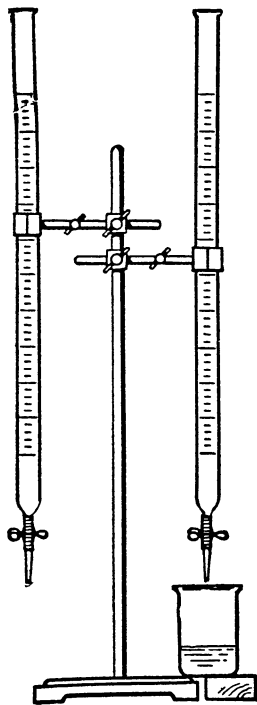
○ 1. После вышеописанных предварительных опытов можно произвести более точный опыт с бюретками.

Для демонстрации удобнее всего воспользоваться обыкновенными **бюретками** Мора на 25—50 мл с делениями на $\frac{1}{5}$ или $\frac{1}{10}$ без синей полоски.

Установить бюретки вертикально в зажимах обыкновенного штатива (рис. 75) или на особом штативе (см. т. I, стр. 342) и в

каждую бюретку вставить небольшую **вороночку** для вливания жидкости. Если конец вороночки опускается ниже нулевого деления бюретки, то его следует обрезать.

До урока необходимо **напрактиковаться** в выливании растворов из бюреток по каплям (подробности относительно наполнения бюреток и отмеривания жидкости см. ниже, в описании лабораторного опыта).



Опыт. Наполнить растворами бюретки и, взяв в стакан 10—20 мл одного из растворов, прибавить лакмуса и нейтрализовать раствор из другой бюретки, все время помешивая **стеклянной палочкой**. Под стаканчик подложить кусок **белой бумаги**. Нейтрализацию можно считать оконченной, когда раствор примет фиолетовую окраску и затем от одной капли кислоты будет краснеть и от одной капли щелочи — синеть.

Обратить внимание учащихся на то, что в растворе имеется только нейтральная соль, и записать на доске, сколько того и другого раствора было прилито.

Установив таким образом отношение между количествами растворов, нужными для нейтрализации, предложить учащимся рассчитать, сколько нужно будет раствора, например щелочи, для нейтрализации некоторого произвольного количества (хотя бы 10 мл) раствора кислоты, и затем на основании произведенного расчета отмерить в стаканчик соответствующие количества растворов (уже без индикатора). Выпарить несколько капель раствора на **часовом стеклышке** или на куске плоского стекла, держа

его высоко над пламенем горелки, и показать полученную соль.

За неимением бюреток для опыта можно воспользоваться двумя измерительными цилиндрами (с носиками), что возьмет гораздо больше времени.

● 2. Для лабораторного опыта удобнее взять **бюретки** на 50 мл с делениями на $\frac{1}{10}$ и с синей полоской. Преломляясь в мениске раствора, синяя полоска кажется имеющей перетяжку (рис. 76). Деление бюретки, приходящееся против этой перетяжки, и должен фиксировать глаз при отсчетах.

Если бюретки без синей полоски, то нужно отсчитывать по нижнему краю мениска, т. е. вогнутой поверхности жидкости.

Этот нижний край мениска отчетливее виден, если поставить бюретку против окна. Глаза нужно держать на одной горизонтальной линии с нижним краем мениска (рис. 77).

Бюретки лучше всего выдавать вполне собранные и установленные на штативе — обыкновенном (рис. 75) или, лучше, специальном (простейшие штативы для бюреток см. т. I, стр. 342).

За неимением пружинных зажимов можно воспользоваться винтовыми зажимами или деревянными зажимами Верховского (см. т. I, стр. 372, рис. 468 и 469).

В бюретки должны быть вставлены маленькие вороночки (диаметр 4 см), обрезанные на конце, чтобы конец не доходил до нулевого деления. В крайнем случае из небольших склянок можно наполнять бюретки и без воронок.

Растворы щелочи и кислоты должны быть приготовлены до занятий (см. стр. 109), лучше на дистиллированной воде, а за неимением дистиллированной — на прокипяченной воде. Раствор едкого натра лучше приготовить свежий и держать его хорошо закупоренным, чтобы не образовалось много углекислого натрия вследствие поглощения углекислого газа из воздуха. Выделяющийся при реакции углекислый газ вредит отчетливости опыта.

Опыт. Установить **бюретки** в штативе вертикально, как на рисунке 75. Правой бюреткой пользоваться для раствора едкого натра, левой — для кислоты.

Вставить в бюретки маленькие **вороночки**.

Наполнить бюретки приготовленными преподавателем **растворами** и выпустить из каждой бюретки часть раствора сильной струей, чтобы вытолкнуть из наконечника бюретки весь воздух.

Если бюретки мокрые, то следует выпустить из бюретки весь раствор, чтобы промыть им бюретку. Иначе раствор в бюретке будет более разбавленный, чем в склянке.

Снова наполнить бюретку раствором и, постепенно выпуская раствор, научиться пользоваться зажимом так, чтобы раствор вытекал по каплям. Установить уровень жидкости на нулевом делении. При этом нужно установить глаз на одной высоте с уровнем жидкости и отсчитывать по низу вогнутой поверхности жидкости (рис. 77),

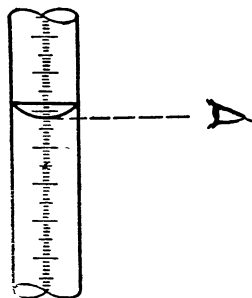


Рис. 77. Отсчет по низу мениска.

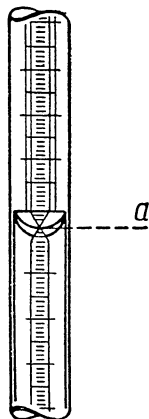


Рис. 76. Мениск в бюретке с синей полоской.

хорошо видной против света. Если же бюретка с синей полоской, то на уровне деления должна быть кажущаяся перетяжка этой полоски (рис. 76, а).

Сполоснуть **стаканчик** или коническую колбочку водой (лучше дистиллированной) несколько раз, налить около $\frac{1}{4}$ стаканчика воды и выпустить в него 10—15 мл раствора щелочи.

Прибавить к раствору немного фиолетового (нейтрального) раствора **лакмуса** до ясного синего окрашивания.

Помешивать раствор **стеклянной палочкой**. Палочка затем должна все время оставаться в стакане. Ее нельзя после помешивания вынимать и класть на стол (в конической колбочке раствор перемешивается взбалтыванием). Под стаканчик подложить кусок **белой бумаги**.

Приливать в тот же стаканчик понемногу раствора кислоты из второй бюретки (все время помешивая): сначала по 1—2 мл, а когда образующееся от приливаемой кислоты красное облачко станет исчезать, медленно прибавлять кислоту по каплям.

Достигнув фиолетового окрашивания, отсчитать, сколько миллилитров кислоты было выпущено из бюретки. Если является сомнение, имеет ли полученный раствор действительно фиолетовый цвет (т. е. вполне ли он нейтрален), прибавить к нему после отсчета еще 1—2 капли кислоты. Раствор должен покраснеть. От 1—2 капель щелочи он снова делается фиолетовым, от следующей капли щелочи — синим.

Если прилито слишком много кислоты, то можно еще прибавить раствора щелочи и снова добиваться фиолетового окрашивания. После этого точно отсчитать количество щелочи и кислоты, влитых для нейтрализации.

Зная, что на a мл щелочи для нейтрализации потребовалось b мл кислоты, вычислить, сколько миллилитров щелочи (c) надо взять для нейтрализации 10 мл серной кислоты.

Вылив раствор из стаканчика, сполоснуть несколько раз стаканчик водой (лучше дистиллированной) и налить в него, как и раньше, немного воды.

Влить в него 10 мл кислоты, прибавить лакмуса до ясного розового окрашивания и прилить вычисленное заранее количество (c мл) щелочи. Если после перемешивания раствор окажется щелочным, прибавлять по каплям кислоту до нейтральной реакции; если окажется кислым, прибавлять по каплям щелочь.

Надо было бы ждать, что получится сразу нейтральный раствор, если первое определение было сделано точно. Но такой случай почти недостижим вследствие целого ряда причин: трудности точного отсчета, неполного соответствия между делениями обеих бюреток и т. п. Поэтому для полной нейтрализации

обыкновенно приходится прибавлять еще несколько капель щелочи или кислоты.

Если щелочи или кислоты приходится прибавлять не более 2—3 капель, то, значит, первое определение было сделано верно. В противном случае опыт повторить, взяв 10 мл щелочи.

Зная соотношение между данными растворами щелочи и кислоты, приготовить, как указано ниже, нейтральный раствор, не вводя в него лакмуса.

Вычислить, сколько миллилитров (d) данной кислоты надо взять для нейтрализации 20 мл данной щелочи.

Взять в **стаканчик** 20 мл щелочи и d мл кислоты и тщательно перемешать. Перелить раствор в **фарфоровую чашку**, выпарить досуха и дать остыть. Что осталось?

Когда остаток остынет, можно испытать его на вкус. Написать равенство реакции.

● 3. За неимением бюреток можно воспользоваться упрощенными бюретками без делений. Такая бюретка изображена на рисунке 78. Это просто трубочка 7—10 мм диаметром, оттянутая на конце и снабженная присоединенным на каучуке наконечником с зажимом, как обыкновенная бюретка. Вдоль всей трубочки при помощи наждачной бумаги нанесена матовая полоска (см. т. I, стр. 303).

Трубочки устанавливаются на штативе, снабжаются воронками (если трубки очень тонкие, то из оттянутых пробирок) и наполняются одна раствором кислоты, другая — щелочи.

Уровень налитой жидкости отмечается на матовом стекле карандашом.

Затем из одной бюретки отливается произвольное количество жидкости (хотя бы половина). Приливается индикатор, и раствор усредняется из другой бюретки. В случае, если прилито лишнее количество, производится обратное усреднение из первой бюретки и т. д.

Когда достигнута нейтральная реакция, уровни жидкостей в обеих бюретках отмечаются снова.

Бюретки наполняются снова до первой черты и, жидкости отливаются до второй черты уже без индикатора.

Можно устроить упрощенные бюретки также следующим образом. Выбирается возможно равномерная трубка с внешним диаметром 7—10 мм без заметных утолщений или утончений. От нее отрезаются два куска 30—40 см длиной. У трубки проверяется диаметр отверстий с обоих концов. Для этого из куска тонкого плотного картона вырезается острый клин. Клин вставляется с одного конца трубки так, чтобы одна сторона клина плотно прилежала

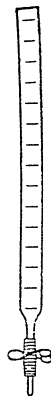


Рис. 78. Упрощенная бюретка.

к внутренней стенке трубки. Острым карандашом отмечается место касания края трубки со второй стороны клина. Поворачиванием трубки вокруг оси проверяется, кругло ли ее сечение. Затем клин вставляется в трубку с другого конца. Если края трубки касаются точно в том месте, где поставлена отметка, значит, трубка цилиндрическая.

Выбранные две трубки (они могут быть и несколько разного диаметра, важно только, чтобы они были цилиндрические) оттягиваются на конце. К трубкам присоединяются наконечники, и затем трубки прикрепляются проволокой к доске, на которую наклеена **миллиметровая бумага**. Доска прибивается к стойке деревянного штатива.

Отмечая число миллиметров, соответствующих количеству отлитого раствора, можно пользоваться описанным прибором как бюретками. Действительно, ведь для того чтобы производить титрование, не важно измерить количество отлитой жидкости непременно в миллилитрах и долях миллилитра, а важно точно отмеривать количество отлитой жидкости.

● **Опыты** Взять отвешенное количество твердого **едкого натра**. Для этого сухую **чашку** тарировать на **весах**, т. е. уравновесить **дробью** и бисером, положить в чашку палочку едкого натра длиной около 3—4 см и взвесить. Брать едкий натр **щипцами**, не оставлять банки с едким натром открытой, взвешивать возможно быстро, так как едкий натр притягивает влагу и реагирует с углекислым газом воздуха.

Взвешенный кусочек едкого натра переместить из чашки в чайный **стакан** (не трогать руками: лучше всего спустить по стенке стакана). Растворить едкий натр в чистой воде (лучше дистиллированной). Для этого надо отмерить **мензуркой** около 50 мл воды, сполоснуть ею чашку, в которой отвешивался едкий натр, и перелить в стакан. Стакан слегка покачивать.

На основании результата предыдущего расчета найти, сколько данной **соляной кислоты** надо взять для нейтрализации отвешенного количества едкого натра. Отмерить вычисленный объем соляной кислоты при помощи **бюретки** или измерительного цилиндра. Отмеренный объем кислоты растворить в **стаканчике** в небольшом количестве (около 50 мл) воды.

Прилить полученный раствор кислоты к раствору щелочи. Сполоснуть стаканчик, в котором была кислота, небольшим количеством воды и эту воду также вылить в стакан.

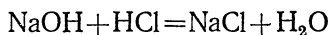
Раствор хорошо перемешать и испытать его реакцию: при помощи **стеклянной палочки** поместить одну каплю раствора на красную, другую — на синюю **лакмусовую бумажку**.

Если реакция раствора не окажется вполне нейтральной (вследствие неточности отвешивания и отмеривания), прибавить

несколько капель щелочи или кислоты (смотря по надобности): налить из склянки в пробирку и брать при помощи стеклянной палочки. Выпарить полученный нейтральный раствор в **фарфоровой чашке**. Под конец выпаривать очень осторожно, чтобы соль не разбрызгивалась. Дав полученной соли остыть, испытать ее на вкус.

● 3. Приготовление растворов едкого натра и соляной кислоты, равные объемы которых нейтрализуют друг друга. Для опыта нужны **соляная кислота** (уд. в. 1,12), **едкий натр**, которые следует приготовить в двух баночках: в одной более крупные куски, а в другой мелкие кусочки, для того чтобы его можно было отвесить точно определенное количество. Для приготовления растворов необходима измерительная колбочка на 250 мл (без притертой пробки).

Опыт. Из равенства реакции



видно, что для нейтрализации грамм-молекулы едкого натра нужна грамм-молекула хлористого водорода.

Если приготовить такие растворы, чтобы в некотором объеме, например в 1 л, в $\frac{1}{2}$ л и т. д., одного раствора находилась грамм-молекула едкого натра, а в таком же объеме другого раствора находилась грамм-молекула хлористого водорода, то ясно, что равные объемы этих растворов будут нейтрализовать друг друга.

То же самое будет, если мы возьмем не грамм-молекулу, а $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$ и т. д. грамм-молекулы каждого вещества.

Не лишним будет отметить, что если взять по грамм-молекуле едкого натра и соляной кислоты и растворить каждую в литре воды, то это будет не то же самое, что растворить грамм-молекулы в таких количествах воды, чтобы получилось по 1 л каждого раствора. Грамм-молекулы различных жидких и твердых веществ занимают различные объемы.

Раствор, содержащий одну грамм-молекулу вещества в 1 л раствора, носит название грамм-молекулярного, или молярного раствора¹.

¹ Если учащиеся знакомы с понятием «эквивалент», то можно указать им, что грамм-молекулярные растворы соляной кислоты и едкого натра будут в то же время грамм-эквивалентными, или нормальными, но что для серной кислоты и для едкого барита нормальным раствором будет раствор, в литре которого содержится $\frac{1}{2}$ грамм-молекулы, для ортофосфорной кислоты — $\frac{1}{3}$ грамм-молекулы и т. д.

Для приготовления грамм-молекулярных растворов едкого натра и соляной кислоты следует:

Отвесить в фарфоровой чашке $\frac{1}{4}$ грамм-молекулы едкого натра.

Растворить едкий натр в той же чашке в небольшом количестве воды.

Слить раствор (по палочке) в измерительную колбу на 250 мл (т. е. на $\frac{1}{4}$ л). Сполоснуть чашку несколько раз водой, которую

вливать в ту же колбу. Долить воды до черты на шейке колбы и, закрыв колбу пробкой, хорошо взболтать. Перелить раствор в обыкновенную колбу. Если все не войдет, остаток можно вылить. Измерительную колбу хорошенько выполоскать.

Отмерить измерительным цилиндром столько миллилитров соляной кислоты (уд. в. 1,12; 24%), чтобы в них заключалась $\frac{1}{4}$ грамм-молекулы HCl. В кислоте указанной крепости в каждом литре содержится 267 г HCl.

Перелить кислоту в измерительную колбу на 250 мл (см. выше) и сполоснуть несколько раз измерительный цилиндр, выливая воду каждый раз в ту же колбу. Долив воды до черты, хорошенько взболтать раствор. Перелить раствор в обыкновенную колбу и вымыть измерительную колбу.

Приготовив растворы, отмерить при помощи измерительного цилиндра равные объемы (например, по 50 мл) каждого раствора и, слив в стакан, перемешать палочкой.

Испытать реакцию полученного раствора на лакмусовую бумажку. Если раствор не вполне нейтральный, довести нейтрализацию до конца, прибавляя по каплям кислоты или щелочи.

Выпарить некоторое количество раствора в фарфоровой чашке и попробовать полученную соль на вкус.

Если шкала не на бюретке, а за бюреткой, и если глаз поместить не точно на одном уровне с делением, получается большая ошибка, чем с настоящей бюреткой.

Но все же, несмотря на некоторую неточность результатов, учащиеся получают ясное представление о принципе объемного анализа.

При хороших достаточно цилиндрических трубках возможно пользоваться такими самодельными бюретками не только для опыта нейтрализации, но и для объемного анализа. Нужно только установить титр количества жидкости, соответствующего расстоянию на нашей шкале хотя бы в 1 см.

Ошибки получаются отчасти от неравномерности в толщине трубки, отчасти потому, что возможны ошибки при отсчетах.

в) ОПЫТЫ БЕЗ БЮРЕТОК

Помимо опытов с нейтрализацией кислоты щелочью в присутствии индикаторов, весьма полезно дать учащимся проделать опыты, при которых для получения соли им придется брать кислоту и щелочь в определенных количествах: щелочь по весу, кислоту по объему, исходя из знания концентрации продажной кислоты.

Несмотря на то что отвешивание едкого натра не может быть точно вследствие его гигроскопичности, стехиометрические расчеты, которые придется проделать при этой работе, заставят учащихся припомнить пройденное раньше, и, кроме того, вместо «сухих» задач учащиеся применят свои навыки в расчетах на практике.

Эта работа может быть дана в двух вариантах:

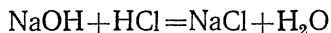
1) приготовленные по расчету растворы непосредственно сливаются для получения соли и

2) готовятся растворы, которые, будучи взяты в равных объемах, дают нейтральный раствор соли (нормальные растворы).

Нет надобности, чтобы каждый учащийся проделал оба варианта. Можно части учащихся дать один вариант, части — другой, с тем чтобы они потом поделились результатами.

● 1. Приготовление поваренной соли нейтрализацией отвешенного количества едкого натра с определенным объемом соляной кислоты. Для опыта нужна чистая соляная кислота (уд. в. 1,12). Литр этой кислоты содержит 267 г HCl. Кроме того, нужен едкий натр в палочках. Палочки следует заранее разбить в ступке на кусочки длиной 3—4 см. Хранить его следует в банке с залитой парафином пробкой.

Опыт. На основании равенства реакции



решить следующую задачу: сколько миллилитров соляной кислоты удельного веса 1,12 (24%) нужно взять для нейтрализации 1 г едкого натра, если в 1000 мл данной кислоты содержится 267 г HCl?

10. Гидролиз солей

Кислые, двойные и основные соли

а) КИСЛЫЙ УГЛЕКИСЛЫЙ НАТРИЙ

● ● Опыт заключается в том, что в раствор едкого натра пропускается углекислый газ. Сначала образуется хорошо растворимая средняя соль Na_2CO_3 (при 20° растворимость 22), а за-

тем при дальнейшем пропускании углекислого газа выпадает почти вдвое менее растворимая кислая соль NaHCO_3 (при 20° растворимость 9,7):



Для опыта следует приготовить **раствор едкого натра**, взяв около 15 г NaOH на 100 г воды.

Опыт. Написать равенство реакции, которая должна произойти между раствором едкого натра и раствором углекислого газа, т. е. раствором угольной кислоты (образование Na_2CO_3).

В **бокал** или пробирку налить раствор едкого натра и пропустить из **прибора Киппа** или иного прибора ток углекислого газа, получаемого действием соляной кислоты на мрамор (см. ниже, стр. 440).

Так как углекислый натрий растворим в воде, то мы не замечаем его образования.

Чтобы обнаружить образование Na_2CO_3 , отлить немного раствора из пробирки и прибавить к нему немного соляной кислоты (происходит сильное шипение). Для сравнения сделать то же самое с первоначальным раствором. Так как в растворе едкого натра всегда содержится небольшая примесь углекислого натрия, образующегося за счет углекислого газа воздуха, шипение происходит и в данном случае, но гораздо более слабое.

Продолжать пропускание углекислого газа. Образуется все увеличивающийся осадок кислого углекислого натрия NaHCO_3 .

б) КИСЛЫЙ УГЛЕКИСЛЫЙ КАЛЬЦИЙ

Получение этой соли, формула которой в начале курса могла бы затруднить учащихся, описано ниже, в главе «Углерод» (стр. 421).

в) КИСЛЫЙ СЕРНОКИСЛЫЙ НАТРИЙ

● 1. Кислый сернокислый натрий NaHSO_4 можно получить, действуя на среднюю соль эквивалентным количеством серной кислоты:



Для этого можно сначала получить среднюю соль, нейтрализуя едкий натр серной кислотой, а затем добавить еще столько же кислоты, сколько пошло на нейтрализацию.

Для опыта нужны растворы **серной кислоты** и **едкого натра**. Раствор серной кислоты приготовить таким образом: отмерить **мензуркой** 135 мл воды и прибавить 15 мл концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84; 96%). Растворение производить в **колбочке**. По растворении охладить до комнатной температуры.

Едкого натра растворить 8 г в 100 мл воды в **колбе** или стакане. Также охладить до комнатной температуры.

Опыт. Отмерить мензуркой 50 мл приготовленного раствора серной кислоты. Нейтрализовать ее приготовленным раствором едкого натра, пользуясь лакмусовой бумажкой (слить придется примерно равные объемы растворов).

Если будет прилит избыток едкого натра, то кислоту добавлять из мензурки, чтобы знать объем взятой кислоты.

К нейтральному раствору прилить такой же объем кислоты, какой был взят для нейтрализации.

Перелить полученный раствор в фарфоровую чашку, выпарить до начала выделения соли, дать остыть, слить раствор и отжать полученные кристаллы кислой соли между листами фильтровальной бумаги.

● 2. Иначе NaHSO_4 можно получить следующим образом. Отвесить 10 г безводного сернокислого натрия Na_2SO_4 (*natrium sulfuricum purum siccum*). Рассчитать, сколько граммов серной кислоты нужно для получения кислой соли. Отмерить мензуркой соответствующее количество серной кислоты (уд. в. 1,84), зная, что эта кислота 96-процентная, т. е. в 100 г кислоты содержится 96 г H_2SO_4 , и что 1 мл ее весит 1,84 г.

Растворить соль в 25 мл воды. Средняя соль мало растворима в воде; в 100 г воды при комнатной температуре растворяется только около 20 г Na_2SO_4 , и потому вся соль в воде не растворится.

Прибавить рассчитанное количество серной кислоты. Осадок перейдет в раствор, так как образовавшаяся кислая соль очень хорошо растворяется в воде. Выпарить раствор в фарфоровой чашке до начала выделения соли, дать остыть и, слив остаток раствора, обсушить полученные кристаллы NaHSO_4 фильтровальной бумагой и пересыпать в общую банку.

г) КИСЛЫЙ И ЩАВЕЛЕВОКИСЛЫЙ КАЛИЙ

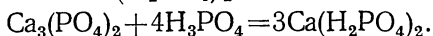
● **Опыт.** Отвесить две порции по 2 г щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (*acidum oxalicum*, ядовита). Растворить каждую порцию в 10 мл воды (мензурка). Нейтрализовать первую порцию раствором едкого кали КОН (1 : 10), пользуясь лакмусовой бумажкой.

Прилить к полученному раствору средней соли вторую порцию щавелевой кислоты, нагреть до растворения полученного осадка кислой соли. Выпарить раствор в фарфоровой чашке до начала выделения соли. Дать остыть. Обсушить полученные кристаллы кислой соли между листами фильтровальной бумаги и пересыпать в общую банку.

д) КИСЛЫЙ ОРТОФOSFOPHOKИСЛЫЙ КАЛЬЦИЙ

● **Опыт.** Налить в стаканчик известковой воды (см. т. I, стр. 389) и приливать понемногу раствор ортофосфорной кисло-

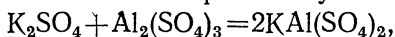
ты H_3PO_4 (acidum phosphoricum crystallisatum), все время перемешивая **стеклянной палочкой**. Сначала образуется нерастворимая средняя соль $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Получается муть, которая при дальнейшем прибавлении ортофосфорной кислоты исчезает. Образуется кислая соль $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$:



За неимением ортофосфорной кислоты, можно ее приготовить кипячением раствора метафосфорной кислоты HPO_3 .

е) КВАСЦЫ

● **Опыт.** Рассчитать по равенству



сколько **сернокислого алюминия** (aluminium sulfuricum), безводной $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, или в порошке, или водной $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, в виде кристаллов, нужно на 5 г **сернокислого калия** K_2SO_4 (kalium sulfuricum pulvis, кристаллизуется без кристаллизационной воды) для образования квасцов. Отвесить обе соли.

Растворить K_2SO_4 в 50 мл воды при нагревании и охладить до комнатной температуры. Растворить сернокислый алюминий в 30 мл воды также при нагревании и также охладить. Смешать оба раствора. Выпарить раствор до начала выделения соли и оставить кристаллизоваться.

ж) ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ И ОСНОВНЫЕ СОЛИ

Основные соли получаются обычно при реакции гидролиза. Поэтому, прежде чем получать основные соли, следует убедиться в том, что при растворении большинства солей раствор не имеет нейтральной реакции на индикаторы. Нейтральную реакцию раствор имеет только в том случае, если растворенная соль является солью сильного основания и сильной кислоты.

Если в курсе химии изучается теория электролитической диссоциации, то рассмотрение явления гидролиза следует отложить до изучения этого раздела.

Если же теорию электролитической диссоциации изучать не предполагается, вопрос о гидролизе все же полезно рассмотреть чисто эмпирически, констатируя, что соли слабых кислот и сильных оснований имеют щелочную реакцию на лакмус, и, наоборот, соли сильных кислот и слабых оснований — кислую реакцию. Иначе у учащихся может остаться убеждение, что всякая соль должна иметь нейтральную реакцию на лакмус.

● **Опыты.** 1. Испытать **лакмусовой бумажкой** реакцию растворов следующих солей (растворы можно заготовить или нормальные, т. е. грамм-эквивалент в 1 л раствора, или 1 : 10): **углекислого натрия** Na_2CO_3 (natrium carbonium), **углекислого**

калия K_2CO_3 kalium carbonicum), сернокислого натрия Na_2SO_4 (natrium sulfuricum), уксуснокислого натрия $Na(H_3C_2O_2)$ (natrium aceticum), хлористого алюминия $AlCl_3$ (aluminium chloratum), хлористого натрия $NaCl$ (natrium chloratum), сернокислой меди $CuSO_4$ (cuprum sulfuricum, раствор взять более слабый — 1 : 50), азотнокислого калия KNO_3 (kalium nitricum), азотнокислого свинца $Pb(NO_3)_2$ (plumbum nitricum), сернистокислого натрия Na_2SO_3 (natrium sulfurosum), борнокислого натрия, буры, $Na_2B_4O_7$ (natrium biboricum), хлористого цинка $ZnCl_2$ (zincum chloratum), хлористого аммония NH_4Cl (ammonium chloratum), углекислого аммония $(NH_4)_2CO_3$ (ammonium carbonicum), хлорного железа $FeCl_3$ (ferrum sesquichloratum) и других. Капля раствора берется чистой стеклянной палочкой.

Отметить, в каких случаях имеется сильная кислота и слабое основание, в каких — сильное основание и слабая кислота и в каких — сильное основание и сильная кислота.

Написать равенства реакций гидролиза для тех случаев, когда раствор соли имеет реакцию на лакмус.

2. Слить в бокалах или пробирках растворы хлористого алюминия $AlCl_3$ и углекислого натрия Na_2CO_3 .

Получается осадок гидрата окиси алюминия.

3. Отвесить (с точностью до 0,1 г) 2,5 г медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Рассчитать, сколько граммов кристаллической соды $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ (или безводной соды Na_2CO_3) нужно отвесить, если с одной молекулой медного купороса реагирует одна молекула соды.

Растворить каждую соль в $\frac{1}{2}$ пробирки воды.

Слить растворы в фарфоровой чашке или в стаканчике.

В первый момент замечается образование голубого осадка, который быстро зеленеет, причем жидкость пенится вследствие выделения углекислого газа.

Слегка нагреть раствор (не до кипения) и продолжать нагревание, пока не прекратится выделение углекислого газа.

Отфильтровать осадок (фильтр, воронка), промыть на фильтре водой, вынуть фильтр, развернуть, разравнять соль и оставить сохнуть на воздухе. Получилась зеленая основная соль, обычно называемая основной углемедная соль.

4. Слить растворы азотнокислого свинца и углекислого натрия в бокал или пробирку.

Образуется белый осадок основного углекислого свинца $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ или свинцовые белила.

Механизм реакции такой же, как и при образовании основной углемедной соли.

VII. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

1. Скорость химических реакций

а) РЕАКЦИИ, ЗА ХОДОМ КОТОРЫХ МОЖНО НАБЛЮДАТЬ

1. Для опыта можно воспользоваться гранулированным цинком и раствором серной (1 : 5) или соляной кислоты (1 : 2).

Перед уроком опыт следует проверить, и в случае недостаточной интенсивности реакции добавить к кислоте несколько капель медного купороса (см. т. I, стр. 476).

●● *Опыт.* В стаканчик емкостью 100—150 мл наливается раствор кислоты примерно до половины и бросается несколько кусочков цинка. За ходом реакции можно наблюдать по выделению пузырьков водорода. Реакция заканчивается примерно через полчаса.

●● 2. Опыт повторяет предыдущий с тем лишь изменением, что вместо цинка берется кусок ленты магния. Реакция с лентой магния идет значительно быстрее, чем с гранулированным цинком благодаря относительно большей поверхности и большей активности металла.

●● 3. Вместо вышеуказанных опытов можно провести реакцию между кусочками мрамора и раствором соляной кислоты (1 : 1). Реакция заканчивается через 10—12 мин.

б) МГНОВЕННО ИДУЩИЕ РЕАКЦИИ

Наиболее удобным примером могут служить ионные реакции, идущие с выпадением осадка (см. стр. 192). Например, при сливании растворов серноокислого натрия и хлористого бария или растворов медного купороса и едкого натра.

2. Факторы, влияющие на скорость реакции

а) ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ВЕЩЕСТВА НА СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ

1. Действие различных металлов на одну и ту же кислоту. Для опыта заготавливаются раствор соляной кислоты (1 : 2), кусочки железа, цинка и магния примерно одинакового размера и три стакана на 100—150 мл.

●● *Опыт.* Раствор соляной кислоты наливается в три стакана примерно до половины объема.

В первый стакан бросается кусочек железа, во второй — цинка и в третий — магния.

Сравнивается скорость этих реакций по интенсивности выделения пузырьков водорода.

●● 2. Действие одного и того же металла на различные кислоты. В один стакан наливается 1-молярный раствор соляной кислоты (80,8 мл HCl, уд. в. 1,19, долить до литра), а другой — 1-молярный раствор уксусной кислоты (80,6 мл продажной уксусной эссенции долить водой до 1 л). В растворы этих кислот опускаются кусочки ленты магния примерно одинакового размера. Скорость выделения водорода из растворов этих кислот резко различна.

●● 3. Действие на мрамор различных кислот одной и той же концентрации. Опыт проводится так же, как и предыдущий, только в одномолярные растворы соляной и уксусной кислот вместо ленты магния опускаются куски мрамора одинаковой величины.

6) влияние концентрации реагирующих веществ на скорость реакции

Из методических соображений полезно показать воздействие различных факторов на скорость одной и той же реакции, чтобы влияние природы самой реакции не отвлекало внимания учащихся.

1. Действие на мрамор растворов соляной кислоты различной концентрации. Для опыта заготавливаются два одинаковых прибора, один из которых изображен на рисунке 79, и две навески мрамора по 1 г в кусках примерно одинакового размера. В колбы приборов емкостью 100 мл наливается по 15—20 мл раствора соляной кислоты (1:1 и 1:3). Наливать растворы кислоты следует через воронку, чтобы не смочить шейки колб.

При горизонтальном положении колб налитый в них раствор не должен заливать шейку, так как на нее помещается навеска мрамора. Газоотводные трубки приборов направляются в цилиндры, заполненные водой и опрокинутые в простоквашницы.

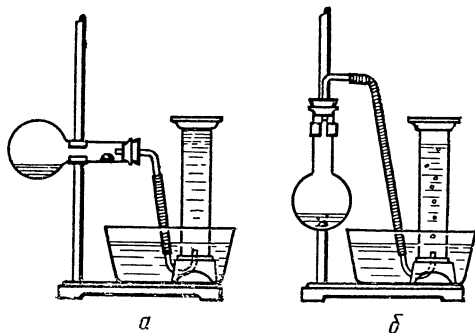


Рис. 79. Прибор для демонстрации зависимости скорости реакции от различных концентраций:

а — до опыта, б — во время опыта.

Опыт. Одновременным поворотом обеих колб в вертикальное положение навески мрамора сбрасываются в растворы соляной кислоты и по скорости заполнения цилиндров углекислым газом учащиеся могут судить о влиянии концентрации раствора на скорость реакции.

● 2. Взаимодействие растворов серной кислоты и тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) различной концентрации¹. Для опыта нужны полумолярные растворы серной кислоты и тиосульфата натрия, два измерительных цилиндра на 100 мл, шесть стаканов на 150 мл и метроном.

Опыт. В три стакана наливаются соответственно 60 мл, 30 мл и 20 мл полумолярного раствора **тиосульфата натрия**. Во втором и третьем стаканах объем растворов доводится до 60 мл добавлением соответствующих количеств воды. В остальные три стакана наливается по 60 мл 0,5-молярного раствора **серной кислоты** и маятник **метронома** приводится в движение.

Отмеренные количества раствора серной кислоты одновременно вливаются в растворы тиосульфата натрия различной концентрации и быстро перемешиваются.

Удары метронома отсчитываются с момента сливания до момента появления мути во всех трех стаканах.

При достаточно точной работе длительность процесса во втором стакане возрастает в два раза, а в третьем — в три раза по сравнению с первым. Это позволяет сделать количественный вывод, что скорость реакции прямо пропорциональна концентрации реагирующих веществ. Указанная зависимость может быть подтверждена опытом, в котором берется различная концентрация растворов серной кислоты при постоянной концентрации раствора тиосульфата натрия.

3. Взаимодействие растворов йодистого калия и перекиси водорода в кислой среде (М. Г. Фаерштейн). Для опыта необходимо 0,001-нормальный раствор **йодистого калия**, 0,001-нормальный раствор **серной кислоты**, свежеприготовленный 1-процентный раствор **крахмального клейстера**, **перекись водорода**, приготовленная разбавлением пергидроля (1 : 10), два **цилиндра** и две **мензурки**.

Заранее в один из цилиндров наливается 10 мл раствора КJ, 10 мл раствора H_2SO_4 , 20 мл воды и 5 мл крахмального клейстера.

¹ О скорости этой реакции можно судить по времени коагуляции серы, образующейся при этом. Признак этот не является строго научным, так как коагуляция зависит от ряда факторов. Однако наглядность этого опыта составляет предпочтение его многим другим более строгим в научном отношении. Учителю следует лишь делать оговорку, что наблюдения за скоростью течения данной реакции проводятся по косвенному признаку.

Во второй цилиндр наливается 20 мл раствора КJ, 20 мл раствора H_2SO_4 и 5 мл крахмального клейстера. Растворы тщательно перемешиваются.

Опыт. В каждый из цилиндров добавляется при помешивании по 5 мл H_2O_2 (1 : 10).

Голубое окрашивание появляется раньше во втором цилиндре, где раствор йодистого калия был более высокой концентрации. (Оформление опыта см. на рисунке 80).

Исходные раствора следует сохранить для опытов, показывающих зависимость скорости реакции от катализаторов (опыт на стр. 126).

в) ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ

1. Действие раствора кислоты на мрамор при различных температурах. Оформление опыта такое же, как изображено на рисунке 79, с тем лишь изменением, что в обе колбочки наливается раствор соляной кислоты (1 : 3) и перед сбрасыванием одинаковых навесок мрамора раствор кислоты в одной из колб подогревается пламенем спиртовки примерно до $40^\circ C$. Нагревание следует прекратить, как только колба с раствором станет немного теплее руки. Скорость заполнения цилиндра углекислым газом значительно больше в опыте с подогретой кислотой.

● 2. Взаимодействие растворов тиосульфата натрия и серной кислоты одной и той же концентрации при различных температурах. Для опыта удобнее всего воспользоваться полумолярными растворами этих веществ, приготовленными для одного из предыдущих опытов, и разбавить их (на 1 объем полумолярного раствора 2 объема воды). Необходимы также метроном и два термометра.

Опыт. В две пары стаканов на 150 мл наливается по 50 мл раствора тиосульфата натрия и серной кислоты.

Растворы тиосульфата натрия и серной кислоты во второй паре стаканов подогреваются на электроплитке или спиртовке на 10° выше комнатной температуры. Следить за повышением температуры, помешивая растворы термометрами.

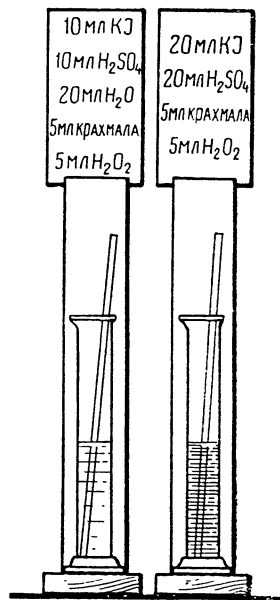


Рис. 80. Взаимодействие раствора йодистого калия с перекисью водорода в кислой среде.

После достижения желаемой температуры стаканы снимаются с нагревательного прибора, пускается в ход метроном и одновременно производится сливание растворов. Отсчитывается число ударов метронома с момента сливания растворов до момента появления мути. При достаточно точной работе в подогретых растворах муть появляется в два раза скорее, чем в неподогретых. Это позволяет сделать вывод, что с повышением температуры на 10° скорость реакции возрастает примерно в два раза.

● 3. Взаимодействие раствора йодистого калия и перекиси водорода в присутствии серной кислоты (М. Г. Фаерштейн). Оформление опыта такое же, как и опыта 3 (стр. 124), но в данном случае лучше воспользоваться 0,01-нормальными растворами, так как здесь крахмал нельзя применить в качестве индикатора (нагревание) и о скорости реакции судить по появлению желтой окраски йода.

До урока в каждый из двух цилиндров наливается по 10 мл 0,01-нормального раствора йодистого калия и серной кислоты.

Опыт. В один из цилиндров добавляют 40 мл холодной воды, а в другой — 40 мл воды, нагретой до $80\text{--}90^\circ\text{C}$. Затем в каждый из цилиндров наливают по 5 мл перекиси водорода (1 : 10).

В растворе с более высокой температурой почти мгновенно появляется желтое окрашивание, в другом же цилиндре — значительно позднее.

г) ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ РЕАГИРУЕМЫХ ВЕЩЕСТВ НА СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ

● 1. Сравнение скорости реакции раствора кислоты с размельченным и неразмельченным мрамором. Оформление опыта такое же, как указано на рисунке 79, с тем лишь изменением, что в обе колбочки наливается раствор соляной кислоты 1 : 3, навеска мрамора в первой колбе в виде куска, а во второй в виде мелкого порошка. Ход опыта аналогичен описанному выше.

● ● 2. Скорость реакции железа с кислородом при различной степени измельчения железа. Для опыта необходимо заготовить железо в куске, крупные железные опилки и железо, восстановленное водородом.

Опыт. Образцы железа различной степени измельченности вносятся в пламя спиртовки. Железо в куске и крупные железные опилки в этих условиях реагируют очень медленно, а железо, восстановленное водородом, дает в пламени спиртовки снопы искр.

д) ВЛИЯНИЕ КАТАЛИЗАТОРА

● 1. Взаимодействие растворов йодистого калия и перекиси водорода в кислой среде

(М. Г. Фаерштейн). Для опыта можно воспользоваться растворами, оставшимися от опыта 3 (стр. 124), и той же посудой. Дополнительно требуется лишь технический медный купорос.

Заранее в два цилиндра наливается по 20 мл 0,001-нормального раствора йодистого калия и 0,001-нормального раствора серной кислоты, 5 мл 1-процентного раствора крахмального клейстера.

Опыт. В один из цилиндров добавляется несколько мелких кристалликов медного купороса. После их растворения в оба цилиндра добавляется по 5 мл перекиси водорода (1 : 10).

В цилиндре с катализатором мгновенно появляется синее окрашивание, в другом же лишь через некоторое время.

● 2. Кроме того, влияние катализатора на скорость реакции можно показать на примере разложения бертолетовой соли в присутствии двуокиси марганца (см. стр. 57) или на примере разложения перекиси водорода в присутствии двуокиси марганца или песка (см. стр. 24).

3. Обратимость химических реакций

● 1. Реакция между роданистым калием и хлорным железом в растворе. Для опыта следует приготовить 0,001-нормальный раствор роданистого калия, 0,001-нормальный раствор хлорного железа и раствор роданового железа, полученный сливанием равных объемов этих растворов. Необходимы также кристаллический хлористый калий, экран с белым фоном и четыре стакана на 100—150 мл.

Опыт. Отмерить равные объемы 0,001-нормальных растворов роданистого калия и хлорного железа и слить их перед экраном.

Появление интенсивного красного окрашивания свидетельствует о наличии реакции между исходными веществами. Затем в два стакана, поставленные перед белым экраном, наливаются равные объемы заранее приготовленного раствора роданового железа и в один из них подсыпается несколько кристаллов хлористого калия. Ослабление окраски свидетельствует о наличии реакции между родановым железом и хлористым калием. Неполное обесцвечивание раствора показывает, что реакция эта идет не до конца.

● 2. Реакция нейтрализации уксусной кислоты едким натром. Для нейтрализации 10 мл 1-молярного раствора уксусной кислоты по уравнению реакции требуется 10 мл 1-молярного раствора едкого натра.

Опыт. Сливаются равные объемы указанных растворов и добавляется несколько капель фенолфталеина.

Появление малинового окрашивания свидетельствует о наличии свободной щелочи, что в свою очередь указывает на то, что реакция идет не только в прямом, но и в обратном направлении.

На наличие реакции между уксуснокислым натрием и водой указывает малиновая окраска фенолфталеина при добавлении его к свежеприготовленному раствору уксуснокислого натрия.

3. Обратимость реакции образования аммиака из азота и водорода можно подчеркнуть при демонстрации опытов синтеза и разложения аммиака при изучении азота и его соединений.

4. Химическое равновесие и влияние на него различных факторов

а) влияние концентрации реагирующих веществ на положение равновесия

Для опыта можно воспользоваться реакцией роданистого калия с хлорным железом. Следует заранее заготовить не только разбавленные растворы роданистого калия и хлорного железа (0,001-нормальный), но и более концентрированные (0,1-нормальный); кристаллический хлористый калий, два измерительных цилиндра, четыре стакана на 100-150 мл и две пипетки на 1 мл.

Опыт. В два стакана наливается по 50 мл 0,001-нормального раствора роданистого калия и хлорного железа. Растворы сливаются в один стакан и затем делятся поровну в четыре сосуда, поставленные перед белым экраном. Один из них служит для сравнения. Влияние концентрации реагентов на положение равновесия выясняется при добавлении в первый стакан 1 мл 0,1-нормального раствора роданистого калия, во второй — 1 мл 0,1-нормального раствора хлорного железа и в третий — небольшого количества кристаллического хлористого калия. В первых двух случаях наблюдается резкое потемнение раствора, а в последнем — ослабление окраски.

б) влияние температуры на положение равновесия

●● 1. Реакция образования угольной кислоты и ее разложение при нагревании. Опыт проводится так же, как и при демонстрации непрочности угольной кислоты — ее разложению при нагревании в присутствии лакмуса (см. стр. 131).

Внимание учащихся обращается на влияние температуры на скорость эндо-и экзотермических реакций. Повышение температуры в большей степени усиливает скорость эндотермической реакции — разложения угольной кислоты.

● 2. Реакция разложения йодистого водорода при нагревании. Для опыта необходима широкогор-

лая склянка, в пробку которой вставлены два медных стержня, соединенные между собой куском спирали от электроплитки. К прибору присоединяют реостат и провод с вилкой для включения в сеть (см. рис. 81).

Склянку заранее заполняют йодистым водородом, получаемым при гидролизе йодистого фосфора (см. стр. 285).

Опыт. В склянку с йодистым водородом вставляется пробка со спиралью и прибор включается в осветительную сеть. При раскаливании спирали образуются фиолетовые пары йода. В случае некоторого избытка влаги образующийся йод растворяется в мельчайших капельках йодисто-водородной кислоты, оседающей на стенках сосуда, и дает характерную для данного случая бурю окраску.

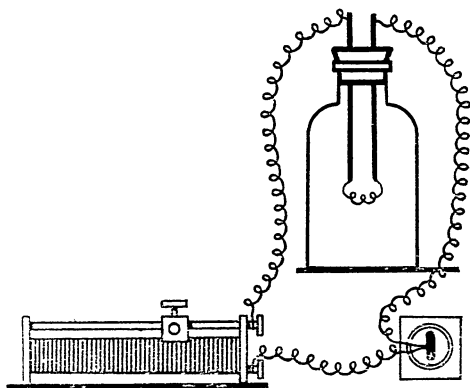


Рис. 81. Прибор для демонстрации смещения равновесия реакции разложения йодистого водорода при нагревании.

● 3. Опыт с двуокисью азота. Для опыта нужна запаянная ампула с жидкой четырехокисью азота. Перед опытом ампула

погружается в охлаждающую смесь с температурой -11°C . При этой температуре равновесие смещается в сторону образования бесцветной четырехокси азота. Содержимое ампулы становится слабо окрашенным. При нагревании ампулы равновесие смещается в сторону образования двуокси азота. Если вынуть ампулу из охлаждающей смеси и опустить в слегка теплую воду, то через некоторое время заметно резкое побурение ее содержимого.

в) ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА РАВНОВЕСИЕ РЕАКЦИЙ, ИДУЩИХ С УЧАСТИЕМ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ

●● 1. Наиболее ярким и наглядным примером смещения равновесия при изменении давления является реакция взаимодействия двуокси азота с кислородом воздуха. Для демонстрационного опыта (В. С. Полосин) можно воспользоваться широкой трубкой, запаянной с одного конца и вставленным в нее поршнем (см. рис. 105 на стр. 162). Поршень делается из металлического стержня с резьбой на конце, на которую навинчиваются две гайки со вставленной между ними резиновой проб-

кой. Завинчиванием гайки регулируется диаметр пробки, которая должна плотно прилегать к стенкам запаянной трубки. За неимением металлического стержня с резьбой можно прикрепить шурупом кусок резиновой мягкой пробки соответствующего диаметра к концу прочной деревянной палочки. Двоукись азота получают разложением азотнокислого серебра в универсальном приборе с газоотводной трубкой такой длины, чтобы можно было опустить ее почти до дна запаянной трубки.

Опыт. Запаянная с одного конца **трубка** прибора примерно на $\frac{1}{4}$ объема заполняется **двоукисью азота**. Затем в нее вставляется **поршень** и после перемешивания газ с воздухом быстро сжимают продвижением поршня примерно на $\frac{4}{5}$ длины трубки.

Вначале интенсивность бурой окраски усиливается вследствие увеличения концентрации газа, затем в результате смещения равновесия в сторону образования бесцветной четырехокиси азота газ в трубке начинает бледнеть.

Быстрое уменьшение давления, достигаемое путем выдвижения поршня, приводит вначале к почти полному обесцвечиванию газа вследствие уменьшения концентрации остатка двоукиси азота. Через несколько секунд газ в трубке принимает бурую окраску вследствие смещения равновесия в сторону образования двоукиси азота.

● 2. Вместо описанного прибора можно воспользоваться медицинским шприцем, снабженным исправной иглой и иглой с закупоренным отверстием. Преимущество медицинского шприца для этого опыта — в удобстве заполнения прибора и более точной дозировке веществ.

Опыт. В **шприц** с исправной иглой вдвигают поршень до отказа, конец иглы опускают в сосуд с **двоукисью азота**. При выдвигании поршня в шприц набирается двоукись азота до $\frac{1}{4}$

объема резервуара. Затем конец иглы вынимается из сосуда с двоукисью азота и остальной объем шприца заполняется **воздухом**. После этого исправная игла заменяется заклепанной и дальше опыт проводится так же, как предыдущий.

● 3. Для лабораторного опыта можно воспользоваться пробирками со вставленными в них поршнями. Поршни для пробирок делаются из деревянных палочек. Наконечник вырезается из мягкой резинки для стирания карандаша, обтачивается напильником и прикрепляется к деревянной палочке при помощи шурупа. На ученические столы приборы даются уже заполненные смесью двоукиси азота и воздуха. Учащиеся наблюдают изменение окраски газа при сжатии и при ослаблении давления.

В такой постановке опыт может быть использован и для внеклассной работы.

● 4. Проследить влияние давления на равновесие реакций, протекающих с участием газообразных веществ в описанных выше приборах, можно на примере разложения угольной кислоты при уменьшении давления. Для опыта готовится раствор угольной кислоты, добавляется несколько капель фиолетового раствора лакмуса и разливается в две широкие пробирки, одна из которых служит для сравнения.

Опыт. В шприц набирается до $\frac{1}{4}$ его объема раствор угольной кислоты, исправная игла заменяется на заклепанную. Быстрым выдвижением поршня создается разрежение, приводящее как бы к «кипению» раствора, из которого выделяется углекислый газ. Операция повторяется 2—3 раза. Вынув иглу, жидкость осторожно сливают в пробирку и цвет раствора сравнивают с цветом исходного раствора в контрольной пробирке. Заметно изменение розового цвета на фиолетовый. Для проведения этого опыта можно использовать также широкую запаянную трубку с поршнем.

VIII. ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

ДИФФУЗИЯ. РАСТВОРЫ

1. Диффузия и осмос

а) ДИФФУЗИЯ ПАРОВ БРОМА В ВОЗДУХЕ И В ВОДОРОДЕ

○ Для опыта нужны два одинаковых цилиндра для собирания газов высотой 25—30 см и более со шлифованными краями и притертыми пластинками. Прежде чем приступать к опытам, необходимо знать правила обращения с бромом (см. *правила*, т. I, стр. 49 и ниже в главе XII «Бром, йод, фтор», стр. 269).

Опыт. Притертые к цилиндрам пластинки поместить рядом под тягой. На пластинки поставить два маленьких фарфоровых тигля (на 5 мл) или лучше две крышки от тиглей (от крышек отломать предварительно плоскогубцами колечки). Наполнить один из цилиндров водородом по способу вытеснения воздуха из сильно действующего аппарата для получения водорода. Прикрыть цилиндр стеклышком и, не переворачивая, поставить его рядом с одной из приготовленных пластинок. Рядом с другой пластинкой поставить также вверх дном второй цилиндр. Налить в тигельки по небольшому количеству брома (*bromum purum*) и прикрыть одновременно оба тигля стоящими рядом цилиндрами (рис. 82). Поместить сзади белый экран или лист бумаги.

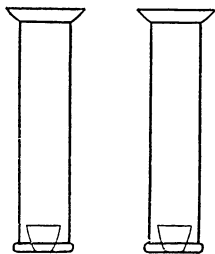


Рис. 82. Диффузия паров брома.

В цилиндре с водородом бром диффундирует значительно быстрее, чем в цилиндре с воздухом. Через некоторое время пары брома равномерно заполняют оба цилиндра.

За неимением притертых пластинок можно воспользоваться просто одним большим куском матового или обыкновенного стекла, но тогда края цилиндров лучше смазать вазелиновой мазью (см. т. I, стр. 241).

За неимением тиглей, можно положить на пластинки два комка ваты, которые и смочить бромом; можно приготовить соответствующие «стаканчики» из обрезанных аптечных пузырьков и т. п.

б) ВЗАИМНАЯ ДИФFUЗИЯ ДВУОКИСИ АЗОТА И ВОДОРОДА

○ Для получения двуокиси азота удобнее всего воспользоваться **азотнокислым свинцом** $Pb(NO_3)_2$, его нагревают в пробирке (см. стр. 394). Наполнение цилиндра лучше произвести до урока. То, что при разложении азотнокислого свинца двуокись азота получается в смеси с кислородом, успеху опыта не мешает.

Цилиндр с двуокисью азота закрывается **стеклышком**, смазанным вазелином.

Второй такой же цилиндр может быть наполнен **водородом** на уроке (по способу вытеснения воздуха).

Размеры цилиндров безразличны. Желательно, чтобы они были одинаковых размеров и достаточно велики, чтобы опыт был виден издали. Сзади следует поместить **белый экран**.

Опыт. Наполнить цилиндр водородом, поставить его вверх дном на заготовленный цилиндр с двуокисью азота, вынуть стеклышко и плотно соединить цилиндры отверстиями.

Когда окраска в цилиндрах делается более или менее однородной, снять верхний цилиндр и нижний, быстро перевернув, поднести к пламени горелки. Происходит вспышка, доказывающая, что водород перешел из верхнего цилиндра в нижний.

Можно заготовить второй цилиндр с двуокисью азота, для того чтобы показать, что двуокись азота вспышки не дает.

в) ДИФFUЗИЯ СЕРНИСТОГО ГАЗА, ПАРОВ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ, АММИАКА В ВОЗДУХЕ

○ Большой цилиндр закрыть куском картона, к которому кнопкой, булавкой, ниткой или иначе как-либо прикреплена длинная **лента фильтровальной бумаги**, пропитанная концентрированным раствором **синего лакмуса**.

В картоне должен быть сделан сбоку вырез для опущенной до дна цилиндра **длинной воронки** (рис. 83)

Опыт. Налить в цилиндр раствор **сернистой кислоты**, полученный пропуская сернистый газ в воду (см. ниже), или

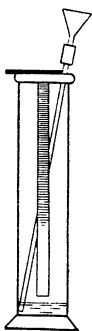


Рис. 83.
Диффузия паров уксусной кислоты

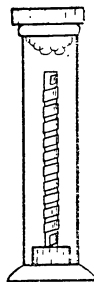


Рис. 84.
Диффузия аммиака

концентрированный раствор **уксусной кислоты** $H(N_3C_2O_2)$ (acidum aceticum 30-процентный или, лучше, еще более концентрированный). Конец бумажной ленты не должен, конечно, касаться кислоты.

В зависимости от концентрации кислоты покраснение лакмуса распространяется более или менее быстро.

Кроме кислоты, можно взять **аммиак**, смочив концентрированным раствором его приколотый к пробке комок ваты и взяв **красный лакмус** вместо синего (аммиак легче воздуха, и потому наливать раствор аммиака в цилиндр не имеет смысла). Возможность (по методическим соображениям) воспользоваться аммиаком, зависит от того, в каком месте курса рассматривается вопрос о диффузии.

Вместо того чтобы брать лакмус, при диффузии аммиака можно воспользоваться бумажкой, пропитанной раствором фенолфталеина.

Бумажную полоску можно навить спиралью на стеклянную палочку (Брусков), которую установить на пробке (рис. 84).

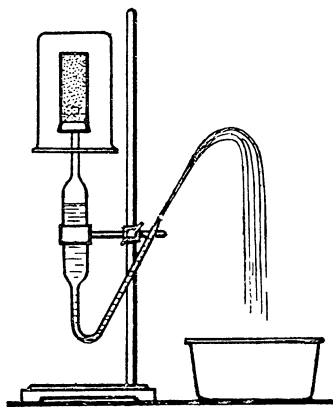


Рис. 85. Диффузия водорода (1).

г) ДИФФУЗИЯ ВОДОРОДА
ЧЕРЕЗ ПОРИСТЫЕ СТЕНКИ

Опыт демонстрирует большую скорость диффузии водорода по сравнению со скоростью диффузии газов воздуха, а также показывает, что давление газов на стенки сосуда является результатом движения молекул газа.

Наиболее удобный прибор для опыта изображен на рисунке 85. Основной частью прибора является **пористый цилиндр** (стакан) из слабо обожженной глины. Такие цилиндры применяются для гальванических элементов Бунзена. Они бывают 10—20 см высотой. Лучше взять небольшой цилиндр высотой 10—12,5 см, к которому легче подобрать пробку. **Пробку** лучше взять резиновую. Кorkовую пробку необходимо залить менделеевской замазкой (см. т. I, стр. 237, 390) или сургучом.

В пробку цилиндра вставляется **пипетка**, конец которой изогнут, как на рисунке 85. Пипетку, перед тем как вставлять в цилиндр, следует наполнить подкрашенной индиго, марганцовокислым калием или красными чернилами водой. Цилиндр должен быть совершенно сухой.

Пипетка с цилиндром укрепляется в зажиме штатива. Под конец пипетки следует подставить чашку, как на рисунке 85.

Для опыта нужно заготовить **большой стакан**, который должен быть значительно больших размеров, чем пористый цилиндр, как видно из рисунка 185, и сильный прибор для **получения водорода** — Киппа или Сент-Клер Девиля (см. т. I, стр. 257—262).

Опыт. Разъяснить устройство прибора и обратить внимание учащихся на то, что молекулы газов воздуха свободно проходят через поры цилиндра внутрь его и с такой же скоростью в обратном направлении. Поэтому давление внутри цилиндра равно атмосферному, что видно по уровням жидкости в пипетке. После этого наполнить стакан водородом и надеть его на пористый цилиндр, как показано на рисунке 85.

Уровень воды в пипетке начинает сейчас же изменяться, и жидкость вытекает из конца пипетки фонтаном. Объясняется это тем, что быстро движущиеся молекулы водорода проникают внутрь цилиндра с гораздо большей скоростью, чем молекулы воздуха в обратном направлении. Число молекул газа внутри цилиндра возрастает, число ударов в стенки и, в частности, в поверхность жидкости в пипетке увеличивается, т. е. создается большее давление газа, которым жидкость и выбрасывается из пипетки. После того как значительная часть жидкости удалится из пипетки, снять стакан с цилиндра. Наблюдается обратное явление. Молекулы водорода быстро удаляются из цилиндра, и внутри его создается пониженное давление. Поэтому воздух входит через цилиндр, проходя пузырьками через жидкость в пипетке.

Рис. 86.
Диффузия
водорода (2).

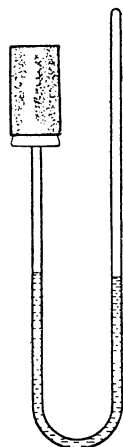


Рис. 87.
Диффузия
водорода (3).

Если нет подходящей к цилиндру пробки или если цилиндр больших размеров, чем указано выше, то цилиндр можно вставить в воронку и залить промежуток между стенками цилиндра и воронки менделеевской замазкой (см. т. I, стр. 237, 390) или сургучом, как показано на рисунке 86.

Вместо пипетки можно воспользоваться баночкой, как на рисунке 86. Важно только, чтобы каучук, пробка и замазка хорошо держали.

Вместо опыта с фонтаном можно удовлетвориться поднятием и опусканием уровня жидкости в присоединенном к пористому цилиндру манометре (рис. 87).

Если нет пористого цилиндра, то можно прикрепить к воронке на менделеевской замазке пористую глиняную пластинку, применяемую для сушения органических препаратов (рис. 88). Изменение уровня жидкости в манометре получается вполне отчетливо.

д) СКОРОСТЬ ИСТЕЧЕНИЯ ГАЗОВ ЧЕРЕЗ УЗКОЕ ОТВЕРСТИЕ

Как известно, скорости диффузии газов и скорости истечения их из узких отверстий обратно пропорциональны корням квадратным из их плотностей (закон Грэма). Эту зависимость нетрудно показать при помощи прибора, изображенного на рисунке 89.

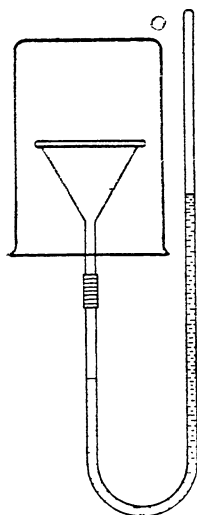


Рис. 88. Диффузия водорода (4).

Прибор можно приготовить из делительной воронки (на 100—200 мл) и большого стакана. К отверстию делительной воронки при помощи менделеевской замазки прикрепляется тонкая медная или алюминиевая пластинка *a*, в которой острием иглы делается небольшое отверстие. На воронке эмалевой краской или карандашом для писания по стеклу делается метка *б* в том месте, где цилиндр переходит в закругление.

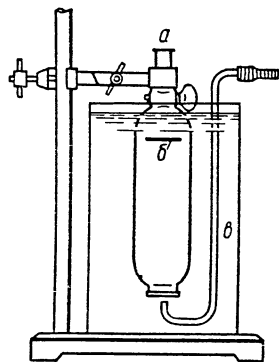


Рис. 89. Истечение газов через узкое отверстие.

Воронка укрепляется в зажиме штатива и погружается в большой багарейный стакан или банку с водой (рис. 89). Воронка должна опускаться на такую глубину, чтобы уровень воды в стакане был на высоте нижней части крана воронки. Воздух постепенно выходит из воронки, и она заполняется водой почти до самого крана; но в кран вода попадать никоим образом не должна. Кран должен быть сухой.

Кран закрывается, и прибор выставляется на лекционный стол.

Для опыта нужно заготовить прибор для получения водорода, лучше Сент-Клер Девиля, и газометр с кислородом.

Водородный прибор и газометр должны давать значительное давление газа, чтобы оно могло преодолеть сопротивление столба воды в трубке σ (рис. 89), через которую газы впускаются в прибор. Если нет достаточно большого газометра, то кислород можно впускать в прибор из реторты или пробирки со смесью бертолетовой соли с двуокисью марганца (стр. 57).

Кроме того, для опыта нужен **метроном** или часы с секундомером или хотя бы часы с секундной стрелкой.

Опыт. Впустить в воронку кислорода около $\frac{1}{3}$ воронки и затем выпустить кислород, открыв кран. Это нужно для того, чтобы кислородом заполнить часть воронки выше крана. Снова закрыть кран и нацело наполнить воронку кислородом (впускать кислород, пока он не начнет выходить из нижнего отверстия воронки).

Пустить в действие метроном. В момент одного из ударов метронома открыть кран и одновременно начать считать удары (можно привлечь к этому кого-нибудь из учащихся). Считать до тех пор, пока уровень воды внутри воронки не достигнет сделанной метки. Не закрывать кран, пока вода не поднимется до самого крана.

Воронка, как уже было сказано, устанавливается таким образом, чтобы вода доходила лишь до крана, не попадая в кран. Поэтому можно не следить за выходом остатков газа, а использовать время на запись на доске числа отсчитанных ударов метронома.

После того как уровень воды в воронке поднимется почти до крана, закрыть кран и впустить $\frac{1}{2}$ воронки водорода; сейчас же выпустить весь водород, чтобы вытеснить им остатки кислорода из верхней трубки воронки. Закрыть кран и заполнить воронку нацело водородом. Снова открыть кран и отсчитывать по метроному время, в течение которого уровень воды поднимется до метки.

Число ударов метронома должно быть приблизительно в 4 раза меньше, чем при опыте с кислородом, так как плотность кислорода

$$D = \frac{M}{2} = \frac{32}{2} = 16;$$

плотность водорода = 1. Отсюда $\sqrt{16} = 4$; $\sqrt{1} = 1$.

Поэтому $\frac{\text{скорость истечения кислорода}}{\text{скорость истечения водорода}} = \frac{1}{4}$.

Диаметр отверстия в пластинке подбирается на опыте. Надо приготовить несколько пластинок с различным диаметром отвер-

стей и выбрать такую пластинку, при которой кислород выходил бы в течение 4—5 мин. Предварительные опыты можно проделывать с воздухом, скорость истечения которого немного меньше кислорода.

Если время определяется по часам, то опыт должны проделывать двое. Можно привлечь для этого учащихся. Один из них следит за часами, другой

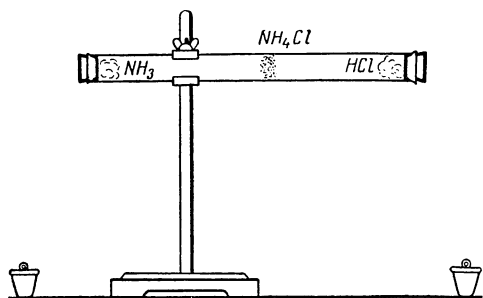


Рис. 90. Различие в скоростях диффузии хлористого водорода и аммиака.

говорит: «секунды!» и в момент, когда уровень достигает черты, говорит: «стоп!» Одновременно следящий за часами называет число секунд.

Если отверстие подобрано хорошо, кран и пластинка сухи и газы достаточно чисты, то опыт дает вполне удовлетворительные результаты. Время истечения водорода почти в 4 раза меньше, чем кислорода.

За неимением прибора Сент-Клер Девиля и достаточно большого газометра можно воспользоваться аппаратом Киппа и малым газометром. Тогда воронку перед впусканьем газов придется каждый раз поднимать вместе с зажимом, ослабляя винт муфты, укрепляющей ее на штативе, и затем для опыта снова погружать на ту же самую глубину в воду. Для этого на стержне штатива делается метка.

е) различная скорость диффузии аммиака и хлористого водорода

Как известно (стр. 136), скорости диффузии газов обратно пропорциональны корням квадратным из их плотностей.

Плотность по водороду аммиака равна 8,5; хлористого водорода — 18,25. Корни квадратные из этих величин относятся как 2,93 : 4,27 или как 1 : 1,46. Округляя это отношение до 2 : 3 и беря обратное отношение 3 : 2, мы можем считать, что, пока аммиак продиффундирует на $\frac{3}{5}$ какого-то расстояния, хлористый водород продвинется только на $\frac{2}{5}$.

Это можно подтвердить при помощи очень простого опыта.

Для опыта нужна широкая (диаметром 2—3 см) стеклянная трубка длиной 30—50 см (рис. 90). В концы трубки вставляются одновременно два комка ваты, из которых один смочен концентрированным раствором аммиака (уд. в. 0,91), другой — концентрированной соляной кислотой (уд. в. 1,19). Через некоторое время в трубке появляется облачко хлористого аммония (рис. 90). Облачко находится ближе к вате, смоченной соляной кислотой. Если измерить длину отрезка трубки между комками

ваты, то кольцо находится на расстоянии примерно $\frac{3}{5}$ этой длины от ваты, смоченной раствором NH_3 , и $\frac{2}{5}$ от ваты, смоченной раствором HCl .

Комки ваты удобнее всего прикрепить булавками к двум пробкам.

Растворы NH_3 и HCl заготавливают в достаточных для смачивания комков ваты количествах (около 1 мл) в тигельках (баночках, стаканчиках), прикрытых крышками.

Опыт. Если учащиеся знакомы с законом скорости диффузии газов или если предполагается познакомиться их с этим законом на уроке, то рассказать о намеченном опыте, показать, если учащиеся этого еще не знали, что газообразные NH_3 и HCl реагируют с образованием твердого продукта, дающего дым (сблизить две стеклянные палочки или лучинки, из которых одна смочена раствором NH_3 , другая раствором HCl), и затем произвести приведенный выше расчет. После этого уже приступить к опыту.

Если учащиеся должны познакомиться лишь качественно с тем, что одни газы диффундируют быстрее, другие медленнее, то приступить к опыту без предварительных расчетов, показав только, если нужно, что при реакции между газообразными NH_3 и HCl образуется дым нашатыря.

Держа одну из пробок с прикрепленной ватой в правой руке, другую в левой, погрузить комки ваты в тигельки с растворами и одновременно вставить в концы трубки, укрепленной на штативе вполне горизонтально (рис. 90).

Прикрыть тигельки крышками. Сзади трубки должен быть темный фон.

Когда через несколько минут появится кольцо нашатыря, обратить внимание на расстояние этого кольца от комков ваты.

Если раньше был произведен указанный выше расчет, измерить длину трубки между комками ваты и установить расстояние кольца от комков ваты. Если трубка установлена вполне горизонтально и растворы надлежащей концентрации, то результаты обыкновенно получаются удовлетворительные.

В производстве опыта нужно напрактиковаться.

Комки смоченной растворами ваты можно вводить в трубку при помощи пинцетов или щипцов.

ж) ДИФФУЗИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ

○ 1. Для демонстрационных опытов берутся большие цилиндры для собирания газов 25—30 см высотой. Одновременно ставится целый ряд цилиндров с различными веществами, диффундирующими с различной скоростью. Цилиндры помещаются на шкафу или на какой-нибудь полке в классе на месяц и более, чтобы учащиеся могли наблюдать постепенную диффузию веществ.



Рис. 91.
Диффузия
в жидко-
стях.

Воду лучше налить в цилиндры за день до опытов, так как из воды, взятой непосредственно из водопровода, постепенно выделяются пузырьки воздуха, которые перемешивают жидкость. Можно взять кипяченую воду.

Вещества для опытов частью берутся в жидком виде или в растворе, частью — в твердом виде. Жидкости наливаются в цилиндры с водой через длинные воронки, упирающиеся концом в дно цилиндра.

Налитая жидкость должна образовать отчетливый слой, резко отделяющийся от вышележащей воды. Для этого воронка должна быть опущена в цилиндр заранее, чтобы в воде не было токов. Воронка должна быть обрезана так, чтобы уровень воды, налитой в цилиндр, приходился не в трубке, а в широкой части воронки, как на рисунке 91. Иначе при наливании жидкости в воронку будет засасываться воздух, который будет подниматься в воде пузырьками и перемешивать слои. Конец воронки полезно спилить наискось (см. т. I, стр. 196), чтобы жидкость легко вытекала из воронки, упирающейся концом в дно. Если конец не спилен, его следует поместить в угол между дном и стенками цилиндра.

Уровень налитой жидкости отмечается наклеенной бумажной полоской (отрезанной от этикетки) и т. п.

Воронки после вливания жидкости лучше всего не вынимать из цилиндров, чтобы не перемешивать слои и не окрашивать раствором воду в цилиндре, что почти неизбежно при вынимании воронки. Можно также, влив жидкость, слегка приподнять воронку и промыть ее небольшим количеством воды. Тогда ее можно вынуть, не окрасив водного слоя в цилиндре.

Вместо воронок можно пользоваться пипетками с очень длинным вытянутым в тонкий капилляр концом. Пипетки лучше всего приготовить из стеклянных трубок, можно без вздутия. Раствор через капилляр вытекает медленно, но зато слой образуется очень отчетливый. Пипетку можно осторожно вынуть,

всосав в нее немного воды, после того как кончик покажется из слоя окрашенной жидкости.

Чтобы вода из цилиндров при стоянии не испарялась, цилиндры следует прикрыть стеклом или кусками картона с вырезом для воронки. Можно налить поверх воды слой парафинового (paraffinum liquidum) или другого масла.

Твердые вещества выбираются в виде крупных кристаллов, которые опускаются в цилиндры сверху или лучше кладутся в пустой цилиндр, куда затем осторожно наливается вода.

Для опытов можно взять следующие вещества.

Бром (bromum purum). *Об обращении с бромом необходимо прочесть правила!* (см. т. I на стр. 49; см. также ниже, в главе «Бром, йод, фтор».) Бром наливается, лучше под тягой, слоем толщиной около $\frac{1}{2}$ см.

Индиго (см. т. I, стр. 389) — концентрированный раствор в насыщенном растворе поваренной соли, чтобы раствор был значительно тяжелее воды.

Флуоресцеин (fluorescein) растворяется в слабом растворе едкого натра. Для увеличения удельного веса также полезно взять насыщенный раствор поваренной соли.

Марганцовокислый калий KMnO_4 (kalium hypermanganicum) — насыщенный раствор в насыщенном растворе селитры KNO_3 (kalium nitricum). На 250 мл воды следует взять 17 г KMnO_4 и 65 г KNO_3 . Марганцовокислый калий диффундирует наиболее быстро. Поэтому взять ее для опыта очень желательно.

Медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (cuprum sulfuricum crystallisatum), **никелевый купорос** $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (niccolum sulfuricum), **хромовые квасцы** $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ (alumen chromicum), **двухромовокислый калий** $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (kalium bichromicum) берутся в виде крупных кристаллов, которые опускаются в цилиндры сверху. Но лучше сначала поместить в цилиндр кристаллы, а затем, наклонив цилиндр, осторожно влить в него по стенке воду.

Не следует вливать воду очень медленно. При некотором навыке вода почти не окрашивается раствором соли. Наиболее медленно диффундируют хромовые квасцы.

Уровень соли отмечается наклеенной бумажной полоской.

Опыт по диффузии с твердыми кристаллическими веществами не рекомендуется ставить в начале курса, так как одновременный процесс растворения и диффузии не позволяет наблюдать явление диффузии в чистом виде.

● 3. Лабораторные опыты можно поставить в пробирках. Для опытов можно взять те же вещества, что и для лекционных, за исключением брома, обращение с которым представляет некоторую опасность. Для внесения растворов удобнее всего воспользоваться пипетками из трубочек диаметром 6 мм, оттянутых

в длинные капилляры. Такие пипетки нетрудно заготовить, если имеется паяльная горелка или одно из приспособлений, ее заменяющих (см. т. I, стр. 205).

Опыты в пробирках имеют то преимущество, что процесс заканчивается в них быстрее, так как длина их значительно меньше длины цилиндров.

Пробирки ставятся в деревянную стойку для пробирок.

э) ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

Наиболее доступным и удобным материалом для полупроницаемой перепонки является прозрачная пленка — **целлофан**, которая применяется для заворачивания конфет, печенья и т. п.

В качестве **сосуда** лучше всего взять верхнюю часть перерезанной (см. т. I, стр. 189) склянки (рис. 92), острые края которой должны быть тщательно сглажены напильником.

Из целлофана вырезается соответствующих размеров круг, который следует размочить в воде в течение нескольких минут. Мягкий влажный круг, с которого лучше снять лишнюю воду

куском фильтровальной или газетной бумаги, кладется на отверстие сосуда, после чего края круга загибаются возможно ровными складками. Круг слегка натягивается и затем укрепляется при помощи тонкого шнурка, который несколько раз обвертывается вокруг сосуда и закрепляется узлом.

Шнурок должен быть сухой, чтобы затем, намкнув в воде, он плотнее прижал пленку к стеклу. Успех опыта зависит от того, насколько плотно укреплена пленка.

К горлышку обрезанной склянки подбирается хорошая **пробка**, в которую вставляется **трубка** 5—6 мм диаметром и

длиной 50 см и больше. Трубка не должна выходить из нижнего конца пробки.

Раствор сахара в воде готовится насыщенный. Можно растворить сахар при нагревании (не до кипения) и затем дать раствору охладиться.

Раствор подкрашивается **красными чернилами**.

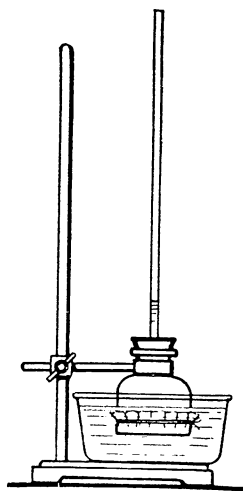


Рис. 92. Осмотическое давление (1).

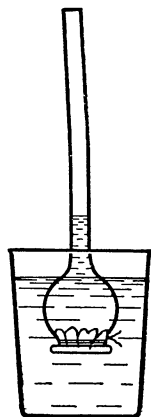


Рис. 93. Осмотическое давление (2).

Опыт. Наполнить сосуд насыщенным раствором сахара почти доверху. Вставить пробку с трубкой. Раствор должен при этом подняться в трубке на небольшую высоту. У пробки не должно оставаться пузырька воздуха.

Укрепить горлышко сосуда в зажиме штатива и погрузить сосуд в **чашку** или стакан с **водой**.

Если прибор устроен правильно и целлофан не имеет отверстий, жидкость за 1 час поднимается на несколько десятков сантиметров. Целлофан должен быть не слишком тонкий, так как тонкий целлофан может прорваться под давлением столба поднявшегося раствора.

Вместо обрезанной склянки можно взять длинную воронку, как на рисунке 93, но ее менее удобно наполнять раствором сахара. Приходится это делать через воронку из оттянутой пробирки или укреплять пленку на уже наполненной раствором перевернутой воронке, конец которой для этого предварительно закрывается резиновой трубкой с зажимом.

2. Процесс растворения и явления его сопровождающие

а) САМОПРОИЗВОЛЬНОСТЬ РАСТВОРЕНИЯ

● 1. Цель опыта — показать, каким образом можно быстро растворить вещество, не прибегая к размешиванию. **Кристаллы** какой-нибудь соли завязываются в **мешочек из кисеи** и т. п., который подвешивается вверху цилиндра к лучинке, положенной на края **цилиндра** (рис. 94). Тяжелый раствор опускается все время вниз, и таким образом происходит автоматическое перемешивание. Вся соль быстро переходит в раствор. Этим способом пользуются в технике. Вместо того чтобы завязывать соль в мешочек, можно поместить крупные кристаллы в обыкновенную воронку, которую вставить в цилиндр, наполненный доверху водой.

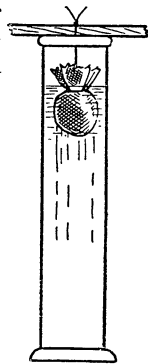


Рис. 94.
Растворение
медного
купороса.

Если один кристаллик **марганцовокислого калия** прикрепить воском к стеклянной пластинке и положить пластинку на края цилиндра, содержащего столько воды, чтобы конец кристалла был в нее погружен, то от кристалла течет вниз очень резко заметная струйка раствора, образующая ниже узлы и вздутия.

● 2. Разновидностью описанного опыта с **мешочком** из кисеи является опыт растворения вещества, помещенного в пробирку с отверстием в доньшке, которая подвижно укрепляется в верхней части **цилиндра** с водой (см. рис. 95).

За растворением можно следить по опусканию цветной струи, если вещество окрашено ($KMnO_4$), или по убыванию количества бесцветной соли (KNO_3). Этот опыт обычно применяется для демонстрации различной растворимости веществ (Д. М. Кирюшкин).

Вышеописанные опыты следует сопоставить со взбалтыванием отстоявшейся взвеси (см. стр. 168), чтобы показать, что самопроизвольность характерна лишь для процесса растворения.

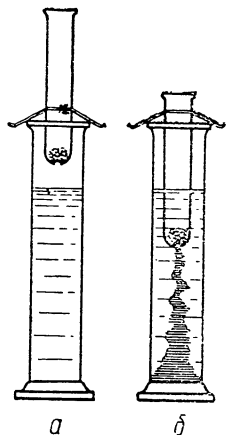


Рис. 95.
Растворение
марганцовокислого
калия.

б) ИЗМЕНЕНИЕ ОКРАСКИ ПРИ РАСТВОРЕНИИ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ

● 1. Растворение безводной сернокислой меди. В стакан с водой всыпается небольшое количество белого порошка безводной сернокислой меди и перемешивается стеклянной палочкой. Появление голубого окрашивания свидетельствует об образовании нового вещества.

● 2. Растворение безводного хлористого кобальта. Этот опыт повторяет предыдущий с той лишь разницей, что в стакан с водой всыпается голубой порошок безводного хлористого кобальта. Образуется розовый раствор хлористого кобальта. Безводный хлористый кобальт легко получить из кристаллогидрата, нагревая его в фарфоровой чашке. Розовые кристаллы $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ пла-

вятся постепенно, теряют воду и образуется голубой порошок безводной соли.

3. Понижение и повышение температуры при растворении различных веществ

○ 1. Для опытов желательно иметь лекционный термометр. За неимением термометра можно приготовить простейший термоскоп, изображенный на рисунке 96 и состоящий из небольшой пробирки около 5 см длиной и вставленной в нее на пробке тоненькой трубочки длиной 40—50 см.

В пробирку наливается немного подкрашенной, например индиго (см. т. I, стр. 389), воды, которая при вдвигании пробки поднимается в трубочке на некоторую высоту.

При расширении или сжатии находящегося в пробирке воздуха столбик воды опускается или поднимается. Если трубочка достаточно малого диаметра, прибор будет весьма чувствителен даже к незначительным колебаниям температуры.

Надетое на трубочку колечко *а* (рис. 96), отрезанное от рези-

новой трубки, служит для того, чтобы отмечать первоначальное положение столбика жидкости в приборе.

Чтобы столбик жидкости был лучше виден издали, к трубке можно прикрепить полоску картона с грубыми делениями.

Пробка должна, конечно, хорошо держаться. Поэтому, если есть резиновая пробка, то ее следует предпочесть корковой. Корковую можно залить менделеевской замазкой. Еще лучше заказать стеклодуву приборчик, спаянный из стекла, без пробки.

Если столбик жидкости окажется слишком короток, то для того чтобы установить его на желаемой высоте, можно поступить так: присоединить к концу трубки резиновую трубочку и вдвухать в нее постепенно воздух, чтобы он, вытесняя жидкость, из трубки проходил в пробирку. Тогда, после того как вдвухание прекращено, жидкость, находясь под давлением нагнетенного в пробирку воздуха, поднимается уже на бо́льшую высоту, чем раньше.

Если, наоборот, столбик жидкости слишком высок, следует сначала описанным способом вытеснить всю жидкость в пробирку, а затем, зажав каучук, перевернуть приборчик пробиркой вверх и выпустить из пробирки избыток воздуха.

Для того чтобы показать изменение температуры при растворении, можно воспользоваться следующими веществами.

Для понижения температуры (из обычных солей) **поваренной солью** (*natrium chloratum*) и **селитрой** (*kalium nitricum*). Из солей, дающих более резкое понижение температуры, можно взять, например, следующие: **нашатырь** (*ammonium chloratum*), **уксуснокислый натрий кристаллический** (*natrium aceticum crust*), **азотнокислый натрий** (чилийская селитра, *natrium nitricum*), **хлористый кальций кристаллический** (*calcium chloratum purum crust*), **роданистый калий** (*kalium rhodonatum*).

Нижеследующие данные дают представление о понижении температуры, вызываемой различными солями:

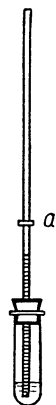


Рис. 96. Термоскоп.

Соли	Число г соли на 100 г воды	Температура		
		начальная	по растворении соли	понижение
Квасцы кристаллические	14	10,8°	9,4°	1,4°
Поваренная	36	12,6°	10,1°	2,5°
Сернокислый натрий . .	75	13,2°	6,8°	6,4°
Азотнокислый натрий . .	16	13,2°	3,0°	10,2°
Уксуснокислый натрий .	85	10,7°	—4,7°	15,4°

Соли	Число г соли на 100 г воды	Температура		
		начальная	по растворении соли	понижение
Нашатырь	30	13,3°	—5,1°	18,4°
Азотнокислый натрий . .	75	13,2°	—5,3°	18,5°
Хлористый кальций кристаллический	250	10,8°	—12,4°	23,2°
Азотнокислый аммоний .	60	13,6°	—13,6°	27,2°
Роданистый аммоний . .	133	13,6°	—18,0°	31,6°
Роданистый калий . . .	150	10,8°	—23,7°	34,5°

Относительно охлаждающих смесей солей со снегом можно привести такие данные.

Если смешать 100 ч. снега при -1° с указанными количествами солей, то смеси будут иметь нижеследующие температуры:

13 ч. азотнокислого калия	— 2,85°
30 » хлористого калия	—10,9°
25 » хлористого аммония	—15,4°
50 » азотнокислого натрия	—17,75°
33 » поваренной соли	—21,3°
143 » хлористого кальция кристаллического—	50,0° ¹ .

Для опытов с повышением температуры можно воспользоваться **едким натром** NaOH (natrium oxydatum hydricum) или **едким кали** KOH (kalium oxydatum hydricum) и **концентрированной серной кислотой** H₂SO₄ (уд. в. 1,84).

Опыты с солями и щелочами производятся с термоскопом, опыт с серной кислотой — без термоскопа.

Если для охлаждения имеется в виду воспользоваться солями, дающими температуру ниже 0°, то, вместо или кроме термоскопа, можно опустить в смесь пробирку (узенькую) с небольшим количеством воды, которая замерзает.

Для опытов нужно приготовить **стаканы**, лучше толстостенные. Только для серной кислоты нужен тонкостенный стакан или колбочка, так как толстостенный стакан от резкого повышения температуры может лопнуть.

В стаканы можно заранее налить столько воды, чтобы в нее можно было погрузить шарик термоскопа до самой пробки и оставалось еще место для прибавляемого вещества. Для серной кислоты взять воды около $\frac{1}{4}$ стакана.

Соли, хорошо измельченные, можно приготовить в банках или стаканчиках, едкий натр в виде небольших кусочков (раз-

¹ Смесь твердой углекислоты с эфиром или бензолом имеет температуру около -100° .

дробить пестиком в ступке 1—2 палочки; *правила!* См. т. I, стр. 48) в банке, плотно закрытой пробкой.

Опыт. Погрузить шарик термоскопа в воду стаканчика и убедившись, что столбик жидкости в термоскопе не перемещается, отметить его положение резиновым колечком.

Всыпать в воду несколько ложек поваренной соли и помещивать соль термоскопом до тех пор, пока не будет заметно более или менее значительного понижения температуры.

То же самое проделать и с остальными веществами. При растворении едкого натра происходит сильное повышение температуры.

В последний стаканчик прилить серной кислоты немного больше, чем до половины стаканчика и размешать **стеклянной палочкой**. Повышение температуры происходит настолько сильное, что жидкость нагревается почти до кипения и из стаканчика поднимается «пар».

Если есть возможность воспользоваться снегом или толченым льдом (измельчение его см. на стр. 306), то следует показать замораживание воды в пробирке, воспользовавшись одной из указанных выше охлаждающих смесей. Беря снег и поваренную соль, можно смешать их приблизительно, не отвешивая (примерно 1 объем соли на 2 объема снега).

● 2. При лабораторных опытах термометр и термоскоп не обязательны. Изменение температуры отчетливо ощущается рукой. Опыты можно производить в **пробирках** или в маленьких колбочках.

С явлениями охлаждения при растворении учащиеся познакомились в предыдущих опытах. Кроме поваренной соли и селитры, можно взять еще несколько из перечисленных выше солей.

Опыт. Всыпать в пробирку одну из выданных солей слоем около 3 см, прилить воды до $\frac{1}{2}$ пробирки. Закрывать отверстие пробирки большим пальцем правой руки и взбалтывать, придерживая левой рукой за нижний конец пробирки. Обратит внимание на изменение температуры.

То же проделать и с остальными солями.

При опыте с **едким натром** не следует закрывать пробирку пальцем. Взбалтывать жидкость, держа пробирку двумя пальцами за самый верх и резко раскачивая нижний конец пробирки из стороны в сторону.

При опыте с концентрированной серной кислотой сначала влить в пробирку немного воды, а уже затем прибавить равный объем кислоты и взболтать, как указано при опыте с едким натром, не закрывая пальцем.

Лить воду в кислоту опасно, так как из-за сильного разогревания вода сразу же обращается в пары и кислота разбрызгивается иногда со взрывом.

4. Существенные признаки раствора

а) ОТЛИЧИЕ РАСТВОРОВ ОТ ВЗВЕСЕЙ

○ 1. Для урока заранее в одинаковых цилиндрах заготавливаются образцы раствора поваренной соли, раствора медного купороса и отстоявшейся взвеси мела в воде. Сравниваются их прозрачность и устойчивость.

○ 2. Для урока заранее заготавливаются слабо мутная суспензия (см. стр. 168) и оптически пустой раствор. Получить вполне оптически пустой раствор очень трудно, но приготовить раствор, пригодный для школьного опыта, можно следующим образом. Из химически чистого медного купороса на дистиллированной воде готовится одномолярный раствор. После двухмесячного стояния в хорошо закрытом сосуде из средней части раствора при помощи пипетки, дважды сполоснутой дистиллированной водой, отбирается 25—30 мл раствора и переливается в чисто вымытую колбочку, тоже дважды сполоснутую дистиллированной водой. Затем отверстие колбы закрывается круглым стеклом, которое приклепляется к развернутому краю ее горла менделеевской замазкой.

Приготовленный таким образом раствор ставится на пути луча света проекционного фонаря (см. ниже стр. 172). Ход луча света в этом растворе не виден. Для сравнения в другой сосуд такой же формы наливается почти прозрачная суспензия мела в воде и ставится на пути луча света. В суспензии ход луча ясно виден. Эти опыты не требуют полного затемнения помещения. Достаточно проекционный фонарь и сосуды установить в более затененной части класса. При полном же затемнении может оказаться заметным ход луча и в растворе медного купороса из-за недостаточно тщательной его очистки.

б) ОТЛИЧИЕ РАСТВОРОВ ОТ ЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

Для опыта заготавливаются насыщенный раствор поваренной соли и вода, налитые в одинаковые цилиндры. Лучше всего пользоваться дистиллированной водой, но можно воспользоваться водопроводной водой, набранной после спуска воды, застоявшейся в трубах. По внешнему виду нельзя отличить воду от раствора.

○ 1. Цель опыта — показать, что свойства раствора (например, удельный вес) отличаются от свойств чистой воды. Для опыта берется ареометр для жидкостей тяжелее воды, пригодный для измерения удельного веса в пределах от 1—1,2 г/см³ и

опускается сначала в воду, а потом в раствор. Если есть два одинаковых ареометра, то их можно опустить одновременно, обратив внимание на различное их положение в воде и в растворе.

●● 2. Отличие раствора от чистой воды по числу составных частей можно показать, сравнивая результаты выпаривания капли раствора и капли воды на стекле (см. стр. 150, 152).

в) ПЕРЕМЕННОСТЬ СОСТАВА И СВОЙСТВ РАСТВОРА

○ 1. Сравнение цвета растворов различных концентраций. Для урока заготавливаются 4—5 высоких цилиндров с растворами различной концентрации какой-нибудь окрашенной соли, например медного купороса.

Об изменении состава можно судить по изменению интенсивности окраски.

○ 2. Сравнение удельного веса растворов различной концентрации. Для урока заготавливаются 4 цилиндра с растворами поваренной соли, полученными путем разбавления ее насыщенного раствора в 2, 4 и 8 раз. На уроке сравнивается положение ареометра, пригодного для интервала от $1-1,2 \text{ г/см}^3$, в этих растворах.

○ 3. Получение растворов различной концентрации изменением количеств растворяемого вещества и растворителя¹. Цель этого опыта показать, что при приготовлении раствора одинаково важно учитывать не только количество растворяемого вещества, но и количество растворителя, и что различного состава растворы можно получить, изменяя количества как того, так и другого.

Для урока необходимы четыре стакана на 100—150 мл. В первые два стакана наливаются одинаковые количества воды, например по 50 мл, и в двух пробирках помещается 2 и 20 кристаллов марганцовокислого калия.

В другие два стакана наливаются резко отличные количества воды (10 мл и 100 мл) и в две пробирки помещается по 5 одинаковых кристаллов марганцовокислого калия. На уроке заготовленные количества KMnO_4 всыпаются в отмеренное количество воды, получается разная интенсивность окраски растворов.

5. Растворимость твердых веществ в воде

а) РАСТВОРИМОСТЬ ГИПСА В ВОДЕ

○ Цель опыта — показать пример малорастворимого вещества.

¹ Постановку этого опыта следует рекомендовать, так как учащиеся VII класса часто упускают из вида значение количества растворителя.

Опыт. В большой бокал или стакан с водой всыпать небольшую ложечку гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в порошок (calcium sulfuricum ustum) и размешивать в течение некоторого времени **стеклянной палочкой**. Гипс как будто бы совсем не переходит в раствор.

Отфильтровать (**воронка, фильтр**) немного раствора в **стакан**, перелить в **железную чашку** и быстро выпарить воду на сильной горелке. На дне чашки остается перешедший в раствор гипс в виде белого порошка.

Железную чашку следует изнутри предварительно хорошо вычистить и прокалить, чтобы железо покрылось слоем окислы. Тогда при выпаривании она не ржавеет, и белый налет, остающийся после выпаривания, виден отчетливо.

За неимением гипса опыт можно сделать с гашеной известью.

б) РАСТВОРИМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

● При лабораторных опытах к вопросу о растворимости можно подойти методически, предоставив учащимся самим сравнить растворимость различных веществ при различных условиях. Для опытов можно взять следующие вещества: **сернокислый барий** BaSO_4 чистый, осажденный (baryum sulfuricum praecipit. purum), **сернокислый кальций** CaSO_4 в порошке (calcium sulfuricum ustum или praecipit.), безводные **квасцы** $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ в порошке (жженые, alumen kalicum ustum pulv.) и чистую **поваренную соль** NaCl (natrium chloratum purum crust.).

Все вещества должны быть хорошо измельчены. Из них первые три поступают в продажу в виде порошков. Если они слежались, то следует раздавить комки в ступке. Кристаллы же поваренной соли следует истереть в ступке в мелкий порошок.

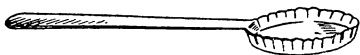


Рис. 97. Ложечка для выпаривания.

Для выпаривания фильтратов удобно воспользоваться **ложечками из железа**, как на рисунке 97. Эти ложечки очень легко изготовить по способу, описанному в томе I (стр. 374). Лучше взять

не жель, а лист черного тонкого кровельного железа. Если железо ржавое, то перед штампованием ложечек его следует вычистить наждачной бумагой или песком и после штампования прокалить, чтобы оно покрылось слоем окислы.

Вместо ложечек можно пользоваться жестяными крышками от бутылок с минеральными водами. Из крышек нужно, конечно, предварительно удалить пробковую пластинку и бумагу.

Для отмеривания воды (по 2 мл) можно воспользоваться **бюретками** (хотя бы 1—2 бюретки на класс), маленькими мензур-

ками или пробирками с меткой, которые заготовить заранее.

Опыт. Отвесить на аптекарских весах по 0,5 г сернокислого бария, сернокислого кальция (гипс), квасцов $KAl(SO_4)_2$ и поваренной соли (можно не называть вещества, а обозначить их номерами: 1, 2, 3 и 4).

Пересыпать соли в пробирки и в каждую пробирку прибавить по 2 мл воды (лучше дистиллированной).

Закрыв пробирку пальцем, долгое время взбалтывать. Так поступить со всеми пробирками по очереди, стараясь их не перепутать.

Не изменяется ли температура пробирок? (Пробирки с квасцами и поваренной солью немного охладились.)

Которые из веществ при этом совсем не растворились ($BaSO_4$ и $CaSO_4$), которые растворились только отчасти (квасцы) и которые растворились полностью ($NaCl$)?

Чтобы убедиться, действительно ли не растворились те вещества, которые кажутся нерастворимыми, профильтровать (маленькие **вороночки** и **фильтры**) жидкость и понемногу фильтратов выпарить на железных ложечках (один из учащихсся фильтрует и выпаривает один раствор, другой — другой).

Оба ли вещества нерастворимы? (Нерастворим только сернокислый барий $BaSO_4$.)

Снова взять по 0,5 г обоих веществ, прибавить 2 мл воды, нагреть жидкость до кипения и затем профильтровать жидкость и выпарить фильтрат.

Выпаривать каждый фильтрат в той же железной ложечке, что и раньше, вытерев ее предварительно.

Изменился ли результат? (Не изменился.)

Жидкость в пробирке, в которой вещество растворилось только отчасти, также нагреть.

Что произошло? (Вещество = квасцы = растворилось.)

Если осадок растворился, то прибавить еще 0,5 г вещества и снова нагреть.

Повторять прибавку, пока вещество не перестанет растворяться.

Каков результат? (Прибавлять пришлось много раз.)

Прибавить 0,5 г вещества в ту пробирку, в которой все вещество сразу растворилось, и взбалтывать на холоду.

Удается ли растворить новую порцию? (Не удается, это $NaCl$.)

Если не удастся растворить, то повторить опыт с нагреванием, как в предыдущем случае.

Каков результат? (Вещество не растворилось, растворимость $NaCl$ с повышением температуры меняется очень мало.)

Оставить обе пробирки с раствором охлаждаться. Что наблюдается? (В пробирке с квасцами выпадает обильный осадок, в пробирке с поваренной солью — ничтожный.)

Характеризовать растворимость всех взятых веществ и зависимость растворимости от температуры.

После этого преподаватель знакомит учащихся с графиками растворимости или рекомендует им прочесть по книге.

Полезно дать учащимся решить несколько задач, пользуясь графиками растворимости.

За неимением железных ложечек можно выпарить несколько капель фильтрата на куске жести или стекла, держа его высоко над пламенем. Фарфоровыми чашками пользоваться неудобно, так как небольшой остаток после выпаривания на белом фоне плохо виден.

в) РАСТВОРИМОСТЬ СЕЛИТРЫ

○ 1. Селитру лучше взять чистую (*kalium nitricum purissimum crystallisatum*), чтобы при растворении получался прозрачный, не мутный раствор, но можно, конечно, обойтись и обыкновенной селитрой. В колбочке на 250—300 мл (лучше конической с широким горлом) приготовить 100 мл чистой воды.

Опыт. В приготовленную воду всыпать небольшими порциями селитру (при помощи ложечки и т. п.), все время взбалтывая и выжидая, пока растворится вновь присыпанная порция.

Всыпать до тех пор, пока селитра не перестанет растворяться. Получается раствор, насыщенный при обыкновенной температуре.

Большая часть приготовленной селитры остается нерастворенной. Растворить ее при нагревании. Всыпать также отдельными порциями, все время взбалтывая раствор и не оставляя колбы с нерастворившимся веществом над пламенем без взбалтывания (см. т. I, стр. 175). Нагревать можно непосредственно на пламени, держа колбу в руке (обвернуть горло сложенной в несколько слоев бумажкой).

Когда вся приготовленная селитра растворится, показать, что при понижении температуры вещество обратно выделяется из раствора. Для этого можно или погрузить колбу в чашку с холодной водой или охлаждать водой непосредственно из водопроводного крана.

И в том и в другом случае для более быстрого охлаждения раствор в колбе следует все время взбалтывать.

После того как из раствора выделится более или менее значительное количество осадка, колбу обтереть снаружи полотенцем и, показав осадок учащимся, снова нагреть, пока осадок не растворится.

Раствор нагреть почти до кипения, вылить в плоский сосуд (**кристаллизационную чашку**) диаметром около 15 см и оставить медленно кристаллизоваться.

Через 15—20 мин на дне сосуда выделяется целый лес крупных кристаллов селитры, которые показать учащимся, слив предварительно маточный раствор.

За неимением селитры опыт можно показать с квасцами, нашатырем и другими солями, растворимость которых сильно меняется при нагревании (см. кривые растворимости в любом учебнике).

● 2. Для лабораторного опыта можно взять гораздо меньше селитры, например 20 г на 25 мл воды, или, если материала много, 40 г на 50 мл.

Опыт. Отмерить 25 мл воды (мензурка) и влить в колбочку. Отвесить 20 г калиевой селитры KNO_3 . Всыпать небольшое количество отвешенной селитры (не более 2 ложек) в колбочку с водой и хорошенько взболтать.

Если селитра, всыпанная в воду, вся растворилась, то далее подсыпать ее понемногу (все время взбалтывая), пока растворение не прекратится. Приложить руку ко дну колбы. Что ощущается? (Охлаждение.)

Нагревать колбу до растворения всыпанной селитры. Всыпать еще порцию и снова нагреть до растворения. Поступать таким образом до растворения всей отвешенной селитры. Горло колбы обернуть широкой полосой сложенной бумаги, чтобы колбу можно было держать в руке. При нагревании все время взбалтывать.

Охладить колбу под краном или в ведре с холодной водой. Наблюдать выделение мелких кристалликов селитры.

Снова растворить селитру при нагревании, все время взбалтывая. Дать раствору медленно охладиться. Наблюдать, что происходит. (Образование крупных кристаллов.)

● 3. Для иллюстрации зависимости растворимости от температуры можно сливать в ряд пробирок равные количества растворов селитры, насыщенных при разных температурах. По охлаждению в каждой пробирке получают различные количества кристаллов. Объемы, занятые в каждой пробирке кристаллами, составят как бы диаграмму, от которой легко перейти к кривым растворимости (П. В. Верещагин).

Для того чтобы растворы в пробирках быстрее охлаждались до одной и той же температуры, пробирки опускаются в ванну с плоскими стенками, в которую наливается вода и помещается штатив для пробирок. Штатив, чтобы он не всплывал, можно зажать между двумя пробками (рис. 98) или прижать ко дну шнурком, которым ванна обвязывается вокруг по длине. Еще лучше приготовить проволочную подставку (см. т. I, стр. 345)

или вставлять пробирки в отверстия в куске фанеры или картона, прикрывающем ванну.

Пробирки для опыта следует подобрать по возможности одинаковые. На них ставятся на одинаковой высоте метки карандашом для писания по стеклу.

Для быстрого получения насыщенного раствора в **химический стакан** на 350—500 мл насыпается около половины стакана мелкокристаллической **селитры** и наливается столько воды, чтобы она вместе с селитрой заняла около $\frac{3}{4}$ стакана.

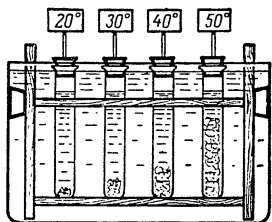


Рис. 98. Растворимость селитры при различных температурах.

Для нагревания раствора служит **кастрюля с нагретой почти до кипения водой**.

Температура раствора измеряется при помощи **термометра**. Он же служит и для размешивания селитры в стакане.

В ванну наливается холодная вода. Лучше взять воду не непосредственно из водопровода, а предварительно согретую и остуженную, чтобы на стенках не сидели пузырьки воздуха. Температура воды может быть комнатная, лучше 15°.

Опыт. Всыпать в стакан заранее отмеренное количество селитры. Прилить приготовленную воду. Размешивать некоторое время термометром, чтобы получился раствор, насыщенный при комнатной температуре, и затем поместить стакан в кастрюлю с горячей водой, продолжая энергичное размешивание.

Как только термометр покажет 20° (полезно пригласить для наблюдения за термометром кого-нибудь из учащихся), вынуть стакан из воды, дать осесть кристаллам, слить в пробирку насыщенный раствор до черты и поместить пробирку в ванну с водой.

Измерить температуру воды в ванне и сообщить учащимся.

Таким же способом наполнить остальные пробирки растворами, насыщенными при 30, 40 и 50°.

Пробирки закрыть пробками, в которые вставлены лучинки с приклеенными к ним картонными квадратиками. На квадратиках должны быть заранее написаны соответствующие температуры (рис. 98).

Если в помещении тепло и вода комнатной температуры мало отличается от 20°, то можно сливать растворы при 25, 35, 45 и 55°.

На рисунке 98 показаны примерные результаты опыта. Селитру после опыта следует собрать и растворы выпарить. Селитра пригодится для других опытов.

Селитру после опыта следует собрать и растворы выпарить. Селитра пригодится для других опытов.

○ 4. Учащиеся могут проделать работу по определению коэффициента растворимости **селитры**, измеряя темпе-

ратуру насыщенного раствора (**термометр**), сливая раствор с кристаллов во взвешенную чашку и выпаривая раствор, как описано ниже. Отдельные группы могут делать определения при различных температурах. По данным можно начертить кривую.

Опыт. Взвесить на аптекарских весах фарфоровую чашку с небольшой стеклянной палочкой. Записать вес. Измерить температуру остающегося над кристаллами раствора. Осторожно слить небольшую часть раствора без кристаллов в чашку и снова взвесить. Записать вес.

Поместить чашку на химический стакан или жестянку с водой, подложив кусочки жести или проволоки (рис. 99), чтобы чашка не плотно закрывала стакан. Поместить стакан на кольцо штатива или на таган и кипятить воду в стакане, пока не выпарится вся жидкость в чашке (выпаривание на «водяной бане»; если выпаривать прямо на огне, то осадок может разбрызгиваться).

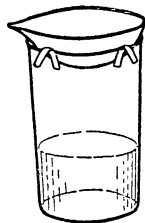


Рис. 99. Водяная баня.

Пока идет выпаривание, время от времени помешивать осадок стеклянной палочкой, чтобы он оставался рыхлым. Палочку все время оставлять в чашке.

Когда осадок делается вполне сухим, снять чашку с водяной бани, вытереть и, остудив, взвесить (с палочкой). Рассчитать, сколько соли приходится на 100 г воды.

Сравнить полученный результат с данными графика растворимости.

Остатки насыщенного раствора учащиеся должны слить в общую большую чашку. Точно так же собрать в банку полученную сухую селитру и в другую банку — выделившиеся раньше крупные кристаллы. Все эти остатки потом пригодятся для той же работы следующих классов учащихся.

г) очистить кухонную соль растворением и кристаллизацией

● Для опыта следует взять самую дешевую соль. Если нет нечистой соли, можно ее еще искусственно загрязнить, прибавив угля, песку и т. п.

Опыт. Влить в колбочку 150 мл воды и затем, все время взбалтывая, всыпать поваренную (кухонную) соль небольшими порциями, пока не получится насыщенный раствор. При растворении приложить руку ко дну колбы: что ощущается? (Охлаждение.)

Обвернуть горло колбы полоской бумаги в несколько слоев, чтобы колбу удобно было держать, или укрепить колбу в выгнутой из штатива держалке.

Нагреть раствор почти до кипения и всыпать в него еще ложки две соли. Растворилась ли эта порция? (Нет.)

Профильтровать полученный раствор в стакан. Выполоскать колбу и перелить в нее раствор из стакана (**по палочке**).

Охладить отфильтрованный раствор, как это делалось с раствором селитры. Выделяется ли при охлаждении раствора поваренная соль? Если выделяется, то много ли? (Очень мало.)

Влить охлажденный раствор в **фарфоровую чашку** и выпарить досуха.

Когда на стенках чашки начнет выделяться соль, необходимо все время помешивать раствор палочкой. В самом конце выпаривания нагревать осторожно, иначе соль выбрасывает из чашки. Не переставая помешивать, держать горелку в руке, то подводя ее под чашку, то убирая в сторону.

После выпаривания собрать чистую поваренную соль: она годится в качестве столовой соли.

6. Растворимость жидкостей в жидкостях

○ 1. Примером неограниченной взаимной растворимости может служить спирт и вода. Растворение спирта в воде дает возможность продемонстрировать использование различия в удельном весе жидкостей для ускорения их взаимного растворения и явлений, сопровождающих растворение.

Для опыта нужна запаянная с одного конца трубка длиной около 60 см, резиновая пробка к ней, воронка с оттянутым концом для наливания жидкостей, два резиновых кольца, надевающихся на трубку и подкрашенный спирт.

Опыт. На трубку заранее надеваются два резиновых кольца и наливается вода на $\frac{3}{5}$ ее объема. На уроке через воронку

осторожно поверх воды наслаивается **подкрашенный спирт** и одно из колец устанавливается на верхнем уровне жидкости. Так как удельные веса спирта и воды различаются, растворение идет так медленно, что резкая граница между водой и окрашенным спиртом не нарушается. Плотнo закрыв отверстие трубки резиновой пробкой, перевертывают трубку и наблюдают исчезновение границы между слоями и быстрое выравнивание окраски всего раствора. При этом можно дать учащимся потрогать трубку, чтобы ощутить разогревание раствора.

После приведения трубки в исходное положение отмечают изменение объема жидкости. Чтобы это изменение объема было видно издали, второе резиновое кольцо поднимают до нового уровня жидкости в трубке.

○ 2. Для опыта нужна измерительная колба на 1 л (рис. 100).

К колбе следует подогнать хорошую **корковую** (не резино-

вую) пробку. В колбу налить **воды**, интенсивно **подкрашенной индиго** (см. т. I, стр. 389) и т. п., сколько показано на рисунке 100 или немного меньше.

Опыт. Влить в колбу 1—2 мл **серного эфира** (aether sulfuricum). Слой эфира резко отделяется от подкрашенной воды (рис. 100) и его хорошо видно издали.

Закрывать колбу пробкой и, перевернув ее вверх дном, осторожно взболтать. Снова перевернуть колбу и показать, что эфир перешел в раствор. Слой его уже не поднимается на поверхность воды. Опять прилить немного эфира и снова взболтать.

Если эфира прилито не слишком много, он также растворяется в воде. Прилить еще эфира, на этот раз уже более или менее значительное количество, и опять взболтать. Теперь уже значительная часть эфира остается нерастворенной и после непродолжительного стояния всплывает на поверхность воды. Получились два слоя, два насыщенных раствора: эфира в воде (6,5 : 100) и воды в эфире (1,1 : 100).

До урока полезно проделать опыт несколько раз, чтобы знать, сколько приблизительно нужно наливать воды и эфира.

Взбалтывать следует не слишком энергично, особенно под конец, так как при взбалтывании внутри колбы несколько повышается давление, и если взбалтывать слишком сильно, колба может лопнуть. Кроме того, после сильного взбалтывания капельки эфира, не растворившегося в воде, слишком медленно поднимаются на поверхность.

За неимением измерительной колбы можно воспользоваться и обыкновенной. Можно взять длинную трубку большого диаметра, запаянную или закрытую пробкой с одного конца.

Если учащимся уже известно, что медный купорос содержит кристаллизационную воду и что белая безводная сернокислая медь от воды синее (см. ниже), то, прибавив к взятому из колбы пипеткой эфиру безводной **сернокислой меди**, можно доказать, что вода растворяется в эфире, как и эфир в воде. Параллельно нужно, конечно, проделать опыт с сухим эфиром.

Ввиду о г н е о п а с н о с т и эфира обращаться с ним следует о с т о р о ж н о. Во время производства опыта поблизости не должно быть огня.

○ 3. Вместо того чтобы доказывать растворимость воды в эфире при помощи безводной сернокислой меди, можно поставить особый опыт. Для этого в **длинную пробирку** или запаянную на одном конце трубку налить на $\frac{3}{4}$ **сухого эфира**, прибавить



Рис. 100. Растворимость эфира в воде.

несколько капель воды, подкрашенной **индиго** или лакмусом, и сильно взболтать, закрыв отверстие пальцем. Если воды прилило не слишком много, она растворяется полностью или объем ее значительно уменьшается. Если нет сухого эфира, его можно высушить, бросив в склянку с эфиром нарезанного кусочками натрия. Склянку при этом нельзя плотно закрывать. Когда реакция закончится, склянка закрывается пробкой, в которую вставлена трубка, оттянутая на конце в капилляр.

○ 4. Растворимость эфира в воде можно доказать иным способом. Эфира берется избыток. Вода встряхивается с эфиром. Затем, после отстаивания, нижний слой отделяется, и наличие в прозрачном растворе растворенного эфира доказывается отгонкой эфира в пробирке. Выделяющийся эфир загорается.

Опыт удобнее всего вести в делительной воронке.

Опыт. Налить в делительную воронку на $\frac{3}{4}$ воды немного эфира и встряхнуть воронку. При отстаивании слой эфира всплывает. Судить по объему всплывшего эфира, растворился ли он или нет, в широком сосуде нельзя. Поставить вопрос: «Как это узнать?»

Некоторое количество прозрачного раствора эфира в воде слить в **пробирку**. Пробирку нагреть в пламени горелки (**держалка**). К отверстию пробирки поднести зажженную **лучинку**. Эфир загорается и некоторое время горит большим пламенем.

За неимением делительной воронки взбалтывание воды с эфиром можно произвести в склянке и для отделения раствора воспользоваться обыкновенной воронкой (П. В. Верещагин). Для этого раствор после встряхивания в склянке вливается в обыкновенную воронку, конец которой закрыт пальцем.

Осторожно приоткрывая конец воронки, можно легко слить раствор в пробирку и проделать с ним описанный выше опыт.

Такая постановка опыта удобна для VII класса, где о растворении воды в эфире можно не говорить.

● 5. Лабораторный опыт можно с успехом проделать в пробирке.

Опыт. Налить $\frac{3}{4}$ пробирки воды.

Прилить слой эфира приблизительно в 1 мм. Закрыв пробирку пальцем, слегка взболтать и затем подержать пробирку некоторое время вертикально. Если слой эфира всплывает на поверхность, взболтать еще раз.

Когда весь эфир растворится, прибавить еще столько же эфира и снова повторять взбалтывание, пока эфир не перестанет растворяться. Получаются два насыщенных раствора: эфира в воде внизу и воды в эфире наверху.

Таким же образом может быть проделан и опыт растворения воды в эфире (см. выше).

Если учащимся уже известна безводная сернокислая медь и способность ее присоединять воду и при этом синеть, то можно, слив эфирный раствор, прибавить к нему немного безводной сернокислой меди.

Параллельный опыт с сухим эфиром не дает посинения.

●● 6. Зависимость взаимной растворимости жидкостей от температуры можно показать на феноле и воде.

Опыт. В пробирку положить немного кристаллической карболовой кислоты C_6H_5OH (acidum carbolicum cryst.) и прибавить равный объем воды. Образуются два слоя: внизу — раствор воды в феноле, жидкий при обыкновенной температуре, и сверху — фенола в воде. При нагревании взаимная растворимость жидкостей повышается, и в конце концов при 68° получается однородный раствор. Если пробирку охладить в воде, то, как только температура опустится ниже 68° , жидкость мутится. Снова образуются два раствора, перемешанные между собой в виде эмульсии. При отстаивании (длительном) получаются два слоя.

Пробирку, закрыв хорошей пробкой, сохранить до следующего учебного года.

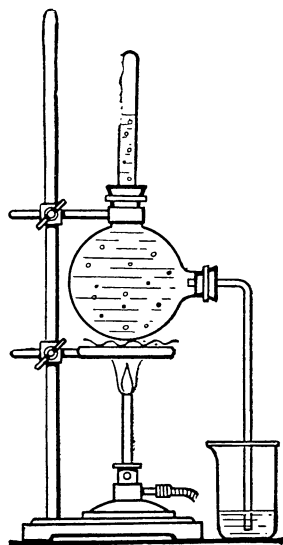


Рис. 101. Растворимость воздуха в воде (1).

7. Растворимость газов в жидкостях

а) ВЫДЕЛЕНИЕ РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ ВОЗДУХА НАГРЕВАНИЕМ

○ 1. Для демонстрационного опыта может служить прибор, изображенный на рисунке 101 и состоящий из большой на $1\frac{1}{2}$ —2 л двугорлой колбы, в одно горло которой следует вставить широкую, запаянную с одного конца трубку, в другое — тоненькую, изогнутую, как на рисунке 101, трубочку. Широкая трубка служит для собирания воздуха, узенькая — для выхода воды, расширяющейся от нагревания и вытесняемой выделяющимся воздухом.

Опыт. Снять прибор со штатива, вынуть боковую пробку с трубочкой, наполнить прибор свежей (из водопровода, колодца и т. п.) холодной водой и вставить пробку таким

образом, чтобы в приборе не оставалось воздуха. Снова поместить прибор на штатив и нагревать на горелке (через сетку).

Из воды сейчас же начинают выделяться пузырьки воздуха, который в течение 10—15 мин постепенно наполняет почти всю верхнюю трубку прибора.

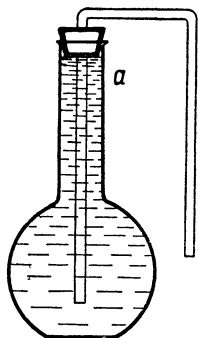


Рис. 102. Растворимость воздуха в воде (2).

Нет надобности и не следует доводить воду до кипения, так как в последнем случае большая часть воды вытесняется парами из прибора.

● ● 2. Вместо описанного прибора можно воспользоваться **обыкновенной колбой**, в пробку которой вставлена трубочка для вытекающей воды, опускающаяся ниже середины колбы (Дрентельн). Выделяющийся воздух собирается у пробки (рис. 102, а).

● 3. Для лабораторной работы можно соединить качественный опыт с количественным, воспользовавшись **прибором**, изображенным на рисунке 103.

Колбу можно взять на $\frac{1}{2}$ —1 л. Пробка должна хорошо держать и в то же время более или менее легко входить в горло колбы. Трубка должна быть не толстая (наружный диаметр 5—6 мм). **Опыт.** Собрать прибор, как на рисунке 103. Конец трубки, вставленный в пробку, не должен выходить из пробки. Испытать, держит ли прибор.

При этом опыте очень важно, чтобы пробка была хорошо обжата и чтобы отверстие в ней было аккуратно просверлено.

Наполнить весь прибор, колбу и трубку свежей водопроводной, колодезной или дождевой водой. Для этой цели:

а) наполнить колбу водой до самых краев;

б) наполнить водой трубку (не снимая с нее пробки) под краном или погрузив ее в ведро с водой;

в) закрыв пальцем конец трубки А, вставить с легким нажимом пробку в горло колбы, затем отнять палец и, держа горло колбы в одной руке, другой рукой плотно вогнать пробку;

г) если в колбе или в трубке останется пузырек воздуха, то, поворачи-

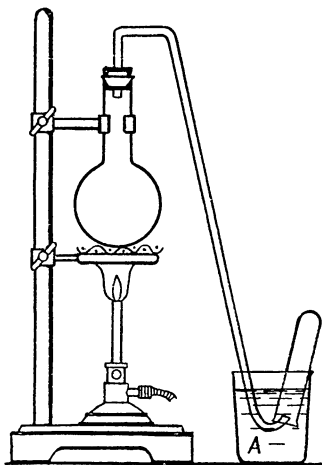


Рис. 103. Растворимость воздуха в воде (3).

вая осторожно колбу, выгнать его через трубку и долить в кончик *A* воды;

д) если почти вся трубка оказывается наполненной воздухом и это повторяется несколько раз, то, значит, пробка не держит и нужно ее переменить.

Укрепить колбу на штативе, подложить под нее сетку, конец трубки погрузить в стакан с водой.

Погрузить в стакан перевернутую пробирку с водой.

Поместив пробирку над отверстием трубки (рис. 103), начать нагревать воду в колбе. Внимательно наблюдать за тем, что происходит. Довести воду до кипения и дать ей покипеть некоторое время (минуты 3—4) для того, чтобы пар вытеснил весь собравшийся в колбе воздух.

Не следует слишком долго кипятить воду: вода в стакане прогревается паром настолько, что пар перестает конденсироваться, заполняет всю пробирку и начинает выходить из стакана мимо пробирки. Вместе с паром выходит часть воздуха. Во избежание этого, если вода в стакане прогреется, ее следует слить **сифоном** из резиновой трубки и добавить в стакан холодной воды.

Прекратить нагревание и наблюдать, что происходит (колба заполняется водой). Весь ли воздух был вытеснен паром в пробирку? Как это решить? (Если в колбе у пробки или в трубке остался пузырек газа, то, значит, не весь воздух был вытеснен.)

Измерить приблизительно количество собравшегося в пробирке воздуха. Для этого:

а) перенести стакан с пробиркой под водопроводный кран и, придерживая пробирку, осторожно вливать в стакан холодную воду, пока вода в стакане не примет приблизительно комнатную температуру;

б) установить пробирку в вертикальном положении так, чтобы вода в пробирке и в стакане стояла на одном уровне (чтобы уравнивать давление с атмосферным);

в) надеть на пробирку **резиновое колечко** и отметить им объем воздуха;

г) вынуть пробирку из стакана и влить в нее воды до колечка;

д) перелить эту воду в **измерительный цилиндр** и записать объем воды.

Вымерить при помощи измерительного цилиндра колбу, в которой была вода, и рассчитать, сколько растворенного воздуха содержится в 1 л взятой воды.

Вычислить в целых миллилитрах.

● 4. В упрощенном виде качественный опыт можно проделать так. Наполнить **пробирку** свежей водой. Погрузить отверстие пробирки в стакан с водой (наполненный почти до краев). Держа пробирку наклонно и захватив ее ближе к отверстию, на-

гревать середину (рис. 104). Не нагревать до кипения. В верхней части собирается небольшой пузырек воздуха.

б) ВЫДЕЛЕНИЕ РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ ВОЗДУХА ПОД УМЕНЬШЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ

○ Для опыта нужен **разрезающий насос** (см. т. I, стр. 375) и обыкновенная (толстостенная) материальная **склянка** приблизительно на 1 л. К склянке должна быть подогнана хорошая корковая или резиновая **пробка**, в которую вставлен обрезок стеклянной трубочки.

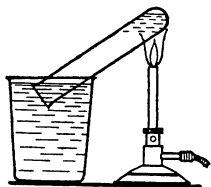


Рис. 104.
Растворимость
воздуха в воде (4).

К этой трубочке при помощи толстостенной резиновой трубки (см. т. I, стр. 219) присоединяется насос.

Опыт. Налить в склянку свежей холодной воды (см. выше) и, вставив пробку, выкачивать насосом воздух. Из воды сейчас же начинают выделяться пузырьки воздуха.

Пробка должна хорошо держать.

в) РАСТВОРЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВОДЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ И ВЫДЕЛЕНИЕ ЕГО ИЗ РАСТВОРА ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ДАВЛЕНИЯ

○ Для опыта нужна достаточно толстостенная **трубка** диаметром около 2 см и длиной 70—80 см. Трубка должна быть с одного конца запаяна. К этой трубке следует сделать **поршень**, который бы плотно в нее входил. Поршень можно изготовить следующим образом: из обыкновенной мягкой **резинки** для стирания карандаша при помощи пробочного сверла или ножом вырезается цилиндр подходящего к трубке диаметра. Этот цилиндр привинчивается к **палке** (рис. 105), которая должна быть приблизительно на 10 см длиннее трубки, толщиной же немного менее внутреннего диаметра трубки. Под головку винта следует положить шайбу, кружок, вырезанный из жести, диаметром немного меньше диаметра резинового цилиндрика. В центре кружка гвоздем или шилом пробивается отверстие.



Рис. 105. Прибор для растворения углекислого газа под давлением.

Для того чтобы подогнать резиновый цилиндр к трубке, его можно обточить на куске **стеклянной бумаги** (шкурке). Бумага прикрепляется кнопками или гвоздиками к положенной на стол доске, и цилиндр движется вдоль бумаги при одновременном вращении палки, к которой он привинчен. Если поршень слишком свободно входит в трубку, то его можно слегка увеличить, завинчивая сильнее винт. Под давлением шайбы цилиндр несколько раздается.

Края отверстия трубки должны быть слегка оплавлены, но не до сужения отверстия, а еще лучше сделать на конце трубки небольшое расширение (см. т. I, стр. 207), чтобы поршень легче было вставлять в трубку.

Для того чтобы поршень легче двигался, его полезно смазать глицерином (glycerinum).

Опыт. Налить в трубку холодной воды примерно на 15 см высоты, опустить в трубку до дна стеклянную **трубочку**, соединенную с прибором для получения **углекислого газа**. Пропускать углекислый газ, пока трубка им не наполнится. Не прерывая тока углекислого газа, постепенно вынуть трубочку и сейчас же вставить в трубку **поршень**. Сильно сдавив газ и удерживая поршень рукой, взболтать воду в трубке. Затем еще нажать поршень и снова взболтать и так проделать несколько раз, удерживая поршень в его положении. В конце концов объем остающегося газа сокращается весьма значительно.

Быстро поднять поршень. Вода начинает «кипеть», как сельтерская вода при откупоривании бутылки.

Сдавливая газ, удобно упирать поршень в стол и надвигать на него сверху трубку, а не наоборот. При этом приеме нет риска раздавить стекло, и, кроме того, поршень лучше «держит», так как он находится в соприкосновении не с газом, а с водой.

Поршень не теряет своей эластичности много лет. Его нужно сохранять, вдвинув в трубку и обильно смазав глицерином, но прежде чем вдвигать поршень в трубку, нужно ослабить винт, чтобы поршень в трубке не был сжат, а входил свободно.

Указанную выше резинку для стирания карандаша нельзя заменить резиновой пробкой, так как резиновая пробка бывает обыкновенно коническая, ее трудно подогнать, так как она не поддается обработке и, кроме того, она недостаточно мягка.

За неимением запаянной трубки можно вставить в открытую трубку хорошую корковую пробку, которую сильно углубить и залить слоем менделеевской замазки в 1—1,5 см толщиной.

За неимением глицерина можно ограничиться смачиванием поршня водой, но никоим образом не мазать вазелином или маслом, от которого резина разбухает и делается дряблой.

Трубка может быть меньшего диаметра, чем указано, и короче, но стенки ее должны быть не тоньше 1,5 мм.

8. Пересыщенные растворы

а) ГЛАУБЕРОВА СОЛЬ

○ В большой колбе (2—6 л) приготовить раствор **сернокислого натрия** Na_2SO_4 (natrium sulfuricum purum или bisdepuratum crystallisatum). На 5 ч. воды взять 6 ч. соли. Если имеется безводная соль (некристаллическая), то ее нужно взять 1 в. ч. на

2 в. ч. воды. Растворять при нагревании, но не до кипения, нагревать осторожно на сетке, все время взбалтывая (см. т. I, стр. 174).

Если раствор окажется мутным — профильтровать его в горячем виде через холст в другую, ополоснутую горячей водой колбу. Профильтрованный раствор нагреть до кипения и кипятить несколько минут, чтобы конденсирующаяся в горле колбы вода смыла с внутренней поверхности горла брызги раствора. Отставив горелку, закрыть горло колбы плотным комком ваты и оставить колбу охлаждаться при комнатной температуре. Для того чтобы при кристаллизации выделяющиеся кристаллы получились более крупные, к раствору полезно прибавить несколько капель **глицерина** (Никитин).

В таком виде раствор может сохраняться (при комнатной температуре) сколько угодно времени (годами), не кристаллизуясь, если даже переставлять колбу и взбалтывать раствор.

Полезно обвязать горло колбы поверх ваты резиновой пластинкой, пергаментной бумагой и т. п.

Опыт. Открыть колбу и бросить в нее кристаллик **серноокислого натрия**. Около него сейчас же образуется друза кристаллов, которая, быстро разрастаясь, заполняет всю колбу. Во время опыта держать колбу перед темным фоном (например, перед классной доской) или подойти с колбой ближе к учащимся.

Прежде чем вызвать кристаллизацию, можно в раствор погрузить шарик **термоскопа** (см. стр. 145), чтобы показать выделение при кристаллизации тепла.

По окончании урока, нагревая очень осторожно колбу на сетке в несколько рядов или на куске асбестового картона и все время взбалтывая, растворить выделившиеся кристаллы и, закрыв колбу ватой, оставить до будущего года. Не следует откладывать надолго растворение выделившихся кристаллов, так как с течением времени кристаллы срастаются в плотную массу и гораздо труднее растворяются, чем сразу после выделения.

Для растворения кристаллов можно поместить колбу в какой-нибудь сосуд, например железное ведро с холодной водой, которую постепенно довести до кипения. В таком случае встряхивать колбу нет надобности.

Если имеется только одна большая колба, то для фильтрации мутного раствора его можно сначала перелить в другие какие-нибудь сосуды, сполоснутые горячей водой, а затем немедленно профильтровать в обмытую горячей же водой колбу.

Иногда, особенно если незадолго перед опытом в комнате работали с серноокислым натрием, в воздухе могут находиться мельчайшие кристаллики последнего, кристаллизация начинается сама собой, как только из колбы вынута ватная пробка. Об этом следует предупредить учащихся.

Если соль сразу не закристаллизовалась, то, прежде чем вызывать кристаллизацию, можно бросить кристаллик какой-нибудь другой соли. Кристаллик должен быть чистый, лучше предварительно обмытый водой. Он не вызывает кристаллизации, если, конечно, взятая соль не изоморфна с растворенной.

б) УКСУСНОКИСЛЫЙ НАТРИЙ

●● Уксуснокислый натрий $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (*natrium aceticum crystallisatum*) дает пересыщенный раствор при значительно большей концентрации, чем глауберова соль. Если охлаждать пересыщенный раствор, налив поверх него слой горячей воды, то можно на 300 г соли взять только 45 мл воды (см. ниже). Для опыта в условиях, указанных для глауберовой соли, можно взять гораздо более слабый раствор, а именно на 5 ч. соли 3 ч. воды. При такой концентрации раствор можно охлаждать, поставив сосуд в холодную воду, что имеет преимущество в том случае, если пересыщенный раствор нужно приготовить быстро, например, на лабораторном уроке.

К раствору, как и при опыте с глауберовой солью, полезно прибавить несколько капель **глицерина** $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$.

При лабораторном опыте в пробирку насыпается 5 г уксуснокислого натрия, прибавляется 3 мл воды, пробирка нагревается до растворения соли и ставится в стакан с холодной водой. Через несколько минут пересыщенный раствор уже готов. Пробирку при остывании лучше закрыть клочком **ваты** или комком бумаги.

в) ОПЫТ ПЕЛИГО

Пелиго предложил эффектный опыт, особенно пригодный для публичной лекции. Он берет два пересыщенных раствора: серноватистокислого натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (обычное название «гипосульфит») и уксуснокислого натрия $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$, имеющих различный удельный вес и легко образующих в цилиндре два слоя. Поверх этих двух слоев наливается еще вода, чтобы верхний раствор не закристаллизовался раньше времени.

В цилиндр сначала опускается прикрепленный **воском** к стеклянной палочке кристалл гипосульфита. В верхнем слое, т. е. в растворе уксуснокислого натрия, кристалл не вызывает кристаллизации, нижний же слой сейчас же начинает кристаллизоваться.

После этого в верхний слой опускается кристалл уксуснокислого натрия, где соль также начинает кристаллизоваться.

Для опыта нужен **цилиндр** для собирания газов высотой 25—30 см. Его следует разделить по высоте на 3 равные части, отметив карандашом для писания по стеклу и т. п.

Над цилиндром поместить на кольце штатива **воронку** (8—10 см диаметром) таким образом, чтобы конец воронки прикасался к стенке цилиндра в верхней его трети.

В **колбе** на 500—600 мл поставить нагреваться воду.

В **двух стаканах**, помещенных на кольцах штатива (сетки!), начать одновременно растворять при нагревании и с теми же предосторожностями, как в предыдущем опыте, все время помешивая стеклянными палочками, отвешенные количества **гипосульфита** $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (natrium hyposulfurosum purum) и **уксуснокислого натрия** $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (natrium aceticum purissimum crystallisatum). При вышеуказанных размерах цилиндра нужно отвесить 450 г гипосульфита, 300 г уксуснокислого натрия и на каждую навеску взять по 45 (только!) мл воды. Когда обе соли растворятся, не прекращая нагревания стаканов, влить в цилиндр через **воронку** приготовленную заранее **горячую воду**, чтобы прогреть стенки цилиндра и воронки (не выливать из колбы всю горячую воду, а оставить немного для дальнейших операций).

Вылив немедленно воду из цилиндра, поставить его на место и налить в него через воронку горячего раствора серноватистокислого натрия до первой метки. Затем через ту же воронку (по стенке) налить раствор уксуснокислого натрия до второй метки. Наконец, почти до верха цилиндра — горячей воды. Оба раствора и вода образуют три резко отграниченных слоя. После этого оставить цилиндр охлаждаться при комнатной температуре. Приготовленные пересыщенные растворы могут сохраняться несколько дней (закрывать цилиндр стеклом).

Опыт. Слегка нагреть над горелкой прикрепленный заранее к концу **стеклянной палочки** кусочек **воска** и прилепить к нему маленький **кристаллик гипосульфита**. Погрузить кристаллик в цилиндр сначала в раствор уксуснокислого натрия и показать, что там он не вызывает кристаллизации; затем опустить его в раствор гипосульфита, и там кристаллик моментально обрстет друзой кристаллов (рис. 106).

Палочку с кристаллами можно сейчас же смело вынуть из цилиндра и показать классу. Весь слой гипосульфита быстро застывает в сплошную массу кристаллов.

Таким же способом вызывается кристаллизация и в слое уксуснокислого натрия (**вторая стеклянная палочка, воск, кристаллик уксуснокислого натрия**).

После урока слить с кристаллов верхний слой воды и, закрыв цилиндр хорошей пробкой или притертой стеклянной пластинкой, смазанной вазелиновой мазью (см. т. I, стр. 240), оставить цилиндр до будущего учеб-

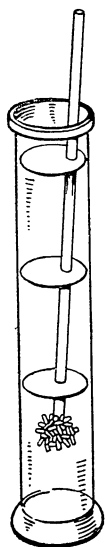


Рис. 106.
Опыт Пелло.

ного года. В будущем учебном году, за день до урока, погрузить цилиндр в большой стакан с холодной водой, поставленный на кольцо штатива, зажать цилиндр в зажиме штатива так, чтобы цилиндр не касался дна стакана, и нагреть воду в стакане до кипения. Оба слоя кристаллов в цилиндре постепенно растворятся, после чего налить сверху горячей воды и оставить цилиндр охлаждаться при комнатной температуре. Таким образом, один и тот же цилиндр может служить несколько раз, пока слой уксуснокислого натрия, растворяемый постепенно водой и в силу диффузии растворов одного в другом, не уменьшится значительно.

г) ПЕРЕСЫЩЕННЫЙ РАСТВОР ГИПОСУЛЬФИТА

○ **Гипосульфит** $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (тиосульфат натрия, см. выше, стр. 165) может плавиться в кристаллизационной воде, образуя при охлаждении пересыщенный раствор.

Если в колбу с раствором поместить **трубку с тонко оттянутым концом** (рис. 107), то, вызывая кристаллизацию в трубке, можно наблюдать образование на конце трубки и рост одного или нескольких больших кристаллов, постепенно наполняющих всю колбу. Кристаллизация идет сравнительно очень медленно, кристаллы получаются в виде очень плотных правильных призм.

Число образующихся кристаллов зависит от размеров оттянутого кончика трубки. Поэтому следует заготовить несколько трубочек и затем испытать, с какой из них опыт удается наилучшим образом.

Для получения пересыщенного раствора свежее, не выветрившиеся кристаллы гипосульфита всыпать в колбу на 800—1000 мл. Колбу погрузить в стакан или кастрюльку с холодной водой, укрепив в зажиме таким образом, чтобы колба не касалась дна сосуда, и затем нагреть воду в сосуде до кипения.

Когда соль расплавится, прибавить столько кристаллов, чтобы раствор занял приблизительно такой объем, как на рисунке 107. Чтобы раствор не мутнел от разложения гипосульфита, прибавить 1—2 капли раствора **едкого натра** NaOH (*natrium oxydatum hydricum depuratum*) 1 : 10. Приготовленную трубку обернуть плотно ватой и вставить в горло колбы, как на рисунке 107 (конец трубки может быть несколько выше центра колбы). Наружный конец трубки закрыть комочком ваты. Вынуть колбу из воды и оставить медленно остывать при комнатной температуре.

Опыт. Вынуть вату из конца трубки и бросить в нее маленький кристаллик гипосульфита $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Более или менее быстро, в зависимости от длины и просвета

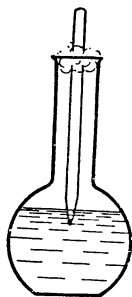


Рис. 107. Пересыщенный раствор тиосульфата натрия.

оттянутого конца трубки, кристаллизация распространяется внутрь колбы, и на конце трубки начинает расти один-два или более кристаллов. Под конец кристаллизация распространяется по всей массе раствора.

Полученные кристаллы можно потом снова расплавить, как было указано выше.

КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ

1. Получение коллоидных растворов

а) СУСПЕНЗИИ

●● 1. *Опыт.* Примером суспензии может служить взболтанная в воде очень мелкозернистая **глина**. Можно заготовить закупоренную склянку с водой и небольшим количеством глины, которая образует суспензию при взбалтывании склянки. Такая склянка может служить из года в год.

Желательно, чтобы образовавшаяся при взбалтывании муть не оседала полностью в течение многих дней.

Если имеющаяся глина содержит много крупных частичек, то отстаиванием можно получить более мелкие частички и только их собрать в склянку.

Можно заготовить такую же склянку с отмученным **мелом**, **тальком** и т. п. Вода для опытов не должна быть жесткой, так как небольшая примесь электролитов сильно понижает устойчивость суспензии.

● 2. Примером суспензии, являющейся переходом к коллоидному раствору, может служить суспензия серы, получающаяся при вливании в воду насыщенного раствора серы в спирте. Полученный продолжительным взбалтыванием порошкообразной серы со спиртом раствор фильтруется.

Опыт. Взять 4—5 мл раствора серы в спирте и влить в 100 мл воды. Профильтровать (**фильтр, воронка**) полученную мутную жидкость. Муть проходит сквозь фильтр.

●● 3. Такую же суспензию (или коллоидный раствор) можно получить, вливая в воду по каплям раствор **канифоли** (colophonium) в **спирте**, содержащий 1 г канифоли в 10 мл 95-процентного спирта. После каждой капли раствор размешивается. Воду лучше взять дистиллированную, около 100 мл.

б) ЭМУЛЬСИИ

●● *Опыт.* 1. Влить в цилиндр с пробкой или в пробирку до двух третей 4—5-процентного раствора **буры** $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (богах,

patium biboricum), затем несколько миллилитров **подсолнечно-го**, льняного или какого-либо другого растительного **масла** и сильно взболтать. Получается молочнообразная эмульсия. Если взболтать достаточно энергично, то эмульсия не отстаивается окончательно в течение многих недель и даже месяцев¹.

● 2. Приготовить 5-процентный раствор обыкновенного **мыла** в дистиллированной воде.

Влить в **склянку** на 250 *мл* 5 *мл* раствора мыла; прибавить 5 *мл* **бензола** C_6H_6 , сильно взболтать. Затем прибавить несколько раз по 10, затем по 20 и затем по 30 *мл* бензола, каждый раз сильно взбалтывая. Таким образом может быть получена эмульсия, содержащая до 97% бензола.

● ● 3. В две **склянки** или пробирки влить до половины воды, лучше дистиллированной или вообще нежесткой. В одну склянку прибавить несколько стружек **мыла**. Влить в обе склянки небольшое количество какого-либо минерального **масла** (машинного и т. п.) и сильно взболтать. Оставить склянки стоять. В склянке без мыла масло быстрее отстаивается. В склянке с мылом — медленно. Мыло играет роль защитного коллоида.

Тот же опыт можно проделать и с растительным маслом. Опыт объясняет роль мыла при мытье.

в) ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ПРИ ПОМОЩИ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

● Взболтать в **пробирке** немного **картофельной муки** (крахмал), профильтровать через маленький **фильтр**, испытать **фильтрат раствором йода в йодистом калии** (см. ниже, стр. 279).

Взять немного крахмала в **ступку**, смочить **дистиллированной водой**, чтобы получилось густое тесто, и **растирать** с силой долгое время, до $\frac{1}{2}$ часа.

Прибавить дистиллированной воды, взболтать, профильтровать и **фильтрат** снова испытать раствором йода.

г) ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ПУТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ

○ Для опыта нужны два куска **серебряной проволоки** толщиной около 1 *мм* и длиной 5—15 *см* каждый. Кроме того, нужен **электрический ток** от осветительной цепи, переменный или постоянный, и **реостат** с переменным сопротивлением для того, чтобы понизить напряжение в цепи до 30—40 *в* при переменном токе и до 40—50 *в* при постоянном токе. Силу тока можно счи-

¹ Бура сильно гидролизуеться и имеет щелочную реакцию. Щелочь с растительным маслом образует небольшое количество мыла. Раствор мыла является защитным коллоидом. Вместо буры можно взять соду или мыло.

тать до 4—5 *a*. Следовательно, если напряжение в цепи, например, 110 *в*, то падение напряжения в реостате должно быть при переменном токе до $110 - 30 = 80$ *в*. По формуле Ома $R = \frac{E}{I}$ (где R — сопротивление в омах, E — напряжение в вольтах и I — сила тока в амперах) сопротивление реостата должно быть до $\frac{80}{4} = 20$ *ом* при 4—5 *a*.

Провода должны быть достаточного диаметра. В цепь должны быть вставлены соответствующие предохранительные пробки и амперметр.

В качестве растворителя (дисперсионной среды) нужна дистиллированная вода, к которой прибавляют на 200 *мл* 2—3 капли 1—2-процентного раствора соды.

Раствор (200—300 *мл*) помещается в небольшой кристаллизатор или в фарфоровую чашку. Кристаллизатор или чашку полезно поместить в ванну с водой, чтобы жидкость во время работы не нагревалась (рис. 108).

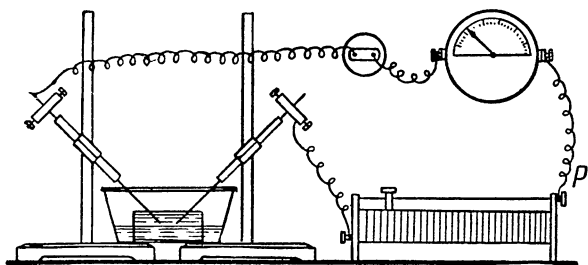


Рис. 108. Электрическое распыление металла.

Серебряные проволоочки, если они длинные, присоединяются к проводам непосредственно, если короткие, то припаиваются (оловом или тинолем, см. т. I, стр. 391 и 382) к более толстым медным проволокам.

Для изоляции серебряные проволоочки или те проволоочки, к которым они припаяны, вставляются в стеклянные трубочки или в тонкие каучуки или обматываются в несколько слоев изоляционной лентой.

Один из электродов укрепляется на штативе так, чтобы он был погружен в жидкость примерно на 2 *см*, другой держится в руке.

Опыт. Собрать прибор. Установить один электрод так, чтобы он погружался в жидкость приблизительно на 2 *см*. Установить реостат на большое сопротивление. Включить ток. Приблизить второй электрод к первому на один момент до соприкосно-

вения и удалить на расстояние около 1—2 мм. Если дуга не образуется, несколько уменьшить сопротивление.

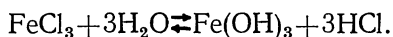
Урегулировать сопротивление так, чтобы дуга не прерывалась. Если это не удастся, то можно «чиркать» одним электродом по другому, не оставляя электродов в соприкосновении на сколько-нибудь долгое время, так как они при этом могут сплавиться, и получится короткое замыкание. От дуги в жидкости должны расплываться темно-коричневые облачка распыленного серебра. Если продолжать работу в течение 5—10 мин, то вся вода в чашке примет черно-коричневую окраску. После фильтрования получается устойчивый коллоидный раствор серебра.

За неимением серебряной проволоки ее можно заменить леманными серебряными ложками и т. п. Можно припаять к медным проволокам полоски, отрезанные от серебряной монеты.

Вместо серебра можно воспользоваться медью, например звонковой проволокой, но тогда получается коллоидный раствор не меди, а окиси меди. Медь окисляется кислородом, образующимся при диссоциации воды при температуре вольтовой дуги.

д) ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ПРИ ГИДРОЛИЗЕ

● ● Для опыта можно воспользоваться **хлорным железом** FeCl_3 (ferrum sesquichloratum, 2-процентный раствор), которое гидролизуетсЯ с образованием коллоидного раствора гидрата окиси железа:



Опыт. В стакане на 500—1000 мл нагреть до кипения **дистиллированную воду** (с недистиллированной, даже такой мягкой водой, как нельская, опыт не удастся: гидрат выпадает в осадок) и прибавлять по каплям раствор хлорного железа (5—10 капель на каждые 100 мл воды). Раствор продолжать кипятить еще минут 5. Получается прочный темно-бурый золь, который может храниться годами, давая очень незначительный осадок.

е) ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

● 1. Приготовить раствор **азотнокислого серебра** AgNO_3 (argentum nitricum), содержащий 0,17 г соли в литре. Раствор должен быть приготовлен на **дистиллированной воде**.

Опыт. К 100 мл раствора **азотнокислого серебра** прибавить несколько (2—10) капель 1-процентного свежего раствора **таннина** (acidum tannicum) и 1—2 капли 1-процентного раствора **соды**. После н а г р е в а н и я получается красновато-бурый прочный золь серебра.

● 2. Для опыта нужен раствор так называемого **желтого хлорного золота** (комплексная золото-хлороводородная кислота,

aurum chloratum crystallisatum flavum — $\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).
1 г хлорного золота растворить в 150 мл воды.

Опыт. Налить в пробирку 10 мл воды и прибавить 3 капли раствора хлорного золота. Нагреть до кипения и прибавить 1—2 мл разбавленного раствора **формалина** HCHO (formaldehydum, 3 мл 30-процентного раствора на 1 л воды). Получается пурпуровый золь металлического золота. Сравнить цвет раствора в проходящем и в отраженном свете.

ж) ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ПРИ РЕАКЦИИ ОБМЕНА.

●● 1. **Опыт.** Приготовить насыщенный (около 2%) раствор **мышьяковистого ангидрида** As_2O_3 (acidum arsenicosum purum pulveratum), для чего немного порошкообразного мышьяковистого ангидрида взбалтывать некоторое время с дистиллированной водой и затем отфильтровать нерастворившийся порошок (*сильный яд!*).

Разбавить фильтрат полуторным количеством воды. К раствору прибавлять понемногу свежеприготовленного на дистиллированной воде раствора **сероводорода** (см. ниже), пока не получится золь As_2S_3 красивого желтого цвета.

●● 2. **Опыт.** В 100 мл дистиллированной воды растворить очень немного (с рисовое зернышко) **рвотного камня** $\text{K}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ (двойная калиевосурьмяная соль винной кислоты, tartarus stibiatus, kalium stibiotartaricum). Прибавить несколько капель **сероводородной воды**, избегая избытка сероводорода (раствор после не должен им пахнуть). Получается золь сернистой сурьмы.

2. Свойства коллоидных растворов

а) ЯВЛЕНИЕ ТИНДАЛЯ

○ Для того чтобы наблюдать явление Тиндаля, желательны **проекторный фонарь** и **затемнения** на окнах. У фонаря вынимается трубка с линзами и оставляется только конденсатор. Вместо линз вставляется «щель» с микрометрическим винтом или просто картонная **диафрагма** с отверстием в центре. Следует приготовить несколько диафрагм с отверстиями различного диаметра в 3—10 мм, чтобы можно было подобрать наиболее подходящую.

В **сосуд с плоскими стенками**, например аккумуляторный стакан или обыкновенную колбу на 100 мл влить коллоидный раствор, полученный в предыдущем опыте (см. стр. 171). Другой сосуд должен содержать оптически пустой раствор, например, **медного купороса** (приготовление см. стр. 148) или свежеприготовленную **дистиллированную воду**. Второй сосуд должен быть совершенно чистый, сполоснутый несколько раз дистиллирован-

ной водой и прикрытый сверху стеклом или картоном. Получить вполне оптически пустую жидкость очень трудно. Поэтому можно удовлетвориться тем, что ход луча через второй сосуд будет лишь очень слабо заметен.

Оба сосуда ставят перед фонарем один за другим, и через оба пропускается луч света. В сосуде с дистиллированной водой он почти не виден, в сосуде же с коллоидным раствором виден отчетливо.

Кроме сосудов с растворами, полезно приготовить также **сосуд с оптически пустым, обеспыленным воздухом**. Для этого можно взять такой же батарейный стакан, как и для растворов.

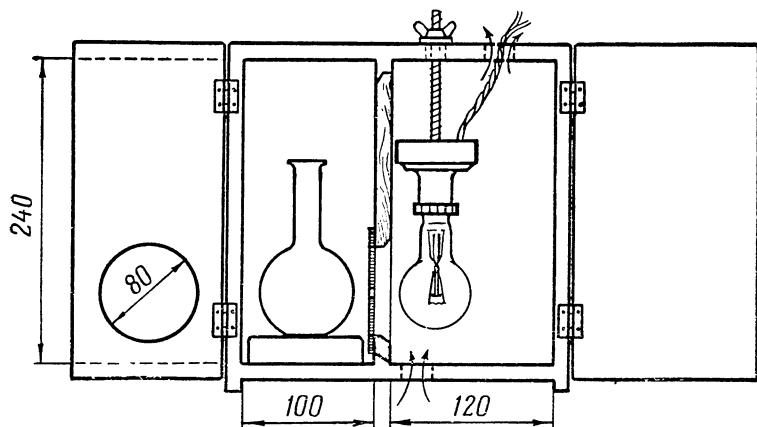


Рис. 109. Ящик для наблюдения явления Тиндаля.

Стенки и дно сосуда смазываются при помощи комка **ваты глицерином**. Затем сосуд прикрывается сверху стеклом и оставляется на долгое время, пока вся пыль не осядет и не пристанет к смазанным глицерином стенкам. После этого луч света в таком сосуде совершенно не виден. Прикрывающее сосуд стекло лучше всего приклеить к сосуду менделеевской замазкой, воском или пластилином. Тогда этот сосуд может служить для демонстраций на много лет.

Фонарь устанавливается на конце стола так, чтобы луч света был направлен вдоль стола. Свет должен проходить примерно через середину заготовленных сосудов, для чего они помещаются на соответствующей величины подставки.

Перед уроком сосуды сначала ставятся не на пути луча так, чтобы на уроке их можно было легко помещать на заготовленные подставки.

Опыт. Зажечь или включить фонарь. Показать, что в пыльном воздухе хорошо виден луч света. Для этого лучше всего пустить по ходу луча дым от **папиросы**. Можно воспользоваться дымом нашатыря, получающимся при сближении чашек, из которых в одну налита концентрированная соляная кислота, в другую — раствор аммиака; можно также встряхнуть тряпку, которой стирается мел с доски.

Поместить на приготовленную подставку сосуд с обеспыленным воздухом и обратить внимание учащихся на то, что в сосуде луч света совершенно не виден. Затем, не снимая этого сосуда, поставить за ним сосуд с коллоидным раствором. В нем луч виден. Затем сосуд с воздухом заменить сосудом с дистиллированной водой или с раствором соли, в котором, если раствор чистый и долго стоял в покое, луч света также не виден.

Если имеется несколько сосудов с коллоидными растворами, то ими можно последовательно заменять первый сосуд.

За неимением сосудов с плоскими стенками можно воспользоваться и колбами или стаканами, в которых также можно наблюдать явление, хотя и не так отчетливо, как в сосудах с плоскими стенками.

Если нет фонаря и затемнения, то можно приготовить (К. Я. Парменов) ящик, изображенный на рисунке 109. Ящик разделен перегородкой на две части. В одной находится электрическая лампа, в другую помещается колба с раствором. В перегородку вставлена диафрагма — кусок жести, в котором на высоте нитей лампы сделано отверстие около 2 мм диаметром. Ящик закрывается двумя створками (на рисунке показаны раскрытыми). В одной из них прорезано круглое отверстие по размерам колб, в которых в ящик помещаются растворы. Отделение для колб окрашивается изнутри черной краской (например, голландской сажей, смешанной с политурой), отделение для лампы окрашивается белой краской или оставляется неокрашенным. Лампу удобно укрепить на винте, как показано на рисунке, чтобы ее легко было устанавливать на нужной высоте, но можно и просто ставить, сделав ящик соответственно выше. В отделении для лампы следует оставить отверстия для вентиляции, как показано на рисунке. Во время демонстрации створка, закрывающая лампу, все время остается закрытой. Вторая створка открывается для замены одной колбы другой.

В небольшом классе явление видно довольно отчетливо.

б) диализ

Цель опыта — показать, что коллоиды не способны к диализу.

Для опыта заготавливается несколько диализаторов, сделанных из обрезанных **пробирок** следующим образом: на плоское

стекло наливается немного **коллодия**, чтобы получился круг, диаметр которого примерно на 2 см больше диаметра пробирки. После испарения большей части растворителя пленка коллодия осторожно отделяется и влажной стороной накладывается на оплавленный раструб пробирки. Пленка осторожно загибается за развернутые края пробирки и привязывается ниткой. Сильно натягивать пленку не следует, так как при высыхании она может лопнуть. Исправность диализатора проверяется путем наливания 5—6 мл воды внутрь диализатора. Если прибор неисправен, то вода стекает каплями или струей. Исправный диализатор держит воду.

○ **Опыт.** Ряд диализаторов с налитыми в них ярко окрашенными **коллоидными растворами** (серебра, гидрата окиси железа, берлинской лазури) укрепляется в цилиндрах с водой (см. рис. 110).

Для сравнения в один из диализаторов помещается концентрированный раствор марганцовокислого калия и тоже укрепляется в цилиндре с водой. На близком расстоянии можно наблюдать, как ярко окрашенный раствор $KMnO_4$ проходит через поры пленки коллодия по всей ее поверхности.

Через некоторое время издали становится видно, как окрашенный раствор соли от пленки диализатора струйкой спускается на дно цилиндра.

В приборах с помещенными в них коллоидными растворами по внешнему виду не наблюдается существенных изменений, так как коллоидные частицы не проходят через пленку коллодия. А электролиты проходят через поры пленки и после некоторого стояния во внешнем сосуде диализатора с коллоидным раствором гидрата окиси железа можно обнаружить ионы хлора.

○ Отсутствие способности коллоидов к диализу используется для очистки их от примесей электролитов. С этой целью применяются диализаторы большего размера (см. рис. 111). Для опыта можно взять или готовый диализатор или приготовить из материальной банки, у которой обрезается дно (см. т. I, стр. 189—194). Острые края колокола сглаживаются напильником.

В качестве полупроницаемой перепонки берется пергаментная бумага или животный пузырь (бычий, свиной). Из бумаги или из пузыря вырезается круг такого размера, чтобы края его после натягивания на приготовленный колокол были выше нижнего края колокола на 5—7 см, как показано на рисунке 111. Круг размачивается в воде, накладывается на перевернутый ко-

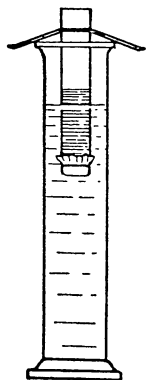
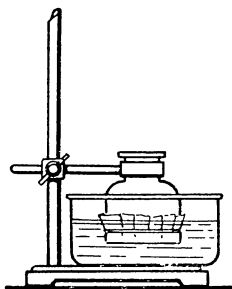


Рис. 110.
Пробирочный
диализатор
в цилиндре
с водой.

локол, края загибаются правильными складками, и круг укрепляется на колоколе при помощи бечевки.

Диализатор укрепляется в зажиме штатива и погружается в кристаллизатор, простоквашницу или иной сосуд с водой так,



чтобы края перепонки были выше уровня воды (рис. 111). При таком устройстве диализатора вода не может попадать в него через промежутки между складками и диффундирует только через перепонку. Поэтому нет необходимости особенно сильно затягивать бечевку.

Однако не следует диализ проводить слишком долго, так как при полном удалении электролитов из коллоидного раствора может наступить его коагуляция.

Диализаторы применяются также для перевода геля в золь (см. стр. 178).

После опытов диализаторы ополаскиваются, заполняются чистой водой, опускаются в сосуд с водой и сохраняются в нем неопределенно долгое время.

в) КОАГУЛЯЦИЯ КОЛЛОИДОВ

●● **Опыты.** 1. К 100 мл коллоидного раствора гидрата окиси железа (см. выше, стр. 171) прибавить несколько миллилитров раствора **серноокислого аммония** (*ammonium sulfuricum* 1:10). Наблюдать, что произойдет через некоторое время.

Вместо серноокислого аммония можно взять хлористый барий 1:10 (*barium chloratum*) или хлористый кальций (*calcium chloratum* 1:10).

●● 2. Приготовить $\frac{2}{3}$ пробирки коллоидного раствора **канифоли** (стр. 168) и прибавить к нему 1—2 мл 2-нормального раствора **серноокислого аммония** (*ammonium sulfuricum*) или другого электролита. Выпадает белый творожистый осадок **канифоли**.

●● 3. Нагреть до кипения коллоидные растворы сернистого мышьяка и сернистой сурьмы (см. выше, стр. 171). Наблюдать коагуляцию.

Попробовать вызвать коагуляцию этих растворов прибавкой вышеуказанных растворов солей. Нагреть золь гидрата окиси железа. Коагуляция не наблюдается.

г) ЗАЩИТНЫЕ КОЛЛОИДЫ

● **Опыт.** Растворить в 10 мл кипящей воды немного **агар-агара** (*agar-agar pulvis*, коллоид вроде желатины, растительного

происхождения). В пробирки с коллоидными растворами **сернистой сурьмы** и **гидрата окиси железа** (см. выше) прибавить по несколько миллилитров раствора агар-агара и повторить с ними вышеописанный опыт коагуляции. Для коагуляции приходится приливать значительно бóльшие количества электролитов, чем в первом случае.

За неимением агар-агара можно воспользоваться для опыта и желатиной.

д) ЖЕЛАТИНИЗАЦИЯ КОЛЛОИДОВ

● **Опыты.** 1. Разломать лист сухой **желатины** и стебелек **агар-агара** на мелкие кусочки. Насыпать того и другого в пробирки слоем около 2 см. Прибавить в ту и другую пробирку по 10 мл воды и нагревать почти до кипения, пока не получатся прозрачные растворы.

Погрузить пробирки на некоторое время в холодную воду. Наблюдать застуденение растворов. Снова нагреть пробирки. Получаются снова растворы.

2. Получить в пробирке **студень кремнекислоты**, как описано ниже, в главе «Кремний». Нагреть полученный студень. Сравнить результаты с предыдущим опытом (раствор не получается).

е) НАБУХАНИЕ ГЕЛЕЙ

● 1. Из листа сухой **желатины** следует вырезать две одинаковые пластинки шириной 1 см и длиной 3 см и поместить в две одинаковые **пробирки**. Одну пластинку желатины залить водой, вторую оставить для сравнения.

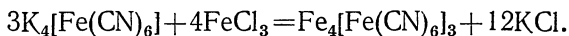
Через полчаса в результате набухания объем пластинки желатины в воде становится заметно больше.

● 2. От **резиновой трубки** диаметром не более 1 см отрезать два колечка толщиной 1 см и поместить в две **пробирки**. Одно из колец залить **бензином**, второе служит для сравнения. Через 30—40 мин залитое бензином резиновое кольцо сильно увеличивается в объеме.

● 3. Студень **кремнекислоты**, полученный в одном из предыдущих опытов (опыт д настоящего раздела), высушивается при помешивании, пока не распадется на мелкие крупинки. В две пробирки насыпаются равные объемы высушенного геля. В одну из них наливается вода. При стоянии не наблюдается никакого изменения объема залитого водой геля по сравнению с контрольным. Сопоставление последнего опыта с двумя предыдущими позволяет классифицировать гели по их отношению к набуханию.

ж) ПЕРЕВОД ГЕЛЯ В РАСТВОР ПРИ ПОМОЩИ ДИАЛИЗА

● **Опыт.** Слить равные объемы растворов **желтой соли** ($K_4[Fe(CN)_6]$ — железистосинеродистый калий, kalium ferrocyanatum) 1 : 10 и **хлорного железа** $FeCl_3$ (ferrum sesquichloratum) 2 : 10. Получается осадок берлинской лазури $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ (железистосинеродистое железо — соль, в которой железо имеется и в качестве металла и в кислотном остатке):



Осадок берлинской лазури представляет собой гель, который легко переходит в золь, если удалить из раствора соли, что достигается при помощи диализа (см. учебник). Поместить осадок с раствором в **диализатор** (см. стр. 176) и ежедневно менять воду до тех пор, пока осадок берлинской лазури не перейдет в раствор (вначале полезно менять воду несколько раз в день). Менять воду приходится в течение недели и больше.

Полученный раствор, если к нему прибавить несколько капель глицерина, можно употреблять как хорошие синие чернила.

з) СТАРЕНИЕ ГЕЛЕЙ. СИНЕРЕЗИС

● 1. В 100 мл воды размешать 1,5 чайной ложки **картофельного крахмала** и полученную взвесь постепенно влить в 100 мл кипящей воды. При остывании получается плотный гель крахмального клейстера. Через несколько дней гель стареет — съеживается и выделяет жидкость. Это явление называется **синерезисом**.

● 2. Гель **желатины**, полученный в опыте желатинизации (см. стр. 177), оставляется для наблюдения. Через несколько дней гель изменяет свой внешний вид — стареет. Гель съеживается и от него отделяется часть растворителя.

С процессом старения гелей мы сталкиваемся в жизни, наблюдая изменения простокваши при стоянии. «Отстаивание» простокваши, т. е. сжатие геля и отделение жидкости, содержащей соли, не что иное, как старение геля (простокваши) — синерезис.

IX. КРИСТАЛЛЫ

1. Образование кристаллов

а) ОБРАЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРА

1. Выше (опыт 1 в, стр. 152) было указано, как получить в течение урока сравнительно большие кристаллы селитры. Подобным же образом можно получить кристаллы других веществ

(KClO_3 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Для этого достаточно получить насыщенные растворы этих веществ при более высокой температуре и охладить. При медленном охлаждении образуются более крупные кристаллы, при более быстром — более мелкие.

Для демонстрации желательнее иметь набор образцов кристаллов некоторых веществ в насыщенных растворах этих веществ. Для составления набора достаточно взять следующие количества этих веществ на 10 мл воды:

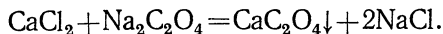
$\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	— 4 г,	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	— 4,5 г,
$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	— 5,5 г,	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	— 4 г,
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	— 3,5 г,	KNO_3	— 5 г.

Полученные при нагревании растворы фильтруются горячими в приготовленные пробирки и оставляются для охлаждения. Если при охлаждении кристаллизация не начнется, ее вызывают дополнительным введением кристаллика этой же соли. Затем пробирки закрываются пробками, заливаются менделеевской замазкой и укрепляются на стойке или прикрепляются к стоячему экрану с общим заголовком: «Кристаллизация различных солей в насыщенных растворах». Этот набор может служить годами.

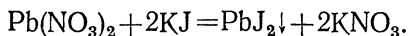
б) ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

Кристаллы малорастворимых веществ можно получить при различных реакциях обмена.

●● 1. Характерные блестящие кристаллы получают при сливании растворов солей кальция с раствором щавелевокислого натрия:



●● 2. Характерные золотистые кристаллы йодистого свинца образуются при реакциях солей свинца с йодистым калием в водных растворах:



Опыт. В один сосуд сливают по 10 мл 10-процентного раствора азотнокислого свинца и йодистого калия, дают отстояться и часть жидкости сливают с осадка.

Затем взвесь йодистого свинца вливают в колбу с кипящей водой, к которой прибавлено немного уксусной кислоты. При медленном охлаждении полученного раствора выпадают золотистые кристаллы йодистого свинца.

в) ПРИ ЗАСТЫВАНИИ РАСПЛАВЛЕННОГО ВЕЩЕСТВА

Для того чтобы показать образование кристаллов при застывании расплавленного вещества, удобнее всего воспользоваться классическим опытом с серой. Затем следует показать учащимся свежий излом цинка, который можно взять в виде палочек (*zincum metallicum in bacillis*) или в виде куска (с производства), сурьму (*stibium metallicum* или *antimonium regulanicum*), которая легко разбивается молотком по плоскостям спайности, и, наконец, поверхность медленно застывшего олова (*stannum metallicum*), на которой хорошо видны очертания кристаллов. Кроме того, можно еще проделать опыты с кристаллизацией олова и свинца.

○ 1. Кристаллизация серы. Для опыта с серой лучше взять черенковую серу (*sulfur depuratum in bacillis*) как более чистую.

Расплавить серу следует до урока, на уроке же только остудить расплавленную серу и вылить незастывшую часть, так как проделать всю операцию, начиная с плавления, в течение одного урока не всегда можно успеть.

Для плавления серы обычно пользуются круглым глиняным (из гессенской глины) тиглем высотой 10—15 см (рис. 112), который может служить много раз, но можно, конечно, показать опыт и в большом фарфоровом тигле, а в крайнем случае в химическом стакане.

Глиняные тигли иногда бывают слишком пористы, и расплавленная сера сквозь них слегка просачивается и горит. Если опыт производится под тягой, то на это можно не обращать внимания, но на всякий случай следует иметь не один, а несколько тиглей, из которых выбрать наиболее плотные.

Для опыта удобно иметь два тигля — в одном сера плавится, а в другой сливается незастыв-

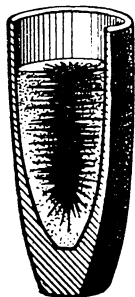


Рис. 112.
Кристаллы
призматической
серы.

шая сера. В следующий раз сера плавится во втором тигле и переливается в первый. Таким образом, одна и та же пара тиглей и запас серы могут служить сколько угодно раз.

Серы для опыта берется столько, чтобы уровень расплавленной серы отстоял от края тигля на $1\frac{1}{2}$ —2 см.

Тигель помещается прямо в кольцо штатива. Лучше, если кольцо с тремя утолщениями, как на рисунке 423 т. I, стр. 339. Если кольцо не подходит, можно сделать треугольник из толстой железной проволоки.

Плавить следует на небольшом огне. Если слишком сильно нагревать, сера может загореться. Тогда временно прекратить нагревание и прикрыть тигель **крышкой**, которую оставить на тигле, пока сера не потухнет. Чтобы знать, вся ли сера расплавилась, можно время от времени помешивать стеклянной палочкой или железной проволокой.

Когда вся сера расплавится, оставить под тиглем маленькое пламя, чтобы сера до урока оставалась в расплавленном состоянии.

Опыт. Переставить тигель щипцами на кусок **асбестового** или обыкновенного **картона** или на сложенную в несколько слоев бумагу, прикрыть тигель крышкой и дать сере спокойно остывать. Не переставлять и не трясать тигель.

Время от времени подымать крышку и смотреть. Вместо крышки можно взять кусок стекла, через который удобно наблюдать ход застывания серы. Вначале, пока сера еще очень горячая, стекло быстро покрывается налетом, который приходится по временам стирать полотенцем, но под конец образование налета прекращается. Когда сера начинает с поверхности затвердевать, снять крышку и **внимательно следить**. Как только образующиеся на поверхности серы кристаллы начнут сходиться концами в середине тигля, с **е й ч а с** же проплавить в образовавшейся корке **предварительно нагретым железным стержнем** (гвоздем и т. п.) отверстие посередине и быстро вылить всю еще жидкую серу во **второй** приготовленный **тигель**. Дать стечь по возможности в **с е й** жидкой сере. Тигель при этом удобнее держать не щипцами, а рукой, обернутой в полотенце.

После выливания серы удалить при помощи горячего ножа оставшуюся корку, чтобы лучше были видны кристаллы внутри тигля. При этом держать тигель наклонным отверстием книзу, чтобы удаляемые куски серы не испортили кристаллов.

Тигель с кристаллами (рис. 112) сохранить, чтобы потом по-

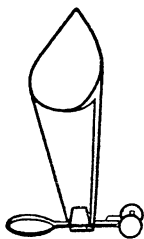


Рис. 113.
Фунтик для
получения
кристаллов
призматиче-
ской серы.

казать учащимся кристаллы, пожелтевшие вследствие перехода призматической серы в ромбическую.

Опыт требует внимания: важно не пропустить момент, когда нужно пробить корку. Но после небольшого навыка опыт удаётся обыкновенно очень хорошо.

● 2. Кристаллизация серы, лабораторный опыт. Для лабораторного опыта можно воспользоваться небольшим фарфоровым тиглем, на 10—50 мл, а за неимением его — достаточно глубокой жестяной или даже железной четырехугольной коробкой, выгнутой из тонкого железного листа при помощи плоскогубцев так, как указано на странице 237, т. I, рис. 260. С коробочкой в виде куба со стороной около 2,5 см удаётся получить очень хорошие результаты. Можно, наконец, воспользоваться бумажной коробочкой, «фунтиком», свернутым из плотной бумаги (рис. 113) или вставленным в воронку фильтром. В коробочку, фунтик или фильтр выливается расплавленная в тигле или пробирке сера. После сливания незастывшей серы бумага разворачивается, причем очень хорошо видны образовавшиеся кристаллы. Опыт лучше производить не под тягой, чтобы не было неравномерного остывания.

Опыт. Насыпать в выданный преподавателем тигелек или коробочку серы (*sulfur depuratum in bacillis*) и, поместив тигель на кольцо штатива в треугольник, а коробочку на железную пластинку или на сетку, нагревать серу до плавления.

Когда сера расплавится, снять тигель со штатива щипцами (или пинцетом, можно самодельным) и поставить на стол на сложенную в несколько слоев бумагу или на деревянную пластинку. Если сера при нагревании загорелась, до снятия со штатива прикрыть сосуд крышкой, куском жести и т. п., задуть пламя. Дать сере остыть в том же сосуде или перелить в бумажный фунтик, в коробочку или на фильтр, помещенный в воронку.

Внимательно наблюдать поверхность остывающей серы и, как только от стенок появятся лучи кристаллов, быстро опрокинуть сосуд (фунтик и т. п.) над стаканом с водой и держать, пока расплавленная сера не перестанет капать.

Рассмотреть образовавшиеся на стенках сосуда кристаллы серы.

●● 3. **Опыт.** Кристаллизация свинца и олова. Расплавить 300—500 г свинца (*plumbum metallicum*) в же-

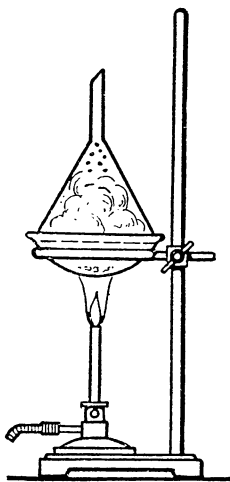


Рис. 114. Возгонка йода.

лезной чашке диаметром 8—10 см и, оставив горелку, дать медленно остывать. Когда при легком постукивании по чашке **щипцами** будет заметно, что на поверхности образовался твердый слой на протяжении 1—1,5 см от краев чашки, быстро вылить не застывшую часть свинца во **вторую железную чашку**, на сковородку и т. п.

На дне чашки, в которой плавился металл, остаются крупные кристаллы свинца.

Опыт после небольшой практики удастся очень хорошо.

Для получения кристаллов **олова** (*stannum metallicum*) обыкновенная железная чашка не годится, так как к ней олово не пристает и кристаллы вываливаются из чашки при выливании незастывшей части. Чтобы опыт с оловом удался, **чашка** должна быть предварительно вылужена. Можно воспользоваться обрезанной банкой из-под консервов или коробочкой, сделанной из жести (см. т. I, стр. 237).

После того как олово расплавилось, с поверхности его следует снять **железной пластинкой** или проволокой слой окислов, так как иначе они при выливании садятся на кристаллы.

●● 4. **К р и с т а л л и т ы**. Кристаллическое сложение олова можно показать на куске **жести** (луженое, т. е. покрытое слоем олова, железо) от консервной банки и т. п.

Кусок жести кладется в **чашку** с 10-процентным раствором **соляной кислоты**. Через 1—2 часа на поверхности олова отчетливо заметны очертания кристаллитов, образовавшихся при застывании олова на поверхности железа.

г) ОБРАЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ИЗ ПАРОВ

Если раньше не были показаны опыты с йодом и бензойной кислотой (см. т. I, стр. 410), то их следует показать здесь. Кроме того, можно показать применение возгонки твердого вещества для его очистки. Таким способом очищаются, например, йод и нафталин.

●● 1. **Опыт**. Очистка йода. На большое **часовое стекло** или в фарфоровую чашку положить некоторое количество порошка **йода**, смешанного с углем или каким-либо другим индифферентным веществом. Сверху прикрыть опрокинутой большой **воронкой**, как на рисунке 114, и нагревать на слабом огне. На холодных частях воронки осаждаются крупные кристаллы йода. Этот же опыт можно проделать с нафталином.

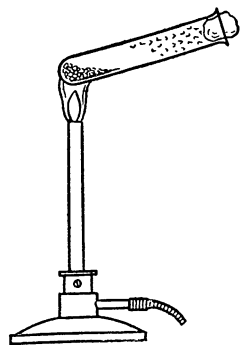


Рис. 115. Возгонка нафталина.

● 2. Очистка нафталина. Для лабораторного опыта взять в пробирку технический (розовый) **нафталин** или смешать нафталин с порошком угля в **ступке**. Поместить немного нечистого **нафталина** в **пробирку**, сколько показано на рисунке 115.

Закрывать пробирку **комком ваты** или бумаги и нагревать нафталин, держа пробирку наклонно, как на рисунке 115.

На холодных стенках пробирки оседают крупные блестящие кристаллы нафталина (моноклиномерной системы).

2. Кристаллизационная вода

а) ОБЕЗВОЖИВАНИЕ И ГИДРАТАЦИЯ МЕДНОГО КУПОРОСА

○ 1. Полное обезвоживание медного купороса занимает довольно много времени. Поэтому некоторое количество безводной соли следует приготовить заранее, на уроке же можно ограничиться только нагреванием нескольких кристаллов купороса в пробирке.

Для обезвоживания следует взять до урока около 30 г **медного купороса** $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (*сиритум sulfuricитум ригитум*), который поместить в **фарфоровую чашку** и нагревать над пламенем горелки, все время помешивая проволокой или стеклянной палочкой до тех пор, пока весь купорос не превратится в почти белый порошок.

Предварительно измельчать купорос нет надобности. Кристаллы при нагревании распадаются сами собой.

Следует избегать сильного нагревания, так как при очень сильном нагревании соль отчасти разлагается и порошок темнеет от примешивающейся к нему окиси меди. Во избежание этого следует также возможно тщательно размешивать соль до самого дна чашки.

Безводную соль, если она обезвожена незадолго до урока, можно пересыпать в стаканчик и в нем оставить до опыта, покрыв стеклом. Безводная серноокислая медь притягивает влагу из воздуха довольно медленно.

Однако если безводная соль должна сохраняться более или менее долго, то ее лучше пересыпать в горячем виде в банку и закрыть пробкой, которую залить парафином (см. т. I, стр. 235). Можно также поместить стаканчик или чашку с солью в эксикатор.

Для гидратации полученной соли надо взять около 10 **мл воды**, которую следует приготовить в пробирке.

Опыт. Несколько небольших кристаллов медного купороса поместить в **пробирку** и, держа последнюю **держалкой** (см. т. I, стр. 380) или свернутой бумажкой **горизонтально**, нагревать

в пламени горелки, пока кристаллы не начнут белеть и рассыпаться в порошок.

Обратить внимание учащихся на воду, которая оседает на холодных частях пробирки.

Показать заранее **обезвоженную сернокислую медь**, находящуюся в тонкостенном **стаканчике**.

Прилить к ней приготовленную воду. Происходит сильное разогревание. Часть воды обращается в «пар», порошок синееет.

● 2. Лабораторный опыт можно произвести как качественный (в фарфоровой чашке), так и количественный (в тигле) с определением процента потери.

Опыт 1 (качественный). Измельчить в **фарфоровой ступке** несколько кристаллов **медного купороса**. Всыпать в **фарфоровую**

чашку около $\frac{1}{2}$ пробирки полученного порошка и, поставив на кольцо штатива, нагревать, все время перемешивая **стеклянной палочкой**. Слишком сильного нагревания следует избегать, так как медный купорос при очень высокой температуре может разлагаться, выделяя серный ангидрид (в виде белого дыма) и оставляя черный порошок окиси меди.

Во время нагревания держать над чашкой **стакан** или колбу с холодной водой, чтобы обнаружить выделение воды из синего медного купороса.

Когда весь купорос превратится в мелкий порошок почти белого цвета и совсем не останется комков, прекратить нагревание.

Дать остыть чашке с порошком.

Совершенно остывшую чашку поставить на ладонь и прилить к безводной сернокислой меди воды (около $\frac{1}{2}$ пробирки).

Заметить, что при этом происходит. (Разогревание.)

Опыт 2 (количественный). Определить вес **фарфорового тигля**. Насыпав в него (до $\frac{1}{3}$) измельченного **медного купороса**, снова взвесить.

Записать вес взятого медного купороса.

Поставив тигель на треугольник, помещенный на кольце штатива, нагревать медный купорос до полного обезвоживания, как в предыдущем опыте, но не перемешивать палочкой.

Дав вполне охладиться тиглю с безводной сернокислой медью, снова произвести взвешивание.

Записать вес выделившейся воды.

Вычислить из полученных данных процентное содержание воды в медном купоросе.

Вычислить то же по формуле $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Полученный результат сравнить с вычисленным.

Кроме медного купороса, можно произвести качественные опыты с **железным купоросом** $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ferrum sulfuricum oxydulatum), **сернокислым натрием** $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (natrium sulfuricum crust.) и другими имеющимися солями с кристаллизационной водой. Учащимся могут быть даны и соли, не содержащие кристаллизационной воды, как KNO_3 , NaCl , NaHCO_3 .

б) ВЫВЕТРИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ

● ● **Опыт.** Несколько крупных невыветрившихся кристаллов **соды** $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (natrium carbonicum crystallisatum crudum или rigidum) и **сернокислого натрия** $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (natrium sulfuricum rigidum crystallisatum) показать учащимся, поместить на **кусочек стекла** или на дно перевернутой **кристаллизационной чашки** и оставить на некоторое время на воздухе (на шкафу, полке и т. п.).

Через несколько дней кристаллы сильно выветриваются, белеют и отчасти рассыпаются в порошок.

Если имеющиеся кристаллы уже немного выветрились, их можно предварительно протереть сухой щеткой.

Хранить оба вещества следует в банках с залитой парафином пробкой (см. т. I, стр. 235).

в) ГИДРАТАЦИЯ ГИПСА

● ● **Опыт.** Несколько ложек **жженого гипса** (calcium sulfuricum ustum) смешать в **чашке** с небольшим количеством воды, чтобы получилась каша приблизительно такой густоты, как сметана.

Кашицу вылить на лист **промасленной бумаги**, на смазанное слегка растительным или минеральным маслом блюдечко и т. п.

Через 10—15 *мин* гипс вполне затвердевает.

Если имеется какая-нибудь медаль и т. п., то можно сначала приготовить из гипса же **форму** для отливки. Для этого обернуть медаль по окружности полоской промасленной плотной бумаги, чтобы образовался цилиндр, дном которого служила бы медаль, и затем плотно обвязать бумагу ниткой. Смазав поверхность медали и бумаги маслом, влить в цилиндр гипс, дать вполне застыть и затем, развязав нитку, отделить оттиск от медали. Дать оттиску хорошо просохнуть.

С хорошо промасленной полученной формой затем поступить так же, как с медалью.

3. Спайность кристаллов

● ● 1. Для того чтобы показать явление спайности кристаллов, удобнее всего воспользоваться чистой **каменной солью**,

в виде бесцветных прозрачных кусков (*natrium chloratum nativum cryst.*).

Опыт. Ударять (несильно) по куску каменной соли небольшим **молотком**. Соль при этом раскалывается по двум перпендикулярным друг другу направлениям.

Для сравнения можно разбить кусок канифоли (*resina colorhoniium* или просто *colorhoniium*), вара, стекла и т. п.

● ● 2. Можно наблюдать спайность также на **слюде**. Если не удастся достать кусок слюды с гранями кристалла, то можно воспользоваться пластинками, применяемыми для кухонных ксеросинок.

4. Выращивание кристаллов

а) ИЗ ПЕРЕСЫЩЕННЫХ РАСТВОРОВ

Выше (опыт г, стр. 167) было описано, как можно наблюдать рост кристаллов в пересыщенном растворе. В колбу вставить трубку с очень тонко оттянутым капилляром для выращивания одного кристалла, который по достижении достаточных размеров можно осторожно вынуть и сохранить в закрытой банке как образец.

Эта работа рекомендуется для химического кружка.

б) ИЗ НАСЫЩЕННЫХ РАСТВОРОВ ПРИ МЕДЛЕННОМ ОХЛАЖДЕНИИ

● ● 2. Красивые крупные призмы **сернокислой меди** (*magnesium sulfuricum*) могут получиться при медленном охлаждении насыщенного при нагревании раствора.

Раствор готовится в **конической колбочке**, к нему прибавляется несколько капель **клея** — декстринового (см. т. I, стр. 364), столярного, синдетикона, но не конторского (силикат натрия). На следующий день на дне колбочки появляются крупные (до 1 см в поперечнике) длиной до 10 см призмы.

Можно накануне урока поставить охлаждаться несколько колбочек, и наиболее удачно образовавшиеся кристаллы продемонстрировать на уроке. Клей повышает вязкость жидкости, что замедляет образование зародышей кристаллов.

Кроме того, на уроке или на кружковых занятиях можно получить красивые кристаллы на стекле. Для этого горячий раствор сернокислого магния (он получается очень концентрированный, густой, как сахарный сироп), к которому прибавлен клей, наносится при помощи **кисти** ровным слоем на **кусочек стекла**.

Через некоторое время все стекло покрывается узором кристаллов, похожим на ледяные узоры, появляющиеся на окнах в сильные морозы.

в) ИЗ НАСЫЩЕННЫХ РАСТВОРОВ ПРИ ИСПАРЕНИИ РАСТВОРИТЕЛЯ

● ● Для получения больших правильно образованных кристаллов удобнее всего воспользоваться **квасцами** $KAl(SO_4)_2$ (alumen kalicum). Опыт может быть дан для кружковой или домашней работы.

Опыт. Приготовить запас насыщенного на холоду раствора обыкновенных калийных **квасцов**. Для этого на 500 мл воды отвесить 50 г квасцов, растворить при нагревании и затем, профильтровав горячий раствор (лучше через **плотный фильтр**, см. т. I, стр. 355), дать ему остыть, закрыв отверстие сосуда комком **ваты**. На дне сосуда образуется осадок кристаллов, которые должны всегда находиться в сосуде с запасом насыщенного раствора.

В небольшой **кристаллизатор** или в обыкновенный чайный стакан налить до $\frac{1}{2}$ приготовленного холодного раствора и, хорошо прикрыв куском **фильтровальной бумаги**, оставить сосуд спокойно стоять при комнатной температуре в таком месте, где никто не мог бы его трогать.

Через несколько суток на дне сосуда появляются небольшие кристаллики квасцов. Выбрать наиболее правильно образованный кристаллик и осторожно перенести его **пинцетом** или просто пальцами в другой чистый кристаллизатор или стакан, в который налить до половины свежего раствора и, прикрыв фильтровальной бумагой, оставить кристаллизоваться. Первый раствор профильтровать и присоединить к запасу.

Помещенный в насыщенный раствор кристаллик, чтобы он рос равномерно, следует каждый день или через день переворачивать другой стороной, доливая, если нужно, раствор. Если в сосуде образовались новые кристаллики, то их следует тщательно удалять или перенести первый кристалл в сосуд со свежим раствором. Сосуд, в котором идет кристаллизация, должен быть всегда хорошо закрыт фильтровальной бумагой. Для получения более или менее значительного кристалла требуется несколько недель.

Чем равномернее температура в помещении и чем медленнее идет испарение, тем более правильным получается кристалл. Весьма существенным условием успешности опыта является также чистота раствора. В него не должна попадать пыль.

Вместо того чтобы переворачивать кристалл, можно подвесить его в растворе **на нитке** (рис. 116). Для этого достигший достаточных размеров кристалл следует вынуть из раствора, тщательно вытереть чистым **полотенцем** и затем к одной из вершин при-

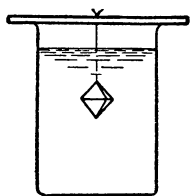


Рис. 116. Выращивание кристалла.

коснуться размягченным в пламени горелки куском менделеевской замазки (см. т. I, стр. 237 и 390) или шеллака. К кристаллу должно пристать возможно малое количество замазки.

Приготовить тоненькую ниточку и, размягчив замазку на кристалле при помощи пламени спички (осторожно, чтобы не нагревать самый кристалл), прикоснуться к ней концом ниточки, чтобы она пристала к замазке. Затем привязать ниточку к лучинке, которую положить на края стакана, как на рисунке 116. Подвешивание кристалла упрощает уход за ним, но внутри кристалла остается менделеевская замазка, которая портит вид кристалла. Нитка выше кристалла постепенно покрывается мелкими кристалликами, которые следует время от времени счищать.

Вместо нитки гораздо лучше поэтому воспользоваться волосом, по которому раствор меньше ползет кверху.

Вместо того чтобы приклеивать кристалл к нитке, можно поступить следующим образом. Растворить в стаканчике с 50 мл воды при нагревании 20 г квасцов. Опустить в стаканчик конец намотанной на лучинку тонкой нитки так, чтобы нитка погружалась в раствор не более как на 0,5 см, прикрыть бумагой и дать медленно остывать. По остывании на нитке окажется несколько мелких кристалликов. Счистить или срезать ножницами все кристаллики, кроме одного, который и подвесить в стакан с холодным насыщенным раствором, как было указано раньше. Все лишние, образующиеся на нитке кристаллы следует, по мере их образования, удалять, оставляя только тот, который предназначен для рощения.

Чтобы на нитке наверняка образовались кристаллы, рекомендуют предварительно опустить конец нити в порошок данного вещества. Приставшие к нитке кристаллики послужат затравкой для выделения кристаллов из насыщенного раствора.

г) НАРАЩИВАНИЕ ОТБИТОГО УГЛА КРИСТАЛЛА

●● Цель опыта — показать, что в насыщенном растворе существует подвижное равновесие и одновременно идут и процесс растворения и процесс кристаллизации.

Для опыта следует выбрать два одинаковых крупных кристалла алюмокалиевых квасцов, отбить один из углов от одного из них и подвесить его в насыщенный раствор квасцов в широкогорлую склянку, на дне которой находятся мелкие кристаллы этой соли. Волосок или нитку, на которой подвешивается кристалл, следует прикрепить к пробке, которой закрывается сосуд, так как раствор следует предохранить от испарения. Необходимо один раз в 2—3 дня производить очистку подвешенного кристалла от мелких кристалликов. Второй кристалл оставляется для сравнения и хранится в небольшой, хорошо закупоренной банке

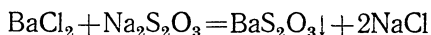
во избежание выветривания. Через неделю или две при сравнении опытного кристалла с контрольным становится заметным выравнивание граней кристалла, находившегося в растворе.

д) ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ МЕТОДОМ ВСТРЕЧНОЙ ДИФФУЗИИ

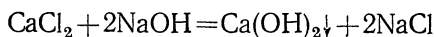
Хорошо выраженные и достаточно крупные кристаллы мало-растворимых веществ можно получать при реакциях обмена, если вступающие в обмен вещества диффундируют одно навстречу другому.

Этим способом нам удавалось получать крупные кристаллы до 1,5 см и более в длину.

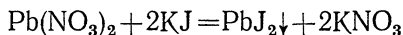
Хорошо получаются кристаллы при следующих реакциях:



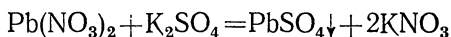
— крупные иглы BaS_2O_3 .



— блестящие пластинки Ca(OH)_2 .



— красивые кристаллы PbJ_2 .



— мелкие иглы PbSO_4 .

Хуже идет образование кристаллов BaSO_4 , PbCl_2 , PbBr_2 .

Не удается получить кристаллы HgCl_2 , AgJ , CaSiO_3 , CuS , ZnS , Cu(OH)_2 .

Для опыта нужен **большой сосуд** (рис. 117). Удобнее всего плоский прямоугольный сосуд длиной около 25 см, высотой 15—20 см и более. Но можно пользоваться и круглым батарейным стаканом, банкой и т. п.

В сосуд помещаются **два одинаковых кристаллизатора** на 75—100 мл (химические стаканчики без носиков или две соответствующие одинаковые баночки и т. п.). В одном из этих сосудов находится **насыщенный раствор** одной из реагирующих солей, в другом — другой. На дне каждого сосуда должен находиться слой взятого твердого вещества в 2—3 см.

Насыщенный раствор не должен наполнять сосудики доверху. Уровень раствора должен быть на 1,5—2 см ниже края сосуда.

Опыт. Сосудики поверх насыщенного раствора очень осторожно, чтобы не перемешивать слои, заполнить почти доверху **дистиллированной** или заранее прокипяченной и остуженной до комнатной температуры **водой** (в воде не должно быть растворенного воздуха, так как потом пузырьки его, поднимаясь, перемешивают жидкость).

Осторожно поместить сосудики в большой сосуд.

Расстояние между сосудиками, которые должны стоять прямо (если дно кривое, можно заранее прилепить ко дну соответствующие кусочки воска или парафина), должно быть 5—10 см.

Заполнить сосуд дистиллированной или прокипяченной и остуженной до комнатной температуры водой. Вливать воду медленно, лучше всего через большую воронку с присоединенной на каучуке трубкой, доходящей почти до дна сосуда.

Воронку установить на кольце штатива. На каучук поставить зажим. Наполнить воронку водой, приоткрыть зажим так, чтобы вся трубка воронки заполнилась водой и конец трубки был погружен в воду на дне сосуда. После этого заполнять воронку водой и затем выпускать воду в сосуд так, чтобы в трубку воронки не попадал воздух.

Уровень воды в сосуде должен быть примерно на 4 см выше краев стоящих в нем сосудов с растворами.

После этого на поверхность воды налить слой **расплавленного парафина** или слой масла и оставить сосуд в таком месте, где он мог бы долго стоять совершенно спокойно, без сотрясений и по возможности при постоянной температуре (не у печи, не на солнце) и где учащиеся могли бы наблюдать за ростом кристаллов.

Кристаллы начинают появляться дней через 5 на краях стаканчиков и на стенках большого сосуда. Более значительных размеров кристаллы достигают дней через пятнадцать, через месяц.

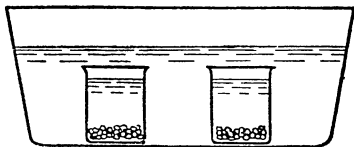


Рис. 117. Кристаллизация мало-растворимых солей.

Х. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ И ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОЛИЗА

В данной главе рассматриваются опыты, необходимые для усвоения основных понятий теории электролитической диссоциации и процесса электролиза. Об опытах, показывающих приложения этих теоретических понятий к практике получения отдельных веществ, об опытах, поясняющих коррозию металлов, даны указания в соответствующих разделах, как «Вода», «Хлор», «Металлы» и т. д.

1. Особенности реакций растворов кислот, солей и оснований

Цель опыта — показать, что реакция обмена, характерная для указанных веществ, происходит так, как если бы они состояли из отдельных частичек, независимо существующих в растворах.

Для опыта удобно брать растворы равных нормальных концентраций, например 0,1-нормальный. Опыт проводят последовательно со следующими группами веществ:

- а) CuSO_4 , CuCl_2 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и NaOH (или KOH);
- б) Na_2SO_4 , CuSO_4 , H_2SO_4 и BaCl_2 ;
- в) BaCl_2 , NaCl , HCl и AgNO_3 .

Вещества подбираются по принципу: каждый из нескольких разных электролитов, имеющих общий ион, сочетается с одним и тем же электролитом, содержащим ион, реагирующий с этим общим ионом.

В соответствии с этим принципом указанные вещества могут быть заменены другими.

Демонстрационные опыты проводят в конусообразных сосудах (бокалах) или стаканчиках. Можно провести и лабораторную работу (в пробирках). На выбранных сосудах лучше сделать метки карандашом по стеклу, а на пробирках колечки, чтобы иметь возможность быстро сливать равные объемы растворов.

●● 1. *Опыт.* Налить в приготовленные три сосуда приблизительно равные объемы раствора щелочи и прилить в каж-

дый из них раствор соответствующей соли меди. Написать уравнения реакций. Сделать вывод. Желательно рассмотреть, что голубой осадок находится в бесцветном растворе, если это не удастся, то можно отфильтровать часть раствора.

2. Во второй части опыта к растворам разных солей серной кислоты приливают раствор хлористого (или азотнокислого) бария и поступают подобным же образом. Желательно, перемешав жидкость с осадком, получившимся при реакции сернокислой меди с хлористым барием, часть ее отфильтровать и промыть осадок сернокислого бария, чтобы сравнить его с осадком, полученным в этом опыте при другой реакции.

3. Третий опыт выполняют так же, как и второй, взяв растворы указанных в пункте в (см. выше) веществ.

2. Обнаружение иона хлора в продуктах разложения бертолетовой соли

Опыт должен показать, что сложный ион не есть «сумма» простых ионов.

Берут щепотку (умещающуюся на кончике пера) бертолетовой соли, растворяют ее в $\frac{1}{3}$ пробирки воды. После приливания раствора нитрата серебра осадок не образуется. Тогда всыпают в чистую сухую пробирку вышеуказанное количество этого же вещества. Нагревают до плавления и к охлажденному плаву доливают столько же воды, как и в первом случае. Нагревают жидкость с плавом до полного растворения полученного вещества. Прилитый реактив на ион хлора образует осадок хлористого серебра.

3. Влияние природы растворенного вещества и его концентрации на температуру замерзания раствора

Сущность опыта заключается в том, чтобы показать, что увеличение числа молекул в единице объема раствора понижает температуру его замерзания. Растворы электролитов по сравнению с растворами неэлектролитов обнаруживают более значительное понижение температуры замерзания. Следовательно, опыт с понижением температуры подтверждает, что в растворах электролитов больше частичек растворенного вещества, чем его молекул, т. е. при растворении электролитов происходит распад — диссоциация — вещества.

Опыт делится на три части:

а) Температура замерзания растворов ниже, чем у чистого растворителя.

б) Понижение температуры тем больше, чем больше концентрация раствора.

в) Понижение температуры замерзания растворов электролитов при равной молярной концентрации больше, чем у растворов неэлектролитов.

Необходимые приборы и материалы

1. Стеклянная банка (0,5 л).
2. Широкая пробирка (35 мл).
3. Термоскоп (см. стр. 145).

Примечание. Вместо подкрашенной воды термоскоп наполняется подкрашенным спиртом.

4. Охладительная смесь (см. т. I, стр. 461).
5. Пипетка мерная (2 мл).
6. Мензурка или бюретка (25 мл).
7. Резиновая груша для пульверизатора.
8. Штатив с зажимом.
9. Весы с разновесом.
10. Реактивы: этиловый спирт, мочеви́на, глюкоза, хлористый натрий (в виде таблеток для физиологического раствора, купить в аптеке).
11. Дистиллированная вода.

а) ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРА НА ТЕМПЕРАТУРУ ЕГО ЗАМЕРЗАНИЯ

Отмерить 20 мл дистиллированной воды в широкую пробирку и опустить ее в охлаждающую смесь. Опустить термоскоп в охлаждаемую воду, резиновое колечко на трубке термоскопа опустить до уровня столбика жидкости в ней, как только в воде появятся первые льдинки (см. рис. 118).

Пробирку немного встряхивать во избежание переохлаждения (не вынимая из смеси). Прилить в воду отмеренные пипеткой 2 мл спирта. Наблюдать изменение температуры замерзания раствора. Передвинуть нижнее колечко на трубке термоскопа, отмерив температуру замерзания раствора. (Встряхивание пробирки с раствором!)

Еще раз добавить 2 мл спирта из пипетки и повторить опыт. Сравнить результаты 1, 2 и 3-го опытов, сделать запись.

При каком опыте температура замерзания раствора ниже? Во сколько раз? Как влияет увеличение концентрации раствора на температуру его замерзания?

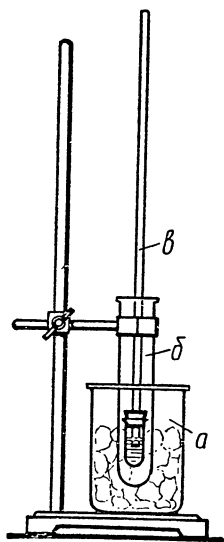


Рис. 118. Прибор для определения температуры замерзания растворов: а — банка с охлаждающей смесью, б — пробирка с раствором, в — термоскоп.

Примечание. Чтобы столбик жидкости в термоскопе не опускался слишком низко, на трубку термоскопа плотно надевается слегка сжатая резиновая груша, и столбик жидкости слегка подсасывается (рис. 119).

б) Понижение температуры замерзания неэлектролитов

В том же приборе выполняют опыт с определенным грамм-молекулярным количеством различных веществ. Ученикам выдается отмеренное количество веществ: 2,4 г мочевины, 7,2 г глюкозы.

Учащиеся взвешивают полученные ими вещества, затем отмеряют в две пробирки по 20 мл воды, всыпают в них вещества и осторожно встряхивают пробирки до полного растворения веществ. Затем выполняется последовательно два опыта (как было указано в опыте а, стр. 194).

Учащиеся отмечают третьим колечком на трубке термоскопа температуру замерзания раствора мочевины. Затем убеждаются в том, что выданное количество глюкозы производит такое же, как и мочевина, понижение температуры замерзания раствора.

Разбирая результаты опыта, делают вывод, что равные грамм-молекулярные количества веществ дают одинаковые понижения температуры замерзания растворов.

После проведения опытов выясняется:

Сколько молекул может содержаться в 0,04 грамм-молекуле вещества?

Какое понижение температуры замерзания раствора вызывает одно и то же число молекул в определенном объеме воды?

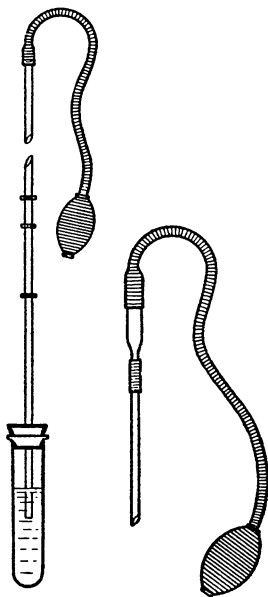


Рис. 119. Приспособление для подсасывания жидкости в термоскопе.

в) Понижение температуры замерзания, вызываемое раствором электролита, взятым в эквимолекулярной концентрации

Ученики взвешивают выданный им хлористый натрий и убеждаются, что его тоже 0,04 грамм-молекулы (2,34 г). Опыт выполняется так же, как и предыдущий. Выясняется, что, несмотря на одинаковое количество грамм-молекул веществ в растворах, понижение температуры замерзания раствора NaCl в два раза больше, чем в случае растворов мочевины и глюкозы.

Рассуждая, приходят к выводу, что в растворах электролитов частиц больше, чем молекул растворяемого вещества, т. е. электролиты диссоциированы.

Примечание. Эти опыты могут быть подготовлены и проведены на занятиях кружка, а доклад о них с демонстрацией прибора могут сделать выполнившие их ученики.

4. Электропроводность веществ и их растворов

Простейшая установка для опыта состоит из банки с опущенными в нее электродами, в которую помещается испытуемое вещество (рис. 120). Один из электродов соединяется с электрической цепью (прикрепляется к одному из штифтов вилки штепселя), другой идет к электролампе. Электролампа соединяется с другим проводником, идущим к штепселю. Электролампа — сигнализирующий аппарат. Если вещество проводит электрический ток, то лампа загорается, в противном случае лампа не горит, так как цепь прервана. В этом легко убедиться, накладывая металлический проводник (напильник, гвоздь и т. п.) на верхние, не опущенные в жидкость концы электродов.

Схематически установку можно изобразить следующим образом (см. рис. 121). Как видно из схемы, приборы включены в цепь **последовательно**.

Веществами для опыта должны быть следующие: вода, глицерин, серная кислота, поваренная соль и едкая щелочь.

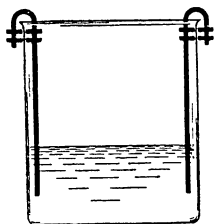


Рис. 120. Простейший электролизер для определения электропроводности растворов.

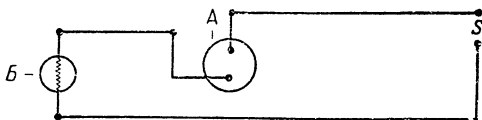


Рис. 121. Схема опыта по электропроводности растворов:

А — банка с раствором, Б — электролампа, S — штепсельная вилка.

●● **Опыт.** Сначала поясняется схема установки (рисунок на доске). Прибор включают в цепь — лампочка не горит. Тогда накладывают металлический проводник на верхние концы электродов электролизера — лампочка загорается. Так устанавливается место разрыва цепи.

После этого наливают в электролизер дистиллированную воду — лампочка не загорается. Тогда замыкают электроды, как было сказано выше, металлическим проводником — лампочка загорается. Делается вывод об электропроводности воды: чистая вода — плохой проводник электрического тока. Разомкнув цепь,

вынимают электроды из воды и протирают их гигроскопической ватой. Берут другую банку и насыпают в нее сухую поваренную соль, опускают электроды и вставляют вилку в штепсель. Лампочка не горит. Проверяют цепь.

После этого при опущенных в сухую соль электродах включают ток и приливают воду, помешивая образующийся раствор. Лампочка медленно загорается. Таким образом проверяют электропроводность веществ и их растворов.

Последовательно показывая опыты с электролитами и неэлектролитами, надо чередовать их друг с другом, чтобы достигнуть наилучшей усвояемости.

Некоторые видоизменения прибора для определения электропроводности веществ и их растворов. Как видно из схемы (см. рис. 121, стр. 196), прибор состоит в основном из двух частей: электролизера и сигнализирующего аппарата. Эти части могут быть видоизменены. Так, в качестве сигнализирующего аппарата иногда используют электрический звонок или демонстрационный гальванометр.

Следует отметить, что применение электролампы, как сигнализатора в школьных условиях более приемлемо (не нарушает тишины, локализирует внимание). Демонстрационный гальванометр применяется в некоторых специальных случаях, о чем будет сказано ниже.

Особенно разнообразным может быть устройство электродов электролизера. Самые простейшие по изготовлению и употреблению — проволочные электроды (рис. 120). Их делают из толстой медной проволоки (диаметром 1—1,5 мм). Длина электродов зависит от высоты сосуда — электролизера. Они должны находиться от дна на расстоянии 2—3 см.

К верхним концам электродов припаивается зачищенный на конце изолированный провод, и место спая обертывается изоляционной лентой.

Чтобы электроды можно было замкнуть металлическим проводником, верхние их концы должны быть приподняты над пробкой приблизительно на 0,5 см.

Верхние концы проволочных электродов иногда загибают в виде костыля или ручки так, чтобы можно было прочно надеть на стенку сосуда (см. рис. 122).

Для изготовления такого электрода отрезают кусок толстой проволоки длиной на $\frac{1}{3}$ больше, чем высота банки электролизера, и верхний конец ее сгибают в виде костыля (см. рис. 122). Чтобы электрод прочно надевался на стенку сосуда, один конец изоляционной ленты прилепляют к краю костыля каплей менделеевской замазки, а затем обматывают вокруг проволоки.

Рейнбольд и В. С. Полосин рекомендуют заделать электроды в широкую стеклянную трубку, оставив свободными неизолированные концы (см. рис. 123).

Приведем описание изготовления указателя тока по Полосину.

«Берут обычный осветительный шнур длиной около метра. К одному концу его присоединяют штепсельную вилку, с другого конца шнур на длину около 30 см расплетают, оба провода на концах освобождают от изоляции (приблизительно на 2 см), зачищают до блеска и припаивают к ним медные проволочки длиной 1,5—2 см. Провода с припаянными к ним медными проволочками пропускают в узкие стеклянные трубки, каждая длиной 20 см, просвет которых должен соответствовать толщине изолированного провода. Медные проволочки должны выступать из трубок на 1 см. В стеклянные трубки снизу набивают волокнистый асбест так, чтобы он закрыл оголенные концы провода. После этого концы трубок, из которых выступают медные проволочки, заплавляют, проволочки загибают в противоположные стороны. На верхние концы трубок, сложенных вместе, плотно надевают короткий отрезок резиновой трубки. Соединенные таким образом трубки на пробке вставляют в более широкую стеклянную трубку (длиной около 20 см) настолько, чтобы они выдавались из нижнего конца трубки на 10—12 см. Широкую трубку берут такого диаметра, чтобы отрезок резиновой трубки, соединяющий верхние концы узких трубок, входил в нее туго.



Рис. 122. Укрепление проволочного электрода на стенке стеклянной банки.

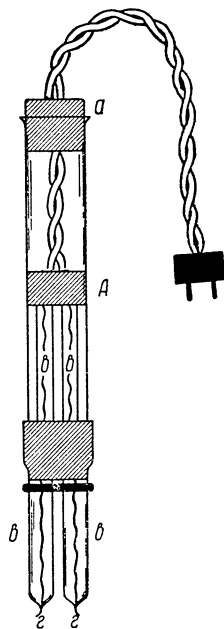


Рис. 123. Указатель тока:

A — широкая стеклянная трубка, а — пробные концы проводника, B — стеклянные трубочки, C — оголенные концы проводников.

На нижний конец широкой трубки натягивают отрезок резиновой трубки, чтобы на электроды можно было плотно надеть защитную пробирку на то время, когда прибором не пользуются.

Вверху шнур пропускают через резиновую пробку с узким отверстием и плотно закрывают ею верхний конец широкой трубки. Шнур должен быть неподвижно зажат в пробке».

Известен и смонтированный, имеющийся в продаже готовый прибор (рис. 124).

При опытах по электропроводности растворов имеет значение как чистота испытуемых веществ, так и расстояние между электродами и материал, из которого они сделаны. Так, даже в дистиллированной воде, если проводить опыт с медными электродами, можно обнаружить свечение электролампы до соприкосновения электродов в воде. Это следует иметь в виду при опытах с водой, уксусной кислотой (при некоторых условиях даже кристаллы солей в твердом состоянии электропроводны).

В школьных опытах при употреблении медных электродов расстояние между ними в 7—10 см является вполне достаточным.

5. Электропроводность расплава селитры

В сухую пробирку (рис. 125) насыпают сухой чистой калийной селитры (примерно $\frac{1}{4}$ объема пробирки). Пробирку закрывают пробкой с вырезом и пропущенными в нее двумя электродами из звонковой очищенной от изоляции проволоки. Электроды не должны касаться друг друга, стенок и дна пробирки, концы их опускают почти до дна в расплавленную селитру.

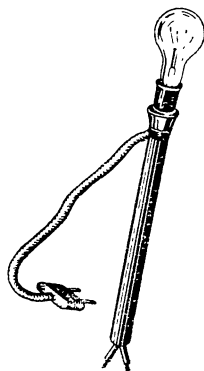


Рис. 124. Имеющийся в продаже указатель тока.

Электроды соединяются последовательно с электрической лампочкой шнуром со штепсельной вилкой. Пробирка укрепляется в зажим штатива с учетом необходимости нагревания ее.

○ *Опыт.* Сначала включают прибор в осветительную сеть. Лампочка не горит. Тогда, не выключая прибора, нагревают селитру до плавления. Лампочка загорается. Если, выключив прибор, дать застыть селитре, лампочка при включении

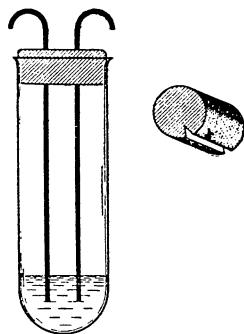


Рис. 125. Прибор для опыта по электропроводности расплавленной селитры.
(П. Верещагин).

прибора в сеть не загорается.

6. Движение ионов

Для опыта применяют три вида веществ:

а) Вещества, образованные цветными катионом и анионом (соль $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$).

б) Вещества, в состав которых входит один окрашенный ион (KMnO_4).

в) Вещества, образованные бесцветными ионами (HCl и т. д.). Движение ионов в данном случае обнаруживается косвенно с помощью индикаторов.

Движение ионов в этих опытах происходит либо в жидкости (бесцветный электролит), либо в желеобразном агар-агаре, в волокнах фильтровальной бумаги, в толстых нитках спиртовки или тряпки из бумажной материи.

Известны три типа приборов, применяемых для этих опытов.

В а р и а н т 1

А. Приборы и материалы

1. Газотронный выпрямитель (см. т. I, стр. 324).
2. Проводники электрического тока (куски шнура, шнур с вилкой).
3. Прибор для электролиза.
4. Раствор двух веществ: перманганата $0,15 \text{ г/л}$ и мочевины 200 г/л .
5. Раствор нитрата калия $0,3 \text{ г/л}$.

Опыт проводят в U-образной трубке с воронкой (рис. 126). Отверстия трубки закрывают пробками, в которые вставлены угольные электроды (с зажимами). Сосуд укрепляют за трубку воронки в зажиме штатива (трубка закрепляется в «лапках» зажима с пробковыми подкладками). Воронку и трубку заполняют раствором перманганата, утяжеленного мочевиной.

В U-образную трубку наливают раствор нитрата калия. Затем, осторожно приоткрывая кран воронки, выпускают раствор перманганата

так, чтобы он не смешивался с раствором нитрата калия, образуя отчетливую поверхность раздела (граница между растворами). Раствор перманганата впускают до тех пор, пока верхний уровень раствора нитрата калия не будет смачивать угольные электроды на $2\text{—}3 \text{ см}$. Электроды прибора соединяют с выпрямителем. Переключатель выпрямителя ставят на второе деление.

○ **Опыт.** Вставляют вилку в штепсель осветительной цепи. Через $3\text{—}5 \text{ мин}$ к аноду поднимается заметное облачко перманганата фиолетового цвета. Следует избегать термической диффузии перманганата, регулируя переключатель выпрямителя тока, чтобы движение ионов было достаточно быстрым (скорость распространения фиолетового облачка), но раствор не перегревался.

Д. М. Кирюшкин рекомендует опыт проводить в простой U-образной трубке. Предварительно в трубку опускают на дно немного кристалликов перманганата, завернутых в фильтроваль-

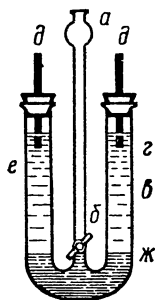


Рис. 126.
Прибор для наблюдения движения ионов:
а — воронка с трубкой, б — кран, в — U-образная трубка, г, е — раствор нитрата, д — угольные электроды, ж — утяжеленный раствор перманганата.

ную бумагу, и доливают разбавленный раствор нитрата калия. Это делают заранее с расчетом, чтобы марганцовокислый калий растворился и не было бы передвижения фиолетового раствора вследствие диффузии.

В а р и а н т 2

Б. Другим вариантом постановки опыта (рис. 127) является проведение его на пластинке, покрытой фильтровальной бумагой, смоченной раствором электролита (10-процентный раствор сернокислого натрия) с добавлением индикатора.

На края фильтровальной бумаги накладывают медные или алюминиевые пластинки, соединенные с соответствующими полюсами источника тока.

Посередине между электродами кладут скатанный из фитиля спиртовки валик, смоченный раствором соляной кислоты. Ионы водорода передвигаются к катоду, оставляя на бумаге красную полосу индикатора, идущую от нитчатого валика только к катоду.

Можно нитчатый валик смочить раствором соли $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$, тогда будет заметно движение синего аниона и желтого катиона. Как приготовить комплексную соль, будет указано ниже.

В. Наконец, можно предложить наиболее совершенный вариант, который дает особенно четкую картину не только движения ионов вообще, но и их скорости.

Сборка прибора (см. рис. 128). Из муфты холодильника Либиха вынимают трубку и отверстия холодильника закрывают пробками. Боковые отростки муфты холодильника соединяют с водопроводом резиновой трубкой.

Подготовленную таким образом муфту холодильника укрепляют в зажиме штатива.

Между отростками холодильника в несколько слоев наматывается белая полотняная тряпка, смоченная 10-процентным раствором сернокислого калия. Края тряпки обертываются двумя широкими лентами из алюминиевой фольги. Поверх фольги тряпка скрепляется широкими медными пластинками, концы которых скрепляются болтиками (винт и гайка).

Приготавливают жгут из тряпки (толщина жгута 2 см) и смазывают его раствором комплексной соли $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$. Жгут отжимают и осторожно, но плотно накладывают на середине

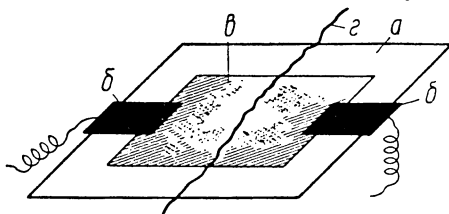


Рис. 127. Упрощенный прибор для наблюдения движения ионов:

a — стеклянная пластинка 9×12 , *б* — медные электроды с алюминиевыми прокладками (охватывающими пластинку), *в* — фильтровальная бумага, *г* — нитчатый жгут.

тряпки, намотанной на муфту холодильника. Если жгут после этого снять, то на ткани останется ясно заметная зеленая полоса.

Медные обоймы, охватывающие муфту, присоединяются к выпрямителю. Вся установка через выпрямитель включается в осветительную сеть.

●● *Опыт.* Пускают воду в муфту холодильника из крана водопровода. Включают ток. Через 1,5 мин у краев зеленой полосы на тряпке появляется синее распространяющееся к катоду

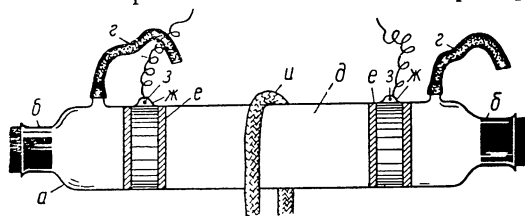


Рис. 128. Прибор из муфты холодильника Либиха для наблюдения движения ионов:

а — муфта холодильника, *б* — резиновая пробка, *г* — отводы холодильника для воды, *д* — тряпка, *е* — алюминиевая фольга, *ж* — медные электроды, обоймы с винтами (*з*), *и* — «жгут».

окрашивание. К аноду распространяется желтая полоса. Издали эти полосы будут видны через 5 мин. Если выключить ток через 20 мин после начала опыта, снять с муфты тканевую обмотку и развернуть ее, то можно видеть хорошо заметные синюю и желтую полосы, отходящие от средней зеленой полосы. Ширина полос

различна; таким образом, этот опыт показывает и относительную скорость движения ионов.

Приготовление комплексной соли $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CrO}_4$. К насыщенному раствору хлорной меди приливают насыщенный раствор хромата калия. выпадающий осадок растворяют в 25-процентном растворе аммиака, прибавляя его небольшими порциями до исчезновения осадка.

7. Цвета ионов

Эти опыты должны не только дать представление об одном из отличительных свойств ионов по отношению к атомам или молекулам (для сложных ионов), но показать, что ионы в водных растворах — это гидратированные частицы, и подвести учащихся к понятию, что диссоциация не есть механический процесс распада молекул.

●● 1. Демонстрация коллекций цветных ионов. Приготавливают водные растворы следующих солей: **медного купороса, железного купороса** (приготовить перед демонстрацией), **хлорного железа, хлористого марганца, хлористого натрия, перманганата калия, хромата калия**. Растворы готовятся на дистиллированной воде и наливаются в **пробирки** или небольшие колбочки почти до пробки. Растворы должны быть одинаково прозрачны.

Коллекция должна показать не только различие ионов по цвету, но и различие в цветах ионов, образованных ионами одного и того же элемента с различной валентностью.

●● 2. Приготавливают концентрированный раствор хлористого кобальта в спирте. Раствор имеет синий цвет. На занятии делят раствор на две части: одну часть оставляют для сравнения, другую выливают в стакан с водой. При таком разбавлении получается раствор розового цвета.

Замена растворителя привела к образованию гидратированных ионов (сравнить цвет кристаллов соли и водного раствора — вывод).

3. Кристаллы зеленой хлорной меди осторожно прокаливают для удаления воды до грязно-желтого цвета (избежать почернения, т. е. образования окиси меди). Обезвоженные кристаллы хранят в эксикаторе или в банке закрытой хорошо пригнанной пробкой. Можно в банку налить (на 1 см) концентрированной серной кислоты, насыпать куски фарфора так, чтобы образовался слой, не смачивающийся кислотой. В эту банку ставят обрезанную наполовину пробирку с прокаленной солью, закрывают пробкой и заливают парафином.

○ *Опыт.* На занятии высыпают соль в высокий цилиндр и обращают внимание на цвет кристаллов (часть их оставить для сравнения), затем прибавляют немного воды. Образуется изумрудно-зеленый раствор (перемешивать стеклянной палочкой). Доливают водой до образования голубого окрашивания. При демонстрации следует учесть, что грязно-желтый цвет безводной соли объясняется образованием комплекса $\text{Cu}[\text{CuCl}_4]$. Этот комплекс при растворении в воде распадается с образованием ионов меди и ионов хлора. Поэтому при объяснении явления следует указать, что в данном случае из кристаллов соли, имеющих сложный состав, образуются гидратированные ионы меди (голубой цвет) и гидратированные ионы хлора (бесцветные).

8. Степень диссоциации и разбавление раствора

Опыт показывает зависимость степени диссоциации электролитов от разбавления. В банку, закрытую пробкой, опущены медные электроды, соединенные с источником тока (рис. 129). Воронка служит для наливания жидкого электролита (в данном случае ледяной уксусной кислоты). Мешалка пропущена снизу в трубку воронки и должна свободно вращаться в ней, не задевая электродов. Прибор соединяется с электролампой или демонстрационным гальванометром.

○ *Опыт.* В сосуд прибора наливают ледяную уксусную кислоту так, чтобы концы электродов на 1—2 см были в жидкости,

и включают в цепь. Лампа не горит. По мере добавления воды и перемешивания лампа постепенно разгорается все ярче и ярче. По мере разбавления электролита, состоящего из полярных молекул, водой число ионов увеличивается, т. е. увеличивается степень диссоциации слабого электролита.

9. Изменение электропроводности при реакции нейтрализации гидрата окиси бария серной кислотой в растворе

Цель опыта — показать, что раствор электропроводен, пока в нем находятся ионы. Если при химической реакции ионы образуют нерастворимые вещества или недиссоциированные молекулы, то отсутствие свободных ионов в растворе приводит к уменьшению электропроводности до исчезающе малой величины.

Для опыта к воронке прибора, изображенного на рисунке 129, подводят бюретку так, чтобы жидкость стекала в воронку.

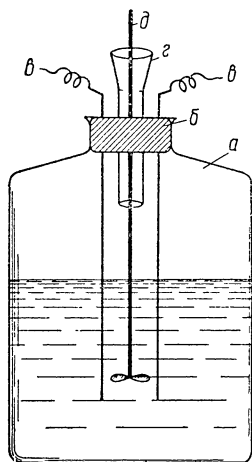


Рис. 129. Электролизер для наблюдения электропроводности при разбавлении уксусной кислоты и для опыта нейтрализации раствора гидрата окиси бария:

a — банка, *б* — пробка,
б — медные электроды,
г — воронка, *д* — мешалка.

○ **Опыт.** В банку наливают раствор гидрата окиси бария и добавляют 2—3 капли спиртового раствора фенолфталеина, который окрашивается в малиновый цвет. В бюретку наливают раствор серной кислоты. Включают прибор в электроосветительную сеть. Лампочка вспыхивает. При нейтрализации раствора гидрата окиси бария раствором серной кислоты образуется белый осадок, окраска фенолфталеина постепенно исчезает, свет лампочки ослабевает и гаснет.

Составляют уравнение реакции и разбирают сущность опыта.

10. Электролиз раствора хлорной меди

Оборудован ие. U-образная трубка с угольными электродами, 10-процентный раствор хлорной меди.

Опыт проводят с целью показать электролиз раствора, при котором продукты процесса могут быть обнаружены непосредственно. Прибор изображен на рисунке 130.

Опыт. Перед опытом объяснить устройство прибора и обязательно показать электроды. Налить в U-образную трубку раствора хлорной меди так, чтобы концы электродов были в него погружены на 4—5 см. Электроды прибора включают в цепь по-

стоянного тока (от выпрямителя). Через 3—5 мин вынимают катод, покрытый медью. На аноде учащиеся по запаху могут обнаружить хлор.

11. Электролиз раствора медного купороса

Оборудование и материалы (по В. С. Полосину). Источник постоянного тока, толстостенный стакан или кристаллизатор, пластинка из алюминия (для катода), медная пластинка (для анода), 30-процентный раствор медного купороса (подкисленный серной кислотой).

Цель опыта — показать процесс электролиза, при котором выделяющийся на катоде продукт обнаруживается непосредственно.

Опыт. Стакан (или кристаллизатор) наполняют раствором медного купороса, подкисленным серной кислотой, и погружают в него электроды (анод — медная пластинка, катод — пластинка из алюминия). При этом следует обратить внимание на чистоту катода, так как только на совершенно чистом металле медь осаждается равномерно. В результате электролиза медная пластинка постепенно становится тоньше, а пластинка алюминия (катод) покрывается слоем меди.

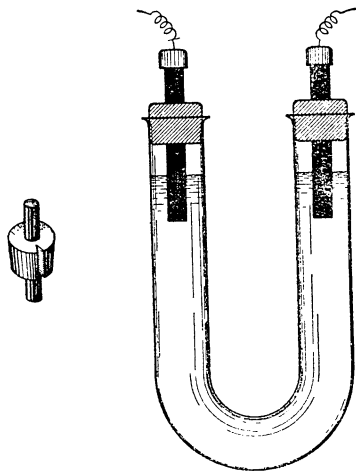


Рис. 130. Электролиз раствора хлорной меди.

12. Электролиз раствора йодистого калия

Для демонстрации берется такое же оборудование, как и в опыте 10 (стр. 204), с той лишь разницей, что электролизу подвергают 10-процентный раствор йодистого калия. Кроме того, нужно иметь водный раствор крахмала (см. т. I, стр. 421) и пипетку с пробиркой.

Цель опыта — показать электролиз, в процессе которого только один из продуктов (выделяющийся на аноде) обнаруживается непосредственно.

Опыт. Собирают прибор, как и в опыте 10 (стр. 204), в U-образную трубку наливают раствор йодистого калия. Включают ток. Через несколько секунд на аноде появляется бурое окрашивание от выделяющегося йода. Вынимают анод и пипеткой берут часть раствора в пробирку. Прибавление раствора крахмала подтверждает выделение йода.

13. Электролиз раствора сульфата натрия

(по В. С. Полосину)

Оборудование и материалы. Прибор Гофмана (см. т. I, стр. 513) или U-образная трубка с угольными электродами, источник постоянного тока (при пользовании переменным током нужен выпрямитель), сульфат натрия (10-процентный раствор), нейтральный раствор лакмуса.

При данном опыте продукты электролиза (кроме кислорода и водорода) обнаруживаются косвенно.

Опыт. Прибор наполняют раствором **сульфата натрия**, подкрашенного фиолетовым (нейтральным) раствором **лакмуса**. **Электроды** присоединяют к источнику постоянного тока. Тотчас в обоих коленах трубки от электродов начинают подниматься пузырьки газов (на катоде — водород, на аноде — кислород). Первоначальная фиолетовая окраска раствора изменяется: в одном колене трубки в красную, в другом — в синюю.

Если для опыта используется прибор Гофмана, то выделяющиеся водород и кислород испытывают обычным способом. В нижней изогнутой части прибора Гофмана (или U-образной трубки, если ею пользуются для опыта) раствор обычно сохраняет фиолетовый цвет, на что надо обратить внимание учащихся. По окончании опыта раствор выливают из прибора в стакан, при этом весь раствор снова становится фиолетовым. Это доказывает, что кислота и щелочь образовались у электродов в эквивалентных количествах и при смешивании произошла их нейтрализация.

ХІ. ГАЛОГЕНЫ

ХЛОР

1. Обращение с хлором

Все опыты с хлором желательно производить *под тягой*.

Хлор ядовит. Он очень сильно действует на слизистые оболочки, и вдыхание воздуха, содержащего более или менее значительные количества хлора, вызывает сильный кашель, головную боль, а на следующий день обыкновенно начинается насморк и иногда бронхит. Вдыхание хлора большой концентрации может вызвать воспаление дыхательных путей и даже кровохарканье. Впрочем, *если соблюдать необходимые предосторожности*, то при школьных опытах вряд ли могут быть случаи сколько-нибудь серьезного отравления хлором даже при плохой тяге или совсем без тяги.

В школьных условиях (без тяги) опыты с хлором рекомендуются проводить с использованием поглотителей. Очень хорошим поглотителем является *активированный уголь*. Опытным путем нами установлено (М. А. Афанасьев), что последний очень интенсивно поглощает хлор (25% своего веса). При отсутствии активированного угля может быть использован и обычный древесный, лучше всего березовый, который адсорбирует хлора до 13% своего веса.

Противоядием после вдыхания хлора может служить смесь равных частей 10-процентного аммиака и 96-процентного спирта, которую следует нюхать, смочив ею платок. Такую смесь следует заготовить заранее и держать плотно закрытой. Рекомендуют также вдыхать распыленный раствор соды, воздух с примесью сероводорода, конечно, не злоупотребляя этим средством, так как сероводород тоже вреден. Помогает также курение табака.

Хлор сильно разъедает пробки и резиновые трубки приборов. Поэтому пробки к приборам для опытов с хлором лучше брать корковые с тем, чтобы после опытов их выбрасывать. Резиновые пробки могут служить несколько раз, но также сильно портятся,

и потому нет смысла ими пользоваться. *Резиновые трубки* лучше брать второго сорта (см. т. I, стр. 217), которые гораздо меньше портятся хлором, чем лучшего сорта красная или черная резина. Во всяком случае по окончании опытов резиновые трубки необходимо промывать сначала водой, затем едкой щелочью и потом опять водой.

Приборы для опытов с хлором должны *хорошо держать*, поэтому их следует испытывать перед опытом особенно внимательно.

2. Способы получения хлора и наполнение им сосудов

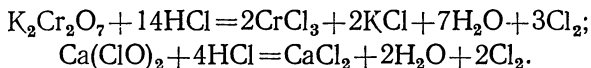
Обычный способ получения хлора в лаборатории — это действием соляной кислоты на двуокись марганца. Реакция идет при слабом нагревании. Этим способом приходится обыкновенно получать хлор на уроке, так как в элементарном курсе химии обычно разбирается только реакция между соляной кислотой и двуокисью марганца.

Для заготовления хлора до урока гораздо удобнее воспользоваться вместо двуокиси марганца марганцовокислым калием KMnO_4 (kalium hypermanganicum):

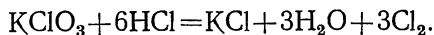


Реакция с марганцовокислым калием идет при обыкновенной температуре.

За неимением соединений марганца для получения хлора можно воспользоваться реакцией между двухромовокислым калием $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (kalium bichromicum) или белильной известью $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (calcaria clorata, calcium hypochloratum) и соляной кислотой HCl :



Наконец, хлор с примесью двуокиси хлора получается при реакции между соляной кислотой и бертолетовой солью KClO_3 (kalium chloricum). В упрощенном виде равенство реакции можно написать так:



Этой реакцией можно пользоваться только для получения небольших количеств хлора в пробирке и т. п., так как получение двуокиси хлора в больших количествах, хотя бы и как примеси к хлору, может представлять некоторую опасность взрыва.

Все эти способы получения хлора подробно описываются ниже.

При всех способах **соляная кислота** должна быть концентрированная (уд. в. 1,19, purissimum или purum). За неимением концентрированной кислоты ее можно приготовить (см. ниже).

а) ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРА ДЕЙСТВИЕМ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА ДВУОКИСЬ
МАРГАНЦА

● ● Двуокись марганца MnO_2 следует взять не в порошке, а в кусках (*manganum hyperoxydatum totum*). Большие куски необходимо разбить молотком так, чтобы получились кусочки величиной примерно с горошину. Если двуокись марганца в порошке, то кислота очень пенится и пена вылезает из колбы.

Прибор для получения больших количеств хлора см. рис. 131.

Двуокись марганца осторожно (см. т. I, стр. 176) насыпается в колбу с толстым рантом на 800—1000 мл почти до половины колбы. Колба закрывается пробкой, в которую вставлена воронка и изогнутая газоотводная трубка (рис. 131).

Воронку можно взять или длинную (как на рис. 131), или предохранительную (см. т. I, стр. 250), или, удобнее всего, — воронку с крапом (см. т. I, стр. 250). Вставляя длинную воронку в колбу, следует соблюдать предосторожность, указанную в томе I (стр. 249).

Резиновая трубка должна быть такой длины, чтобы присоединенную к ней газоотводную трубку, легко можно было вынимать и вставлять в самый высокий из наполняемых хлором сосудов (рис. 131). Наполнение сосудов (см. ниже, стр. 213) производится по способу вытеснения воздуха.

Колба укрепляется на штативе. Под колбу подложить сетку, лучше в два ряда, или железную чашку с небольшим количеством песка.

Хлор можно или непосредственно собирать в сосуды (рис. 131), или предварительно пропускать через склянку Тищенко или другую какую-нибудь промывную склянку с водой. Вода удерживает выделяющийся хлористый водород, в чем, впрочем, особой необходимости нет (см. ниже). Кроме того, попутно получается хлорная вода (см. ниже). Для опытов с хлором, которые будут указаны ниже, не только нет необходимости осушать хлор, но и не следует, так

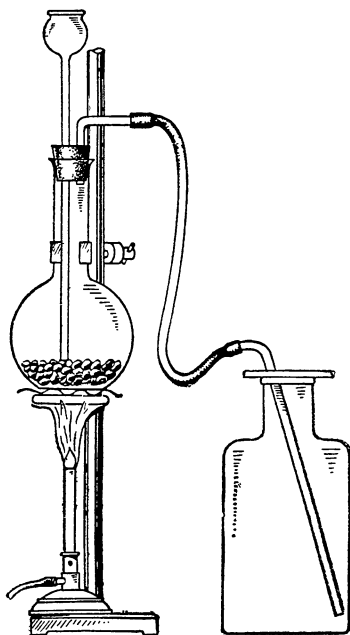


Рис. 131. Получение хлора в лаборатории.

как опыты хорошо удаются только с более или менее влажным хлором (вода служит катализатором). Если же нужен сухой хлор, то его пропускают через промывную склянку с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84).

Прибор следует установить в *вытяжном шкафу*.

Опыт. Приступая к получению хлора, следует прилить в колбу столько кислоты, чтобы она смочила половину взятой двуокиси марганца. Реакция сначала идет при обыкновенной температуре, и выделяющийся хлор можно начать собирать (подробности наполнения сосудов см. ниже), не нагревая колбы. Постепенно прилить столько кислоты, чтобы она покрыла всю двуокись марганца, и уже только после этого, когда выделение хлора ослабеет, можно начать слегка нагревать колбу. Пламя горелки должно едва касаться сетки, на которой стоит колба.

Если нагревать слишком сильно, то к хлору примешивается значительное количество хлористого водорода, выделяющегося из концентрированной соляной кислоты при нагревании. При слабом нагревании хлористого водорода выделяется так мало, что он не мешает производить нижеследующие опыты.

Если нужно наполнять очень много сосудов, то полезно иметь **запасную колбу** с двуокисью марганца, подогнанную к той же самой пробке. Когда выделение хлора при слабом нагревании первой колбы прекратится, ее можно заменить запасной.

После того как все сосуды наполнены хлором, следует прилить в колбу холодной воды, чтобы реакция прекратилась. Затем, вынув пробку с воронкой, колбу наполнить водой доверху, чтобы вытеснить из нее весь хлор. Только после этого можно разобрать прибор и взять его из вытяжного шкафа для мытья. Если в вытяжном шкафу есть раковина, то и мыть прибор лучше всего под тягой.

Если двуокиси марганца большие запасы, то оставшуюся от опыта двуокись марганца можно выбросить. Но если нет достаточного запаса двуокиси марганца, то оставшуюся в колбе можно, хорошо промыв, высушить и затем снова пустить в дело.

За неимением длинной воронки или воронки с краном можно обойтись и **без воронки**. Кислоту можно прилить непосредственно в колбу сразу в нужном количестве и затем вставить пробку с газоотводной трубкой. Если потребуется добавить кислоты, то пробка вынимается и после приливания кислоты снова вставляется. Воздух в колбу при этом почти не попадает. Разумеется, это можно делать лишь при хорошей тяге. Нужно особенно внимательно следить за тем, чтобы не было никаких препятствий для выхода газа из колбы.

б) ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРА ДЕЙСТВИЕМ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ
НА МАРГАНЦОВОКИСЛЫЙ КАЛИЙ

○ Марганцовоокислый калий KMnO_4 можно взять неочищенный (*kalium hypermanganicum crudum*). Можно взять и марганцовоокислый натрий NaMnO_4 .

Прибор может быть такой же, как и в предыдущем случае, но воронку лучше взять с краном (см. т. I, стр. 248, рис. 276, *д* или *е*), чтобы кислоту можно было прибавлять по каплям. Укреплять колбу на штативе надобности нет. Вместо колбы можно взять банку или другой какой-нибудь подходящий сосуд (см. т. I, стр. 248, рис. 276, *е*), так как при реакции не происходит сильно-го разогревания.

Марганцовоокислый калий можно насыпать слоем в 2—4 см, смотря по величине сосуда. Кислоту (уд. в. 1,19) следует приливать по каплям. Если установить соответствующим образом кран, то можно получить равномерный ток газа. Под конец сосуд следует иногда покачивать, чтобы кислота равномернее распределялась в сосуде.

(Предосторожности по окончании опыта см. стр. 210.)

За неимением воронки с краном можно взять и длинную воронку (рис. 131), установив ее таким образом, чтобы конец ее упирался в дно. Приливать кислоту очень небольшими порциями.

Сосуд по окончании опыта сейчас же вымыть, так как потом труднее будет отмыть приставшую к стенкам колбы двуокись марганца (легко смывается щавелевой кислотой).

в) ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРА ДЕЙСТВИЕМ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА СМЕСЬ
ПОВАРЕННОЙ СОЛИ С ДВУОКИСЬЮ МАРГАНЦА

○ В такой же прибор, как для предыдущего опыта, но лучше с круглодонной колбой, помещается смесь равных объемов поваренной соли NaCl и двуокиси марганца MnO_2 в кусочках (стр. 209). Затем прибавляется серная кислота H_2SO_4 , заранее разбавленная двумя объемами воды (дать охладиться), и колба нагревается, лучше на песчаной бане (железная чашка с небольшим слоем песку).

г) ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРА ДЕЙСТВИЕМ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ
НА ДВУХРОМОВОКИСЛЫЙ КАЛИЙ

○ Прибор такой же, как при способе а) (стр. 209). Двухромовоокислый калий $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (*kalium bichromicum*) в кристаллах насыпается в колбу слоем в несколько сантиметров. Соляная кислота (уд. в. 1,19; не слабее) приливается в таком количестве, чтобы соль была ею покрыта. Реакция идет при нагревании (осторожно, на небольшом пламени; необходима сетка).

д) ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРА ДЕЙСТВИЕМ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ
НА БЕЛИЛЬНУЮ ИЗВЕСТЬ

○ Устройство прибора то же, что и для способа а), но сосуд можно взять толстостенный, так как реакция идет без нагревания.

Белильную известь $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (calcium hypochloratum, calcaria chlorata) насыпать слоем около 3 см. При помощи лучинки разгрести вещество на середине сосуда, чтобы обнажилось дно, и вставить пробку с длинной воронкой так, чтобы она почти доходила до дна.

Прилить столько воды, чтобы конец трубки был погружен в воду, и затем приливать небольшими порциями соляную кислоту. Для получения больших количеств хлора этот способ менее удобен, чем предыдущие.

е) СОСУДЫ ДЛЯ ОПЫТОВ С ХЛОРОМ

○ Для классных опытов с хлором годятся те же сосуды, что и для опытов с кислородом,— склянки для сжигания в кислороде, банки, бутылки для молока и т. п. (см. т. I, стр. 171). Для некоторых опытов годятся цилиндры для собирания газов. Все сосуды должны быть бесцветного («белого») стекла. Относительно сосудов для лабораторных опытов будет сказано ниже.

Сосуды по наполнении хлором должны быть очень хорошо закрыты. Так как для опытов с хлором приходится пользоваться цилиндрами или широкогорлыми сосудами, обыкновенно такими же, как для сжигания различных веществ в кислороде (см. стр. 63), то корковые пробки для этого мало подходят. Как уже сказано в томе I (стр. 224), корковые пробки большого диаметра не могут хорошо держать. Резиновые пробки сильно портятся от хлора. Поэтому выгоднее всего закрывать сосуды притертыми стеклянными **пластинками**, смазанными вазелиновой мазью (см. т. I, стр. 276). У цилиндров для собирания газов такие пластинки имеются, к склянкам же их можно притереть (см. т. I, стр. 197) или заказать в стеклодувной мастерской.

Если за неимением пластинок приходится пользоваться **корковыми пробками**, то их необходимо предварительно проварить в парафине (см. т. I, стр. 239). Чтобы парафинированная пробка хорошо держалась, ее полезно посыпать каким-нибудь порошком (см. т. I, стр. 239). В данном случае удобно воспользоваться мелом.

Сосуды, наполненные хлором, не следует оставлять на долгое время, особенно если они закрыты не стеклышками, а корковыми пробками. Лучше всего наполнять сосуды перед самым уроком и не более как за сутки до урока. При хранении хлор постепенно диффундирует из сосудов, почему их лучше оставлять под тягой или в ящике за окном (см. т. I, стр. 70).

В крайнем случае, если нет ни притертых пластинок, ни подходящих пробок, можно производить наполнение сосудов непосредственно перед каждым опытом, но это очень затягивает урок.

Получение хлора и опыты по сжиганию в нем различных веществ можно проводить и без тяги в приборе (М. А. Афанасьев), показанном на рисунке 132.

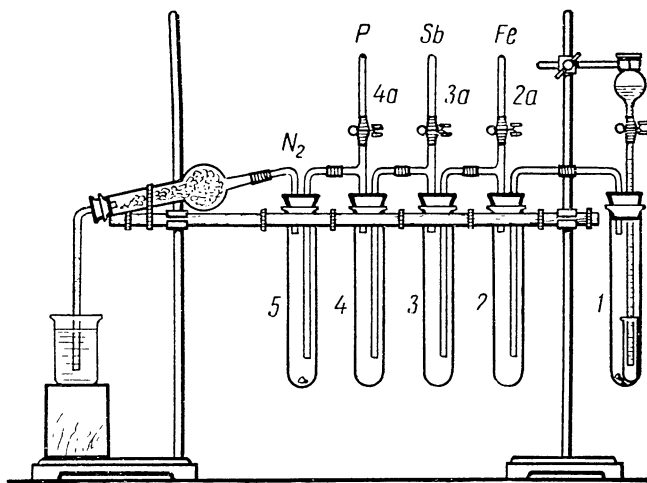


Рис. 132. Получение хлора и сжигание веществ в нем.

Вместо пробирок можно взять сосуды и другой формы. В первом сосуде получается хлор одним из указанных выше способов. Сжигание веществ проводится в сосудах 2, 3, 4 и 5. До сжигания они помещаются в маленьких пробирочках 2а, 3а, 4а и изолируются от хлора зажимами.

Заканчивается прибор хлорокальцевой трубкой (можно взять и простую), заполненной активированным или обычным древесным углем для поглощения избытка хлора.

Для поглощения вредных дымов, не адсорбируемых углем, конец газоотводной трубки от хлорокальцевой погружается в воду.

ж) НАПОЛНЕНИЕ СОСУДОВ ХЛОРОМ

● ● Сосуды для опытов с хлором наполняются по способу вытеснения воздуха. Так как хлор значительно тяжелее воздуха, то уровень его в сосуде хорошо заметен, особенно если сзади сосуда поставить **белый фон** (лист бумаги).

Для того чтобы газ поступал в сосуд возможно равномерно, несильной струей, **газоотводная трубка**, погружаемая до дна сосуда, должна быть достаточно большого диаметра (8—10 мм). При достаточно широкой трубке наполнение можно вести довольно быстро, не опасаясь сильных токов газа внутри сосуда, благодаря которым хлор смешивается с воздухом. Если ток газа равномерный и достаточно быстрый, уровень поверхности хлора довольно резко отделяется от воздуха, и за наполнением сосуда очень легко следить.

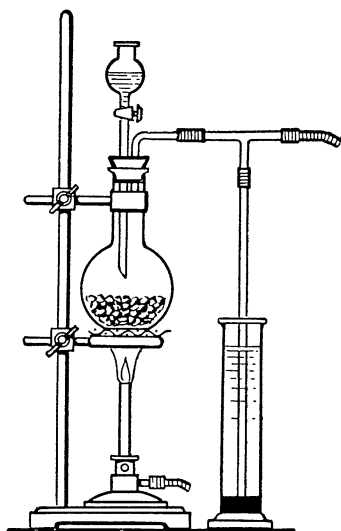


Рис. 133. Цилиндр для поглощения избытка хлора (1).

Наполнение сосудов хлором лучше производить по возможности днем, так как при искусственном освещении очень трудно следить за наполнением: желтый цвет хлора едва можно различить.

В случае необходимости наполнять сосуды вечером следует иметь фонарь с синим стеклом или синюю электрическую лампочку. При синем освещении цвет хлора виден несколько не хуже, чем днем.

Чем лучше действует вытяжной шкаф, тем проще может быть обставлено получение хлора и наполнение им сосудов, а также и самые опыты с хлором. Если же тяга плохая или ее совсем нет, то рекомендуется использовать прибор М. А. Афанасьева.

При хорошей тяге. В сосуд, наполняемый хлором (рис. 131), опускается газоотводная трубка и сверху прикрывается матовой стеклянной пластинкой с вырезом для трубки (см. т. I, стр. 197). За неимением такой пластинки или если рант сосуда нешлифованный (стр. 212), можно воспользоваться соответствующим куском толстого картона, проваренного в парафине. Прикрывать сосуд полезно для того, чтобы в нем не происходило токов от движения наружного воздуха.

Как только один сосуд наполнится хлором, газоотводная трубка переносится в следующий сосуд, первый же закрывается, как было указано выше (стр. 212), и т. д.

При плохой тяге. Если тяга плохая, то приходится принимать меры к тому, чтобы при всех манипуляциях как можно меньше хлора выходило на воздух. Для этого к прибору, имеющему воронку с краном, следует прибавить предохранительную трубку, погруженную в цилиндр с концентрированным (1 : 5)

раствором едкого натра NaOH (*natrium oxydatum hydricum*). Такая трубка изображена на рисунке 133. Если нужно прекратить ток газа, например, при перенесении газоотводной трубки из одного сосуда в другой, каучук, присоединенный к газоотводной трубке, зажимается. При этом ток газа направляется по предохранительной трубке и поглощается едким натром.

Чтобы хлор не поглощался все время (хотя такое поглощение идет только внутри предохранительной трубки и очень медленно) и для того чтобы увеличить сопротивление столба жидкости в цилиндре, которое должно быть, конечно, больше, чем сопротивление в присоединенных далее промывных склянках, на дно цилиндра можно налить слой в несколько сантиметров ртути, в которую и погрузить конец предохранительной трубки.

Предохранительная трубка, как видно из рисунка 133, присоединяется на тройнике (см. т. I, стр. 377). За неимением тройника можно в пробке колбы сделать третье отверстие, вставить изогнутую дважды трубку, которую и погрузить в цилиндр с раствором едкого натра (рис. 134). Цилиндр помещается по одну сторону колбы, наполняемый хлором сосуд — по другую.

Пользуясь предохранительной трубкой, можно и при плохой тяге наполнять сосуды хлором почти так же просто, как было описано выше.

Для этого нужно сначала вытеснить из колбы и промывной склянки, если она присоединена к колбе, весь воздух, погрузив при этом конец газоотводной трубки в растворе едкого натра. Когда весь воздух будет вытеснен, зажать резиновую трубку пальцами и перенести ее (обтереть ее фильтровальной бумагой) в поставленный рядом цилиндр или склянку, которые желательнее наполнить хлором. Пока резиновая трубка зажата, хлор идет в цилиндр и поглощается едким натром.

Отверстие сосуда прикрыть пластинкой с вырезом для трубки (см. т. I, стр. 197). Пустив ток газа, внимательно наблюдать за наполнением сосуда. Под конец осторожно и постепенно вынимать трубку из сосуда и, когда сосуд будет почти полон, зажав

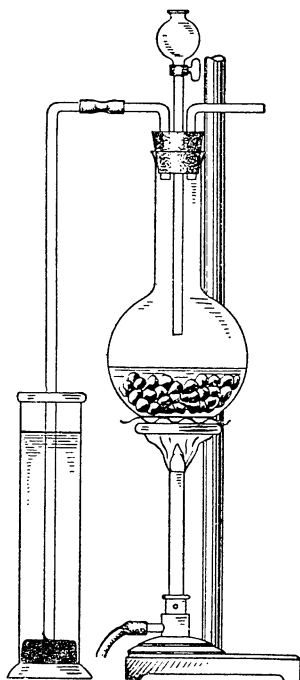


Рис. 134. Цилиндр для поглощения избытка хлора (2).

резиновую трубку пальцами, быстро перенести трубку в поставленный рядом следующий сосуд. Одновременно другой рукой нужно передвинуть прикрывающую первый сосуд пластинку с вырезом настолько, чтобы она совсем закрывала отверстие сосуда. Пластинка должна быть смазана вазелиновой мазью (см. т. I, стр. 276). Эту пластинку можно потом заменить пластинкой без выреза, с д в и н у в этой пластинкой первую. Наполнив все сосуды, поставить на отводную трубку зажим и наполнить колбу доверху водой, чтобы прекратить реакцию и вытеснить хлор, который поглощается едким натром.

За неимением стеклянных пластинок можно воспользоваться пластинками из толстого картона, проваренными в парафине. Закрывать склянку, наполненную хлором, можно при помощи парафинированной пробки (см. т. I, стр. 238).

Особенно важно, чтобы трубка, опущенная в склянку, была достаточно широкая. Тогда хлор, как сказано выше, поднимается в склянке равномерным слоем, и уровень его довольно резко отделяется от воздуха. При узкой же трубке хлор выходит сильной струей, в склянке образуются вихри, и хлор перемешивается с воздухом, а вследствие этого, чтобы наполнить склянку чистым хлором, приходится значительное количество его выпустить наружу.

Если предварительно поупражняться на пустых сосудах и во время опыта производить все движения спокойно и уверенно, можно наполнить сосуды, выпустив при этом на воздух очень мало хлора.

Вместо того чтобы поглощать хлор едким натром, гораздо удобнее выпускать избыток хлора за окно, присоединив прибор к трубке, вставленной в просверленное в рамах отверстие, как показано на рисунке 135. К колбе присоединена промывалка *л* (лучше склянка Тищенко) с водой для получения хлорной воды. Если хлорную воду получать не предполагается, то трубка, опущенная в банку, соединяется непосредственно с колбой.

Вместо того чтобы сверлить в пробке колбы три отверстия, можно соединить прибор с трубкой, выведенной за окно, при помощи тройника (см. выше).

Приступая к опыту, пускают сначала хлор, выпуская избыток за окно. Зажим на трубке, ведущей к склянкам, закрыт, а зажим на трубке, отводящей газ за окно, открыт. Когда весь воздух из прибора будет вытеснен и пойдет чистый хлор, открывают первый зажим, закрывают второй зажим и наполняют склянки хлором, как было описано выше.

Применяется также следующий прием наполнения сосудов хлором при плохой тяге: все наполняемые сосуды соединяются между собой последовательно при помощи резиновых и стеклянных трубок, как показано на рисунке 136. Трубка от последнего

сосуда выводится непосредственно в вытяжное отверстие или присоединяется к трубке, выведенной за окно (рис. 135). При заполнении хлором сосудов в приборе М. А. Афанасьева избыток газа поглощается активированным или обычным древесным углем.

Прежде чем начинать опыт, необходимо убедиться, хорошо ли держит прибор (см. т. I, стр. 271). Пробки должны быть проварены в парафине (см. т. I, стр. 238).

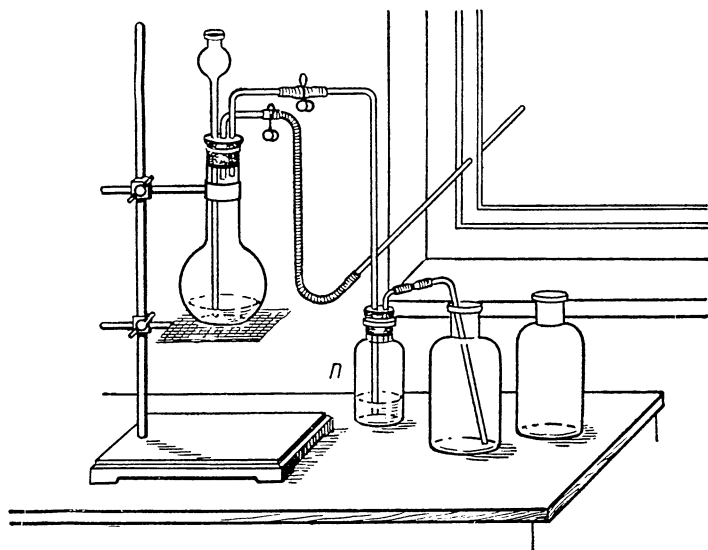


Рис. 135. Выпускание избытка хлора за окно.

Герметичность прибора М. А. Афанасьева проверяется аспиратором, присоединенным к концу прибора. При наличии герметичности прибора вода из аспиратора перестает течь даже каплями.

Когда все сосуды наполнены, следует налить в колбу доверху воды, чтобы прекратить реакцию и вытеснить из колбы весь хлор. Затем закрыть зажим *а* и, наконец, разъединить сосуды, надев зажимы на резиновые смычки и вынув соединительные трубочки *б*, *в*, *г* и *д*. За неимением зажимов можно закрыть концы трубок стеклянными палочками. В таком виде склянки можно оставить до урока.

Неудобство этого способа заключается в том, что он сложен и требует больших пробок, которые, как известно (см. т. I, стр. 235 и 236), не могут держать, если их не залить парафином (см. т. I, стр. 235) или не парафинировать (см. т. I, стр. 235).

Кроме того, при вынимании из сосуда пробки с трубками, несмотря на всю осторожность, на воздух выходит газа не меньше, чем при снятии (сдвигании) стеклышка (см. выше).

Во время опытов вынутые пробки с трубками не следует класть на стол, а лучше помещать в большую банку и т. п., так как в трубках остается более или менее значительное количество хлора.

К сосудам следует подобрать **пробки** (или притереть стеклышки), которыми можно было бы закрывать сосуды по окончании каждого опыта.

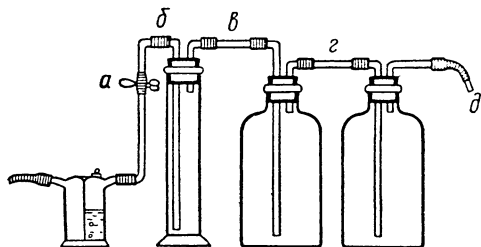


Рис. 136. Соединение сосудов для наполнения хлором.

В приборе М. А. Афанасьева сосуды не разъединяются, а изолируются один от другого зажимами. По окончании опытов все зажимы снимаются и все сосуды заполняются водой с таким расчетом, чтобы не замочить поглотитель.

В. Без тяги. При полном отсутствии тяги все же можно не отказываться от демонстрации получения хлора и от нескольких важнейших опытов с ним. Возможны как лекционные опыты, так и лабораторные (описание опытов см. ниже). При аккуратной работе количество хлора, попадающего в воздух класса, настолько незначительно, что с таким легким «окуриванием» класса хлором вполне можно примириться.

При лекционных опытах, для того чтобы выпустить на воздух меньше хлора, лучше всего не собирать хлор в большое число малых сосудов, а наполнить им 1—2 больших сосуда, в которых и произвести все опыты, пользуясь для них тем же самым хлором. Придется только все демонстрации делать более кратковременно и несколько изменить их порядок, поступаясь методическими соображениями (описание опытов см. ниже). При пользовании же прибором М. А. Афанасьева опыты можно проводить в любом порядке.

При наполнении сосудов придется воспользоваться приемом отведения избытка хлора за окно, причем сосуды можно наполнять так, как описано на странице 217 (рис. 135), пропуская при этом хлор через склянку Тищенко или промывалку с водой, чтобы получить попутно хлорную воду, и собирая хлор в сосуд, прикрытый стеклышком. Отверстие сосуда можно прикрыть губкой или сложенной в несколько раз тряпкой, смоченной раствором едкого натра, который поглощает выходящий из сосуда хлор. Можно также устроить прибор, как на рисунке 137. Здесь изо-

бражен прибор, собранный при самых скромных средствах. Если есть тройник, то его следует поставить вместо заменяющей его баночки б. При наполнении склянки хлором зажим *a* должен быть закрыт, а зажимы *в* и *г* открыты (зажимы могут быть пружинные, винтовые или деревянные, см. т. I, стр. 371).

Когда склянка наполнилась хлором, открыть зажим *a* и закрыть *г*. Наполнить колбу доверху водой, чтобы прекратить реакцию и вытеснить из нее весь хлор. После этого можно отделить промывалку и склянку и приступить к опытам.

Таким же способом можно наполнить и две другие склянки. При лабораторных опытах без тяги хлор можно совсем не собирать, а производить опыты непосредственно в пробирках, в которых выделяется хлор (см. ниже, стр. 232).

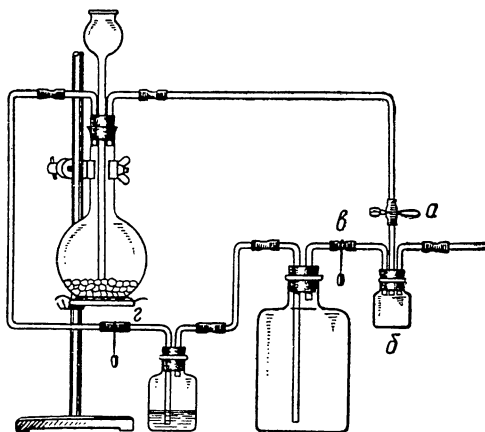


Рис. 137. Прибор для опытов с хлором без тяги.

3. Демонстрация различных опытов с хлором ¹

При сжигании в хлоре различных веществ, как уже сказано (стр. 212), приходится пользоваться такими же сосудами, как и при сжигании различных веществ в кислороде, т. е. преимущественно широкогорлыми склянками тонкого стекла, а также цилиндрами для собирания газов.

Все опыты с хлором желательно производить в вытяжном шкафу. Ниже описана сначала постановка опытов под тягой, причем в некоторых случаях даны указания, как удобнее производить опыты при плохой тяге, затем даны указания, как сделать некоторые опыты совсем без тяги.

По окончании опытов сосуды следует сейчас же закрывать, а затем, прежде чем мыть, наполнять под тягой или на дворе, или перед топящейся печью и т. п. (см. т. I, стр. 120) доверху водой, чтобы вытеснить оставшийся в них хлор.

¹ Лабораторные опыты с хлором см. ниже, стр. 229.

А. *Опыты под тягой*

а) МЕДЬ

○ 1. Медь может гореть в хлоре только в виде **тонкой проволоки**. Очень удобно воспользоваться мягким шнуром, употребляемым для проводки электричества. Сняв с конца изоляцию, пучок проволочек следует несколько разрыхлить. Для того чтобы медь загорелась в хлоре, можно либо предварительно нагреть конец пучка на горелке, либо прицепить к нему несколько листочков так называемой **потали**, употребляемой для «золочения». **Поталь** представляет тончайшие листки сплава меди с цинком и при внесении в хлор загорается сама собой без предварительного нагревания. Если листочки потали взяты в достаточном количестве и достаточно плотно прилегают к концу пучка, то от потали загорается и проволока.



Рис. 138.
Горение
потали в
хлоре.

Хлор можно заготовить в склянке средней величины.

На дно склянки полезно насыпать **песку** (до наполнения хлором), чтобы стекло не лопнуло от капающей расплавленной хлорной меди.

Опыт. Открыть склянку с хлором и опустить в хлор пучок медных проволочек с привязанной на конце поталью. За неимением потали конец пучка следует сильно нагреть в пламени горелки. Горение меди в хлоре происходит не очень интенсивное, проволока только раскаляется. С конца проволоки капает вниз хлорная медь.

За неимением тонкой медной проволоки можно показать опыт с одной поталью, пучок которой удобно прикрепить к стеклянной палочке, обмакнутой в расплавленный воск. Опущенная в хлор поталь вспыхивает. Можно воспользоваться также тонкой **медной пластинкой** (фольга или *sursum metallicum in laminis*), которую перед опусканием в хлор нужно нагреть.

○ 2. При плохой тяге листочки **потали** (см. выше) следует поместить в цилиндре для собирания газов. Хлор следует собрать в цилиндр такого же диаметра, но значительно более высокий (рис. 138).

Опыт. Поставить **цилиндр с поталью** отверстием на стекло закрывающее **цилиндр с хлором** (рис. 138), и, быстро выдвинув стекло, соединить цилиндры с притертыми краями. Затем перевернуть соединенные цилиндры. Хлор стечет вниз, и поталь загорится.

Поталь не должна вываливаться из первого цилиндра, когда его ставят на цилиндр с хлором, чтобы кусочки потали не упали

в хлор раньше времени, так как опыт имеет цель показать, между прочим, что хлор тяжелее воздуха.

Края цилиндров должны быть хорошо смазаны вазелиновой мазью (см. т. I, стр. 276).

Во время опыта цилиндры следует плотно прижимать один к другому, чтобы хлор не выходил из них наружу.

б) ОЛОВО

○ Само собой загорается в хлоре олово в виде оловянной бумаги или так называемой **оловянной фольги**, станиоля (*stannum metallicum foliatum, stanniol*).

Кусок фольги следует слегка смять в виде длинного неплотного жгута. Хлор заготовить как для предыдущего опыта.

Опыт. Внести в хлор конец жгута и, когда олово загорится постепенно опускать жгут в склянку; на дно склянки падает огненный дождь. Хлор должен быть без примеси воздуха.

Если олова мало, то можно опускать его при помощи щипцов или укрепив на конце лучинки.

Нелишне будет отметить, что загорается только оловянная фольга, свинцовая же (от чая и т. п.) и алюминиевая (от конфет) в хлоре не горят.

в) СУРЬМА

○ 1. Для опыта нужна склянка с хлором на 2—4 л такого типа, как для сжигания веществ в кислороде (см. стр. 63). На дно склянки до наполнения ее хлором насыпать слой **песку** 1—2 см, чтобы она не лопнула от падающего в нее раскаленного металла.

Сурьму следует взять кристаллическую, в виде кусков (*antimonium regulanicum*), которые измельчить в не слишком мелкий порошок. Измельчать можно сначала **молотком** на утюге и т. п., а затем в **чугунной ступке** (см. т. I, стр. 374) или осторожно в фарфоровой. Сурьма должна быть свежей и измельченная. С готовым порошком сурьмы (*antimonium pulvis*) опыт удается значительно хуже.

Опыт. Поместить склянку в **вытяжной шкаф**, открыть и сыпать по не многу сурьму в порошок с помощью **ложки**, постукивая по ней пальцем (рис. 139). Вместо ложки можно воспользоваться деревянной лопаточкой, можно сыпать из пробирки и т. п. Сурьма в хлоре загорается ярким светом, и из колбы вырывается облако белого дыма — SbCl_5 и SbCl_3 (ядовиты).



Рис. 139. Сжигание сурьмы в хлоре.

Если имеющаяся сурьма плохо загорается или совсем не загорается, то ее следует предварительно подогреть и всыпать горячую. Нагревать можно на полоске жести и т. п.

○ 2. При плохой тяге. Такую же, как в предыдущем случае, склянку с песком на дне после наполнения хлором закрыть хорошей парафинированной (см. т. I, стр. 238) корковой пробкой,

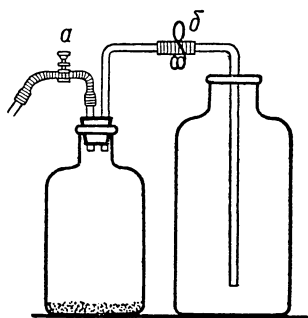


Рис. 140. Прибор для сжигания сурьмы в хлоре.

в которую вставлен обрезок широкой стеклянной трубки (диаметр 9—10 мм). К трубке на широком же каучуке присоединена небольшая пробирочка или закрытая на конце пробкой трубочка с сурьмой (рис. 140). Каучук зажат винтовым или пружинным зажимом *а*. Кроме того, в пробку вставлена длинная газоотводная трубка с зажимом *б*. Эту трубку следует соединить с трубкой, выведенной за окно. Если этого весьма удобного приспособления не сделано, то можно погрузить отводную трубку в возможно большую склянку (на 6—12 л), как показано на рисунке 140.

Опыт. Открыть зажим *б*, затем зажим *а*, поднять пробирочку и, постукивая по ней пальцем, сыпать понемногу сурьму в хлор. Тяжелый и ядовитый дым продуктов горения сурьмы и вытесняемый хлор будут выходить прямо за окно или соберутся главным образом в большой склянке, и только незначительная часть их попадет в помещение.

Горло большой склянки можно прикрыть неплотным комком ваты.

г) ЖЕЛЕЗО

○ Опыт с железом удается несколько не хуже, чем классический опыт с сурьмой. Преимущество его в том, что металл знаком учащимся. Получается целый фейерверк искр, и склянка наполняется бурым дымом FeCl_3 . Железо только требует предварительного нагревания. Лучше всего взять **железный порошок** (*ferrum metallicum alcoholysatum*), но можно воспользоваться и мелкими опилками. Подогревать железо (довольно сильно) можно в маленькой пробирочке, на железной ложечке или на лопаточке, вырезанной из куса жести. На дне склянки должен быть песок. Хлор должен быть без примеси воздуха.

Опыт производится так же, как и опыт с сурьмой. Если при нагревании железо начнет тлеть, то надо сейчас же прекратить нагревание и всыпать железо в хлор.

За неимением железного порошка или опилок можно воспользоваться тонкой **проволокой**. Проволока свертывается спирально, нагревается на конце докрасна и вносится в хлор.

д) НАТРИЙ

○ 1. Приготовить **чашечку из мела**, извести или асбеста, как при сжигании натрия в кислороде (см. стр. 66), и **склянку на 3—4 л** с хлором. Опыт необходимо производить под хорошей тягой.

Опыт. Произвести опыт в тех же условиях, как и при сжигании натрия в кислороде *с соблюдением всех предосторожностей*.

Требуется особенно сильное предварительное накаливание натрия. **Лучше всего опускать натрий** в склянку после того, как он уже начнет тлеть на воздухе.

При очень плохой тяге опыта лучше не показывать, так как из склянки неизбежно вырывается значительное количество хлора.

○ 2. Для сжигания натрия можно также воспользоваться **пробиркой**, что значительно упрощает манипулирование (рис. 141).

Опыт требует хорошей тяги.

Опыт. В обыкновенную пробирку поместить кусочек **натрия** (*natrium metallicum*) с половиною горошины величиной. Опустить в пробирку **трубку, соединенную с прибором для получения хлора**, пустить ток хлора и нагревать натрий, пока он не загорится. Нагревания на обыкновенной спиртовой лампочке недостаточно. Если нет более сильной горелки, можно повысить пламя спирта вдуванием воздуха через паяльную трубку. Натрий сгорает в пробирке с ослепительным блеском. Из отверстия пробирки вылетает белый дым хлористого натрия.

Пробирка обыкновенно выдерживает и не лопается, только слегка сплавляется на конце.

○ 3. Сжигание натрия без тяги можно провести в хлоркальциевой трубке, к которой присоединяется вторая трубка с поглотителем (см. рис. 142). Опыт проводится так же, как и сжигание натрия в пробирке.

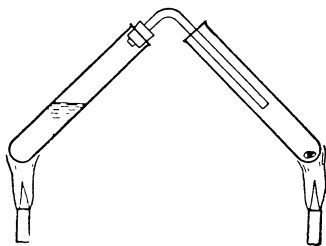


Рис. 141. Горение натрия в хлоре.

е) ФОСФОР

○ И белый и красный фосфор сам собой загорается в хлоре. **Белый фосфор** (*phosphorus albus*) следует взять в виде очень не-

большого кусочка, немного меньше горошины. С фосфором обращаться *со всеми необходимыми предосторожностями* (см. т. I, стр. 49).

Ввиду опасности обращения с белым фосфором вполне возможно ограничиться только опытом с красным. **Красный фосфор** (phosphorus atropus) должен быть с у х о й (см. стр. 401).

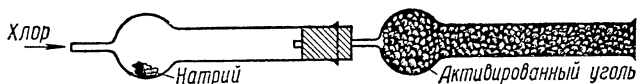


Рис. 142. Трубка с поглотителем для сжигания натрия в хлоре.

Опыт. Поместить на **ложечку** для сжигания в кислороде (см. т. I, стр. 362) хорошо высушенный (о с т о р о ж н о!) кусочек белого или немного красного фосфора и внести в **склянку** (на $2\frac{1}{2}$ —3 л) с **хлором**. Белый фосфор загорается, конечно, **легче** красного.

Красный фосфор, вместо того чтобы вносить на ложечке, можно понемногу сыпать в склянку, как в опыте с сурьмой (стр. 221). В таком случае на дно склянки до наполнения ее хлором следует поместить слой песка.

ж) ВОДОРОД

○ 1. Водород сжигается в хлоре в **цилиндре** или склянке с такими же приспособлениями, как и в кислороде (см. т. I, стр. 490).

После опыта налить в цилиндр раствора **лакмуса**, который краснеет. Если в цилиндре осталось много хлора, то лакмус затем скоро обесцвечивается. Поэтому пламя водорода следует подольше оставлять в цилиндре, то опуская, то поднимая трубку, приводящую водород. Трубка должна быть без металлического наконечника.

○ 2. Для сжигания хлора в водороде можно воспользоваться самодельной горелкой (М. А. Афанасьева), состоящей из тройника, входящей в него трубки меньшего диаметра и заглушки.

Заглушка готовится из мягкой резиновой пробки. Сначала просверливается на $\frac{2}{3}$ длины пробки сверлом по диаметру тонкой трубки. Затем с другого конца пробки просверливается тоже на $\frac{2}{3}$ длины пробки сверлом по диаметру тройника. С этого конца при помощи плоскогубцев просверленная часть пробки оттягивается до отказа и обрезается ножом рядом с кон-

цом пробки. В пробке получается с одного конца небольшое отверстие, а с другого — отверстие большего диаметра.

Тонкая трубка проходит через всю пробку, а тройник надевается на нее и конец погружается до середины пробки (см. рис. 143).

Опыт. Горелка закрепляется в зажиме вертикально и присоединяется к источникам водорода и хлора. Сначала пускается водород и после проверки на чистоту поджигается. К пламени горящего водорода на некоторое время подносят в горизонтальном положении синюю лакмусовую бумажку, смоченную водой. Отмечается отсутствие изменения цвета лакмусовой бумажки.

Затем пускается хлор. Обращается внимание на изменение окраски пламени. Повторяют проверку синей лакмусовой бумажкой. Бумажка быстро краснеет, что говорит об образовании хлористого водорода.

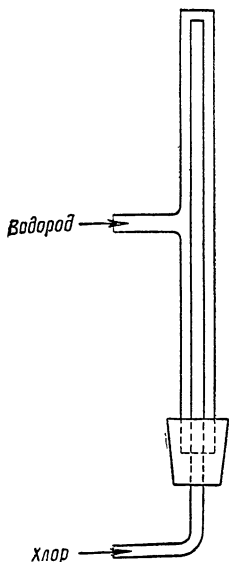


Рис. 143. Горелка для сжигания водорода в хлоре.

э) СВЕЧА

○ Для опыта нужна склянка на $1\frac{1}{2}$ —3л или большой цилиндр с хлором.

Опыт. Зажечь помещенную на железную ложечку (см. т. I, стр. 373) восковую или лучше стеариновую свечу и внести в сосуд с хлором. Пламя свечи бледнеет, вытягивается и сильно коптит (рис. 144).

Опыт удается очень хорошо, но требует небольшого на-

выка, так как вносить свечу в хлор нужно не слишком быстро и не слишком медленно, иначе она легко гаснет.

Можно зажечь свечу в хлоре при помощи **красного фосфора**. Для этого в «чашечку» обгоревшей свечи вокруг фитиля насыпать немного сухого красного фосфора рыхлой кучкой. При внесении свечи в хлор загорается сначала красный фосфор, который затем зажигает свечу. Таким образом, можно соединить вместе два опыта.

Склянка с хлором должна быть свеженаполненная. Лучше наполнять склянку хлором, просушенным пропусканием через промывную склянку с серной кислотой.



Рис. 144. Горение свечи в хлоре.

и) СКИПИДАР

○ Для опыта нужна склянка на $1\frac{1}{2}$ —3 л с хлором, непременно свеженаполненная, совсем не содержащая воздуха. Хлор, как и для предыдущего опыта, лучше взять сухой.

Скипидаром смачивается лента из фильтровальной бумаги. Лента должна свободно входить в горло склянки и не касаться дна ее. Ленту следует повесить на проволочный крючок, воткнутый снизу в пробку, которая должна быть несколько большего диаметра, чем отверстие склянки. Опыт можно показывать только при хорошей тяге.

Опыт. Поместить склянку с хлором в вытяжной шкаф, смочить приготовленную бумажную ленту свежим (не загустевшим), чистым (лучше французским) скипидаром (*oleum therebenthinae gallicum*), налив его на блюдечко и обмакивая в него ленту. Затем положить смоченную ленту между двумя листами фильтровальной бумаги и снять с нее избыток скипидара, но не прижимать бумаги слишком сильно. Быстро опустить ленту в склянку с хлором, положить пробку, к которой лента подвешена, на края отверстия склянки. Через несколько секунд скипидар вспыхнет, причём пробку иногда сбрасывает со склянки. Из склянки подымается облако копоти.

Свежесть скипидара — очень важное условие успеха опыта. За неимением свежего скипидара его полезно перегнать.

Опыт не удастся, если в помещении очень холодно. Лента должна быть в меру смочена скипидаром. Для «верности» скипидар можно взять горячий.

Для опыта можно пользоваться свежеперегранным русским скипидаром, который предварительно следует подогреть.

В склянку сейчас же после опыта налить доверху воды, иначе потом трудно будет отмыть копоть.

Если скипидар не загорается в хлоре, то можно удовлетвориться обугливанием скипидара.

Во всяком случае перед опытом лучше не говорить учащимся, что скипидар загорится, а указать только на его обугливание в хлоре.

к) ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ОКРАШЕННОЙ МАТЕРИИ (БЕЛЕНИЕ)

○ Для опыта можно воспользоваться светло-синей или голубой дешевой «линячей» бумажной тканью. От куска ткани следует отрезать полоску таких размеров, чтобы ее легко можно было опустить в цилиндр с хлором высотой 25—30 см.

Полоску ткани подвесить на проволочный крючок, прикрепленный менделеевской замазкой (см. т. I, стр. 235) и т. п. к стеклу для закрывания цилиндра или вставленный в пробку (рис. 145).

Опыт. Слегка смочить нижнюю половину полосы ткани водой. Открыть цилиндр с хлором и опустить в него ткань, закрыв цилиндр стеклом или пробкой, к которой ткань подвешена (рис. 145).

Ткань быстро белеет там, где смочена. Затем постепенно белеет и остальная часть ткани. Поэтому сейчас же вынуть ткань из хлора и показать учащимся.

Можно взять ткань и другого цвета, но не всякая ткань одинаково белеется, поэтому ее предварительно необходимо испытать. Красные материи иногда от действия хлора чернеют.

За неимением подходящей цветной материи можно выкрасить лоскуток белой ткани или фильтровальной бумаги концентрированным раствором индиго (см. т. I, стр. 389) или лакмуса и высушить.

Можно показать также белие льна — чесаного или в виде пряжи. Лен отбеливается медленнее, чем ткань, но имеет то преимущество, что опыт с ним ближе к условиям применения хлора в технике. Лен придется оставить в хлоре на несколько часов.

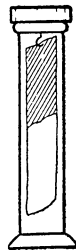


Рис. 145.
Белие хлором.

л) ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ РАСТВОРОВ КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ

○ Приготовить не очень концентрированные растворы **лакмуса** (см. т. I, стр. 387), **индиго** (см. т. I, стр. 389) и **синего сандала** (кампешевое дерево, *lignum campechianum gaspatum*). Сандал настаивается на воде и фильтруется. К слабому раствору прибавить 1 каплю (не более!) раствора **едкого натра** NaOH (*natrium oxydatum hydricum*) 1 : 10. Раствор приобретает темно-фиолетовую окраску. Полученные растворы налить в **бокалы** или стаканы. Приготовить **хлорную воду** (см. стр. 218). Можно воспользоваться хлорной водой, полученной ранее на уроке.

Опыт. Прилить к приготовленным растворам хлорной воды. Окраска раствора сразу же пропадает (растворы делаются желтоватыми, но не вполне бесцветными).

До урока необходимо попробовать, хорошо ли идет опыт с имеющейся хлорной водой и приготовленными растворами. Если растворы слишком концентрированные, их можно разбавить. Хранить хлорную воду следует в темноте.

За неимением указанных веществ можно обесцветить хлором чернила (черные или цветные) и раствор чернильного карандаша. Необходимо только испытать имеющиеся чернила заранее.

Б. Опыты без тяги

○ Как уже указано выше (стр. 218), при полном отсутствии тяги все же можно показать некоторые опыты с хлором, не-

сколько поступившись их методической последовательностью. Для опытов можно воспользоваться одной большой или двумя склянками с хлором (наполнение см. стр. 213). Для прикрывания склянки приготовить стекло или пробку, которая не входила бы в горло склянки, а была бы большего диаметра. Накрывать и открывать, сдвигая и надвигая стекло или пробку.

Опыты. 1. Открыв склянку, прежде всего опустить в нее небольшую полоску голубой бумажной ткани, как описано на странице 227. Как только смоченная водой часть побелеет, вынуть ткань из склянки и прикрыть склянку пластинкой или пробкой.

2. Зажечь водород у конца изогнутой трубки (см. стр. 234). Пламя должно быть небольшое. Внешти на короткое время пламя в верхнюю часть склянки с хлором, сейчас же вынуть и прикрыть склянку.

3. Внести на ложечке очень небольшое количество красного фосфора (стр. 223), также погружая ложечку лишь на такую глубину, чтобы фосфор горел в хлоре. Сейчас же вынуть ложечку и закрыть склянку. Хлор в нижней половине склянки после этих опытов еще остается прозрачным.

4. Внести в склянку нагретую медную проволоку или пластинку (см. стр. 220) и, как только она загорится, вынуть.

5. Сейчас же, не закрывая склянки, всыпать немного нагретого (см. стр. 222) железа или сурьмы, лучше также подогретой (см. стр. 221).

6. После этого иногда еще удастся показать горение в хлоре свечи. Можно соединить опыт с горением свечи с опытом горения фосфора (см. стр. 225) и закончить сжиганием меди и сурьмы, которые дают много дыма.

7. Для натрия (стр. 223) и скипидара (стр. 226), если желательно показать и эти опыты, лучше заготовить вторую склянку.

Для опытов должно быть все очень тщательно подготовлено и удобно под руками расположено, чтобы можно было произвести все опыты без промедления.

Во время опытов не следует близко наклоняться к склянке с хлором. После опыта, закрыв склянку, полезно помахать куском картона, чтобы разогнать хлор.

ПРЕДОХРАНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ОТ ДЕЙСТВИЯ ХЛОРА

○ Цель опыта — показать способ защиты от ОВ металлических предметов при помощи смазки их вазелином и т. п. предохранительными мазями.

Для опыта нужна одна или несколько металлических пластинок (железо, медь, цинк, олово или жечь и др). Пластинки

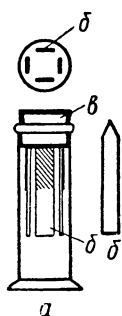


Рис. 146.
Предохранение металлов от ОВ.

должны быть хорошо, до блеска вычищены **наждачной бумагой**. Пластинки укрепляются в **пробке** и погружаются в сосуд с хлором. В качестве сосуда можно воспользоваться **цилиндром** для собирания газов или материальной банкой.

Для того чтобы укрепить пластинки в пробке, их концы следует обрезать, как показано на рисунке 146, б. Пластинки вставляются в пробку с помощью **плоскогубцев**.

Расположить пластинки следует по кругу так, чтобы, поворачивая сосуд, можно было последовательно показать все пластинки (рис. 146, а — вид прибора сбоку и в — вид пробки с пластинками снизу). Сосуд можно наполнить **хлором** до урока и закрыть стеклянной пластинкой (стр. 213) или пробкой.

Опыт. Густо смазать нижние половины всех пластинок **вазелином** и погрузить пластинки в сосуд с хлором.

Через несколько минут, когда блестящая поверхность несмазанных частей пластинок потускнеет, вынуть пробку, стереть вазелин с пластинок бумагой и показать, что под вазелином они сохранили свой блеск.

4. Лабораторные опыты с хлором

При лабораторных опытах с хлором, как и при демонстрациях, существенно, имеется ли хорошая тяга или тяги совсем нет.

А. Опыты под тягой

● При хорошей тяге учащиеся могут проделать в миниатюре почти все опыты, описанные выше. Для получения хлора можно воспользоваться небольшой **колбочкой** на 100—150 *мл* без воронки (рис. 147) или **пробиркой** (рис. 148). Для собирания хлора — небольшими **скляночками** (на 100 *мл*), так называемыми «для касторового масла», узкими с широким горлом (по несколько скляночек на каждого учащегося или группу). Только для горения свечи придется взять сосуд с более широким горлом — банку и т. п. Скляночки можно не прикрывать стеклом или картоном, а производить с ними опыты по мере наполнения. Желательно, чтобы склянки были бесцветного стекла.

Опыты. 1. Собрать прибор для получения хлора, как на рисунке 147 или 148. Испытать, держит ли он. Написать равенство реакции получения хло-

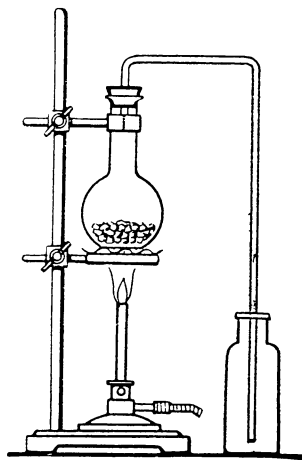


Рис. 147. Лабораторный опыт получения хлора (1).

ра. Насыпать в прибор **двуокиси марганца** (см. стр. 209), сколько показано на рисунке. Перенести прибор под тягу.

Влить в прибор столько **концентрированной соляной кислоты** (уд. в. 1,19), чтобы уровень ее был немного выше уровня двуокиси марганца, и закрыть пробкой со вставленной трубкой. Конец трубки опустить в баночку (см. рисунки). Сначала реакция будет идти при обыкновенной температуре. Когда выделе-

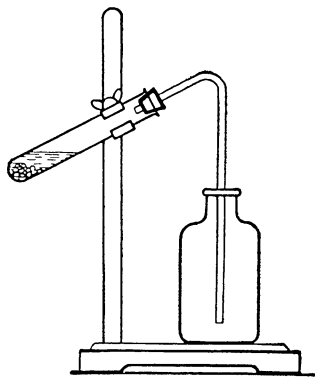


Рис. 148. Лабораторный опыт получения хлора (2).

ние газа заметно ослабеет, начать очень слабо и осторожно подогревать сосуд, держа горелку в руках и внимательно следя, чтобы реакция не шла слишком бурно. Иначе жидкость может перебросить в баночку для собирания газа. Когда выделение хлора совсем прекратится, вынуть пробку и добавить еще соляной кислоты.

Когда баночка наполнится хлором (хлор лучше виден, если за баночкой держать кусок белой бумаги), отставить эту баночку, а трубку прибора опустить во вторую. Пока наполняется вторая баночка, произвести опыт с первой и так же поступить в дальнейшем.

Для первых четырех из нижеописанных опытов в баночки до наполнения их хлором следует насыпать небольшой слой песка, чтобы предохранить баночки от растрескивания.

Прежде чем учащиеся приступят к дальнейшим опытам, рекомендовать им познакомиться с запахом хлора (если тяга хорошая и запах не замечается при наполнении баночек). Не следует вдыхать хлор непосредственно из баночки, а лучше помахать над баночкой ладонью руки так, чтобы к лицу направить ток воздуха с примесью хлора (см. т. I, рис. 2, стр. 45).

2. Налить в баночку немного воды, прикрыть пальцем, пробкой или кусочком картона и сильно взболтать. Наблюдать растворение хлора в воде. Воду слить в общую банку.

3. Нагреть конец тонкой **медной проволоки** или пластинки (стр. 220) и опустить в баночку. Наблюдать горение меди в хлоре. Образуется CuCl_2 . Написать равенство реакции.

4. Нагреть на кончике **жестяной пластинки** (стр. 222) немного порошкового **железа** (стр. 222), пока оно не начнет тлеть, и затем, постукивая пальцем по пластинке (рис. 149), сыпать понемногу железо в ту же скляночку, если в ней остался хлор, или лучше в свеженаполненную. Наблюдать горение железа. Если железо не загорается, значит, оно было мало нагрето.

За неимением порошкового железа проделать опыт с тонкой железной проволокой. Накалить ее и опустить в хлор. Образуется FeCl_3 . Написать равенство реакции.

5. Опустить в баночку с хлором полоску **оловянной бумаги** (фольги, стр. 221) без предварительного нагревания. Что наблюдается? (Олово или загорается или только рассыпается: образуется SnCl_4 .) Написать равенство реакции.

6. Взять на кончик **жестяной полоски** немного порошка металла **сурьмы** Sb (стр. 221) и всыпать понемногу в хлор, постукивая по полоске жести пальцем (рис. 149). Если сурьма не загорается, ее можно немного нагреть. Образуется SbCl_5 . Написать равенство реакции.

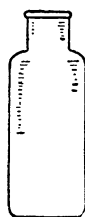
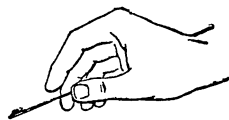


Рис. 149. Всыпание железа в хлор.

7. Получить от преподавателя небольшой кусочек **натрия** в пробирке. Укрепить пробирку наклонно в штативе и пустить в нее ток хлора, опустив в нее почти до дна трубку от прибора для получения хлора (рис. 141, стр. 223). Нагреть натрий на сильной горелке, пока он не загорится.

За неимением сильной горелки усилить пламя лампочки, вдвая в нее воздух через паяльную трубку, к которой присоединен каучук, чтобы лицо не было слишком близко к пробирке.

Опыт лучше всего производить вдвоем. Один следит за прибором для добывания хлора, другой нагревает натрий.

Под конец пробирки с натрием подставить на всякий случай чашку с песком.

Что получилось при горении натрия в хлоре? (NaCl .) Написать равенство реакции.



Рис. 150. Горение фосфора в хлоре.

8. В баночку с хлором внести на загнутой на конце под прямым углом **жестяной пластинке** несколько крупинок **красного фосфора** (стр. 223). Наблюдать воспламенение и горение фосфора (рис. 150). Образуется PCl_3 . Написать равенство реакции.

9. Приготовить **приборчик для получения водорода** с изогнутой, как на рисунке 151, трубкой. Насыпать в приборчик немного **цинка**, прилить разбавленной **серной кислоты** (см. т. I, стр. 479). *Испытать, чистый ли идет водород* (см. т. I, стр. 480). Когда испытание покажет, что весь воздух вытеснен (водород загорается спокойно), зажечь водород (*Правило!* См. т. I, стр. 51) и внести пламя водорода в баночку с хлором. Какого цвета пламя? (Беловатое.)

Когда почти весь хлор израсходуется и пламя водорода примет обычный вид пламени водорода, горящего в воздухе, вынуть

трубку из баночки и влить в баночку **раствор лакмуса** (или влить воды и испытать лакмусовой бумажкой).

Написать равенство реакции и объяснить изменение цвета лакмуса (лакмус краснеет, так как образующийся при горении водорода в хлоре хлористый водород дает с водой соляную кислоту).

10. Утончить ножом огарок **стеариновой свечи** так, чтобы он, будучи укреплен на конце **жестяной пластинки** (рис. 152), входил в отверстие имеющейся баночки. Зажечь свечу и опустить ее в хлор. Наблюдать горение свечи в хлоре.

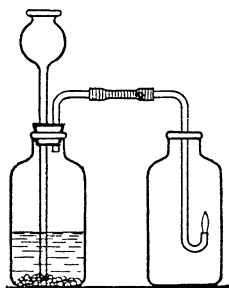


Рис. 151. Горение водорода в хлоре.

«Стеарин» свечи состоит главным образом из стеариновой кислоты $\text{H}_{36}\text{C}_{18}\text{O}_2$. Написать равенство реакции и объяснить, почему дым получается серый, а не черный.

11. Полоску **фильтровальной бумаги** такой ширины, чтобы она свободно входила в горлышко баночки с хлором (рис. 153), смочить **скипидаром** (стр. 226). Посредством куска фильтровальной бумаги слегка снять с полоски лишний скипидар, чтобы он с полоски не капал, и опустить по-

лоску в баночку с хлором. Если баночка хорошо наполнена хлором и хлор не содержит воздуха, скипидар должен сам воспламениться в хлоре. Что получается?

Скипидар состоит главным образом из соединения состава $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$. Написать равенство реакции.

Держать бумажку лучше щипцами или сделать ее подлиннее,

12. Полоску бумажной **голубой ткани** (стр. 226) слегка смочить на конце водой так, чтобы смоченная часть равнялась примерно половине высоты баночки с хлором. Опустить в хлор (рис. 145). Что наблюдается? Объяснить.

13. Прилить в ту же баночку с хлором **раствор лакмуса, чернил** или другой выданной преподавателем краски (стр. 227) и сильно взболтать.

Для описанного опыта можно воспользоваться раствором хлора в воде (хлорной водой), заготовленным заранее продолжительным пропусканием хлора через воду.



Рис. 152. Укрепление свечи для сжигания в хлоре.

Б. Опыты без тяги

● Опыты без тяги можно проделать только в самом мелком масштабе, не собирая хлора, а производя опыт в той же пробирке, в которой хлор получается.

Для сливания остатков из пробирок, если нет водопровода, полезно приготовить **большую банку с известковым молоком** или с раствором едкого натра.

Банку лучше всего не наполнять доверху и использованные пробирки погружать в раствор при помощи **длинной лучинки** (рис. 154). Тогда вытесняемый из пробирки хлор остается в верхней части банки и постепенно поглощается щелочью.

Чтобы лучше видеть цвет хлора, часть его можно получить действием **соляной кислоты на бертолетову соль** (стр. 208). Тогда, если смотреть в пробирку сверху, цвет хлора виден очень хорошо. При употреблении **марганцовокислого калия** этого сделать нельзя, но если присмотреться, то на белом фоне цвет хлора заметен и при рассматривании пробирки сбоку. Беря двуокись марганца, с нее следует сдуть порошок, чтобы стенки пробирки не пачкались налетом порошка.

Практика показывает, что при классе в 40 человек, работающих десятью группами, количество хлора, выделяющегося при нижеописанных опытах на воздух, ничтожно, даже меньше, чем при демонстрационных опытах, при которых неизбежно приходится брать сосуды более или менее значительных размеров.

Опасность вдыхания хлора небольших концентраций не следует преувеличивать. При аккуратной работе никаких отравлений хлором быть не может.

По окончании урока класс, конечно, следует проветрить.

Методика производства опытов и вопросы к учащимся те же, что при производстве опытов под тягой (см. стр. 229—232).

Опыты. 1. Насыпать в пробирку несколько кристалликов марганцовокислого калия и прилить несколько капель концентрированной **соляной кислоты**, беря ее с помощью пипетки.

Слегка подогреть дно пробирки на ладони руки или держа ее высоко над пламенем горелки.

Наблюдать выделение хлора. Держать за пробиркой лист белой бумаги (тетрадь). Когда будет заметно, что пробирка наполнилась хлором, накалить на горелке конец медной проволочки (стр. 220) и быстро опустить в хлор (рис. 155).

2. Прodelать то же самое с **железной проволочкой** (очень тонкой). Если в той же пробирке хлора мало и опыт не удастся,



Рис. 153. Горение скипидара в хлоре.

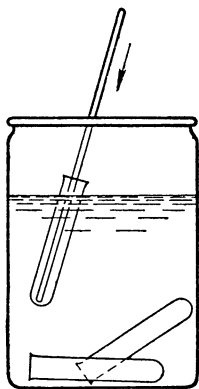


Рис. 154. Погружение в раствор щелочи пробирок после опытов с хлором.

бросить пробирку в приготовленное ведро или банку и, взяв вторую **сухую пробирку**, снова получить в ней хлор. Так же поступать и при следующих опытах.

3. Получив хлор в пробирке, опустить в нее **полоску оловянной бумаги** (стр. 221) и держать в хлоре, пока бумага не загорится.

4. Приготовить **приборчик для получения водорода** (рис. 156) и испытать чистоту водорода (см. т. I, стр. 479). Ток водорода должен быть слабым. Не наливать много кислоты.

Получить в пробирке хлор. Зажечь водород (*Правила!* См. т. I, стр. 51) у конца трубки и опустить пламя водорода в пробирку.

5. Получив хлор в пробирке, опустить в нее **полоску голубой бумажной ткани** (стр. 227), слегка смоченную на конце водой, так, чтобы в пробирку попала и сухая часть полоски.

6. Получить хлор в пробирке и опустить в нее узкую **полоску фильтровальной бумаги**, смоченную скипидаром (стр. 226). Лишний скипидар снять с полоски куском фильтровальной бумаги. Если хлора в пробирке достаточно, бумажка должна сама загореться в хлоре.

При всех опытах не брать слишком много материалов и не держать пробирку близко к лицу.

Сжигать в хлоре **красный фосфор**, производя опыты без тяги, не следует, так как хлористый фосфор сильно ядовит.

5. Взрыв смеси хлора с водородом

а) ПОД ВЛИЯНИЕМ НАГРЕВАНИЯ

○ Для опыта нужны два **небольших совершенно одинаковых цилиндра** для собирания газов 12—15 см высотой и около 4 см диаметром. Один из них до урока наполнить **хлором**. Оба цилиндра должны быть закрыты смазанными вазелиновой мазью (см. т. I, стр. 240) притертыми **стеклянными пластинками**.

Опыт. Наполнить водородом (по способу вытеснения воздуха) из **водородного прибора** приготовленный цилиндр, закрыть **стеклянной пластинкой** и поставить вверх дном на **стекло** приготовленного цилиндра с хлором. Вынуть **стекло** и, соединив ци-



Рис. 155. Горение меди в хлоре.

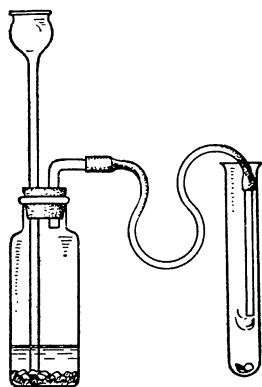


Рис. 156. Горение водорода в хлоре.

линдры краями, несколько раз перевернуть, чтобы перемешать газы.

Затем раскрыть цилиндры перед пламенем горелки. Произойдет взрыв (не особенно громкий).

После этого можно налить в один из цилиндров раствор лакмуса (см. т. I, стр. 388), который окрасится в красный цвет.

При указанных размерах цилиндров опыт вполне безопасен, но только его ни в каком случае не следует производить под прямыми лучами солнца, так как, если взрыв произойдет под влиянием света, пока цилиндры соединены отверстиями, цилиндры может разорвать.

Цилиндры должны быть совершенно чистые. Опыт с нечистыми цилиндрами может кончиться *несчастьем!* В практике известны случаи, когда при смешивании хлора с водородом в грязных цилиндрах (особенно опасны остатки органических веществ) происходили сильные взрывы с серьезными ранениями людей.

б) под влиянием света

○ Взрыв смеси водорода с хлором легко происходит при вспышке магния. **Магний** следует взять в порошке (*magnesium metallicum pulvis*). Вспышку проще всего произвести высыпанием порошка магния в пламя горелки.

Смесь хлора и водорода готовится совершенно так же, как в предыдущем опыте (а).

Цилиндры следует взять таких же размеров, не узкие и по возможности одинаковые, *совершенно чистые* (см. опыт а). Наполнение цилиндра хлором лучше произвести незадолго до урока. Закрывать цилиндр **стеклянной пластинкой**. Хлор и водород должны быть по возможности без примеси воздуха. Поэтому перед наполнением цилиндров следует хорошо вытеснить воздух из приборов для получения газов. Сушить газы не следует.

Взрыв производится только в одном из цилиндров, второй же отставляется в сторону. Цилиндр, в котором производится взрыв, закрывается не стеклом, а кусочком гладкого, плотного, но не толстого картона, какой обыкновенно употребляется для изготовления игральнх карт. Картон должен быть совершенно плоский, немятый и негнутый, чтобы он **плотно** прилегал к краям цилиндра. Для того чтобы было ясно, что взрыв происходит под влиянием только света, а не нагревания, между цилиндром со смесью и горелкой, при помощи которой производится вспышка, полезно поставить обыкновенное оконное стекло (рис. 157). Стекло можно укрепить за край, обращенный к преподавателю, в двух зажимах штатива (рис. 158). В зажимы следует вложить пробку, разрезанную вдоль; но можно, конечно, обойтись и без стекла.

Горелку лучше положить боком на какую-нибудь подставку (рис. 158), чтобы внутрь горелки не попадал порошок магния. Под горелкой поместить сковородку, кусок жести, асбестового картона и т. п., чтобы падающий вниз горящий магний не испортил стола.

Расстояние между цилиндром и горелкой должно быть не больше 10—15 см. Для всыпания в пламя горелки магния можно воспользоваться роговой или, лучше, металлической, например алюминиевой или жестяной, чайной ложкой.

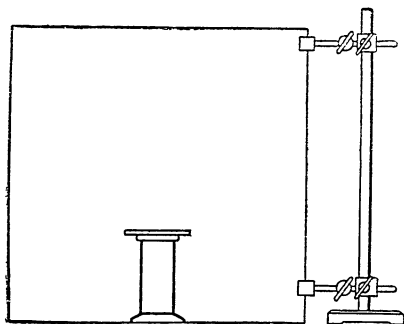


Рис. 157. Взрыв смеси водорода с хлором (1).

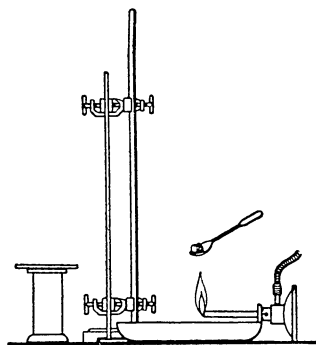


Рис. 158. Взрыв смеси водорода с хлором (2).

Захватив полную ложку порошка магния, поместить ее рядом с горелкой. Ложка должна лежать на чем-нибудь так, чтобы ее потом удобно было быстро взять, не просыпав магния.

Опыт. Зажечь горелку. Наполнить цилиндр (по способу вытеснения воздуха) водородом (из прибора). Закрывать цилиндр стеклянной пластинкой и поставить на цилиндр с хлором. Вынуть обе пластинки и, поворачивая цилиндры, хорошо перемешать газы не на прямом солнечном свете!).

Поставив цилиндры на стол, сдвинуть верхний цилиндр, отставить в сторону (отверстием кверху!) и возможно быстрее (чтобы не ушел водород) закрыть нижний цилиндр приготовленным куском картона.

Сейчас же поставить закрытый цилиндр рядом со стеклом (рис. 158) и немедленно всыпать в пламя горелки порошок магния. Происходит взрыв. Картонная крышка летит к потолку. Взрыв происходит гораздо более громкий, чем в предыдущем опыте (взрыв в замкнутом пространстве).

В цилиндр притлить раствор лакмуса, который краснеет.

Все нужное для опыта должно быть расположено таким образом, чтобы описанные манипуляции можно было произвести

возможно быстро и водород не успел продиффундировать из цилиндра в более или менее значительном количестве.

При соблюдении вышеуказанных предосторожностей и после небольшой практики опыт удаётся вполне хорошо и наверняка. Опыт безопасен, если цилиндр совершенно чистый, обыкновенного толстого стекла, не больших размеров, чем указано, если он прикрыт нетолстым картоном и если перемешивание газов производится не на прямом солнечном свете. Рассеянный свет опыту не вредит, но если в классе есть шторы, то их лучше опустить.

За неимением газа вспышку магния вполне можно произвести при помощи пламени спирта. Не следует только пользоваться спиртовой лампочкой, так как она от падающего раскаленного магния может лопнуть. Спирт следует зажечь в **железной** или **фарфоровой чашке**, в которую и всыпать магний (рис. 159).



Рис. 159. Сжигание магния в пламени спирта.

Опыт со взрывом под влиянием солнечного света слишком сложен, чтобы стоило его показывать, да и солнце далеко не всегда бывает к услугам. Поэтому он здесь не описывается.

6. Взаимодействие хлора с водой под влиянием света

○ Для опыта можно воспользоваться обыкновенной **материальной склянкой** «белого стекла» (см. т. I, стр. 170) на 1—2 л, в которую вставить хорошо подобранную **корковую пробку** с изогнутой, как на рисунке 160, **нетолстой** (диам. 4—5 мм) **трубкой**. Трубка не должна выходить из нижнего конца пробки.

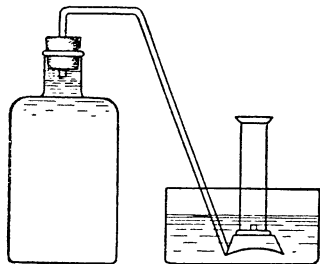


Рис. 160. Взаимодействие воды с хлором (1).

Хотя хлор и действует на пробку, но хорошая корковая пробка свободно выдерживает даже продолжительный опыт. Для второго опыта она, конечно, не годится.

В склянку до урока следует налить чистой (см. т. I, стр. 346) воды до горлышка, самое же горлышко за-заполнять не следует. В воду по-

грузить почти до дна газоотводную трубку от аппарата для получения хлора (см. выше) и пропускать (под тягой) хлор в течение $\frac{1}{2}$ часа и более, пока вода не делается сильно

желтой. Если *тяга плохая*, то склянку следует плотно закрыть пробкой с двумя газоотводными трубками: одной, доходящей почти до дна, и другой, оканчивающейся у самой пробки. Вторую трубку, служащую для удаления нерастворившегося хлора, следует соединить с прибором для поглощения хлора, но можно вывести в вытяжное отверстие или за окно (стр. 217—219).

Для того чтобы растворение хлора шло быстрее, склянку полезно охлаждать, поставив в **банку** с холодной водой.

Когда вода насытится хлором, закрыть склянку пробкой и оставить до урока в **темном месте**,

Опыт. Долить в горлышко склянки с приготовленной хлорной водой чистой воды до самых краев.

Наполнить водой приготовленную изогнутую трубку, не вынимая ее из пробки, и затем вставить пробку в склянку таким же способом, как в опыте 7, а, 3 (рис. 103, стр. 160). Если в трубке окажется несколько пузырьков воздуха, то на это можно не обращать внимания.

Конец газоотводной трубки погрузить в **ванну** или чашку с **водой** (рис. 160) и над отверстием газоотводной трубки поместить на **мостике** (см. т. I, стр. 273) небольшой (12—15 см высотой) **цилиндр** для собирания газов, наполненный водой, или пробирку.

Весь прибор поместить **на окно** или ближе к окну в такое место, где он был бы возможно лучше и продолжительнее освещен и, кроме того, хорошо виден учащимся.

Чем ярче освещение, тем быстрее выделяется кислород. Всего лучше, конечно, идет реакция непосредственно под лучами солнца. В Ленинграде весной, в солнечную погоду, цилиндр вместимостью в 75 мл (при склянке с хлорной водой в $1\frac{1}{2}$ л) наполняется кислородом через трое суток. Зимой на рассеянном свете опыт продолжается 1—3 недели. Очевидно, в таком случае выгоднее взять склянку побольше.

Если прибор приходится оставлять на долгое время, то в чашку время от времени необходимо доливать воду, которая постепенно испаряется.

Проще же налить на поверхность воды **парафинового масла** (paraffinum liquidum) или какого-нибудь другого масла.

Когда цилиндр наполнится или когда соберется достаточное количество кислорода, вынуть цилиндр из ванны, закрыв под водой стеклянной **пластинкой**, и испытать кислород тлеющей **луничкой**.

Хлорную воду после испытания кислорода можно оставить

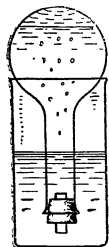


Рис. 161.
Взаимодействие воды с хлором (2)

еще на некоторое время на свету, чтобы показать окончательное ее обесцвечивание.

Вместо описанного прибора можно воспользоваться прибором, устройство которого понятно из рисунка 161.

7. Получение хлора электролизом раствора поваренной соли

Цель опытов — показать принципы заводского производства хлора, но не получение больших количеств хлора для изучения его свойств.

○ 1. Простейший опыт, который может предшествовать демонстрации более сложных приборов и которым в крайнем случае можно ограничиться, состоит в том, что через раствор поваренной соли, налитый в стакан или банку, пропускается электрический ток между двумя угольными электродами или угольным анодом (+) и железным катодом (-). Electrodes следует укрепить в пробке или в куске картона (рис. 162).

Угольный электрод берется от испорченного гальванического элемента, хотя бы от батарейки от карманного фонаря. Годится уголь для дуговой лампы.

Источник постоянного тока должен иметь напряжение не меньше 4 в: 2—4 аккумулятора (см. т. I, стр. 308) или соответствующее число элементов (см. т. I, стр. 328—332). Можно воспользоваться выпрямленным током от осветительной сети (см. т. I, стр. 315—322), как при опытах с разложением воды электрическим током (см. т. I, стр. 510—524, там же см. относительно применения лампового реостата и другие подробности).

Раствор поваренной соли можно взять почти насыщенный (около 30%).

Опыт. Влить в стакан раствор поваренной соли, прибавить красного раствора лакмуса, опустить в стакан электроды и включить ток.

Через некоторое время замечается посинение лакмуса у катода (образование NaOH) и обесцвечивание у анода.

Выключить ток, отделить провода, вынуть электроды и дать учащимся понюхать анод, который имеет явственный запах хлора.

Если есть возможность получить ток большего напряжения, то вместо стакана лучше взять U-образную трубку. Electrodes укрепляются в пробки с боковым прорезом для выхода газов.

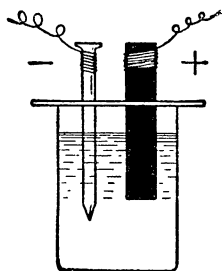


Рис. 162. Электролиз раствора поваренной соли (1).

Над уровнем раствора оставляется свободное пространство (рис. 163).

Тогда при достаточно сильном токе хлора скопится столько, что его можно обнаружить при помощи реакции с сурьмой. Пробочка приоткрывается и в трубку насыпается порошок сурьмы (стр. 221).

Не следует совсем вынимать электрод, а только приподнять пробку, чтобы входящий воздух не разбавлял хлора.

Если опыт показывается после того, как изучены галогены, можно обнаружить хлор действием на бумажку, смоченную раствором йодистого калия с крахмалом (стр. 283).

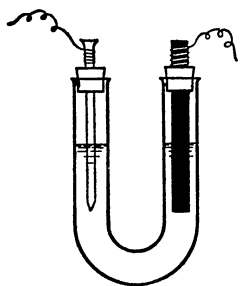


Рис. 163. Электролиз раствора поваренной соли (2).

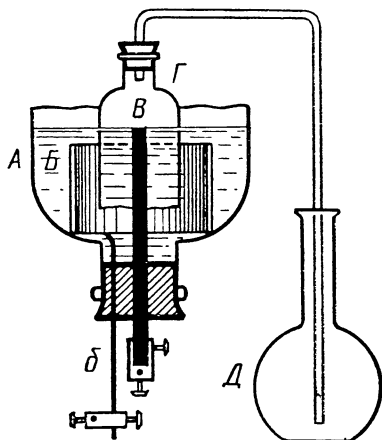


Рис. 164. Электролитическое получение хлора (1).

При достаточно широкой U-образной трубке на белом фоне можно заметить и цвет хлора.

○ 2. Для получения хлора электролизом поваренной соли можно воспользоваться прибором для разложения воды, изображенным на рисунке 624 (т. I, стр. 521). Надо только один из железных электродов заменить угольным (см. предшествующий опыт, стр. 239).

Прибор наполняется насыщенным раствором поваренной соли, в котором хлор малорастворим.

Источники тока применяются такие же, как и при разложении воды, и вообще вся постройка опыта та же самая, за исключением испытания собранного хлора (см. предшествующий опыт, стр. 239).

○ 3. На рисунке 164 изображен прибор, который может служить примитивной моделью заводской установки для получения хлора.

Здесь *A* — электролитическая ванна, верх отрезанный (см. т. I, стр. 190—192) от большой **банки** диаметром около 12 см (на рисунке в разрезе). В горло обрезка банки вставлена пробка, в которой укреплены два электрода. **Катод B** в виде свернутого из листа железа, жести (консервная банка) или меди цилиндра (на рисунке в разрезе), к которому припаяна или прикреплена **толстая проволока б**, вставленная в пробку. Высота цилиндра около 5 см. **Анод B** — толстый уголь от дуговой лампы или от гальванического элемента толщиной 5—7 мм. Можно вставить в разрезанную вдоль пробку и плоский уголь.

После того как вставлены электроды, **пробка**, лучше изнутри, но если это представит трудности, то снаружи, заливается **менделеевской** замазкой или парафином с соблюдением указаний, данных в томе I (стр. 235—236).

К электродам следует привинтить зажимы для присоединения электрических проводов. За неимением зажимов придется зачищенные концы проводов плотно прикручивать к электродам проволокой, концы которой скручивать плоскогубцами.

Над анодом устанавливается **колокол Г** из склянки с отрезанным дном. В горло колокола вставляется на пробке (лучше каучуковой) изогнутая, как на рисунке 164, **газоотводная трубка** для собирания получаемого хлора в **колбочке** на 250—500 мл.

Ванна *A* устанавливается в кольце штатива. Колокол *Г* укрепляется в зажиме штатива.

Ванна *A* на уроке наполняется насыщенным раствором **поваренной соли** почти до краев. До урока следует заготовить нужное количество раствора.

Перед уроком прибор должен быть разобран, вымыт и высушен.

Для прибора указанных размеров требуется **источник тока** с напряжением не менее 6 в (см. т. I, стр. 510).

Опыт. Показать учащимся отдельные части прибора. Установить прибор на штативе. Включить ток. Через 10—15 мин в колбочке можно заметить присутствие хлора, если поставить сзади **белый фон**. Рядом с колбочкой полезно поставить **вторую** такую же **колбочку** — пустую, для сравнения.

Можно обнаружить хлор по запаху, по обесцвечиванию влажной **лакмусовой бумажки** или по посинению **йодокрахмальной бумажки** (стр. 283).

Обратить внимание учащихся на выделение пузырьков водорода от катода.

Взять **пипеткой** раствор из пространства между стенками ванны *A* и катодом, перелить в **бокал** или стакан и обнаружить при помощи **синего лакмуса** щелочь.

Для получения больших количеств хлора описанный прибор непригоден.

○ 4. Несколько ближе к заводской установке прибор, изображенный на рисунке 165.

Прибор состоит из ванны — **жестяной коробки А**, которая одновременно является и катодом (на рисунке дана в разрезе). К ее краю присоединяется на зажиме, припаивается (см. т. I, стр. 391) или приклепывается **провод**, соединяющий прибор с катодом источника тока. С противоположной стороны в крае жестянки делается выемка и припаивается **жестяной носик**. По носику жидкость должна перетекать в стакан **Е**. В стакане с помощью **лакмуса** или фенолфталеина обнаруживается щелочь, образующаяся при электролизе раствора поваренной соли.

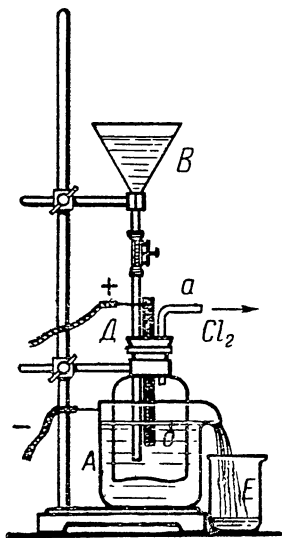


Рис. 165. Электролитическое получение хлора (2).

Вместо того чтобы припаивать жестяной носик, можно сделать его из воска или пластилина.

В ванну **А** опускается **колокол** из банки с отрезанным (см. т. I, стр. 191—192) дном. В горло колокола вставлена **пробка** — каучуковая или корковая, залитая парафином (см. т. I, стр. 235—236).

В пробке укреплен **анод Д** — **уголь** от дуговой лампы или от гальванического элемента (диаметром 5—7 мм). В середину пробки вставлена **трубка**, присоединенная к **воронке В**, из которой в ванну добавляется раствор поваренной соли. Раствор вытесняет образующийся у катода раствор едкого натра в стакан **Е**.

На резиновой трубке, соединяющей воронку с трубкой, — **винтовой зажим** (за неимением его можно воспользоваться и пружинным).

Удобнее заменить воронку, изображенную на рисунке, воронкой с краном.

Наконец, в ту же пробку вставлена **газоотводная трубка а**. К этой трубке можно присоединить трубку, опущенную в колбочку, в которой собирается образующийся хлор.

Воронка и ванна заполняются насыщенным раствором **поваренной соли**. Раствор должен начать вытекать из носика ванны **А** в подставленный **стакан**, который до урока заменяется сухим.

Для опыта нужен **источник постоянного тока** с напряжением не меньше 6 в.

Прибор выставляется на лекционный стол до урока в собранном виде, наполненный раствором поваренной соли.

Трубка, присоединенная к газоотводной трубке, должна быть

опущена в колбочку на 250—500 мл, за которой поместить белый фон. Для того чтобы лучше различить цвет хлора в этой колбочке, рядом полезно поставить вторую такую же колбочку, пустую.

Опыт. Включить ток. Разобрать с учащимися назначение отдельных частей прибора (полезно нарисовать схему прибора на доске).

Выделение пузырьков водорода на катоде учащиеся видеть не могут. Если раньше показывался предварительный опыт (стр. 239), то на него следует сослаться.

Выделяющийся хлор можно заметить через 10—15 мин. Если хлор плохо виден, его можно обнаружить по обесцвечиванию влажной лакмусовой бумажки или по посинению йодокрахмальной бумажки (стр. 241 и 283).

Осторожно поворачивая винт зажима у воронки, установить медленный непрерывный приток раствора соли в ванну так, чтобы раствор из ванны перетекал в стакан *E* по каплям.

Обнаружить едкий натр в стакане *E* при помощи лакмуса или фенолфталеина.

Указать учащимся, что на производстве приток раствора поваренной соли регулируют таким образом, чтобы из ванны вытекал возможно чистый раствор едкого натра. Кроме того, отметить, что если сделать ванну закрытой, то можно использовать и выделяющийся при реакции водород.

Конструкция модели с улавливанием водорода была бы слишком сложна. Кроме того, в таком приборе трудно было бы получить достаточное количество чистого водорода, который загорался бы без взрыва.

Данный прибор, так же как и вышеописанный, не может служить для получения больших количеств хлора.

○ 5. На рисунке 166 изображен прибор, иллюстрирующий иной способ получения хлора на производстве, чем два вышеописанных. Здесь раствор поваренной соли просачивается через мембрану и встречает катод в виде сетки, на которой происходит выделение водорода и образование едкого натра. Раствор едкого натра собирается в подставленном сосуде.

Прибор состоит из ванны *A*, колокола, приготовленного из банки диаметром 10—12 см, у которой отрезано дно (см. т. I, стр. 192—194). Острые края разреза должны быть хорошо сглажены смоченным водой напильником.

Колокол снизу затянут мембраной из асбестового картона и медной сеткой. Для этого колокол ставится широким отверстием кверху и на него накладывается круг *B* влажного асбестового картона толщиной не менее 1 мм. Края круга *B* тщательно загибаются и плотно обвязываются ниткой. Затем на картон накладывается круг из тонкой медной сетки. Края его *B* также аккуратно загибаются и туго обертываются проволокой, концы

которой скручиваются плоскогубцами. К концам проволоки присоединяется отрицательный полюс источника тока.

Горло колокола закрывается **пробкой**, в которую вставляется положительный электрод: **уголь**, **трубка б**, через которую из **воронки** поступает раствор поваренной соли, и **газоотводная трубка а** (см. опыт 4, стр. 242—243).

В ванну наливается насыщенный раствор поваренной соли примерно до половины. Раствор должен медленно просачиваться через асбестовый картон и капать в чашку **Е**.

Скорость просачивания можно регулировать, понижая или повышая уровень раствора в колоколе.

Зажим в устанавливается так, чтобы уровень раствора в колоколе держался примерно на одной высоте.

Источник тока должен иметь напряжение не меньше **6 в**.

Прибор выставляется на лекционный стол в собранном виде, с урегулированным током раствора.

К трубке **а** присоединяется **изогнутая трубка**, конец которой опускается в **колбочку**, как указано в предыдущем опыте (стр. 240).

Опыт. Включить ток. Объяснить устройство прибора (полезно нарисовать

схему на доске). Через некоторое время обнаружить хлор и едкий натр, как указано выше.

Прибор, так же как и вышеописанные, не может служить для получения больших количеств хлора.

8. Получение и свойства хлористого водорода

Обычный способ получения хлористого водорода — действие концентрированной **серной кислоты на поваренную соль**. Однако если взять кислоту (уд. вес 1,84), то реакция идет слишком энергично и кислота из-за большой вязкости сильно пенится, пена поднимается до верха сосуда, в котором происходит реакция, и попадает в газоотводную трубку. Чтобы избежать этого, приходится брать не концентрированную, а разбавленную серную кислоту: 3 объема концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84) на 2 объема воды. Разбавленная таким образом кислота при обыкновенной температуре с поваренной солью почти не

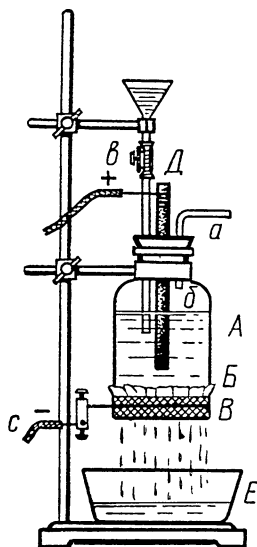


Рис. 166. Электролитическое получение хлора (3).

реагирует. Выделение хлористого водорода начинается только при нагревании. Регулируя нагревание, можно регулировать и ток газа.

При разбавлении кислоты не следует забывать необходимые предосторожности (стр. 220): приливать кислоту в воду, а не наоборот; лить кислоту тонкой струей и небольшими порциями, взбалтывая сосуд и охлаждая его водой (под краном или в ведре и т. п.); разбавлять кислоту в колбе, а не в толстостенном сосуде, который от нагревания может лопнуть.

Поваренную соль можно взять обыкновенную кухонную, столовую или очищенную (*sodium chloratum purum cryst.*).

Этой реакцией приходится пользоваться при получении хлористого водорода на уроке и в лаборатории, так как именно эта реакция обыкновенно рассматривается в курсе химии. Но если хлористый водород заготавливается для опытов заранее, до урока, то гораздо удобнее взять вместо поваренной соли **хлористый аммоний** NH_4Cl — нашатырь (*ammonium chloratum*), так как реакция между нашатырем и концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84) легко и спокойно идет при обыкновенной температуре, большой пены не образуется.

Пользуясь для получения хлористого водорода поваренной солью, при сооружении прибора приходится брать колбу, пробирку или вообще сосуд тонкостенного стекла, который можно было бы нагревать. Если же поваренную соль заменить нашатырем, то можно взять любой сосуд — и тонкостенный и толстостенный — банку, двугорлую склянку и т. п., так как реакция не требует нагревания и идет без заметного выделения тепла.

Для получения хлористого водорода не на уроке можно еще пользоваться концентрированной соляной кислотой (уд. в. 1,19). Для этого кислоту нагревают или приливают к ней по каплям концентрированную серную кислоту (уд. в. 1,84).

В первом случае кислота наливается в колбу, которая закрывается пробкой с газоотводной трубкой и нагревается на водяной бане (в чашке и т. п.). Колба укрепляется на штативе. Опуская и поднимая колбу, можно регулировать ток газа. Газ можно пропускать через промывалку с концентрированной серной кислотой, чтобы его осушать и чтобы легче было следить за скоростью выделения газа.

Во втором случае кислота также помещается в колбу. Колба закрывается пробкой, в которую вставлена воронка с краном и газоотводная трубка. В воронку с краном наливается концентрированная серная кислота, которая приливается по каплям. Скорость выделения газа в последнем случае очень удобно регулировать. Газ, как и в первом случае, полезно пропускать через промывную склянку с концентрированной серной кислотой.

а) ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРИСТОГО ВОДОРОДА ДЛЯ ЛЕКЦИОННЫХ ОПЫТОВ

○ Устройство прибора для получения HCl действием серной кислоты на поваренную соль может быть такое же, как для получения хлора (см. стр. 209, рис. 131). Колбу можно взять на 500—600 мл. На конец воронки надеть маленькую пробирочку (см. т. I, стр. 250, рис. 276, в), чтобы конец воронки не закупорился солью. Можно взять воронку с краном (как на рис. 167),

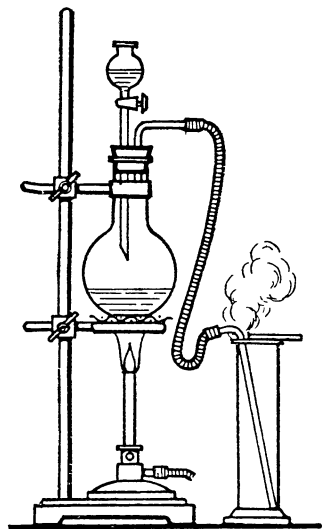


Рис. 167. Получение хлористого водорода.

но вполне возможно также обойтись и совсем без воронки, т. е. закрыть колбу пробкой с одной только газоотводной трубкой. Для приливания кислоты пробку нужно вынуть и прилить сразу необходимое количество кислоты, а именно на 60—70 г соли (две полные столовые ложки) следует взять 80—100 мл серной кислоты указанного выше разбавления. Под колбу непременно надо подложить сетку. Газоотводная трубка должна быть присоединена на достаточно длинной резиновой трубке (рис. 167).

Если опыт производится без предохранительной трубки, то необходимо удостовериться, что каучук хорошо пропускает газ, и следить за тем, чтобы он не перегибался.

Нагревать колбу надо осторожно, все время следя за током газа, и, если газ пойдет слишком бурно, нагревание на время прекращать.

Для сушения хлористого водорода присоединяют к прибору склянку Тищенко или другую какую-нибудь промывную склянку (см. т. I, стр. 256) с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84), но можно обойтись и без сушения.

При опыте с нашатырем, как уже сказано, вместо колбы можно взять и толстостенный сосуд. Воронка должна быть с краном (см. рис. 167 и т. I, стр. 248, 276, д и е), чтобы кислоту можно было приливать по каплям. Регулируя приток кислоты, можно регулировать ток газа. Нашатырь насыпается слоем в 3—4 см.

б) ОПЫТЫ С ХЛОРИСТЫМ ВОДОРОДОМ ПРИ ХОРОШЕЙ ТЯГЕ

○ 1. Хлористый водород тяжелее воздуха, дымит на воздухе, хорошо растворяется в воде и образует кислоту. Для опыта приготовить цилиндр для собирания газов (лучше побольше, 20—30 см высотой). Цилиндр прикрыть притертой стеклянной

пластинкой (лучше с вырезом, см. т. I, стр. 197) или куском толстого картона, проваренным в парафине или воске.

Опыт. Опустить в цилиндр газоотводную трубку от прибора для получения хлористого водорода (рис. 167) и пустить ток газа. Следить, чтобы выделение газа не было слишком бурное.

После того как из цилиндра начнется обильное выделение белого дыма (рис. 167) или после того как опущенная в цилиндр горящая лучинка будет гаснуть у самого отверстия цилиндра, выждать еще некоторое время, чтобы быть уверенным, что весь воздух из прибора и цилиндра вытеснен. Затем удалить из цилиндра газоотводную трубку и быстро прикрыть его притертой **стеклянной пластинкой** (смазывать ее не следует). Газоотводную трубку можно из первого цилиндра перенести в другой — такой же **запасной цилиндр**, на случай если с первым цилиндром опыт не удастся. Горелку гасить не нужно.

Наполненный цилиндр, не теряя времени, опустить отверстием вниз в ванну или чашку с **подкрашенной** фиолетовым или синим **лакмусом** водой и **быстро сдвинуть** прикрывающую отверстие цилиндра пластинку в сторону.

В цилиндр сейчас же с силой врывается вода и заполняет цилиндр доверху или, если в нем осталось немного воздуха, то почти доверху. Лакмус краснеет.

Если сдвинуть прикрывающее цилиндр стекло не сейчас же, как только цилиндр погружен в воду, то, благодаря случайно просочившимся в цилиндр нескольким каплям воды, в цилиндре образуется разреженное пространство. Стекло при этом так сильно прижимается к цилиндру, что потом его лишь с большим трудом удастся сдвинуть.

Если газ не сушить, то у первого, наполняемого хлористым водородом цилиндра стенки иногда покрываются росой вследствие влажности вытесняемого из колбы воздуха. Во втором цилиндре росы обыкновенно не образуется.

Вместо цилиндра для собирания хлористого водорода можно воспользоваться **склянкой**, которую закрыть пробкой. Открывать пробку под водой следует очень быстро (см. выше).

○ 2. Чтобы показать, что хлористый водород «дымит» только во влажном воздухе, приготовить **две материальные склянки** на 2—3 л. В одну из них налить немного концентрированной **серной кислоты** (уд. в. 1,84). Хорошо закрыв склянку, поворачивать ее таким образом, чтобы кислота смочила боковые стенки склянки, и затем оставить стоять до урока. В склянке будет находиться **сухой** воздух. В другую склянку налить немного **воды** и также закрыть.

Опыт. Предлагаемый опыт производится непосредственно после предыдущего. Газоотводную трубку прибора, через которую продолжает выделяться хлористый водород, опустить в

склянку, в которую до урока была налита концентрированная серная кислота. Внутри склянки никакого тумана не образуется. Перенести трубку в другую склянку, в которую была налита вода — в склянке образуется обильное количество тумана.

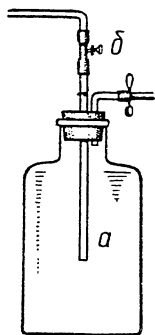


Рис. 168
Склянка для
опыта
с фонтаном.

○3. В дополнение к опыту 1 может быть продемонстрирован опыт с «фонтаном».

В склянку на несколько литров вставить хорошую резиновую пробку с двумя трубками, как на рисунке 168. За неимением свежей резиновой пробки можно взять корковую, но ее следует, углубив в горлышко склянки, залить слоем менделеевской замазки (см. т. I, стр. 235) или хотя бы парафином.

Трубку *a* лучше взять пошире (диаметр 7—8 мм и толще). Внутренний конец должен быть оттянут, но оттянутый конец нужно обрезать так, чтобы отверстие было около 1 мм диаметром. Вторая трубка может быть узкая. На концы стеклянных должны быть надеты резиновые трубки, а на них — зажимы винтовые, хорошие пружинные или деревянные (см. т. I, стр. 372).

Склянку можно наполнить хлористым водородом (см. стр. 246) заранее. Хлористый водород впускается через трубку *a*. Из склянки должен быть вытеснен по возможности весь воздух. Для этого сильную струю HCl нужно пропускать возможно дольше. Для испытания чистоты хлористого водорода можно присоединить к отводной трубке нетолстую трубку, которую опустить в стакан с водой. Если ток HCl не очень медленный, можно не опасаться того, что воду втянет в склянку. Если выходящие из трубки пузырьки газа нацело поглощаются водой, значит HCl чистый.

Тогда закрыть зажим на боковой трубке, сейчас же после этого — зажим *б* и немедленно вынуть из каучука газоотводную трубку, иначе в приборе может слишком сильно подняться давление.

Если зажимы винтовые, то можно сначала завинтить их не совсем, а затем быстро завинтить окончательно и сейчас же отделить газоотводную трубку прибора.

Опыт. Перевернуть склянку вверх дном и опустить трубку *a* вместе с резиновой трубкой в большую банку с водой. Открыть под водой зажим и погрузить склянку в воду почти до половины. Как только в склянку попадут первые капли

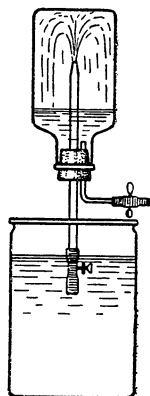


Рис. 169.
Опыт
с фонтаном.

воды, в склянке образуется разреженное пространство, вода с силой врывается в сосуд и бьет из конца трубки фонтаном. Сосуд тогда можно вынуть из воды, оставив в воде только конец трубки (рис. 169). Если же пробка плохая, то лучше оставить ее под водой.

Воду в банке можно предварительно подкрасить лакмусом, прибавив одну каплю слабого раствора щелочи.

В качестве сосуда для наполнения хлористым водородом можно воспользоваться круглодонной колбой на 1000—1500 мл, но не больше, так как *большая колба может лопнуть* от давления атмосферы. *Плоскодонной* колбой пользоваться *не следует*, так как плоскодонные колбы не могут выдерживать такого давления, как круглодонные.



Рис. 170. Наполнение склянки хлористым водородом для опыта с фонтаном.

Если ток хлористого водорода при наполнении склянки сильный и тяга хорошая, можно боковой отводной трубки не делать, а вставить пробку слегка, чтобы газ мог свободно выходить между пробкой и горлышком склянки (рис. 170).

Для того чтобы получить в склянке с HCl уменьшенное давление и фонтан начал бить сразу, можно в пробку вставить приготовленную из оттянутой трубочки и куска резиновой трубки, закрытого на конце стеклянной палочкой, пипетку (вроде глазной пипетки). Пипетка наполняется водой, на вытертый насухо кончик насаживается маленький шарик из мягкого воска, и пипетка вставляется в пробку

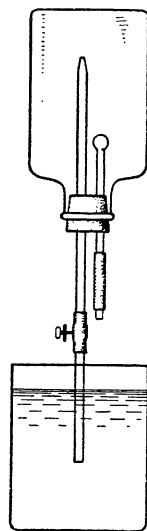


Рис. 171. Введение воды в склянку для опыта с фонтаном.

склянки для HCl (рис. 171). Для того чтобы вызвать фонтан, достаточно сильно сдавить каучук пипетки. Вода из пипетки поглощает большое количество HCl, и фонтан сразу же начинает бить.

Можно, наконец, воспользоваться приспособлением, изображенным на рисунке 172. Вода готовится в большой склянке, закрытой пробкой, с двумя трубками: одной, доходящей до дна склянки, другой, оканчивающейся у самой пробки. Трубку, доходящую до дна, соединить с трубкой *a* склянки, наполненной хлористым водородом, которую укрепить дном кверху на штативе над склянкой с водой. Ко второй газоотводной трубке ниж-

ней склянки присоединить каучук, через который, открыв зажим на прямой трубке верхнего сосуда, вдвухать воздух, пока вода не поднимется до верхнего сосуда и не начнет бить фонтаном. Вдвухать воздух можно при помощи резиновой груши (рис. 172) или просто ртом.

● 4. Для лабораторного опыта можно воспользоваться пробирками как для получения, так и для собирания хлористого водорода (рис. 173). Серная кислота берется разбавленная 3 : 2 (к 2 объемам воды прибавлено 3 объема концентрированной кислоты).

Если учащиеся сами разбавляют кислоту, то необходимо предупредить их, что *обращаться с серной кислотой надо очень осторожно*. Она может причинить *серьезные ожоги* и испортить платье.

Указать, что при разбавлении кислоты необходимо соблюдать правило: *приливать кислоту к воде, а не наоборот*, так как иначе кислота может сильно разбрызгиваться и попасть на руки и в лицо, что *крайне опасно*.

Отметить также, что в случае, если кислота все-таки попадет на тело, на платье или на стол, нужно прежде всего смыть ее большим количеством воды, а уж затем вытирать.

Опыт. Составить прибор (рис. 173) и поместить его *под тягу*.

Всыпать в пробирку *а* поваренной соли, сколько показано на рисунке (точками), и укрепить пробирку в зажиме штатива, придав ей наклонное положение, как на рисунке.

Приготовить в **стакане** или в чашке **воду**, в которую затем будет погружаться пробирка, наполненная хлористым водородом.

Прилить в пробирку *а* с поваренной солью серной кислоты, разбавленной в отношении 3 : 2, сколько показано на рисунке 173, и закрыть пробирку пробкой с газоотводной трубкой; конец последней опустить в сухую пробирку *б*, которую полезно прикрыть кусочком бумаги, сделав в ней выемку для трубки, и начать слегка подогревать пробирку *а*, в которой идет реакция.

Когда над пробиркой появится обильный «дым», вынуть газоотводную трубку из пробирки *б*, для чего медленно поднять штатив с пробиркой *а* и горелкой и после этого прекратить нагревание пробирки *а* (если вынимать газоотводную трубку слиш-

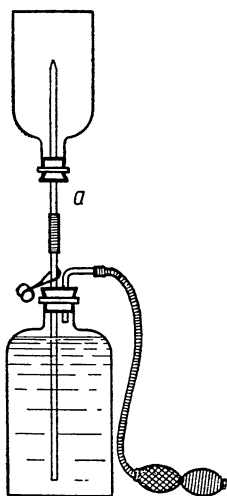


Рис. 172. Введение воды в склянку с хлористым водородом при помощи резинового баллона.

ком быстро или при недостаточном токе газа, в пробирку б попадает воздух).

Сейчас же снять с пробирки б бумажку, быстро закрыть отверстие пробирки большим пальцем и, перевернув ее, погрузить закрытый конец в приготовленную чашку (или в стакан) с водой.

Открыть пробирку под водой. Если собран чистый хлористый водород, вода заполнит всю пробирку.

Когда вода в пробирке прекратит подниматься, снова закрыть пробирку (под водой), вынуть из воды и влить немного фиолетового или синего раствора лакмуса.

Часть раствора из пробирки можно сильно разбавить водой и попробовать на язык.

5. Для того чтобы ярче иллюстрировать растворимость хлористого водорода в воде, лабораторный опыт с фонтаном может быть поставлен в пробирке (Крылов).

В хорошо подобранную к обычной пробирке пробку вставляется оттянутая на конце трубочка (рис. 174). Можно взять трубочку от глазной пипетки, которую легко достать в аптеке.

Опыт. Пробирку, к которой подобрана пробка со вставленной (рис. 174) оттянутой трубочкой, поместить в стойку для пробирок или укрепить на штативе вертикально.

Приготовить стакан (чайный), наполненный почти доверху водой, которую подкрасить фиолетовым или синим лакмусом.

Воспользовавшись приборчиком для получения хлористого водорода, описанным выше (опыт 4, стр. 250 и рис. 173), наполнить пробирку хлористым водородом.

Когда из отверстия пробирки сильно пойдет дым, медленно вынуть из нее приводящую газ трубку и сейчас же вставить приготовленную пробку с оттянутой трубочкой. После этого сейчас же закрыть наружный конец трубочки пальцем.

Не отнимая пальца, погрузить трубку про-

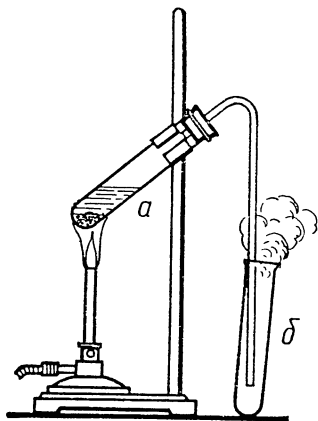


Рис. 173. Лабораторный опыт получения хлористого водорода.

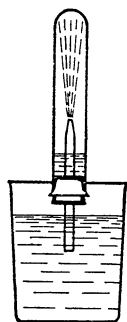


Рис. 174. Фонтан в пробирке.

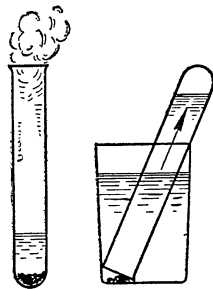


Рис. 175. Растворение хлористого водорода в воде.

бирки с хлористым водородом в стакан с водой, подкрашенной лакмусом, насколько возможно глубоко, и отнять палец.

Вода устремляется в пробирку и бьет фонтаном (рис. 174).

● 6. Если почему-либо нельзя соорудить указанные приборчики, опыт можно проделать следующим на и более упрощенным способом. В пробирку положить немного поваренной соли и прилить серной кислоты. Когда из отверстия пробирки пойдет сильный дым, быстро опрокинуть пробирку в стакан с водой. Пробирка почти доверху наполняется водой (рис. 175). Для сравнения проделать то же, взяв только серную кислоту.

в) ОПЫТЫ С ХЛОРИСТЫМ ВОДОРОДОМ ПРИ ПЛОХОЙ ТЯГЕ ИЛИ БЕЗ ТЯГИ

Хлористый водород гораздо менее вреден для дыхания, чем хлор, но все же следует остерегаться выпускать его на воздух в больших количествах. При плохой тяге для опытов с хлористым водородом следует прежде всего присоединить к прибору для получения газа **предохранительную трубку** (рис. 176), погруженную в высокий цилиндр. На дно цилиндра необходимо налить немного ртути, в которую погружался бы конец предохранительной трубки, а сверх ртути — воды. Можно вместо этого надеть на конец погруженной в воду трубки **бунзеновский клапан**, т. е. кусок резиновой трубки с продольным прорезом, закрытый на конце стеклянной палочкой (рис. 177). Прорез в трубке делается длиной около 2 см острым ножом, который следует смочить и смазать мылом. Трубка при этом надевается на деревянную палочку или на карандаш.

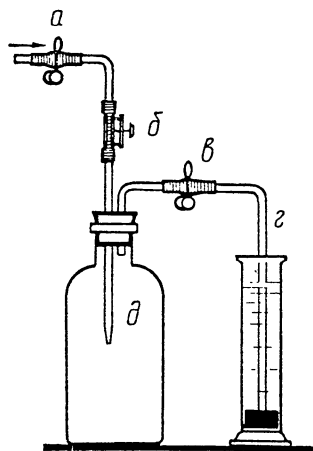


Рис. 176. Наполнение склянки хлористым водородом.

При закрывании газоотводной трубки при помощи пружинного, винтового или деревянного (см. т. I, стр. 372) **зажима** выделяющийся газ будет выходить через предохранительную трубку и поглощаться водой. Можно выпускать избыток газа в трубку, выведенную за окно (см. стр. 217).

Для приливания серной кислоты следует взять воронку с краном или совсем не вставлять воронку (см. выше).

○ 1. Для наполнения сосуда на уроке вместо цилиндра (см. стр. 246) удобнее взять **склянку**, так как к ней легче подобрать пробку. В склянку вставляются две трубки, как на рисунке 176.

Если предполагается показать опыт с фонтаном, то трубка δ должна быть оттянута на конце, как указано выше (стр. 248). Для поглощения избытка HCl служит цилиндр с водой и со слоем ртути на дне, в который опущена трубка z . Вместо того чтобы наливать в цилиндр ртуть, можно на конец трубки z надеть бунзеновский клапан (см. рис. 177).

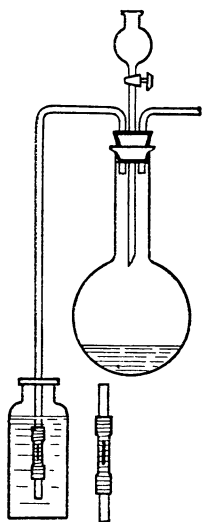


Рис. 177. Применение бунзеновского клапана при растворении хлористого водорода в воде.

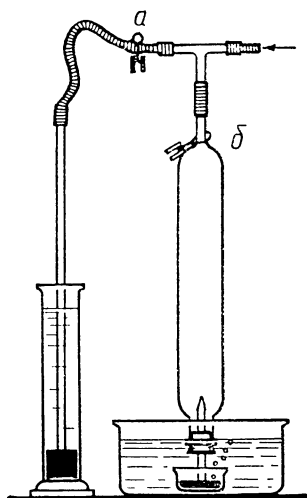


Рис. 178. Прибор для демонстрации растворимости хлористого водорода в воде без тяги.

Когда склянка наполнится газом, закрыть зажимы a , b и v и отделить склянку от прибора.

Опыт. Наполнив склянку, можно затем либо проделать опыт с фонтаном, как указано выше, либо, вынув пробку с трубками, закрыть склянку стеклянной пластинкой или куском картона и, опустив горлом вниз в чашку с подкрашенной лакмусом водой, сдвинуть стекло или картон, как при опыте с цилиндром (см. выше).

Можно для опыта с фонтаном заготовить большую склянку до урока, на уроке же наполнить небольшую склянку и показать до опыта с фонтаном описанный более простой опыт (б), демонстрирующий большую растворимость HCl .

После наполнения склянки хлористым водородом нельзя гасить горелку под колбой при закрытом зажиме на конце газо-

отводной трубки, так как иначе в колбу при охлаждении втянет жидкость из цилиндра. Погасив горелку, следует через некоторое время открыть зажим. После того как колба остынет, можно снова закрыть зажим и наполнить колбу доверху водой через воронку, чтобы удалить оставшийся в ней хлористый водород.

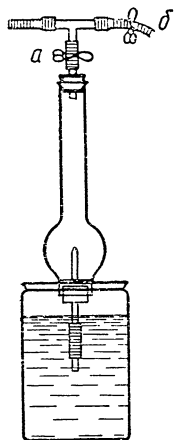


Рис. 179. Упрощение прибора, изображенного на рисунке 178.

Можно также сразу же, как только сосуд с хлористым водородом отделен, присоединить к газоотводной трубке колбы склянку Тищенко (но не обыкновенную промывную склянку, см. т. I, стр. 265) с водой и погасить горелку.

Описанным выше способом вполне возможно производить опыт совсем без тяги.

○ 2. Другой прием собирания хлористого водорода HCl , аммиака NH_3 и т. п. без тяги (рис. 178) состоит в следующем.

Ток хлористого водорода пускается при открытом зажиме б и закрытом зажиме а в изображенный на рисунке сосуд, проходит через слой ртути, налитой в чашечку, поставленную в сосуд с водой. Вода поглощает избыток хлористого водорода. Когда выходящие через ртуть пузырьки газа начнут полностью поглощаться водой, открывається зажим а и закрывается зажим б, направляющий газ в предохранительный цилиндр, как на рисунке 178, или в склянку Тищенко (см. т. I, стр. 256) с водой. Если теперь приподнять сосуд с газом так, чтобы конец трубочки оказался в воде, вода врывается в сосуд и бьет фонтаном.

Поднимать сосуд с газом нужно быстро и держать конец трубки подальше от ртути, иначе ртуть засасывает в трубку.

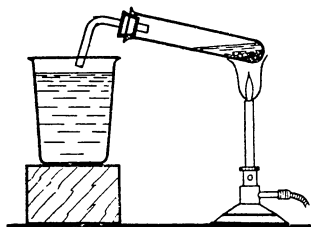


Рис. 180. Растворение хлористого водорода в воде (1).

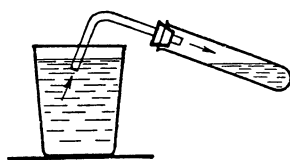


Рис. 181. Растворение хлористого водорода в воде (2).

Воду лучше брать кипяченую, чтобы из нее не выделялся воздух.

Трубку, изображенную на рисунке, приходится заказывать. Вместо нее можно воспользоваться большой делительной воронкой.

На рисунке 179 изображен такой же прибор, приготовленный из лампового стекла. Пробки должны быть резиновые или корковые, залитые менделеевской замазкой.

Вместо того чтобы погружать отводящую трубку в ртуть, на нее можно надеть бунзенский клапан (см. стр. 252), который после наполнения лампового стекла хлористым водородом снимается под водой. Вода врывается в сосуд и бьет фонтаном.

● 3. На лабораторном уроке можно дать учащимся проделать опыт следующим образом: в пробирку с короткой газоотводной трубкой (рис. 180) помещается поваренная соль, наливается серная кислота 3 : 2, пробирка при помощи держалки или взятого от штатива зажима держится в положении, как на рисунке, и нагревается. Конец газоотводной трубки должен быть у самой поверхности налитой в стакан воды.

Выделяющийся хлористый водород почти нацело поглощается водой. В стакане видны струйки раствора, опускающиеся книзу. Полезно окрасить воду в стакане синим лакмусом.

Под конец можно быстро опустить трубку в воду (рис. 181) и прекратить нагревание. Как только пробирка начнет остывать, вода постепенно втягивается в трубку и, наконец, с силой врывается и заполняет всю пробирку, что совершенно безопасно.

Опыт можно производить без тяги.

9. Получение соляной кислоты сульфатным способом

○ 1. Для получения соляной кислоты можно воспользоваться прибором, изображенным на рисунке 182. Размеры прибора зависят от количества кислоты, которое желательно получить.

В склянки *A*, *B* и *B* наливается вода в таких количествах, как показано на рисунке 182. Трубки *a* и *б* не доходят до воды примерно на 1 см. Трубка *в* погружается в воду меньше чем на 1 см. В колбе нагревается поваренная соль с серной кислотой.

Хлористый водород поглощается главным образом в склянке *A*. Видны струйки бегущего вниз раствора. В склянке *B* поглощение хлористого водорода идет также только поверхностью раствора, но слабее. В склянке *B* поглощается

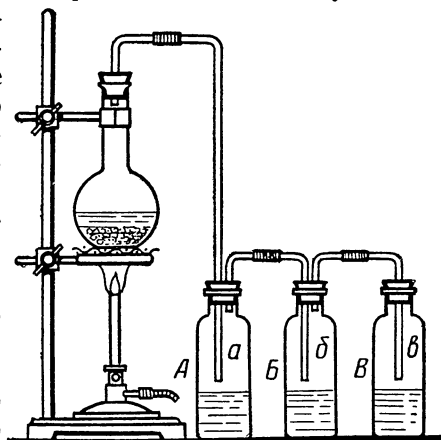


Рис. 182. Получение соляной кислоты в лаборатории (1).

хлористый водород, не поглотившийся в первых двух склянках.

В случае ослабления тока хлористого водорода в колбе воду из склянки *В* может пересосать только в склянку *Б*, но не в колбу. Поэтому надо, чтобы трубка в склянке *В* была погружена в воду не больше чем на расстояние от конца трубки *б* до поверхности воды в склянке *Б*.

Опыт. Поместить прибор под тягу. Насыпать в колбу поваренной соли (около $\frac{1}{3}$). Прилить серной кислоты примерно до $\frac{1}{2}$ колбы. Кислоту взять разбавленную 3 : 2, как указано на странице 244.

Нагреть колбу и наблюдать, чтобы выделение хлористого водорода шло равномерно. Когда поглощение хлористого водорода в склянке *В* прекратится, прекратить нагревание, отделить трубку от колбы и произвести с полученной соляной кислотой описанные ниже опыты.

Если необходимо получить большое количество концентрированной соляной кислоты до урока, то проще всего воспользоваться 2—3 склянками Тищенко для промывания газов (см. т. I, стр. 267), соединенными между собой и наполненными до половины водой.

● 2. При лабораторном опыте можно воспользоваться тем же прибором, но колбу взять на 250 мл, скляночки *А* и *Б* на 100 мл.

Количество поваренной соли предложить учащимся взять по расчету, исходя из заданного количества воды, которую желательно насытить хлористым водородом.

● ● 3. Более простой прибор для получения соляной кислоты, в котором невозможно пересасывание воды в колбу, где получается хлористый водород, изображен на рисунке 183.

Прибор состоит из колбы на 250 мл, изогнутой трубки и присоединенной к ней резиновой вороночки, погруженной в стакан, в который на $\frac{1}{3}$ налита вода.

Вороночка погружается в воду лишь на очень небольшую глубину. Если вода начнет подниматься в вороночке кверху,

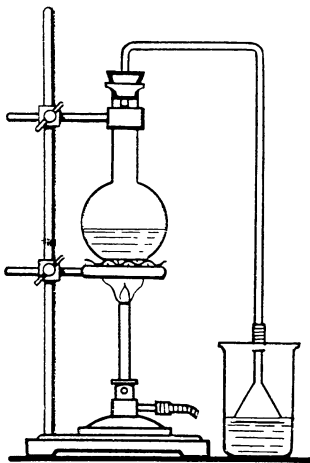


Рис. 183. Получение соляной кислоты (2).

в нее вскоре же начинает засасываться воздух. Таким образом вода в колбу попасть не может.

Опыт с этим прибором следует проводить под тягой.

Опыт проводится так же, как и опыт 1 (стр. 255).

○ 4. Для иллюстрации принципа противотока можно соорудить прибор, изображенный на рисунке 184.

В колбе *a* получается хлористый водород действием немного разбавленной серной кислоты на поваренную соль (стр. 244).

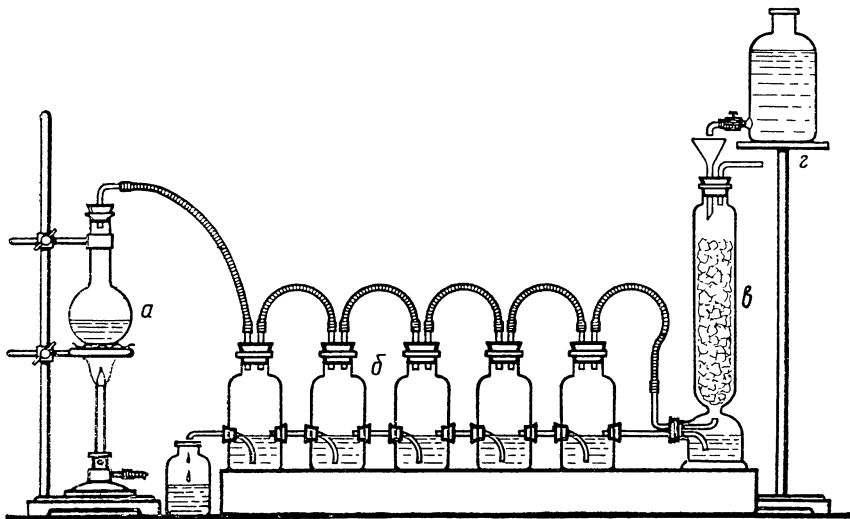


Рис. 184. Модель завода соляной кислоты (1).

Хлористый водород поступает в ряд баночек *б* — поглотительных сосудов, соединенных между собой сверху широкими резиновыми трубками, как показано на рисунке. Последняя трубка присоединяется к нижней части колонки — поглотительной башни, наполненной кусками стекла, черепками фарфора или мелкими камешками, на которые не действует соляная кислота.

Из склянки *г* в колонку поступает по каплям вода, перетекающая затем через ряд баночек *б*. Вода течет навстречу току газов, превращаясь постепенно во все более и более концентрированный раствор хлористого водорода — соляную кислоту.

Из последней баночки готовая кислота вытекает в подставленную склянку.

Баночки соединяются между собой при помощи стеклянных трубочек, вставленных на резиновых пробочках или кусочках

резиновой трубки в просверленные в баночках отверстия. Жидкость движется из баночки в баночку по принципу сообщающихся сосудов.

Чем больше насыщен раствор хлористым водородом, тем больше удельный вес раствора. Поэтому образовавшийся на поверхности жидкости в баночках раствор опускается вниз. Следовательно, выгоднее чтобы в каждую баночку перетекала более концентрированная кислота из нижней части предыдущей баночки. С этой целью стеклянные трубки, соединяющие баночки,

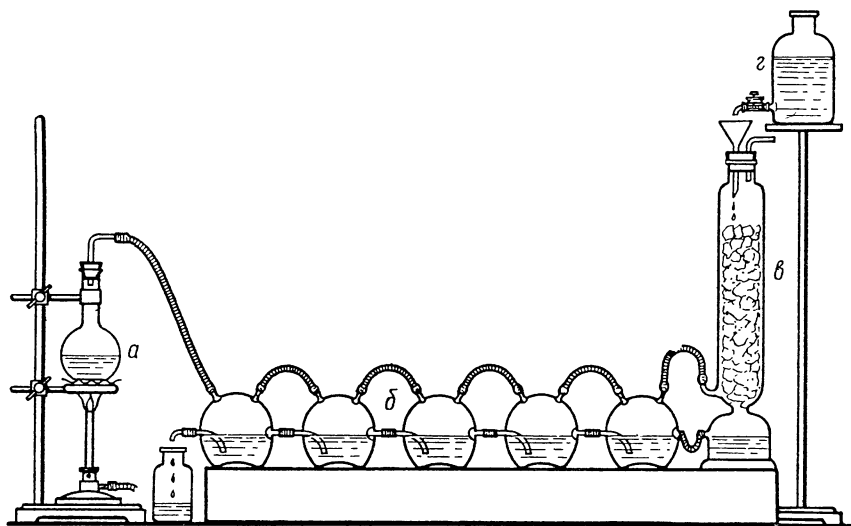


Рис. 185. Модель завода соляной кислоты (2).

выгнуты соответствующим образом, как показано на рисунке.

Наибольшую трудность при сооружении прибора представляет просверливание отверстий в стекле. Однако эта трудность не так велика, как кажется с первого взгляда. Отверстия при некотором запасе терпения можно просверлить вручную при помощи небольшого, хорошего напильника — трехгранного или круглого.

У напильника следует отломить плоскогубцами или отбить кончик, чтобы получить острые края, лучше берущие стекло. Быстрее всего сверлить стекло, смачивая конец напильника 10% раствором камфары в скипидаре (см. т. I, стр. 185). Скипидар лучше перегнать и взять фракцию с температурой кипения не

выше 156° . Вращая напильник, прижатый концом к стеклу, справа налево и обратно, легко заметить, при каком наклоне напильник сверлит стекло лучше всего. После того как конец напильника начнет проходить насквозь (через 5—8 мин), нажим следует уменьшить и сверлить очень осторожно, чтобы стекло не дало трещины.

Когда отверстие сделано, края его выравниваются при помощи смоченного раствором камфары в скипидаре **круглого напильника** и размер отверстия подгоняется к имеющейся пробке.

Раствор камфары в скипидаре поразительным образом изменяет сопротивление поверхности стекла, и стекло обрабатывается напильником легче, чем железо.

Можно просверлить стекло и без раствора камфары в скипидаре, если сверлить под водой (в тазу, в ведре и т. п.) или в струе воды под краном. Работа идет несколько медленнее, чем с указанным выше раствором, но все же легко выполняема.

Значительно быстрее идет сверление при помощи латунной трубки и порошка карборунда или наждака. Этот способ обычно применяется для сверления толстого стекла, но если есть соответствующие приспособления, то этим же способом можно воспользоваться и в данном случае.

Прибор заполняется водой заранее. Поваренная соль помещается в колбу также до демонстрации опыта.

Опыт. Прилить в колбу серной кислоты, разбавленной в отношении 3 : 2. Когда соль пропитается кислотой, начать нагревание колбы.

Обратить внимание учащихся на струйки раствора хлористого водорода, опускающиеся вниз, сначала в первой баночке, затем во второй и т. д.

Медленный ток воды пустить только через некоторое время, когда в первой баночке получится более или менее концентрированный раствор.

Можно подкрасить воду **синим лакмусом** и наблюдать, как покраснение лакмуса постепенно распространяется от баночки к баночке.

Раствор, вытекающий из последней баночки, можно испытать **раствором азотнокислого серебра AgNO_3** (см. ниже) на ионы хлора.

Вместо того чтобы нагревать в колбе *a* поваренную соль с серной кислотой, можно приливать по каплям концентрированную серную кислоту к сухому хлористому аммоний NH_4Cl (стр. 244).

10. Получение соляной кислоты синтетическим способом

Для демонстрации получения соляной кислоты синтетическим способом можно использовать прибор, изображенный на рисунке 186. Детали прибора, который назван упрощенной действующей моделью, указаны на рисунке 186.

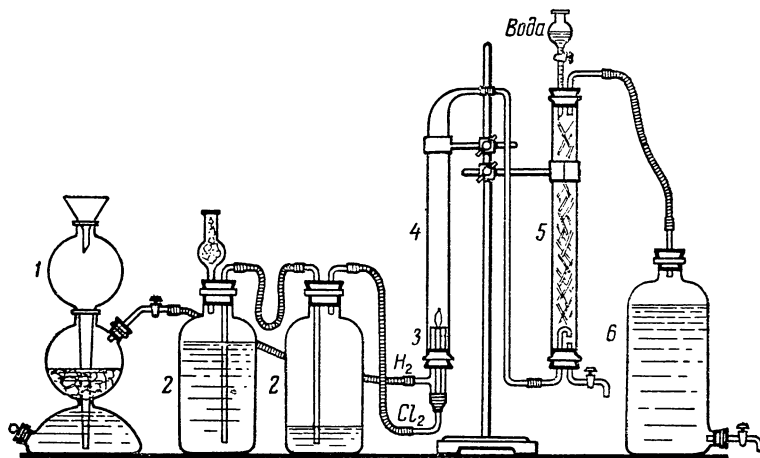


Рис. 186. Упрощенная действующая модель производства соляной кислоты синтетическим способом.

Водород получается в аппарате Киппа. Хлор лучше всего брать из газометра, так как это обеспечивает его равномерный ток и дает возможность регулировать. Для хранения хлора может быть использован и обычный газометр. Следует лишь вместо воды взять насыщенный раствор поваренной соли во избежание взаимодействия хлора с водой. На нашем рисунке дан газометр, устроенный по принципу сообщающихся сосудов. Для обеспечения нормальной работы газометра необходимо следить за тем, чтобы вода в сифоне не прерывалась.

Описание горелки дано выше, на странице 225. В качестве аспиратора может быть использован обычный газометр. Для этого достаточно в пробку нижнего тубулуса вставить кран. Прибор, в котором нужно создать тягу или который требуется проверить на герметичность, присоединяется к крану верхнего тубулуса газометра. Кран воронки газометра при использовании его в качестве аспиратора должен быть закрыт.

○ **Опыт.** Горелка, закрепленная в зажиме на штативе, перед опытом вынимается из камеры для сжигания хлора и устанавливается рядом с ней. Сначала подается **водород**, проверяется

на чистоту и поджигается. Пламя горящего водорода проверяется синей лакмусовой бумажкой, смоченной водой (на отсутствие хлористого водорода).

Затем из газометра пускается ток хлора, сначала слабый, постепенно усиливая его. Обращается при этом внимание учащих-ся на изменение окраски пламени и доказывается посредством той же синей лакмусовой бумажки образование хлористого водорода.

После этого открывается aspirатор и горелка с горящим хлором вместе с зажимом и муфтой осторожно поворачивается на штативе и вводится в камеру для сжигания хлора. Сразу же после этого пускается очень маленькой струйкой или даже отдельными каплями вода в поглотительную колонку.

Для того чтобы вода не заливала трубку, по которой поступает в колонку хлористый водород, конец ее выводится на 5—7 см выше уровня пробки и загибается отверстием вниз.

В отличие от этого конец отводного крана внутри колонки должен быть на уровне пробки, чтобы обеспечить полное стекание полученной соляной кислоты.

При прекращении опыта рекомендуется сначала выключить ток хлора, а затем уже ток водорода. Это дает возможность избежать загрязнения кислоты хлором. Из этих же соображений и в производстве соляной кислоты подается избыток водорода.

Далее закрывается кран aspirатора и прекращается подача воды в поглотительную колонку.

В конце опыта обязательно следует взять пробу из поглотительной колонки и показать учащимся наличие соляной кислоты. Достаточно нескольких минут горения хлора, чтобы обнаружить довольно обильный осадок хлористого серебра.

11. Реакции соляной кислоты

●● **Опыты.** 1. Реакции с металлами. К помещенным в бокалы, стаканы или пробирки (при лабораторном опыте) небольшим количеством магния в виде кусочков ленты или в порошке (*magnesium metallicum in laminis* или *pulvis*), гранулированного цинка (*zincum metallicum granulatum* или *in bacillis*) и железа (гвозди, опилки) прилить соляной кислоты уд. в. 1,12 или более слабой. Происходит энергичное выделение водорода.

2. Образование осадка с азотнокислым серебром. В два бокала или стакана налить понемногу слабого (2—3%) раствора азотнокислого серебра AgNO_3 ¹ (ляпис, argen-

¹ Если приходится растворять ляпис в недистиллированной воде и при растворении образуется осадок хлористого серебра, то последний надо отфильтровать.

tum nitricum crust. или fusum) и прибавить в один стакан разбавленной соляной кислоты HCl , в другой — раствор **поваренной соли** NaCl (natrium chloratum).

Осадок от соляной кислоты можно **отфильтровать** и оставить на свету до следующего урока. Осадок темнеет (вначале лиловеет) вследствие разложения соли с выделением серебра.

Можно также промыть осадок раза два водой, вынуть его вместе с фильтром и, разложив фильтр на листе бумаги, разровнять осадок роговой **ложкой** и т. п., чтобы он лежал более или менее ровным слоем. На середину слоя можно положить какой-нибудь непрозрачный предмет, например **монету**, и выставить на свет. На следующий день осадок под монетой остается светлым, а кругом темнеет.

К осадку от поваренной соли, не фильтруя его, можно прибавить раствор какого-нибудь фотографического **проявителя** (хотя бы продаваемого в патронах). Осадок сразу же чернеет.

● 3. Реактив на соляную кислоту и ее соли. Лабораторная работа может быть поставлена как работа исследовательского характера.

Опыты: 1) Налить в пробирки понемногу разбавленных растворов кислот: соляной HCl , азотной HNO_3 , серной H_2SO_4 , уксусной $\text{H}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (серная кислота должна быть достаточно разбавлена, так как серносеребряная соль малорастворима; необходимо предварительно проверить приготовленный раствор).

Во все пробирки прибавить понемногу раствора **азотносеребряной соли** AgNO_3 (см. выше).

Осадок образуется только в пробирке с соляной кислотой.

2) Налить в пробирки понемногу растворов различных солей, например: NaCl , Na_2SO_4 , BaCl_2 , Na_2CO_3 , Na_3PO_4 , CuSO_4 , FeCl_3 .

Во все пробирки прилить понемногу раствора **азотнокислого серебра**.

В каких случаях образовались осадки? Написать равенства реакций, подчеркнуть формулы веществ, образовавших осадки (AgCl , Ag_2CO_3 , Ag_3PO_4 , может быть, при достаточной концентрации, Ag_2SO_4).

Из всех пробирок, где образовались осадки, слить с осадка часть раствора и прибавить раствор **азотной кислоты**.

Какие осадки вступили в реакцию с азотной кислотой с образованием растворимых соединений и какие нет? (Растворились все осадки, кроме AgCl .) Написать равенства реакций. Вывод: AgNO_3 — реактив на соляную кислоту и ее соли.

После этого учащиеся на каждую группу могут быть выданы по 3—4 пробирки с неизвестными для них растворами (например, NaCl , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , KNO_3). Пробирки должны быть пронумерованы, причем в каждом наборе должен быть раствор, содержащий ионы Cl^- , в виде NaCl или KCl , но под разными номерами.

Каждая группа должна открыть, в которой из пробирок находится соль соляной кислоты или соляная кислота. Для обнаружения последней требуется дополнительное испытание раствором лакмуса.

Кроме того, желательнее показать учащимся, что при помощи азотнокислого серебра могут быть открыты ничтожные количества хлористых металлов в природной воде или в искусственно приготовленных растворах.

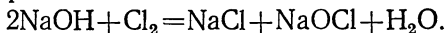
Можно к дистиллированной или кипяченой воде прибавить несколько капель раствора поваренной соли — столько, чтобы на вкус соленость не была заметна, дать учащимся попробовать несколько образцов воды на вкус (см. стр. 117), а затем в одном из них обнаружить присутствие хлористых металлов при помощи раствора азотнокислого серебра AgNO_3 .

12. Получение белильных солей

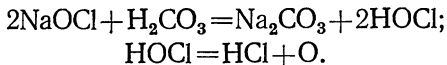
● ● Для опыта нужен раствор едкого натра NaOH или едкого кали KOH (*natrium* или *kalium oxydatum hydricum*) 1 : 10 и прибор для получения хлора (см. стр. 209). Опыт производится под тягой или с отведением избытка хлора за окно (см. стр. 217).

Опыт. Поместить 50 мл раствора NaOH (или KOH) в химический стакан или колбу, которую поставить в холодную воду. Пропускать через раствор ток хлора около 5 мин.

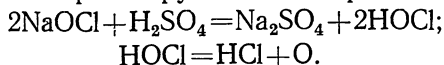
Происходит реакция:



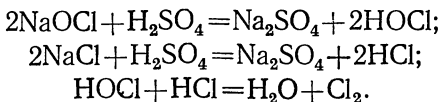
Опущенная в раствор лакмусовая бумажка не обесцвечивается, но если ее вынуть из раствора и предоставить действовать на нее углекислому газу воздуха, то вследствие разложения образующейся хлорноватистой кислоты выделяется свободный кислород, который бумажку обесцвечивает:



То же, но гораздо быстрее происходит, если, опустив в раствор бумажку, прилить к раствору немного серной кислоты:

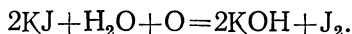


Можно перед приливанием кислоты прилить раствор лакмуса или индиго. При этих опытах наблюдается сильное выделение хлора, объясняющееся следующими реакциями:



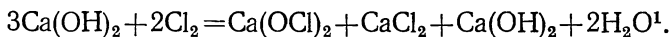
Можно показать также действие полученной «белильной жидкости» на чернила (предварительно испытать, так как не всякие чернила обесцвечиваются) и окрашенные ткани (также испытать). Раствор $\text{NaOCl} + \text{NaCl}$ называется *лаборракова вода* (по фамилии Лаборрак), раствор $\text{KOCl} + \text{KCl}$ (способ получения тот же самый) называется *жавелевая вода* или *отжавель* (от французского «Eau de Javelle» или «Eau de Javel»; Javel — местечко около Парижа, где впервые стали добывать эту белильную соль).

Окисляющее действие выделяющейся хлорноватистой кислоты можно иллюстрировать также на окислении раствора **йодистого калия** KJ (*kalium iodatum*) — выделение йода:



13. Получение хлорной (белильной) извести

●● *Опыт.* Наполнить хлором (см. стр. 209, 213 и сл.) материальную склянку с притертой или подогнанной корковой пробкой. Всыпать ложку порошкообразной **гашеной извести** $\text{Ca}(\text{OH})_2$, закрыть склянку пробкой и встряхивать в ней известь. Цвет хлора постепенно пропадает, а известь делается влажной и начинает прилипать к стенкам склянки, так как при реакции выделяется вода:



14. Окисляющее действие хлорной извести

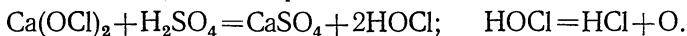
●● Опыт имеет целью показать, что раствор хлорной (белильной) извести белил только в присутствии какой-нибудь кислоты, хотя бы угольной. При действии кислот происходит двойное разложение, причем выделяется свободная хлорноватистая кислота, которая, разлагаясь, выделяет кислород. Кислород же в момент выделения производит белящее действие.

Опыт. Всыпать в стакан с теплой водой ложку **белильной извести** $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (*calcaria chlorata*), взболтать **стеклянной палочкой** и **профильтровать** (лучше через **плоский фильтр**, см. т. I, стр. 354) в другой стакан или колбу. К отфильтрованной жидкости прибавить немного синего раствора **лакмуса** и жидкость раз-

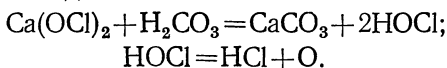
¹ По новейшим исследованиям при этой реакции получается не соль $\text{Ca} \begin{cases} \text{Cl} \\ \text{OCl} \end{cases}$, как раньше думали, а $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ и основной хлористый кальций $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, который в противоположность средней соли CaCl_2 не гигроскопичен.

лить в **два бокала** или стаканчика поровну. Раствор остается синим.

В один бокал прибавить немного **серной кислоты** H_2SO_4 (1:5). Цвет лакмуса сейчас же пропадает, получается осадок сернокислого кальция CaSO_4 :



В другой бокал через стеклянную трубку пропускать из соответствующего прибора (см. ниже) **углекислый газ** (можно выдыхаемый воздух). Жидкость мутится от образующейся углекальциевой соли, причем сначала краснеет вследствие выделения хлорноватистой кислоты, а затем обесцвечивается (делается светло-желтой) вследствие окисления:



Хранить белильную известь следует хорошо закрытой и в темноте.

15. Получение бертолетовой соли

● ● 1. Пропусканием хлора в раствор едкого кали. Приготовить концентрированный раствор едкого кали KOH (*kalium oxudatum hydricum in bacillis*) приблизительно 1:3. Для этого взвесить 3—4 палочки едкого кали, поместить в фарфоровую ступку и пестиком разломать на кусочки длиной в 1—3 см. Щипцами перенести кусочки в колбу (см. т. I, стр. 176), прилить соответствующее количество воды (отмерить при помощи мензурки) и растворить едкое кали, взбалтывая жидкость в колбе.

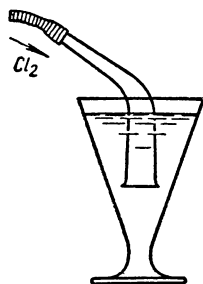


Рис. 187. Получение бертолетовой соли (1).

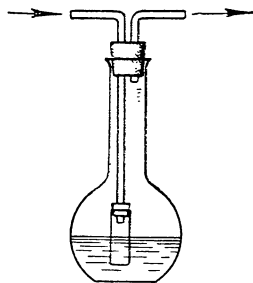


Рис. 188. Получение бертолетовой соли (2).

Для получения бертолетовой соли в нагретый раствор едкого кали пропускается хлор. Из раствора выпадают кристаллы бертолетовой соли. Чтобы выделяющиеся кристаллы не закупорили трубки, приводящей хлор, ее следует взять возможно широкую, не менее 1 см диаметром. Удобнее всего воспользоваться аллонжем, как на рисунке 187 (см. т. I, стр. 375).

Опыт. В бокал или стакан налить 30—40 мл предварительно нагретого в колбочке почти до кипения приготовленного раствора

едкого кали. Поместив бокал в **вытяжной шкаф**, пропускать в него через присоединенный к какому-либо **прибору для получения хлора** (см. выше) аллонж не слишком сильного тока хлора. Минут через 5 выделяется уже достаточное количество кристаллов бертолетовой соли, ясно видное учащимся:



Раствор вместе с осадком можно перелить в **колбочку**, закрыть **пробкой** и показать учащимся.

При лабораторном уроке можно производить опыт в пробирке или лучше в колбочке, чтобы током хлора не могло выплеснуть жидкость.

Если тяга плохая, то опыт следует производить в колбочке, закрытой пробкой, в которую вставлены две трубки, одна с припаянным или присоединенным на пробке куском более широкой трубки (см. рис. 188) для впускания хлора, другая для выведения избытка хлора. Хлор можно пропускать в погложительный прибор или за окно (см. стр. 217).

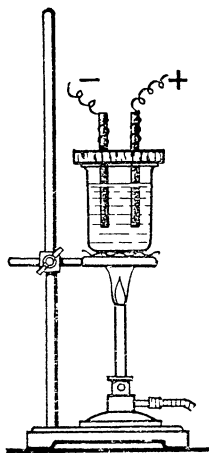


Рис. 189. Получение бертолетовой соли электролизом.

● 2. Электролитическим способом. Для опыта следует приготовить насыщенный **раствор хлористого калия** KCl (kalium chloratum) и отвесить 5 г едкого кали KOH (kalium oxydatum hydricum).

Опыт. В химический **стакан** емкостью в 100—150 мл налить 60 мл насыщенного раствора хлористого калия (отмерить **мензуркой**) и при помощи **щипцов** перенести в раствор 5 г едкого кали. **Стакан** поместить на большое кольцо штатива, подложив сетку (рис. 189). Нагреть раствор до 75° и опустить в него угольные электроды (см. стр. 239), соединенные проводами с цепью из 4—5 аккумуляторов. Температуру контролировать **термометром**. При электролизе раствора KCl на катоде образуется KOH , а на аноде выделяется Cl_2 , которые, реагируя между собой, образуют KClO_3 . Для ускорения опыта KOH прибавляется заранее. Через 8—10 мин выпадают кристаллы бертолетовой соли KClO_3 .

16. Свойства бертолетовой соли

а) РАЗЛОЖЕНИЕ НАГРЕВАНИЕМ

Опыт был уже описан выше, на страницах 55—57, там же и латинское название бертолетовой соли.

б) ВЗРЫВ СМЕСИ БЕРТОЛЕТОВОЙ СОЛИ С КРАСНЫМ ФОСФОРОМ

○ **Опыт.** Для опыта можно брать *только самые небольшие количества бертолетовой соли KClO_3 и красного фосфора (phosphorus amorphus)*: бертолетовой соли на кончике ложечки и вдвое меньше фосфора. Оба вещества поместить на кусочек бумаги и осторожно перемешать **лучинкой** (не растирать!). Затем пересыпать смесь в небольшой (около 3×3 см) пакетик, сложенный из бумаги наподобие того, как складываются аптечные пакетики для порошков, или склеенный. Смесь должна лежать в пакетике плотной кучкой (рис. 190, пунктир). Закрывать пакетик не следует и вообще с ним нужно обращаться *очень осторожно*, чтобы взрыв не произошел в руках.

Поместить пакетик на **наковальню**, утюг (см. т. I, стр. 378) и т. п. и ударить **молотком** (рис. 190). Происходит оглушительный взрыв. Бумага разрывается в клочки.

Для каждого вещества должна быть **особая ложечка** или лопаточка.

Брать сколько-нибудь значительное количество обоих веществ весьма опасно. Необходимо предостеречь учащихся от повторения опыта, так как это может кончиться большим несчастьем.

Бертолетову соль лучше брать в виде мелкого порошка. Фосфор должен быть сухой (см. главу XV «Фосфор», стр. 401).

в) ВЗРЫВ СМЕСИ БЕРТОЛЕТОВОЙ СОЛИ С СЕРОЙ

○ **Опыт.** В большую фарфоровую ступку (не чашку) бросить *ничтожное количество* (несколько кристалликов) **бертолетовой соли KClO_3** и такое же количество **серы в порошке** (см. т. I, стр. 422). Оба вещества удобнее всего разбросать в виде кружка на расстоянии 5—8 см от центра ступки.

При трении пестиком с небольшим нажимом происходит целый ряд довольно громких взрывов.

Опыт также требует *большой осторожности*. Лучше даже обернуть на всякий случай руку полотенцем. Это будет полезно и по педагогическим соображениям.

Необходимо указать учащимся на опасность описанного опыта и предостеречь их от повторения.

В литературе зарегистрирован случай, когда взятых «на кончике ножа» (очевидно, большого) веществ оказалось достаточным, чтобы разбить вдребезги ступку и серьезно ранить экспериментатора.

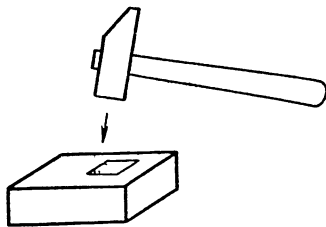


Рис. 190. Взрывание смеси бертолетовой соли с красным фосфором.

г) БЕНГАЛЬСКИЕ ОГНИ

● ● Горючей основой бенгальских огней являются обыкновенно сера или уголь или смесь того и другого, которые сгорают за счет кислорода бертолетовой соли (или иного окислителя). К этой горючей смеси, дающей очень высокую температуру, примешиваются вещества, окрашивающие пламя в различные цвета. Как бертолетова соль, так и прочие вещества должны быть в виде мелких порошков. Измельчать их нужно сначала каждое порознь, соблюдая при размельчении бертолетовой соли все необходимые предосторожности (стр. 54—56), лучше всего получать мелкокристаллическую бертолетову соль путем перекристаллизации (стр. 55). Если вещество, окрашивающее пламя, не является азотнокислой солью, то все вещества, кроме бертолетовой соли, затем тщательно смешиваются в фарфоровой ступке. После этого смесь пересыпается на лист чистой гладкой бумаги и осторожно перемешивается с бертолетовой солью при помощи роговой ложечки или деревянной лопаточки (*не растирать!*). Если в состав смеси входит азотнокислая соль, то и последняя примешивается так же, как и бертолетова соль. Все вещества должны быть **сухие**. Составы смесей по весу могут быть следующие:

желтый	61 KClO_3 , 32 S и 30 Na_2CO_3 безводный (natrium carbonicum siccum),
зеленый	60 KClO_3 , 16 S » 24 BaCO_3 (baryum carbonicum praecipitatum),
»	73 KClO_3 , 17 S » 10 H_3BO_3 (acidum boricum pulv.),
»	18 KClO_3 , 20 S » 62 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (baryum nitricum pulv.),
фиолетовый . .	60 KClO_3 , 16 S » 12 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, жженных квасцов (alumen kalium ustum pulv.) и 12 K_2CO_3 сухого поташа (kalium carbonicum),
красный	8 KClO_3 , 22 S » 2 угля в порошке и 67 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (strontium nitricum).

Приготовлять эти смеси следует в небольших количествах — по несколько граммов. Для классного опыта можно отвесить вещества заранее, до урока.

Опыт. Смешать приготовленные вещества, поместить смесь кучкой на сковородку, кусок жести, кирпич и т. п., поджечь длинной лучинкой. Лучше сжигать смеси **под тягой** или на открытом воздухе, особенно смеси, содержащие ядовитые соли бария и стронция.

Если есть затемнение, то перед зажиганием бенгальского огня можно закрыть шторы.

ХИ. БРОМ, ИОД, ФТОР

1. Бром, его получение и свойства

Для того чтобы показать учащимся бром (*bromum purum*) и характерные пары брома, лучше всего налить немного брома в большую на 2—3 л склянку «белого» стекла с притертой пробкой.

Обращение с бромом требует *большой осторожности (правила! См. т. I, стр. 49)*. Действие паров брома на слизистые оболочки сходно с действием хлора. Поэтому все опыты с бромом желательно производить **под тягой**.

Противоядия после вдыхания паров брома могут быть те же, что указаны при описании опытов с хлором (см. стр. 207).

Попадая на кожу, жидкий бром причиняет сильные ожоги. Если бы случилось облить бромом руку, то, омыв руку водой, следует как можно скорее смочить место, на которое попал бром, раствором едкого натра (1 : 10), едкого кали, за неимением их, раствором аммиака или соды, а затем немедленно, как можно лучше, вымыть водой и снова смочить содой.

Еще лучше после омывания водой сделать компресс из раствора гипосульфита (серноватистокислый натрий $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

После ожогов бромом кожа буреет, твердеет и трескается. Во избежание этого обожженное место следует почаще и жирно смазывать вазелином или ланолином, пока кожа не сойдет.

Для хранения брома лучше всего пользоваться склянкой с притертой пробкой и колпаком (см. т. I, стр. 170, рис. 148, Г).

Бром иногда присылают в запаянных склянках. На середине оттянутого горлышка такой склянки следует сделать напильником хороший надрез.

Затем одной рукой плотно прижать склянку дном к столу (чтобы бром не брызнул при наклонении склянки), а другой, лучше обернутой в полотенце, обломить горлышко. Затем бром следует *под тягой* перелить в вышеуказанную склянку с притертой пробкой и колпаком или в обыкновенную склянку с притертой пробкой.

а) ПОЛУЧЕНИЕ БРОМА

○ 1. Получение паров брома под тягой.

Опыт. В бокал или стакан насыпать немного бромистого калия KBr (*kaliūm bromatūm*) или бромистого натрия и столько же двуокиси марганца MnO_2 в порошок (стр. 54). Размешивая стеклянной палочкой, облить смесь *под тягой* концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84). Из бокала выходят густые бурые пары брома.

На случай ожога бромом приготовить концентрированный раствор серноватистоокислого натрия $Na_2S_2O_3$ (так называемого гипосульфита, см. выше).

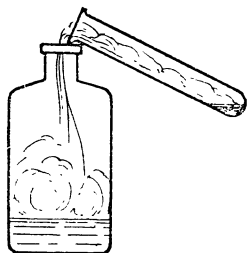


Рис. 191. Получение паров брома.

○ 2. Получение паров брома и бромной воды при отсутствии тяги.

За неимением тяги опыт можно произвести в широкой пробирке. Пробирку после приливания кислоты закрыть пробкой с газоотводной трубкой, соединенной резиновой трубкой со склянкой Тищенко, в которую налить концентрированного раствора (1 : 5) едкого натра.

Можно также показать опыт получения паров брома, собирая их в склянку или колбу (Б. И. Субботин).

Опыт. Поместить в пробирку около 0,5 г бромистого калия (*kaliūm bromatūm*) и примерно двойной объем порошка двуокиси марганца MnO_2 (стр. 54). Перемешав порошки встряхиванием, прилить около 1 мл серной кислоты H_2SO_4 3 : 2 (стр. 244) и очень слабо нагреть. Когда пробирка наполнится парами брома, наклонить ее над склянкой или колбой, наполненной на $\frac{1}{4}$ водой (рис. 191). Сзади поставить белый фон.

Когда выделение брома ослабеет или когда склянка наполнится парами брома, закрыть ее пробкой, пробирку же опустить в раствор едкого натра или наполнить водой, чтобы реакция прекратилась.

Склянку с парами брома взбалтывать, пока бром не растворится в воде.

Этим способом можно получать (при отсутствии брома и тяги) бромную воду, нужную для дальнейших опытов, а также пары брома для опыта адсорбции газов углем (см. ниже).

●● 3. Получение жидкого брома под тягой.

Опыт. Собрать прибор, как на рисунке 192. Испытать, держит ли он. В пробирку *a* налить немного воды ($\frac{1}{3}$ пробирки). В пробирку *b* насыпать смесь одной ложечки бромистого калия

КВг (kalium bromatum) и двух ложечек двуокиси марганца MnO_2 в порошке (manganum hyperoxydatum pulvis). Смеси должно быть примерно $\frac{1}{4}$ пробирки. Прилить до $\frac{1}{2}$ пробирки серной кислоты H_2SO_4 , разбавленной 3:2 (стр. 244).

Вставить в пробирку *б* пробку с трубкой и укрепить ее в штативе так, чтобы конец газоотводной трубки едва касался уровня воды в пробирке *а*. Поместить прибор *под тягу*.

Нагреть пробирку *б* и наблюдать, как в трубке конденсируется бром и капает в пробирку *а*.

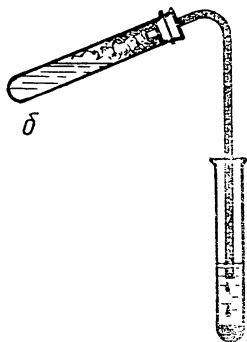


Рис. 192. Получение жидкого брома.

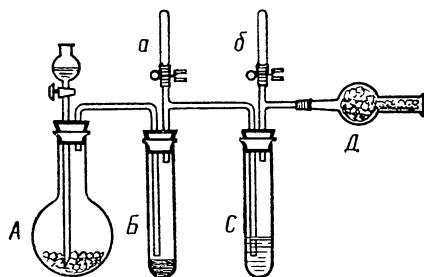


Рис. 193. Получение брома и бромной воды без тяги.

Если при нагревании содержимое пробирки начнет подниматься кверху и у дна пробирки образуется газ, прекратить на время нагревание, так как иначе пробирка может лопнуть.

Обратить внимание на запах брома. Какова растворимость брома в воде? (Растворимость невелика.)

Когда в пробирке соберется несколько капель брома, прекратить нагревание, немного подняв пробирку *б*, чтобы конец газоотводной трубки не был погружен в жидкость. Подождать, пока последние капли брома стекут вниз по газоотводной трубке и пробирка *б* несколько остынет, вынуть газоотводную трубку из пробирки *а* (подняв пробирку *б* вместе со штативом).

Полученный бром с водой вылить в общую банку.

Пробирку *б* вымыть под тягой.

● ● 4. Вытеснение брома хлором.

Опыт. К находящемуся в бокале, стакане или пробирке раствору бромистого калия КВг (стр. 269) 1:10 прилить хлорной воды. Выделяющийся бром окрашивает жидкость в бурый цвет.

Пропуская (*под тягой*) струю хлора (стр. 207), можно получить каплю брома.

б) ПОЛУЧЕНИЕ БРОМА И БРОМНОЙ ВОДЫ БЕЗ ТЯГИ

○ Бром и бромную воду можно получить без тяги, пользуясь прибором, изображенным на рисунке 193.

Опыт. В колбу *A* помещают смесь твердого KBr и MnO_2 . Из капельной воронки вливается небольшими порциями **серная кислота** (3 : 2). Колба подогревается через асбестированную сетку. В пробирке *B* пары брома конденсируются даже без дополнительного охлаждения ее. Часть паров брома проходит в пробирку *C* через трубку, погруженную в воду, в результате чего получается бромная вода. Избыток паров брома отводится в хлоркальциевую трубку, заполненную активированным (обычным древесным) углем.

в) РАСТВОРЕНИЕ БРОМА В ВОДЕ И ДРУГИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

○○ **Опыт.** В бокал или пробирку с **водой** прилить одну-две капли **брома** (*под тягой*) и размешивать **стеклянной палочкой** (в пробирке достаточно взбалтывать), пока весь бром не растворится.

Можно воспользоваться раствором брома, полученным при предыдущем опыте (а, 2). К полученному бурому раствору прилить несколько миллилитров **сернистого углерода** CS_2 (*обращаться с осторожностью, правила!* См. т. I, стр. 49, держать не на свету, чтобы не разлагался и не желтел). При энергичном помешивании большая часть брома переходит к сернистому углероду, который окрашивается в интенсивный бурый цвет.

Вместо сероуглерода можно взять **хлороформ** $CHCl_3$ (chloroformium), **четырёххлористый углерод** CCl_4 (carbonium chloratum), **бензол** C_6H_6 (benzol), **бензин** или **керосин**.

Опыт можно соединить с опытом вытеснения брома хлором. Взяв раствор бромистого калия, прилить к нему одну из перечисленных жидкостей и затем хлорной воды и взболтать.

г) СОЕДИНЕНИЕ БРОМА С МЕТАЛЛАМИ

○ 1. Опыт соединения брома с **алюминием** и **сурьмой** описан в томе I (стр. 427).

○○ 2. **Опыт.** Налить в пробирку до половины **бромной воды** (см. выше). Всыпать порошка **магния** (magnesium metallicum pulvis) или **цинка** (zincum metallicum pulveratum, цинковая пыль) и взбалтывать некоторое время, пока не пропадет бурый цвет брома. Что образовалось в растворе? (Бромистый магний $MgBr_2$.) Написать равенство реакции.

Если весь металл израсходуется, прибавить еще и снова взболтать.

Отфильтровать бесцветный раствор в пробирку (**фильтр, воронка**).

Прилить **хлорной воды**. Что наблюдается? (Побурение вследствие вытеснения брома хлором.) Написать равенство реакции.

Прилить **бензина**, взболтать и дать постоять. Как окрашен всплывший бензин? (Окрашен в бурый цвет, это раствор брома в бензине.)

○ ● 3. Кроме опытов с порошком магния или цинка, либо за неимением того или другого, можно проделать опыт с мелкими железными опилками (Б. И. Субботин). Опилки можно получить при помощи мелкого напильника из чистого гвоздя и т. п. Железные опилки имеют то преимущество, что они быстро садятся на дно пробирки и фильтрования раствора не требуется.

Опыт. Налить в пробирку до половины разбавленного раствора **бромной воды**. Всыпать **железные опилки** и встряхивать, пока бурый цвет брома не пропадет.

Прилить в пробирку немного хлорной воды и наблюдать появление бурого окрашивания от брома.

Если опилок достаточно, то встряхиванием пробирки можно снова обесцветить раствор.

д) СОЕДИНЕНИЕ БРОМА С ФОСФОРОМ

○ **Опыт.** В склянку для сжигания в кислороде (см. стр. 61) налить (*под тягой!*) немного **брома** и, когда склянка наполнится парами брома, внести в нее на **ложечке** (см. т. I, стр. 373) хорошо высушенный кусочек **белого фосфора** (*phosphorus albus*) величиной не больше горошины (*необходимые предосторожности* см. в т. I, стр: 49). Фосфор сам загорается в парах брома и горит не очень ярким пламенем. Когда пламя совсем ослабеет, приподнять ложечку. Если фосфор еще не весь выгорел и при сприкосновении с воздухом начинает разгораться, снова опустить ложечку в склянку. Вынуть ее из склянки можно тогда, когда весь фосфор выгорит.

Опыт можно производить только при хорошей тяге.

После опыта ложечку перенести сначала в **сосуд с водой**, вымыть и затем прокалить на горелке.

Мыть склянку после опыта следует с теми же предосторожностями, как и после опытов с хлором (см. стр. 219).

2. Бромистый водород и его свойства

а) ПОЛУЧЕНИЕ БРОМИСТОГО ВОДОРОДА ДЕЙСТВИЕМ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА БРОМИСТЫЙ НАТРИЙ

Если действовать на бромистый калий или натрий концентрированной серной кислотой, то образующийся бромистый водород частью разлагается и серная кислота восстанавливается водородом в сернистую. Таким образом получающийся бромистый

водород содержит значительную примесь брома и сернистого газа. Но если взять менее концентрированную серную кислоту, то бромистый водород получается почти чистый. Небольшую примесь брома легко удалить, пропуская газ через трубку с красным фосфором.

○ 1. **Бромистый калий** KBr (*kalium bromatum*) или бромистый натрий помещается в небольшую колбочку на 150—250 мл с капельной воронкой (см. т. I, стр. 250) и газоотводной трубкой (рис. 194).

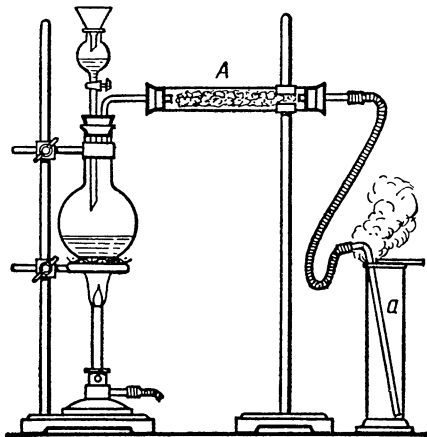


Рис. 194. Получение бромистого водорода (1).

К колбочке присоединяется трубка *A* (рис. 194) диаметром около 2 см и длиной около 20 см или соответствующая U-образная трубка, наполненная (не плотно!) очень рыхлыми комками **асбестовой** или лучше **стеклянной ваты**, обсыпанной **красным фосфором** (*phosphorus atographus*). Между отдельными комками можно всыпать в трубку очень небольшие слои фосфора и разравнять его палочкой. Фосфор может быть слегка сырой, но не мокрый.

Наполнив трубку, **необходимо** попробовать продуть через нее ртом воздух, чтобы убедиться, что трубка легко пропускает через себя газ.

К трубке *A* с фосфором на достаточно длинном каучуке присоединена трубка *a*, которую можно опустить непосредственно в цилиндр для собирания газов 20—30 см высотой. Цилиндр прикрыт притертой **стеклянной пластинкой** или **куском картона** с вырезом, как и в опытах с хлористым водородом (стр. 246).

Прежде чем производить опыт, необходимо испытать, держит ли прибор (см. т. I, стр. 233) и хорошо ли пропускает газоотводная трубка.

Прибор устанавливается *под тягу*.

Для приготовления разбавленной **серной кислоты** 3 объема концентрированной кислоты (уд. в. 1,84) приливаются к 1 объему воды. (*Правила!* См. т. I, стр. 49.) Раствор до урока должен остыть.

Опыт. Прилить в колбочку столько серной кислоты, чтобы бромистый калий был ею покрыт. В первый момент происходит вскипание, но, для того чтобы шло равномерное выделение газа,

колбочку нужно слегка нагревать. Под колбочкой должна быть сетка.

О наполнении цилиндра бромистым водородом можно судить по тому, что горящая **лучинка** при внесении в цилиндр гаснет, а также по выделению белого «дыма» из отверстия цилиндра.

Когда цилиндр наполнится бромистым водородом, медленно вынуть трубку из цилиндра (можно перенести ее в другой цилиндр), сейчас же закрыть цилиндр **притертой пластинкой** и, погрузив отверстием вниз в **чашку с подкрашенной лакмусом водой**, быстро сдвинуть стеклышко, как в опыте с хлористым водородом (см. стр. 246).

Вода с силой врывается в цилиндр. Лакмус краснеет.

При плохой тяге для наполнения сосуда бромистым водородом можно воспользоваться теми же предосторожностями, какие указаны при опытах с хлористым водородом. Проще всего — прибором, изображенным на рисунке 178 (см. стр. 253).

Для того чтобы получить раствор бромистоводородной кислоты, можно пропускать некоторое время бромистый водород через **склянку Тищенко** с водой.

Полученный раствор можно прилить к раствору **ляписа** (см. стр. 261), находящемуся в **бокале**, для получения осадка бромистого серебра. Такой же осадок можно получить с **бромистым натрием** NaBr (natrium bromatum).

С осадками можно проделать те же опыты, что и с осадком хлористого серебра (см. стр. 261).

● **2. Опыт.** Несколько кристалликов **бромистого калия** KBr (стр. 269) облить в пробирке разбавленной **серной кислотой** H_2SO_4 (3:2, см. стр. 224). Наблюдать выделение бромистого водорода. Подержать над отверстием пробирки влажную синюю **лакмусовую бумажку**. Когда начнется сильное выделение белого дыма, быстро опрокинуть пробирку в стакан с водой. Что наблюдается? (Пробирка заполняется водой.) Что общего между хлористым и бромистым водородом? Написать равенство реакции.

6) ПОЛУЧЕНИЕ БРОМИСТОГО ВОДОРОДА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ БРОМА, КРАСНОГО ФОСФОРА И ВОДЫ

○ Способ получения бромистого водорода разложением воды образующегося при взаимодействии между бромом и красным фосфором бромангидрида менее удобен для демонстрации, чем предыдущий, так как реакция идет довольно бурно и требует большого внимания, а также потому, что приходится манипулировать с бромом, но, ввиду того что это обычный способ получения бромистого водорода, приводится его описание.

Бром (*необходимо прочесть правила* в т. I на стр. 49 и выше, стр. 224) приливается по каплям к смоченному водой **красному фосфору** (phosphorus amorphus). Выделяющийся бромистый

водород очищается от избытка брома при помощи красного фосфора.

Для того чтобы реакция шла не слишком бурно, красный фосфор смешивается с **песком**. На 25 г (около одной столовой ложки) красного фосфора следует взять 3 столовые ложки обыкновенного просеянного песка. Фосфор следует хорошо смешать с песком **в фарфоровой чашке**.

Смесь фосфора с песком помещается в **колбу** на 500 мл, в которую сначала насыпается одна ложка чистого песка. Смесь об-

ливается водой (около 30 мл). Колба закрывается хорошей корковой пробкой (резиновая пробка портится), в которую вставлена **воронка с краном** (рис. 195) и газоотводная трубка. К газоотводной трубке колбы присоединена, как в предыдущем опыте, **широкая трубка** (см. рис. 195) диаметром около 2 см, длиной около 20—30 см (или U-образная

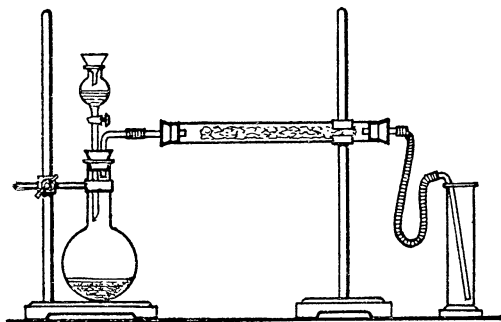


Рис. 195. Получение бромистого водорода (2).

трубка) с красным фосфором (см. выше). Необходимо предварительно испытать, держит ли прибор и хорошо ли пропускает трубка. Так как реакция может идти довольно бурно, особенно если случайно прилито слишком много брома, то всякое препятствие к выходу газа может быть опасно: или выбросит пробку и разбрызгает бром, или даже разорвет колбу. Поэтому для неопытных лучше вставить в пробку колбы, кроме капельной воронки, еще **предохранительную воронку** (см. т. I, стр. 250) с небольшим количеством воды или ртути.

Прибор устанавливается *под тягой*.

Опыт. Налить в воронку с краном через **маленькую вороночку** немного брома (*осторожно! правила!*) и приоткрыть кран настолько, чтобы из конца воронки падали редкие капли брома. Вначале реакция идет очень бурно. Первые капли сопровождаются **вспышками**. Под конец, когда реакция пойдет спокойнее, можно несколько больше приоткрыть кран.

Все время необходимо внимательно следить за ходом реакции.

Выделение бромистого водорода начинается не сразу, а через 1—2 мин, когда вода в колбе насытится бромистым водородом.

Когда цилиндр наполнится бромистым водородом (см. стр. 275), проделать с ним те же опыты, что описаны выше (стр. 275).

в) ПОЛУЧЕНИЕ БРОМИСТОГО ВОДОРОДА И ОПЫТЫ С НИМ БЕЗ ТЯГИ

Для демонстрации получения бромистого водорода и некоторых опытов с ним без тяги может быть использован прибор (М. А. Афанасьев), который изображен на рисунке 196.

В подписи к рисунку дается перечень деталей и их назначение, а поэтому нет особой надобности останавливаться на описании прибора.

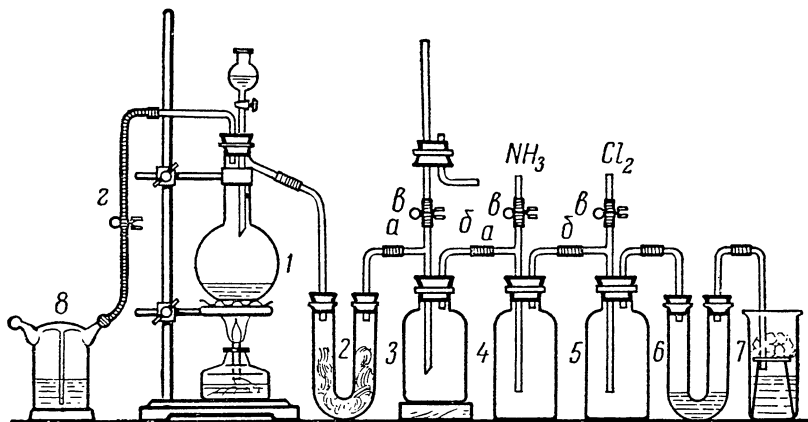


Рис. 196. Прибор для демонстрации получения бромистого водорода и некоторых опытов с ним без тяги (М. А. Афанасьев):

1 — колба для получения бромистого водорода; 2 — U-образная трубка, заполненная стеклянной ватой со слегка увлажненным красным фосфором; 3 — толстостенная склянка для демонстрации хорошей растворимости бромистого водорода в воде; 4 — склянка для демонстрации взаимодействия бромистого водорода с аммиаком; 5 — склянка для демонстрации вытеснения элемента брома хлором; 6 — U-образная трубка, заполненная раствором азотнокислого серебра или концентрированным раствором азотнокислого свинца; 7 — толстостенный стакан с водой (или щелочью), на подставке помещается уголь; 8 — склянка Тищенко с водой.

Об очистке бромистого водорода от примеси брома смотрите пояснения на странице 274.

○ **Опыт.** После проверки прибора на герметичность все зажимы *в* и зажим *г* остаются закрытыми.

Через капельную воронку в колбу 1 наливается серная кислота (3 : 1) в таком количестве, чтобы бромистый калий или бромистый натрий был полностью покрыт ею.

В дальнейшем поступать так, как это рекомендуется на странице 276.

О наполнении всех сосудов прибора можно судить по осадку

бромистого серебра или бромистого свинца в U-образной трубке *б*.

Перед демонстрацией опытов сначала следует открыть зажим *г* для отвода газа из генераторной колбы, а затем можно приступить к демонстрации отдельных опытов.

Для показа очень хорошей растворимости бромистого водорода в воде склянка *з* изолируется от соседних сосудов посредством винтовых зажимов в местах *а* и *б*, поворачивается вверх дном, при этом трубка с пробкой, показанная на рисунке выше склянки, вставляется в заранее подобранную склянку с водой, открывается зажим *в* и в склянку с водой вдувается немного воздуха, чтобы подать в склянку с бромистым водородом несколько капель воды. После этого наблюдается фонтан. Если вода была подкрашена фиолетовым раствором лакмуса, то получается фонтан розовой окраски. При хорошем наполнении склянки бромистым водородом она полностью заполняется водой.

Перед демонстрацией взаимодействия аммиака с бромистым водородом, так же как и в первом случае, склянка изолируется от соседних сосудов зажимами в местах *а* и *б*. После этого присоединяется источник аммиака в месте, показанном на рисунке, и открывается зажим *в*. По мере поступления аммиака склянка заполняется белым дымом бромистого аммония.

Таким же образом демонстрируется и взаимодействие хлора с бромистым водородом, в результате чего получаются бурые пары брома, а поэтому следует заранее сзади склянки поставить белый фон.

По окончании демонстрации опытов следует снять все зажимы, которыми изолировались сосуды, и залить все сосуды водой через капельную воронку. Только после этого рекомендуется приступить к мытью прибора.

г) БРОМИСТОЕ СЕРЕБРО

●● **Опыт.** К раствору бромистого калия KBr или натрия (стр. 269) прилить немного раствора азотнокислого серебра $AgNO_3$ (стр. 261). С осадком проделать опыт, описанный при хлористом водороде (стр. 261). Сравнить результаты.

3. Йод и его свойства

а) ПАРЫ ЙОДА

○ 1. Несколько кристалликов йода (*jodum resublimatum*) поместить в большую колбу (на 2—4 л). Отверстие колбы можно закрыть комком ваты.

Опыт. Колбу с йодом осторожно нагревать над пламенем горелки. Колба наполняется густыми фиолетовыми парами. При

охлаждении пары оседают на стенках колбы в виде блестящих кристалликов (см. также стр. 183, возгонка йода).

● 2. *Опыт.* Поместить в пробирку один кристаллик йода и очень осторожно нагревать, держа высоко над пламенем. Наблюдать испарение йода без плавления (встряхивать пробирку). Под конец нагреть сильнее, пока йод не возгонится полностью. Прекратить нагревание и наблюдать осаждение йода из паров. Пробирку с йодом сохранить для следующих опытов.

б) РАСТВОРЕНИЕ ЙОДА

○ 1. *Опыт.* В бокалы или стаканы налить воды, спирта (можно и денатурированного) или эфира (aether sulfuricus), сероуглерода CS_2 (carboneum sulfuratum), четыреххлористого углерода CCl_4 (carboneum chloratum) или хлороформа $CHCl_3$ (chloroformium purum), бензола C_6H_6 (benzol purum), бензина или керосина и раствора 1:10 йодистого калия KJ (kalium iodatum).

Во все бокалы всыпать по очень небольшому количеству йода, лучше предварительно истертого в ступке в мелкий порошок (растирать лучше под тягой), только в бокал с водой взять побольше (0,5—1 г). Размешать хорошо стеклянными палочками. В воде йод малорастворим, и вода окрашивается в светло-желтый цвет. В спирте, в эфире получается бурый раствор, в растворе йодистого калия также получается бурый раствор (образование полийодидов KJ_n , где $n=3-9$) в сероуглероде, четыреххлористом углероде, хлороформе — фиолетовый, в бензоле — красный, в бензине — фиолетово-красный, в керосине — красновато-бурый.

Различие цветов зависит от образования соответствующих сольватов с растворителем.

Не следует забывать, что сероуглерод, эфир, бензол и бензин *огнеопасны* и во время опытов поблизости не должно быть огня.

● 2. В пробирку с йодом от вышеописанного опыта (а, 2) налить до половины воды и сильно встряхивать некоторое время, закрыв отверстие пробирки большим пальцем. Хорошо ли растворим йод в воде? (Малорастворим.)

Слить воду во вторую пробирку, а в первую прибавить спирта. Какая разница в растворимости йода в спирте и в воде? (В спирте йод растворим значительно лучше.)

Взять один кристаллик йода в пробирку и прилить туда керосина или бензина. Наблюдать цвет раствора.

Можно проделать то же с другими растворителями (см. выше).

Прибавить немного керосина или бензина к водному раствору йода, отлитому раньше, и сильно взболтать. Дать керосину

всплывать. Что наблюдается? (Слой керосина окрашивается йодом.)

Подобный же опыт можно проделать и с другими растворителями.

в) ВЫТЕСНЕНИЕ ЙОДА ХЛОРОМ И БРОМОМ

○ 1. Цель опыта — показать, что при действии хлора на йодистые металлы вытесняется йод, который может быть обнаружен по фиолетовому цвету паров (при нижеследующих обычно показываемых опытах 3 и 4 получается лишь раствор йода).

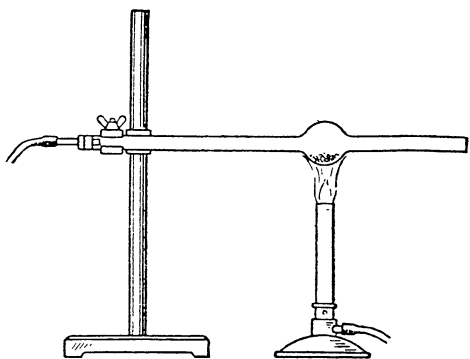


Рис. 197. Вытеснение йода хлором.

Для опыта немного мелких кристаллов **йодистого калия** KJ (*kalium jodatium*) или натрия (*natrium jodatium*) поместить в **трубку с шариком** по середине (см. рис. 197, а также т. I, стр. 376). К трубке присоединить какой-либо **небольшой прибор** для **получения хлора** (например, действием соляной кислоты на марганцовокислый калий, см. стр. 211).

Между прибором и трубкой поместить **склянку Тищенко** или другую промывалку (см. т. I, стр. 266) с **концентрированной серной кислотой** (уд. в. 1,84) для сушения хлора.

Прибор установить *под тягой*.

Опыт. Пропускать через трубку в течение 3—5 мин хлор. Соль при действии хлора сейчас же чернеет от выделяющегося йода. Отделить промывную склянку от шариковой трубки и, присоединив к ней **резиновый баллон** (см. т. I, стр. 129), продуть через трубку воздух, чтобы удалить по возможности весь хлор. После этого нагреть шарик сначала осторожно, потом сильнее. Шарик наполняется фиолетовыми парами выделившегося йода. Пары йода по охлаждению трубки садятся на ее стенках в виде кристаллов. Если до нагревания шарика не удалить из трубки хлор, в шарике образуются бурые пары, а на холодных частях трубки садится желтый налет треххлористого йода.

Вместо шариковой трубки можно взять небольшую колбу, опустив в нее трубку, подводющую хлор.

При плохой тяге следует принять меры к тому, чтобы избыток хлора не выходил на воздух. Как это сделать, см. страницы 214—219.

2. Взаимное вытеснение галогенов можно очень наглядно показать, воспользовавшись прибором, изображенным на рисунке 198.

Стеклянная трубка диаметром 2—3 см и длиной около 40 см делится на три равные части и на ней делаются две метки карандашом для стекла или чернилами.

Против правой метки помещается комок гигроскопической ваты, который был предварительно пропитан концентрированным раствором бромистого натрия или калия (стр. 269) и слегка высушен (вата должна быть немного влажной).

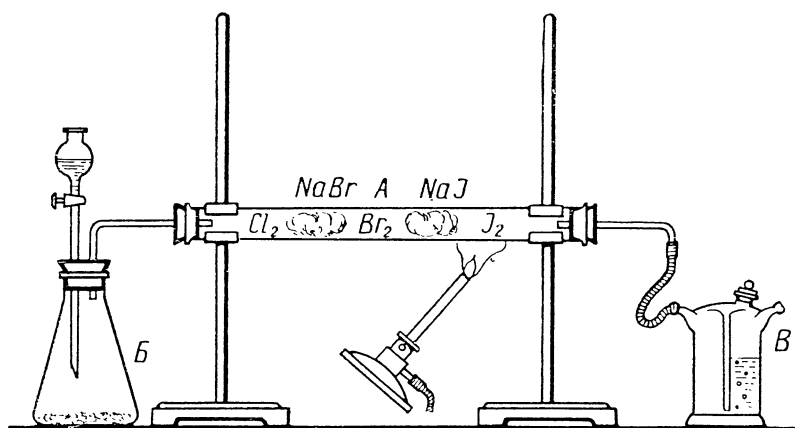


Рис. 198. Взаимное вытеснение галогенов.

Против второй метки помещается такой же комок ваты с йодистым натрием или калием. Необходимо испытать, продувая воздух ртом, хорошо ли пропускают газы ватные пробки.

В колбе *Б* получается хлор действием концентрированной соляной кислоты HCl на марганцовокислый калий KMnO_4 (стр. 211). В склянке Тищенко *В* — концентрированный раствор едкой щелочи для поглощения избытка галогенов (можно поставить стакан со щелочью, в который опустить отводную трубку).

Прибор выставляется на лекционный стол в собранном виде. Сзади должен быть белый фон.

Перед уроком следует отделить прибор *Б* от трубки и под тягой прилить в колбу через воронку с краном немного соляной кислоты, чтобы колба наполнилась хлором. Когда выделение хлора прекратится, снова присоединить прибор к трубке *А*.

Опыт. Объяснить устройство прибора и цель опыта. Нарисовать прибор на доске и обозначить помещенные в трубку вещества.

Пустить медленный ток хлора. В трубке появляется сначала желтый цвет хлора, затем за первой ватной пробкой — бурый цвет паров брома и, наконец, за второй ватной пробкой после легкого прогревания трубки — фиолетовый цвет паров йода.

Чем больше диаметр трубки, тем отчетливее виден цвет хлора. Если не стремиться к тому, чтобы цвет хлора был виден, за неимением достаточно широкой трубки можно проделать опыт и с трубкой диаметром около 1 см.

○ 3. Приготовить немного раствора 1 : 10 **йодистого натрия** NaI или калия KI (см. выше), **хлорную воду** (см. стр. 217) и **бромную воду**. Для приготовления бромной воды налить несколько капель брома (*под тягой, осторожно!*) в **склянку с притертой пробкой** (а если есть, то и с притертым колпаком, см. т. I, стр. 170, рис. 148, Г), на 100—200 мл наполненную водой, и, закрыв пробку, взболтать.

В два бокала налить раствор йодистого калия и затем прибавить в один бокал несколько капель хлорной воды, в другой — бромной воды. В обоих бокалах образуется раствор йода в растворе йодистого калия бурого цвета.

Для того чтобы показать, каким образом можно полученный бурый раствор отличить от раствора брома, прилить в оба бокала по несколько миллилитров **сероуглерода** CS₂ (см. стр. 271) или **хлороформа** CHCl₃ (см. стр. 271) и сильно взболтать **стеклянными палочками**. Сероуглерод (хлороформ) окрашивается йодом в фиолетовый цвет. Вместо сероуглерода и хлороформа можно взять бензин или керосин, но тогда опыт лучше производить не в бокале, а в более узком сосуде. (Цвет раствора, см. стр. 279.)

● 4. **Опыт**. Налить в 2 пробирки понемногу (меньше $\frac{1}{4}$ пробирки) раствора **йодистого натрия** NaI или калия KI (см. выше) и прибавить в одну пробирку несколько капель **хлорной воды** (см. выше), в другую — несколько капель **бромной воды** (см. выше). Что наблюдается? (Побурение вследствие выделения брома и йода.) Написать равенства реакций. Прилить в обе пробирки понемногу бензина или керосина, взболтать и дать отстояться. Сравнить результаты опыта с результатами опыта б) (стр. 279).

г) ДЕЙСТВИЕ ЙОДА НА КРАХМАЛ

Для опытов нужно приготовить раствор крахмала.

Для этого около 0,5 г обыкновенной **картофельной муки** растереть в ступке или чашке (пальцем) с очень небольшим количеством воды, чтобы получилась жидкая кашлица. Эту кашлицу вылить затем в стакан со 150 мл воды, которую предварительно довести до кипения. После вливания крахмала кипятить еще несколько минут.

Раствор получается мутноватый, но фильтровать его не нужно.

Из всех сортов крахмала картофельная мука наиболее подходит для приготовления раствора. Продаваемый растворимый крахмал дает менее характерное лиловатое окрашивание.

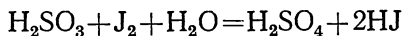
Крахмальный клейстер должен быть приготовлен незадолго до урока или на уроке. Через несколько дней он уже не всегда годится.

Для получения раствора крахмала, который может сохраняться очень долго, годами, к 0,5 л крахмального раствора, приготовленного вышеуказанным способом, прибавляют несколько граммов хлористого цинка. Раствору нужно дать хорошо отстояться в цилиндре или высоком стакане. Когда муть осядет, слить прозрачный раствор в склянку.

●● **Опыт.** 1. В большой сосуд с водой — бокал или стакан на 200—500 мл — прилить несколько миллилитров приготовленного раствора крахмала и хорошо размешать. Прибавить затем 1—2 капли очень слабого (чуть желтоватого) раствора йода в воде и снова взболтать. Наблюдать получающееся окрашивание. Если цвет получается очень темный, почти черный, то взято было слишком много йода, и опыт следует повторить.

2. Прodelать тот же опыт, взяв вместо раствора йода раствор йодистого калия KJ (прилить несколько капель 10-процентного раствора). Окрашивания не наблюдается. Оно вызывается только свободным йодом. Для проверки прилить несколько капель хлорной или бромной воды и наблюдать появление окрашивания.

Йодистый калий для опыта должен быть свежеприготовленный, так как при хранении он постепенно разлагается с выделением свободного йода и желтеет. Если имеется уже пожелтевший раствор, то можно прибавить к нему несколько капель раствора сернистой кислоты (см. ниже) и взболтать. Раствор обесцвечивается:



и вполне годится для опытов.

● 3. Получить от преподавателя пробирку, в которой может находиться или раствор йодистого натрия, или раствор бромистого натрия, или чистая вода. На основании предыдущих опытов придумать способ и определить, что находится в выданной пробирке.

д) СОЕДИНЕНИЕ ЙОДА С АЛЮМИНИЕМ

Опыт, помимо того, что он показывает реакцию между йодом и металлом, является хорошим примером действия воды как катализатора.

●● **Опыт.** Смешать равные объемы (по $\frac{1}{2}$ чайной ложки) истертого в порошок йода и порошка алюминия. Порошки

должны быть совершенно сухие. Смешивать лучше всего встряхиванием в сухой колбе.

Высыпать смесь кучкой на кусок асбестового картона или жести.

При помощи стеклянной трубочки, применяемой как пипетка, капнуть на смесь водой. Происходит бурная реакция с образованием AlJ_3 .

Опыт лучше производить под тягой.

4. Йодистый водород

а) получение йодистого водорода

● ● 1. *Опыт.* В бокал или пробирку всыпать несколько кристалликов йодистого калия KJ или натрия NaJ (kalium или patrium jodatum). Прилить концентрированной серной кислоты H_2SO_4 .

В первый момент выделяется бесцветный газ. Подуть в отверстие сосуда — замечается характерный для всех соединений галогенов с водородом белый «дым» капелек кислоты.

Вскоре же содержимое сосуда темнеет вследствие выделения свободного йода, и к газу примешиваются фиолетовые пары йода.

● 2. Соединение йода с водородом в присутствии катализатора можно демонстрировать при помощи прибора, изображенного на рисунке 199.

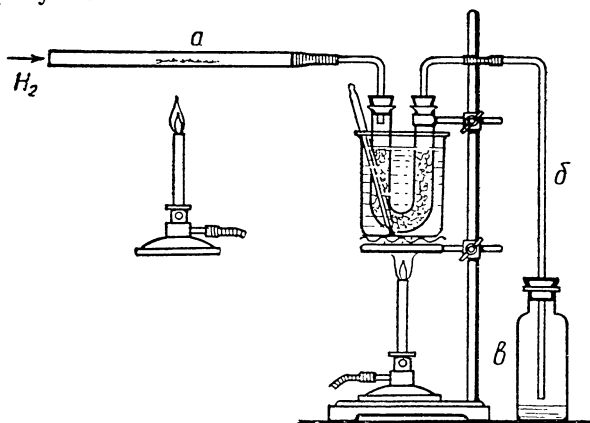


Рис. 199. Получение йодистого водорода контактным способом.

В качестве катализатора берется уголь в виде мелких крупинок (можно взять из старого противогаса или «карболен» гранулированный из аптеки).

Уголь помещается в небольшую U-образную трубку. Реакция идет хорошо при температуре немного выше 200° . Нагревание производится при помощи глицериновой бани (стакан, как на рисунке, или жестянка с **глицерином**).

Грубо измельченный **йод** (около 1 г) помещается в трубку *a* диаметром 7—8 мм, длиной около 15 см. Над поверхностью слоя йода должен оставаться свободный проход для газа. Для этого нужно постукивать по трубке пальцами, чтобы йод разровнялся.

К трубке *a* присоединяется прибор для получения водорода (прибор Киппа и т. п., см. т. I, стр. 254—265). Водород пропускается сначала через **промывную склянку** (Тищенко и т. п., см. т. I, стр. 265—271) с небольшим количеством воды, а затем осушается **хлористым кальцием** CaCl_2 (склянка Тищенко или U-образная трубка, см. т. I, стр. 265—271).

Отводная трубка *b* вставляется в пробку склянки *в* на 100 мл. Сбоку пробки делается небольшой прорез для выхода газов. В склянку наливается немного воды, подкрашенной синим **лакмусом**. Конец трубки *b* должен быть у самой поверхности воды, но не погружаться в нее.

Прибор снаряжается до урока.

Опыт. Пустить через прибор слабый ток водорода и начать нагревание глицерина, следя за температурой по **термометру**.

Слегка нагреть трубку с йодом.

Как только баня прогрета до 200° или немного выше, жидкость в склянке *в* краснеет вследствие образования HI и растворения его в воде.

○ **Опыт.** Проще получить йодистый водород гидролизом йодистого фосфора в приборе, изображенном на рисунке 200.

В колбу **Вюрца** помещают около 4 г **йода**, растертого в тонкий порошок, и равное по объему количество порошка сухого **красного фосфора**, закрывают колбу и встряхиванием перемешивают вещества. Из **капельной воронки** добавляют по каплям **воду**.

Для ускорения реакции колбу можно слегка подогреть.

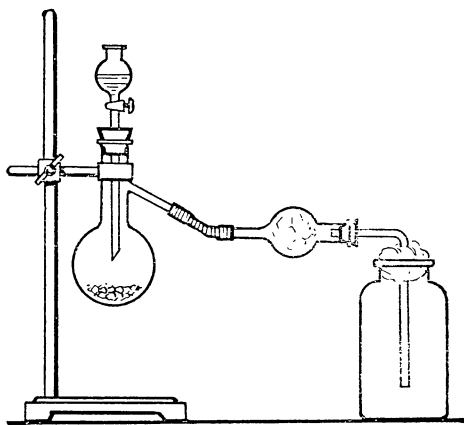


Рис. 200. Прибор для получения йодистого водорода.

Чтобы задержать пары йода, к газоотводной трубке колбы присоединяют трубку с сухим красным фосфором.

Заполнение можно считать законченным, когда из горла склянки появится туман йодистоводородной кислоты.

б) ИОДИСТОЕ СЕРЕБРО

● ○ *Опыт.* К раствору йодистого калия KJ (стр. 281) прилить немного раствора азотнокислого серебра AgNO_3 (стр. 261). С осадком проделать то же, что и с осадком хлористого и бромистого серебра (стр. 261 и 278).

Лучше всего все три опыта проделать параллельно.

5. ФТОРИСТЫЙ ВОДОРОД И ПЛАВИКОВАЯ КИСЛОТА

а) ДЕЙСТВИЕ ПАРОВ ВТОРИСТОГО ВОДОРОДА НА СТЕКЛО

○ Для опыта можно взять свинцовую чашку (для анализа силикатов) или приготовить свинцовый кювет из листового свинца. Для этого вырезать из листа свинца кусок 20×20 см или 15×15 см и, загнув у него борта высотой около 5 см, прижать углы к бортам, чтобы получилась коробка (см. т. I, стр. 237). В коробку помещается фтористый кальций CaF_2 в порошок (calcium fluoratum pulvis) и приливается концентрированная серная кислота H_2SO_4 (уд. в. 1,84).

На коробку кладется соответствующих размеров кусок стекла, покрытый слоем парафина или воска, на котором выцарапан какой-нибудь рисунок или надпись, например равенство реакции, при помощи которой получается фтористый водород.

Для покрывания стекла парафином можно воспользоваться кистью, обмакнутой в расплавленный парафин, но лучше погрузить стекло в расплавленный парафин. Для этого нужно приготовить из куска жести подходящих размеров неглубокую коробку (тем же способом, как из свинца).

Расплавив в коробке парафин или воск, погрузить в него стекло. Затем, приподняв его из парафина проволочным крючком, взять за края и вынуть из ванны. Когда стечет избыток парафина, прислонить к чему-нибудь стекло и дать парафину застыть. Стекло оказывается покрытым очень равномерным тонким слоем парафина с обеих сторон.

С одной стороны парафин можно сейчас же соскоблить ножом, положив стекло на фильтровальную бумагу (не прямо на стол). Окончательно удалить парафин можно тряпкой, смоченной бензином (*осторожно! дальше от огня!*).

Рисунок или надпись на стекле можно сделать при помощи шила, карандаша или острой палочки и т. п. Острие должно нацело снимать со стекла слой парафина.

Стекло не следует непосредственно класть на края свинцовой коробки, а лучше сделать прокладку из картона в виде рамочки. Иначе при нагревании свинцовой ванны тепло может непосредственно передаваться стеклу и парафин растает.

Опыт. Пары плавиковой кислоты ядовиты. Поэтому *опыт следует производить под тягой (!)*. Свинцовую ванну поместить на кольцо штатива повыше, чтобы дно ее находилось на расстоянии около 10 см от конца небольшого пламени горелки. В ванну насыпать 2—3 чайных ложки фтористого кальция, прилить столько концентрированной серной кислоты, чтобы при размешивании стеклянной палочкой, проволокой и т. п. получилась кашцеобразная масса.

На края ванны положить картонную рамочку, а на нее стекло с рисунком или надписью, парафином вниз, и зажечь небольшое пламя горелки.

Минут через 5—10 погасить горелку, снять стекло, а в ванну налить холодной воды, чтобы реакция прекратилась. Соскоблить большую часть парафина ножом, а остатки удалить тряпкой или ватой, смоченной бензином (*дальше от огня!*). Показать учащимся получившийся на стекле матовый рисунок или надпись.

Не следует слишком сильно нагревать ванну, чтобы не расплавить парафина на стекле. Реакция хорошо идет и при очень слабом нагревании.

Для удаления парафина можно погрузить стекло в горячую воду.

За неимением свинцовой ванны для опыта можно воспользоваться фарфоровой или стеклянной чашкой, блюдечком и т. п., покрытыми изнутри слоем парафина или воска. Для этого в чашку вливается расплавленный парафин, который постепенно выливается при поворачивании чашки.

В остывшую чашку насыпается порошок фтористого кальция CaF_2 , приливается столько концентрированной серной кислоты, чтобы при размешивании получилась жидкая кашица, затем на чашку помещается покрытое парафином стекло с выцарапанной надписью, как было указано выше (*тяга!*). Ясно, что опыт должен идти без подогревания и идет дольше. Но через $\frac{1}{2}$ часа обычно получается достаточно отчетливая надпись.

Можно производить опыт с подогреванием в фарфоровом или жестяном сосуде (крышка от жестянки, от коробки для сапожного крема и т. п.) и непокрытом парафином, но сосуд, конечно, портится и служит лишь один раз.

б) РАСТВОРЕНИЕ СТЕКЛА В ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЕ

○ **Опыт.** Если есть плавиковая кислота HF (*acidum hydrofluoricum fumans*), то показать каучуковую или парафиновую

бутылку, в которой кислота хранится, и налить немного кислоты в **пробирку**, чтобы показать растворение стекла. Через некоторое время пробирку опорожнить, выполоскать и показать учащимся. Можно оставить кислоту в пробирке на долгое время под тягой, подставив под нее чашку с водой. Если пробирка достаточно тон-

костенная, то иногда она проедается кислотой уже через $\frac{1}{2}$ часа. Иногда приходится ждать несколько дней. Можно поместить в пробирку покровное стеклышко для микроскопических препаратов, оно растворяется в течение урока.

С плавиковой кислотой следует *обращаться с большой осторожностью*, так как она сильно разъедает кожу, до ран, которые



Рис. 201. Растворение стекла в плавиковой кислоте.

долго не заживают. Действие кислоты сказывается обычно не сразу, а на следующий день. Не следует также вдыхать пары плавиковой кислоты, так как они ядовиты. Если бы случилось облить руку плавиковой кислотой, следует сейчас же хорошо обмыть водой и затем слабым раствором соды.

Плавиковой кислотой можно воспользоваться и для травления рисунка или надписи на стекле, но в отличие от действия паров фтористого водорода травленная поверхность стекла получается не матовая, а гладкая, блестящая.

Опыт производится следующим образом. Стекло покрывается слоем парафина или воска, как указано в предыдущем опыте (а, стр. 286). Затем на стекло накладывается размяченный в руках и раскатанный в колбаску воск (или парафин) так, чтобы получился валик, окружающий выцарапанную в слое парафина надпись или рисунок (рис. 201). На стекло наливается (*тяга!*) плавиковая кислота. Через некоторое время она сливается, стекло моется водой, воск или парафин снимается и учащимся показывается выеденная в стекле надпись или рисунок.

За неимением плавиковой кислоты можно поместить на стекло с валиком и надписью кашицу из концентрированной серной кислоты и порошка фтористого кальция (*тяга!*). С кашицей опыт идет дольше, чем с раствором плавиковой кислоты.

в) ПОЛУЧЕНИЕ ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЫ

Для получения плавиковой кислоты нужна **свинцовая реторта**. За неимением свинцовой реторты ее можно заменить куском водопроводной **свинцовой трубы** длиной около 30 см и с внутренним диаметром около 12—15 мм. Труба изгибается, как на рисунке 202. Для того чтобы труба при этом не сплющивалась, ее

предварительно наполняют песком и затыкают отверстия пробками.

Один конец трубы запаивается или заклепывается. Для этого конец следует вычистить изнутри, затем сплющить ударами молотка, загнуть сплющенный конец и еще раз проколотить молотком (рис. 202). Открытый конец можно сузить ударами деревянного молотка. На рисунке 202 изображена свинцовая реторта изображена частично в разрезе.

Для растворения фтористого водорода в воде служит банка, покрытая изнутри слоем парафина. Для этого в сухую нагретую банку вливается расплавленный парафин, банка поворачивается так, чтобы все стенки смочились парафином, и излишек парафина выливается. В банку наливается вода, и банка помещается в сосуд (простоквашницу и т. п.) со льдом или снегом. Получение концентрированного раствора плавиковой кислоты требует много

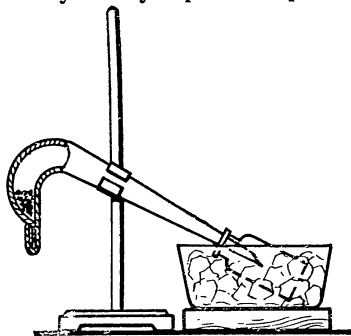


Рис. 202. Получение плавиковой кислоты.

времени ($\frac{1}{2}$ часа и более). Поэтому на уроке достаточно получить немного разбавленного раствора. Концентрированную же кислоту для вышеописанного опыта можно получить до урока (*под тягой!*).

Опыт. Насыпать в реторту порошка фтористого кальция CaF_2 , сколько показано на рисунке 202, прилить через длинную воронку концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (уд. в. 1,84) и укрепить реторту в зажиме штатива (*под тягой!*).

Опустить конец реторты в парафинированную банку с водой. Банку поместить в сосуд со льдом.

Нагреть реторту на небольшом пламени горелки в течение $\frac{1}{2}$ часа и более.

Вынуть конец реторты из банки и прекратить нагревание. Полученную кислоту перелить в парафинированную склянку, которую закрыть нагретым куском парафина, чтобы он плотно прилип к краям отверстия склянки (края должны быть сухие).

ХИМ. СЕРА И ЕЕ СОЕДИНЕНИЯ

1. Кристаллы серы

а) ПРИЗМАТИЧЕСКИЕ КРИСТАЛЛЫ

○ ● 1. Получение призматических кристаллов серы было описано на странице 180. На уроке, посвященном свойствам серы,

можно опыт повторить с тем, чтобы обратить внимание учащихся на форму призматических кристаллов и на их цвет. Полученные призматические кристаллы можно оставить в классе на несколько дней, чтобы учащиеся могли наблюдать постепенное пожелтение кристаллов при переходе серы из призматической в ромбическую.

Призматические кристаллы можно приготовить перед уроком. На уроке же только показать их. Кроме того, следует показать уже пожелтевшие кристаллы, полученные раньше.

○ ● 2. Чтобы показать, что призматические кристаллы могут образоваться и при выделении из раствора при условии, если кристаллизация идет выше $95,6^\circ$ (точка перехода), можно воспользоваться толуолом (toluolum), в котором при обыкновенной температуре растворимость серы невелика, при температуре же кипения (111°) значительно больше.

Толуол горюч, и потому сосуд, в котором производится опыт (пробирка или колбочка на 50—100 мл), должен быть закрыт пробкой, в которую вставлена трубочка длиной около 25—30 см. Эта трубочка служит обратным холодильником (рис. 203).

Опыт. В пробирку или колбочку налить около $\frac{1}{3}$ объема толуола, прибавить несколько граммов серы, лучше измельченной

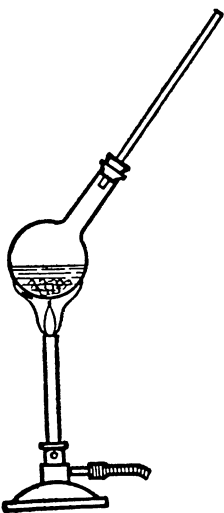


Рис. 203. Растворение серы в толуоле.

черенковой (*sulfur in bacillis*), закрыть пробкой с **трубочкой**, нагреть до кипения при взбалтывании и продолжать нагревание до тех пор, пока сера не перестанет растворяться. Дать медленно охлаждаться. Сера выделяется из раствора в виде иглообразных призм, которые вырастают иногда до нескольких сантиметров в длину.

Кристаллы, образовавшиеся выше точки перехода в виде призм, продолжают расти в той же форме и ниже $95,5^{\circ}$.

Вместо толуола можно воспользоваться анилином (*anilinum*), который кипит при 184° . Следует иметь в виду, что пары анилина ядовиты.

Поэтому предпочтительно производить опыт с толуолом.

Толуол можно применять вместо анилина (см. т. I, стр. 179) и для мытья посуды после опытов с серой.

б) ПОЛУЧЕНИЕ РОМБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ СЕРЫ

○ Наилучший растворитель для серы — сероуглерод CS_2 . Кроме того, сероуглерод очень летуч. Поэтому, если есть возможность, следует воспользоваться для опыта сероуглеродом.

Приготовить раствор серы в сероуглероде, для чего насыпать в небольшую **склянку** (на 50—100 мл) с сероуглеродом (не забывать о крайней огнеопасности и ядовитости сероуглерода, см. стр. 78) измельченной чистой **черенковой серы** (*sulfur depuratum in bacillis*) и некоторое время взбалтывать. Если значительная часть прибавленной серы растворится (вся сера раствориться не может, так как черенковая сера содержит некоторое количество серы, нерастворимой в сероуглероде), то прибавить еще серы и еще взбалтывать. Затем дать раствору хорошо отстояться и тогда осторожно слить прозрачный раствор с осадка в **склянку**, которую хорошо закупорить **корковой пробкой**, и оставить в темноте до урока. Можно также отфильтровать раствор через **плотный фильтр** (*под тягой!*).

Если желательнее ускорить растворение серы нагреванием, то нагревать можно только в горячей воде. *Поблизости не должно быть огня.*

Опыт. Налить немного прозрачного раствора на **часовое стекло**, в плоскую стеклянную чашку или на блюдечко, закрыть фильтровальной бумагой и поставить в **вытяжной шкафу**.

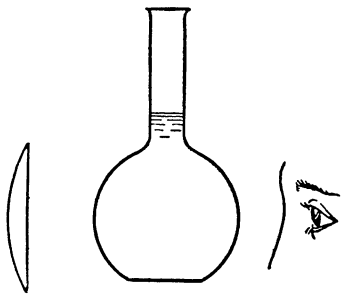


Рис. 204. Замена лупы колбой с водой.

Сероуглерод довольно быстро испарится, и на стекле останутся блестящие довольно правильные мелкие ромбические кристаллы серы. Полученные кристаллы показать учащимся.

Полезно дать учащимся лупу. Если лупы нет, то ее можно заменить колбой с водой (рис. 204).

С сероуглеродом обращаться о с т о р о ж н о, поблизости не должно быть огня. Хранить сероуглерод, чтобы он не разлагался и не желтел, надо в склянке желтого стекла или лучше в темноте.

За неимением сероуглерода можно показать образование ромбических кристаллов серы в толуоле (стр. 290).

Раствор серы в толуоле готовится в колбочке, как указано выше, при нагревании. После того как раствор совершенно остынет и выделятся призматические кристаллы, осторожно слить раствор на часовое стекло или в иной плоский сосуд так, чтобы не попали призматические кристаллики, прикрыть бумагой и оставить стоять на сутки или до следующего урока в таком месте, где сосуд никто не мог бы трогать.

Толуол испаряется гораздо медленнее сероуглерода, что для классного опыта, конечно, является большим недостатком. Кроме того, растворимость серы в толуоле при обыкновенной температуре значительно меньше, чем в сероуглероде. Поэтому раствора следует брать больше.

Кристаллы получаются мельче, чем из сероуглерода, но хорошо образованные и отчетливо различимые в лупу с достаточным увеличением.

2. Плавление серы и получение пластической серы

○ *Опыт.* 1. В большую пробирку (например, $17\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ см) или колбочку поместить несколько кусков (до $\frac{1}{3}$ пробирки) чистой **черенковой серы** (*sulfur depuratum in bacillis*). Порошкообразная сера (серный цвет) менее пригодна, так как содержит примеси, и застывшая сера получается темного цвета. Захватить пробирку **держалкой** (см. т. I, стр. 379) или зажимом, снятым со штатива, и очень осторожно нагревать над пламенем горелки, пока сера не расплавится и не превратится в прозрачную желтую легкоподвижную жидкость.

При нагревании вначале слышится слабый треск. Это трескаются кусочки серы, которая плохо проводит тепло.

Держать пробирку следует не в самом пламени, а над пламенем, все время взбалтывая, и если у стенок сера начнет несколько густеть, удалять пробирку от горелки.

Обратить внимание на цвет расплавленной серы и на ее

легкоподвижность при встряхивании пробирки, а затем начать нагревать более сильно и, когда сера вся загустеет, перевернуть пробирку вверх дном. Сера не выливается.

Затем нагреть еще сильнее и, когда сера начнет кипеть, вылить около половины ее тонкой струей в большой стакан с холодной водой. Делать при этом рукой круговые движения, чтобы нити серы ложились правильными кругами

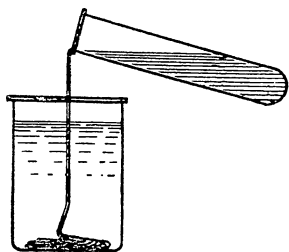


Рис. 205. Получение пластической серы (1).

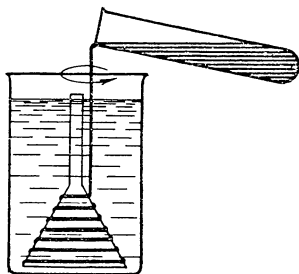


Рис. 206. Получение пластической серы (2).

(рис. 205). Если при выливании сера вспыхнет, можно не обращать на это внимания и продолжать выливание, а затем прикрыть отверстие пробирки **крышкой от тигля**, куском картона и т. п.

Для того чтобы удобнее было вынимать полученную пластическую серу из воды и чтобы нити не слипались между собой, можно поместить в стакан большую **воронку**, на которую и «наматывать» нити пластической серы, образующиеся при выливании расплавленной серы в воду (рис. 206).

Укрепив пробирку с оставшейся серой на штативе, чтобы сера могла медленно остывать, слить воду из стакана, достать полученную пластическую серу и раздать часть ее по кусочкам учащимся. Остальную часть пластической серы оставить до следующего урока, чтобы потом показать твердую аморфную серу.

Обратить внимание учащихся, что остывающая в пробирке сера постепенно претерпевает те же изменения, что и при нагревании, но в обратном порядке: сначала загустевает, затем делается жидкой легкоподвижной и прозрачной и, наконец, затвердевает в призматическую серу.

Когда сера делается жидкой, можно часть ее вылить в **стакан с водой**. При быстром охлаждении серы, не нагретой до кипения, она не делается пластической, а затвердевает.

(Относительно мытья посуды после опытов с серой см. стр. 291 и т. I, стр. 179.)

● 2. На лабораторных занятиях учащиеся могут проделать опыт так же, как описано выше, но взяв вместо большой пробирки обыкновенную.

Опыт. Поместить в сухую пробирку несколько кусочков черенковой серы (около $\frac{1}{3}$ пробирки). Пробирку укрепить в зажиме, снятом со штатива (рис. 207), и, держа в руке, осторожно нагревать над пламенем горелки.

Следить за изменением агрегатного состояния серы при нагревании. Сначала показать учащимся образование жидкой серы. Продолжая нагревать, убедиться в том, что сера превращается в густую жидкость. Сера из пробирки не выливается, если на короткое время ее держать отверстием несколько ниже доньшка. Затем нагреть серу до кипения. При нагревании все время следить за изменением цвета серы.

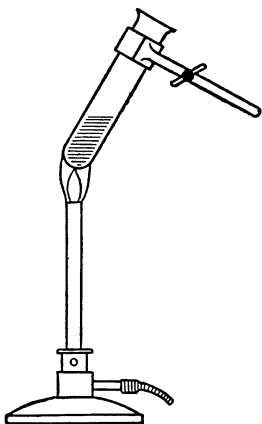


Рис. 207. Плавление серы.

Нагретую до кипения серу вылить тонкой струей в стакан с холодной водой, держа пробирку на расстоянии 20—30 см над водой. При нагревании или выливании сера может вспыхнуть, но это безопасно и бояться нечего. Ни в коем случае не следует отдергивать пробирку с горячей серой, так как легко брызнуть ею на товарищей и сильно обжечь кого-нибудь из них. Можно продолжать лить ее в воду. Оставшуюся серу

потушить, закрыв отверстие пробирки крышкой от тигля, куском картона и т. п. Пробирку укрепить на штативе.

Достать из воды вылитую серу (пластическая сера). Познакомиться с ее свойствами. Сохранить ее до следующего дня и наблюдать, что с ней произойдет.

В ту же пробирку опять поместить такое же количество серы в кусочках, как и раньше, и снова нагреть ее до кипения.

Дать сере медленно остыть и наблюдать, что происходит. Когда при остывании загустевшая сера снова сделается жидкой, опять вылить ее в стакан с холодной водой.

Достать из воды застывшую серу, сравнить ее с полученной пластической серой.

Можно в первый раз не выливать всю серу в воду, а оставить часть охлаждаться, наблюдая переход серы в густое, затем в жидкое и, наконец, в твердое состояние (без выливания в воду).

3. Перегонка серы

○ 1. В реторту на 250—500 мл вместимостью и с возможно широкой шейкой насыпать (через бумажную воронку) до $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ неочищенного серного цвета (*sulfur sublimatum*). Реторту укрепить в зажиме штатива в таком положении, как на рисунке 208. Шейку в том месте, где ее обхватывает зажим, обернуть предварительно куском асбестового картона или обмотать асбестовой ватой, чтобы не обугливались пробки зажима.

Под отверстием поместить большой стакан или банку с холодной водой.

Опыт. Прогрев осторожно реторту, поставить под нее горелку, дающую горячее пламя. Пары кипящей серы, охлаждаясь в шейке реторты, будут переходить непосредственно в твердое состояние — в реторте появится желтый дым, представляющий собой сублимированную серу или серный цвет. Когда шейка реторты прогреется, из нее, кроме того, в подставленный стакан будет стекать густая жидкая сера. В стакане с холодной водой сера превращается в пластическую. Когда вся сера перегонится, на дне реторты останутся все посторонние примеси, обыкновенно в виде черного остатка.

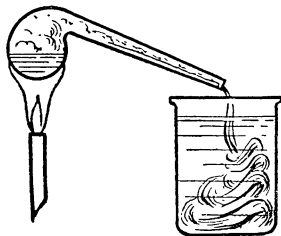


Рис. 208. Перегонка серы.

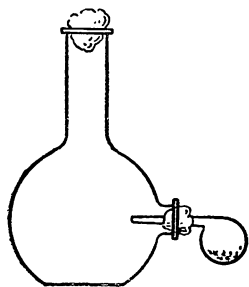


Рис. 209. Получение серного цвета.

На поверхности воды может образоваться пленка из мельчайшего порошка серного цвета, оседающего на поверхность воды и не тонущего вследствие того, что сера плохо смачивается водой. Образовавшаяся на поверхности воды пленка иногда в течение некоторого времени удерживает вытекающую из шейки реторты расплавленную серу. Последняя время от времени прорывает пленку и падает на дно в виде комков. Так как, оставаясь на поверхности воды, сера успевает несколько остыть, эти комки в холодной воде застывают в твердую серу, не переходя в пластическую.

Если шейка реторты недостаточно широка, она может закупориться вытекающей серой, и тогда надо сейчас же прекратить нагревание. Опыт лучше производить с уже испытанной раньше ретортой.

Вытекающая сера иногда загорается, но пламя обыкновенно легко можно задуть.

(Относительно удаления из реторты оставшейся серы см. стр. 291 и т. I, стр. 179.)

Со спиртовой лампочкой опыт идет гораздо дольше, чем с хорошей газовой горелкой или лампой Бартеля. Поэтому при нагревании на спирту следует взять реторту поменьше и выдвинуть фитиль лампочки как можно больше.

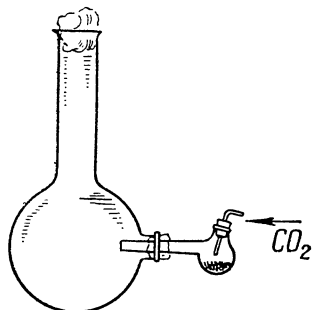


Рис. 210. Получение серного цвета с пропусканием углекислого газа.

○ 2. Если желательнее показать, каким образом получают серный цвет в технике, можно **небольшую реторту** (на 100 мл) с серой присоединить к большой (на 4—5 л и более) **колбе с тубулусом** (рис. 209).

Шейка реторты должна быть возможно широкая, чтобы ее не могло закупорить загустевшей серой (см. выше). Если у реторты длинная шейка, то ее лучше всего обрезать, оставив шейку длиной 12—15 см.

Реторту удобнее всего укрепить в тубулусе колбы при помощи **асбестовой ваты**. Ватой следует обернуть шейку реторты, которую затем вставить в тубулус.

Шейка реторты должна быть направлена несколько кверху, чтобы конденсирующаяся жидкая сера стекала обратно в реторту. Горло колбы можно прикрыть крышкой от тигля или рыхлым комком ваты. Колбу укрепить в зажиме штатива.

Опыт. Осторожно прогрев реторту, довести серу до кипения. Пары серы, выделяющиеся в колбу, в ней конденсируются в желтый «дым» мельчайших кристалликов серы «серного цвета».

Нагревание следует вести на **сильном огне**. Со спиртовой лампочкой опыт удастся гораздо хуже, чем с хорошей газовой горелкой или лампой Бартеля и то только с очень небольшой ретортой или пробиркой.

Не следует продолжать опыт дольше 5—10 мин. При продолжительном нагревании колба легко лопается около тубулуса. Если имеющаяся реторта очень мала и приходится слишком близко к колбе, последнюю необходимо защитить от нагревания при помощи экрана из асбестового картона. В куске картона сделать отверстие и надеть его этим отверстием на шейку реторты.

Если шейка реторты входит в тубулус колбы только в горизонтальном направлении и не может быть наклонена отверстием кверху, то соответствующим образом наклонить колбу.

Вместо асбестовой ваты для укрепления реторты можно воспользоваться и пробкой, но пробка во время опыта быстро начинает обугливаться.

Нередко во время опыта внутри колбы происходит вспышка взвешенного в воздухе порошка серы. При этом закрывающую колбу вату (или крышку) выбрасывает вверх, и колба наполняется белым «дымом» (при горении серы образуется некоторое количество серного ангидрида). Во избежание этого можно перед опытом наполнить колбу углекислым газом (получение см. ниже).

Опыт удается гораздо лучше и получается большее количество серного цвета, если взять **тубулатную реторту**, вставить в тубулус на асбестовой вате трубку и пропускать через нее ток **углекислого газа**, который увлекает пары серы в колбу (рис. 210).

4. Образование сероводорода при соединении серы с водородом

● ● Опыты можно производить в обыкновенной **пробирке** средней величины. В пробирку поместить несколько кусочков **серы** и вставить пробку с **двумя трубками** (диаметр 5—6 мм), как на рисунке 210. Одну трубку (см. рис. 211) соединить с каким-нибудь **прибором для получения водорода** (см. т. I, стр. 254), другую погрузить в **бокал или стакан с водой**.

Опыт. Испытать, чистый ли водород идет из прибора. При соединении каучук от водородного прибора к трубке, вставленной в пробирку с серой. Пустить через прибор сильный ток водорода и, когда можно будет думать, что весь воздух вытеснен, уменьшить ток газа так, чтобы можно было считать пузырьки, проходящие через воду в бокале. Затем нагреть серу (сначала осторожно!) до слабого кипения и поддерживать ее в таком состоянии некоторое время, стараясь, чтобы она не очень сильно возгонялась вверх по пробирке. Вода довольно скоро приобретает запах сероводорода.

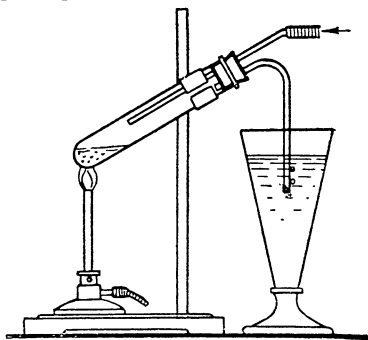


Рис. 211. Синтез сероводорода.

Вместо воды можно взять раствор какой-нибудь свинцовой соли; тогда в бокале появится черный осадок¹.

Вместо пробирки для опыта можно воспользоваться трубкой с шариком посередине (см. стр. 277, рис. 196, а также т. I, стр. 376).

¹ Этот способ открытия сероводорода может оказаться неприменимым в смысле последовательности изложения.

5. Получение сероводорода. Опыты с сероводородом

а) ПОЛУЧЕНИЕ СЕРОВОДОРОДА

1. Обычный способ получения сероводорода — действие кислоты на сернистое железо.

Сернистое железо FeS (*ferrum sulfuratum in bacillis*) для получения сероводорода следует взять в кусках величиной с орех (разбить молотком).

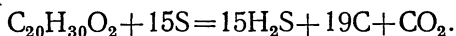
Кислоту можно взять **серную** H_2SO_4 (1 : 5) или **соляную** HCl (1 объем кислоты уд. в. 1,12 на 2 объема воды).

Прибором для получения сероводорода может служить любой прибор, годный для получения водорода, но так как для нижеописанных опытов не понадобится много сероводорода, то нет надобности снаряжать прибор Киппа или Сент-Клер Девиля. Удобнее всего воспользоваться приборами, изображенными в томе I (стр. 248, рис. 276, *a, б* и *e*; стр. 253, рис. 285; стр. 255, рис. 287).

Для лабораторных опытов можно пользоваться теми же приборами, что и для получения водорода (см. т. I, стр. 478—483, рис. 563—570).

2. За неимением сернистого железа для получения сероводорода можно воспользоваться **сернистым натрием** Na_2S (*natrium sulfuratum*). Можно также получать сероводород нагреванием серы с **парафином** или со смолой (канифолью). Вещества берутся примерно в равных по объему количествах: сера — в порошок, парафин — мелкими стружками, канифоль — кусочками.

Нагревать можно в **пробирке** или в небольшой колбочке с газопроводной трубкой. Регулируя нагрев, можно получить ровный ток сероводорода. Реакция идет с образованием угля, например, исходя из главной составной части канифоли, абиетиновой или пимаровой кислоты:



Уголь получается рыхлый и легко удаляется из сосуда по окончании опыта. Этот способ с успехом применяется в качественном анализе для осаждения сероводородом и может быть применен также и в школьной практике при ознакомлении со свойствами сероводорода.

б) ГОРЕНИЕ СЕРОВОДОРОДА

○ 1. К сероводородному прибору присоединить изогнутую и слегка оттянутую **трубку** (рис. 212), конец которой направлен кверху.

Опыт (под тягой!). Пустить из прибора ток сероводорода, но, прежде чем зажигать его, *выждать*, пока весь воздух из прибора будет вытеснен. Смесь сероводорода, как и всякого горючего газа, с воздухом при зажигании *взрывает*.

Когда будет уверенность, что весь воздух вытеснен (можно также произвести испытание при помощи пробирки, см. т. I, стр. 479), зажечь выходящий из трубки сероводород. Над пламенем подержать холодную сухую **колбу** (или стакан); она покрывается росой от выделяющейся воды. Поднести к пламени смоченную водой **лакмусовую бумажку**; она немедленно окрасится выделяющимся сернистым газом в красный цвет.

Ввести в пламя дно холодной **фарфоровой чашки** или блюдечка. На фарфоре появится желтое пятно серы, выделяющейся при неполном (вследствие охлаждения) сгорании сероводорода.

При плохой тяге, вытесняя из прибора воздух, пропускать избыток газа непосредственно за окно (стр. 217) или в промывную склянку (см. т. I, стр. 265) с концентрированным раствором едкого натра (1 : 5), а затем производить опыты, как указано выше.

● **2. Опыт (под тягой!)**. Насыпать в пробирку (до половины) кусочков **сернистого железа** FeS , прилить разбавленной **серной кислоты** H_2SO_4 1 : 5 (также до $\frac{1}{2}$ пробирки, т. е. столько, чтобы кислота только покрыла сернистое железо) и вставить пробку с отводной трубкой (рис. 213). Нагревать не надо.



Рис. 213. Лабораторный опыт получения сероводорода.

Выждав несколько минут (смесь сернистого водорода с воздухом взрывает), зажечь выделяющийся газ.

Какого цвета пламя? (Голубого, как пламя серы.)
Какой газ образуется? (Понюхать.)

Подержать над пламенем, не касаясь его, дно холодного стакана.

Отчего стакан отпотевает? (При реакции образуется вода.)

Может ли пламя сернистого водорода коптить? Для решения этого вопроса внести в пламя холодную **крышку фарфорового тигля** или дно фарфоровой чашки. Результат? (Образуется желтое пятно серы.)

Написать равенства реакций получения сернистого водорода и горения его при полном или неполном сгорании.

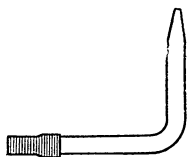


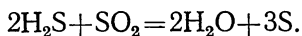
Рис. 212. Трубка к прибору для получения сероводорода.

в) ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕРНИСТОГО ВОДОРОДА С СЕРНИСТЫМ ГАЗОМ

Опыты иллюстрируют один из случаев образования свободной серы в природе. Реакция между газами идет только в присутствии паров воды как катализатора. Поэтому опыт можно

ставить либо с влажными газами, не останавливаясь на роли воды, либо брать сухие газы и затем вводить воду, после чего происходит реакция.

В реакции участвуют две молекулы сернистого водорода и одна молекула сернистого газа:



Поэтому сероводорода нужно вводить в сосуд примерно в два раза больше, чем сернистого газа.

○ 1. Опыт с влажными газами можно демонстрировать, смешивая газы, собранные в цилиндрах.

Цилиндры до урока заполняются газами (*под тягой!*) по способу вытеснения воздуха и выставляются на лекционный стол закрытые стеклами или кусками картона. Способы получения сероводорода и сернистого газа (см. стр. 298 и 305).

Цилиндр с сернистым водородом следует взять, если и не в два раза, то во всяком случае больше, чем цилиндр с сернистым газом.

За неимением цилиндров можно взять подходящие банки или бутылки для молока.

Внутреннюю поверхность сосудов полезно предварительно слегка смочить водой при помощи влажного комка ваты или бумаги.

Опыт. Поставить сосуд с сероводородом отверстием на сосуд с сернистым газом, вынуть закрывающие сосуды стекла или куски картона и, прижав отверстие одного сосуда к отверстию другого, несколько раз перевернуть их.

В сосудах иногда не сразу появляется дым мельчайших частичек серы, которая садится на стенки сосудов.

По окончании опыта сейчас же *наполнить сосуды водой*, так как иначе осевшую на стенки сосудов серу потом будет очень трудно удалить. Вымыть сосуды щеткой следует сейчас же после урока.

○ 2. Опыт можно упростить, если сернистый газ получать в том же сосуде — склянке или колбе, в котором будет демонстрироваться опыт.

Опыт. В колбу или склянку на 2—3 л налить около 50 мл насыщенного раствора сернистокислого натрия Na_2SO_3 (natrium sulfurosus). Затем *под тягой* прилить около 50 мл серной кислоты H_2SO_4 и, закрыв сосуд стеклом или картоном, выждать, пока он наполнится больше чем на половину сернистым газом (можно испытывать горячей лучинкой). После этого опустить почти до дна сосуда газоотводную трубку от аппарата для получения сероводорода (см. стр. 298) и короткое время пропускать сильный ток сероводорода. В склянке появляется дым мельчайших частичек серы, которая садится на стенки сосуда.

По окончании опыта сейчас же *сполоснуть сосуд водой* и после урока вымыть.

Если нет хорошей тяги, то в горло сосуда следует вставить пробку с двумя отверстиями. В одно отверстие вставляется трубка, соединяющая сосуд с аппаратом для получения сероводорода. В другое отверстие — трубка, соединяющая сосуд с промывной склянкой Тищенко (рис. 214) или иной. В склянку наливается концентрированный раствор едкого натра для поглощения избытка газов.

○ 3. Если желательно показать роль воды как катализатора при этой реакции, в сосуд сначала собираются сухие газы, а затем вливается вода.

Соответствующий прибор изображен на рисунке 215. В пробке большой колбы *В* емкостью около 3 л делается 4 отверстия.

Через одно проходит трубка *а*, подводящая сероводород, через другое — трубка *б*, подводящая сернистый газ, через третье — трубка *в*, через которую в колбу вливается вода из воронки *д*, через четвертое — трубка *г*, через которую из колбы удаляется избыток газов.

Для осушения сероводорода, получаемого в приборе Киппа, служит склянка Тищенко *Б* для сухих веществ (см. т. I, стр. 269) или колонка, наполненная хлористым кальцием. Для того чтобы следить за током сероводорода, служит склянка Тищенко *А* с небольшим количеством глицерина или воды, предварительно насыщенной сероводородом.

Сернистый газ получается в колбе *Д*, в которой к сухому сернистокислому натрию Na_2SO_3 приливается по каплям концентрированная серная кислота H_2SO_4 . Газ проходит через склянку Тищенко *Г* с концентрированной серной кислотой.

Склянка Тищенко *Е* наполняется концентрированным раствором едкой щелочи и служит для поглощения избытка газов. Кроме того, избыток газов можно отвести под тягу или за окно (см. стр. 217).

Воронка *д*, установленная в кольце штатива, наполняется водой. Вода впускается в колбу открытием пружинного зажима. Вместо этой воронки удобнее пользоваться воронкой с краном.

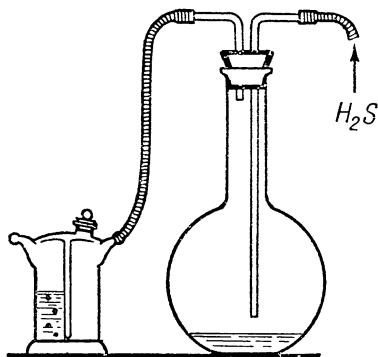


Рис. 214. Выделение серы при реакции между сероводородом и сернистым газом.

Опыт. В колбу *B* впускать одновременно ток сероводорода и сернистого газа. Ток сероводорода должен быть примерно в 2 раза быстрее, чем ток сернистого газа. Никакой реакции между газами не наблюдается.

Когда можно будет думать, что газы заполнили колбу, из воронки *d* в колбу впускается немного воды (лучше горячей).

Сейчас же наступает реакция. Колба заполняется дымом частичек серы. Скоро вся поверхность колбы покрывается налетом серы.

Прекратить ток газов и *сейчас же* влить в колбу через воронку *d* воду доверху, так как иначе потом трудно будет очистить колбу от серы. Вымыть колбу сейчас же после урока.

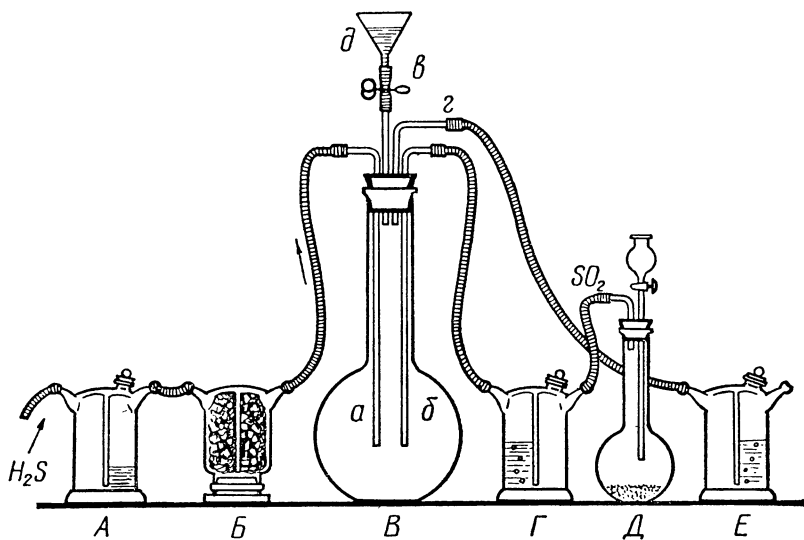


Рис. 215. Вода как катализатор при реакции между сероводородом и сернистым газом.

Вместо колбы, изображенной на рисунке 215, удобнее взять колбу с тремя горлами; такая колба может быть меньших размеров, на 1500 мл; можно взять колбу с тубулусом, банку, трехгорловую склянку, нижнюю часть небольшого газометра (см. ниже стр. 339).

Вместо склянок Тищенко можно взять другие приборы для сушения и очистки газов (см. т. I, стр. 265).

Для получения сернистого газа можно воспользоваться реакцией между концентрированной серной кислотой и медью (см. стр. 305).

г) ПОЛУЧЕНИЕ СЕРОВОДОРОДНОЙ ВОДЫ И СЕРНИСТЫХ МЕТАЛЛОВ

○ 1. *Опыт.* К сероводородному прибору присоединить стеклянную трубку, которую погрузить до дна в склянку со 100—150 мл холодной воды, и пропускать (под тягой!) в течение не менее 5—10 мин сильный ток сероводорода.

Влить понемногу полученной сероводородной воды в небольшие бокалы или стаканчики, в которых находятся:

нейтральный раствор лакмуса — раствор краснеет. Если раствор был щелочным, то он может и не покраснеть, так как сернистые щелочные металлы имеют щелочную реакцию;

магний в порошке (magnesium metallicum pulvis) — происходит сильное шипение от выделяющегося водорода.

Растворы приблизительно 1 : 10 (можно и иной концентрации) следующих солей:

медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (cuprum sulfuricum) — получается черный осадок;

укусноукислого свинца $\text{Pb}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)_2$ (plumbum aceticum) — черный осадок;

азотноукислого кадмия $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (cadmium nitricum) — желтый осадок;

треххлористой сурьмы SbCl_3 (stibium chloratum, при растворении прибавить к воде столько концентрированной соляной кислоты, чтобы получился прозрачный раствор);

железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ferrum sulfuricum oxudatum, раствор должен быть свежеприготовленный и подкисленный 1—2 каплями серной кислоты 1 : 5) — осадка не образуется;

серноукислого цинка ZnSO_4 (zincum sulfuricum, раствор подкислить, как и раствор железного купороса) — осадка также не образуется;

серноукислого марганца MnSO_4 (manganum sulfuricum). Подкислить, как и предыдущий. Осадка не образуется.

Если раствор железного купороса, серноукислого цинка и серноукислого марганца не подкислить, могут образоваться небольшие количества осадков.

За неимением указанных солей можно, конечно, взять и другие соли металлов, дающих характерные осадки.

В бокалы с растворами солей, в которых не получилось осадка от сероводорода, следует затем прилить раствор сернистого натрия Na_2S , который можно получить (до урока или на уроке) пропусканием сероводорода в раствор едкого натра NaOH (natrium oxudatum hydricum) 1 : 10 или приливанием небольшого количества раствора едкого натра к сероводородной воде.

Сернистый натрий дает с солями железа черный, с солями цинка белый, с солями марганца розоватый осадок.

На всякий случай полезно приготовить запас сероводородной воды.

Для получения сероводородной воды и других растворов газов до урока удобен прибор, показанный на рисунке 216. Вода наливается в колбу, которая укрепляется на штативе наклонно, как на рисунке. В колбу по изогнутой трубке, как на рисунке 216,

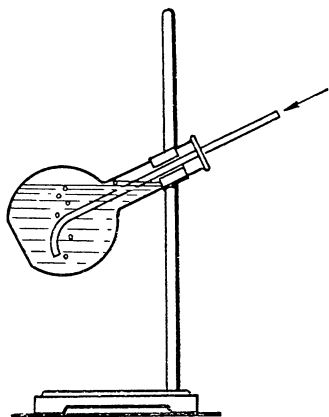


Рис. 216. Растворение газа в воде.

пускается несильный ток газа, который сначала собирается в верхней части колбы, вытесняя воду, а затем начинает выходить из горла колбы.

Благодаря тому что газ сначала поступает в верхнюю часть колбы, он соприкасается с большой поверхностью воды, и создаются гораздо более благоприятные условия для растворения газа, чем только при пропускании пузырьков через воду. Указанным способом вода насыщается газом гораздо быстрее, чем при обычном приеме.

Можно так урегулировать приток газа, чтобы из горла колбы выходило гораздо меньше пузырьков, чем поступает в колбу.

При плохой тяге действие сероводорода на лакмус и растворы солей можно показать, пропуская сероводород через ряд соединенных между собой маленьких промывных склянок (см. т. I, стр. 265—269) с перечисленными растворами. Избыток сероводорода следует выпускать по трубке за окно и т. п. (см. стр. 217). Давление в приборе должно быть достаточно велико. Трубки в склянках не должны погружаться в жидкость глубоко.

● 2. Для лабораторных опытов прямая трубка приборчика для получения сероводорода (рис. 213, стр. 299) заменяется изогнутой, так чтобы ее можно было погрузить в баночку или стаканчик с водой для получения сероводородной воды, а также для пропускания сероводорода непосредственно в растворы солей.

Для опытов можно взять те же вещества, что и для демонстрационных опытов. Кроме того, полезно дать несколько растворов солей, которые осадка дать не должны, например NaCl , KNO_3 , CaCl_2 и т. п. Для осаждения FeS , ZnS , MnS можно вместо Na_2S приготовить CaS , приливая сероводородную воду к известковой воде.

● 3. Если предполагается лишь краткое знакомство с сероводородом, учащиеся приливают к **сернистому железу** FeS в пробирке немного **серной кислоты** H_2SO_4 1 : 5, наблюдают запах сероводорода. Опуская в пробирку влажную **лакмусовую бумажку**, убеждаются, что раствор сероводорода имеет свойства кис-

лоты, и, опуская полоски фильтровальной бумаги, смоченные растворами медного купороса CuSO_4 , азотнокислого свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и азотнокислого кадмия $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, убеждаются, что при обменных реакциях получают окрашенные сернистые металлы.

6. Восстановление сернистой меди водородом в момент выделения

Водород в момент выделения восстанавливает сернистую медь с образованием сероводорода.

○ *Опыт.* В стакан с раствором сернокислого натрия Na_2SO_4 (natrium sulfuricum) опустить электроды: анод — угольный стержень, катод — медная проволока, покрытая слоем сернистой меди. Для получения слоя сернистой меди медную проволоку держать несколько минут в парах кипящей серы.

Электроды соединить с батареей из 2—3 аккумуляторов или гальванических элементов.

Через 10—15 мин в зависимости от силы тока водород в момент выделения восстанавливает сернистую медь. Проволока краснеет, и замечается запах сернистого водорода.

Электроды можно укрепить в пробках, зажатых в зажимы штатива или в куске картона, который кладется на края стакана.

Для того чтобы продемонстрировать образование сероводорода, можно катод укрепить в пробке, вставленной в обрезок трубки. В пробку вставляется изогнутая трубочка, как на рисунке 217.

Если к концу газоотводной трубки поднести кусок фильтровальной бумаги, смоченной раствором азотнокислого свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, то на бумаге образуется черное пятно сернистого свинца PbS .

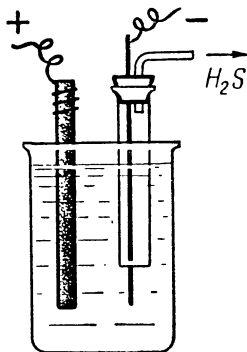


Рис. 217. Восстановление сернистой меди водородом в момент его выделения.

7. Получение сернистого газа, растворение его в воде и сжижение

Опыт растворения сернистого газа в воде можно произвести таким же образом, как растворение хлористого водорода (см. стр. 246): газ собирается по способу вытеснения воздуха в цилиндр, который затем открывается под водой. Опыт берет сравнительно мало времени, и его вполне возможно соединить

с опытом сжижения сернистого газа, воспользовавшись одним и тем же прибором для добывания газа.

а) ПОЛУЧЕНИЕ СЕРНИСТОГО ГАЗА ДЕЙСТВИЕМ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ
НА МЕДЬ И ОПЫТЫ С СЕРНИСТЫМ ГАЗОМ

○ 1. В колбу на 250—500 мл поместить около 30 г медных стружек (красной меди, *cuprum metallicum raspatum*).

Колбу укрепить на штативе (рис. 218), подложив хорошую сетку. В подобранную к колбе пробку вставить длинную воронку и газоотводную трубку, к которой присоединить склянку Тищенко

(см. т. I, стр. 265) или другую промывную склянку (см. т. I, стр. 266) с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84). К склянке Тищенко присоединить на длинной резиновой трубке стеклянную трубку, которую погрузить, как при собирании хлористого водорода (см. стр. 244, рис. 166), в цилиндр для собирания газов. Цилиндр прикрыть стеклянной пластинкой.

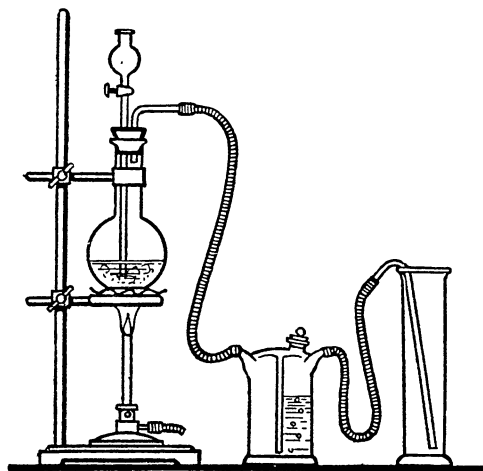


Рис. 218. Получение сернистого газа.

Весь прибор расположить в вытяжном шкафу.

Для сжижения сернистого газа его можно пропускать в пробирку, охлаждаемую смесью снега с солью (рис. 219).

Пробирку лучше взять поуже и подлиннее (например, диаметром $1\frac{1}{4}$ см и длиной 15 и не менее 12 см).

Для смеси снега с солью удобнее всего взять соответствующих размеров батарейный стакан (см. т. I, стр. 167) или банку для варенья.

Смесь готовится на уроке, снег же или измельченный лед следует приготовить перед самым уроком, удобнее всего в деревянной чашке (см. т. I, стр. 381), которую прикрыть доской. Для измельчения льда проще всего завертывать куски его в мешок или в грубый холст и разбивать деревянным молотком. Для отделения кусков от большой глыбы льда удобно воспользоваться гвоздем или шилом, по которому ударять молотком. Таким способом лед раскалывается легче, чем при помощи топора или ножа.

Чем мельче растолочь лед, тем лучше.

Соль для смеси можно взять «кухонную».

Для смешивания удобно воспользоваться большой **деревянной ложкой** или деревянной лопаткой.

Опыты. Влить в колбу концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84; на 30 г меди взять 70 мл кислоты).

Начать осторожно нагревать колбу на *небольшом пламени*, постепенно усиливая нагревание (иначе колба может лопнуть, см. т. I, стр. 174).

Выделение газа начнется не сразу, а только после того, как кислота достаточно прогреется. Когда начнется ровное выделение газа, уменьшить пламя горелки и даже совсем отставить горелку. Иначе при неосторожном нагревании реакция может пойти очень бурно. Кислота сильно пенится, и пена поднимается до газоотводной трубки. При этом может выбросить трубку и даже разорвать колбу. Поэтому во все время опыта необходимо *внимательно следить* за газоотделением, уменьшая пламя или отставляя горелку в том случае, если реакция начинает идти слишком энергично, и подогревая, когда реакция ослабевает.

При соблюдении всех вышеуказанных предосторожностей опыт совершенно **безопасен**.

Через некоторое время, после того как началось выделение газа, испытать, наполнился ли цилиндр сернистым газом (чистый сернистый газ не дымит на воздухе, тогда как газ, получающийся при горении серы, дымит вследствие образования одновременно некоторого количества серного ангидрида). Для этого опустить в отверстие цилиндра зажженную **лучинку**. Если она потухает у самого отверстия цилиндра, значит, он наполнился.

Отставив горелку, перенести газоотводную трубку во второй (запасный) цилиндр, а первый быстро закрыть притертой **стеклянной пластинкой** и погрузить отверстием вниз в большую чашку с водой, подкрашенной фиолетовым или синим **лакмусом**. Отняв стекло под водой, покачивать цилиндр из стороны в сторону. Цилиндр постепенно заполняется водой почти доверху. Заполнение происходит гораздо медленнее, чем в опыте с хлористым водородом.

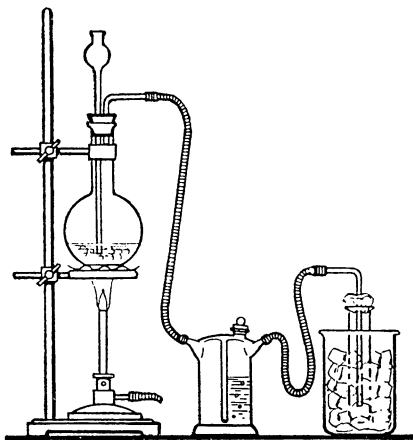


Рис. 219. Сжигание сернистого газа.

Если опыт почему-нибудь не удался, повторить его со вторым цилиндром.

Окончив опыт растворения сернистого газа, быстро приготовить смесь льда и соли, для чего всыпать в батарейный стакан или банку по очереди 2 ложки снега или толченого льда и одну ложку соли, каждый раз хорошо перемешивая.

Наполнив сосуд доверху, сделать в середине смеси какой-нибудь подходящего размера палкой отверстие, вставить в смесь приготовленную пробирку и опустить в нее газоотводную трубку. Трубку *a* прибора обвернуть клочком ваты, которой закрыть пробирку (рис. 219). Конец трубки должен на 3—4 см не доходить до дна пробирки. Смесь вокруг пробирки следует обмять палкой.



Рис. 220.
Прибор
для жидкого
сернистого
ангидрида.

Поставив под колбу горелку, о с т о р о ж н о возобновить нагревание колбы. Если охлаждающая смесь была надлежащим образом приготовлена, то через 10 мин в пробирке собирается уже несколько миллилитров жидкого сернистого ангидрида. Вынутая из охлаждающей смеси жидкость вскоре начинает кипеть.

Пробирку с жидким сернистым ангидридом можно заткнуть пробкой с газоотводной трубкой, которую соединить с промывной склянкой, содержащей раствор едкого натра NaOH 1 : 5 (*natrium oxydatum hydricum*), или с хлоркальциевой трубкой, наполненной натронной известью (рис. 220).

В таком виде пробирку с кипящей жидкостью можно показать учащимся.

Если поставить пробирку на ладонь, то кипение усиливается.

При хорошей тяге оставшуюся в пробирке жидкость можно затем влить в стаканчик с 2—3 мл воды. Вода сейчас же замерзает в снегообразную массу.

Из колбы, в которой получался сернистый газ, по охлаждении ее слить почти всю жидкость и прилить воды. Когда муть отстоится, вода оказывается окрашенной образовавшимся при реакции медным купоросом в синий цвет. Вместо того чтобы ожидать пока раствор отстоится, жидкость можно профильтровать.

Для сжижения сернистого газа вместо пробирки можно воспользоваться, конечно, и одним из специальных сосудов, приготовляемых для этой цели. Но следует иметь в виду, что сосуды, приготовляемые неопытными стеклодувами, не всегда имеют достаточно толстые стенки, чтобы полученную жидкость можно было безопасно сохранять в них при обыкновенной температуре (давление жидкого SO_2 около 3,5 атм).

Для собирания сернистого газа в цилиндр можно обойтись и без промывной склянки с серной кислотой. Но для опыта сжижения сернистого ангидрида пропускать его через серную кислоту необходимо, так как иначе увлекаемые током газа из колбы мелкие брызги кислоты собираются в пробирке вместе с сжижаемым газом. Кроме того, по пузырькам в промывной склянке легче следить за выделением газа.

Если промывная склянка не Тищенко, то по окончании опыта необходимо следить, чтобы жидкость не перебросило в колбу, и, как только газоотделение прекратится, вынуть пробку из колбы.

Колбу нужно взять таких размеров, чтобы влитая серная кислота наполняла колбу немного меньше чем до половины (можно соответственно увеличить количество меди и кислоты), так как при небольшом количестве жидкости стенки выше уровня последней сильно нагреваются и от брызг жидкости колба может лопнуть.

Если нагревание ведется на спиртовой лампочке, то, в случае если лопнет колба от горячей кислоты, может лопнуть и лампочка. Чтобы при этом горящий спирт не мог разлиться по столу, под лампочку полезно поместить на всякий случай сковородку, чашку и т. п.

Вместо медных стружек можно воспользоваться латунными или кусочками листовой меди, которую настричь ножницами. Ни в каком случае не следует пользоваться медными опилками, с которыми реакция пошла бы слишком бурно.

При плохой тяге для собирания газа следует воспользоваться сосудом, закрытым пробкой с двумя газоотводными трубками: одной — длинной, приводящей, другой — короткой, соединенной с трубкой, выведенной за окно, или с поглотительным прибором (например, склянка Тищенко с едким натром 1 : 5), как в опытах с хлористым водородом (стр. 253).

У наполненного сернистым газом сосуда, перед погружением его в воду, пробку с трубками следует быстро заменить стеклянной пластинкой, так как опыт с фонтаном (см. стр. 248) в данном случае (с сернистым газом) не удастся.

Для сжижения сернистого газа при плохой тяге можно воспользоваться **U-образной трубкой**, которую присоединить к поглотительному сосуду (см. выше). U-образную трубку можно взять готовую, употребляемую для сушения газов (в прейскурантах эти трубки иногда называются «дугообразными»). За неимением готовой трубки можно выгнуть из обыкновенной легкоплавкой трубки диаметром 8—9 мм, но не тоньше.

Отделив U-образную трубку с жидким сернистым ангидридом (пока она еще находится в охлаждающей смеси) от прибора для получения газа, газоотводную трубку прибора присоединить

к поглотительному сосуду и т. п. (если это обыкновенная промывная склянка с раствором едкого натра и у прибора нет предохранительной трубки, то остерегаться, чтобы едкий натр при охлаждении колбы не пересосало в серную кислоту!). U-образную трубку с одного конца закрыть пробкой или каучуком с зажимом, а другой конец соединить с промывной склянкой, содержащей концентрированный раствор едкого натра. В таком виде жидкость можно оставить до тех пор, пока она вся не выкипит.

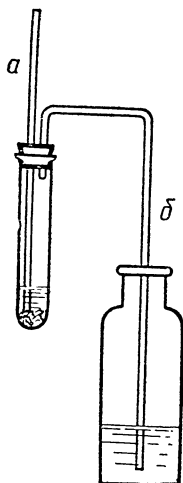


Рис. 221. Взаимодействие меди с серной кислотой.

● 2. Для лабораторного опыта получения и растворения SO_2 можно воспользоваться прибором, изображенным на рисунке 221, где *a* — предохранительная трубочка, чтобы воду не могло пересосать в пробирку.

Сжижение SO_2 как лабораторный опыт вряд ли было бы возможно ставить.

Опыт. Собрать прибор, как на рисунке 221. Трубочка *a*, так называемая предохранительная, служит для того, чтобы воду из скляночки ни в коем случае не могло «перетянуть» в пробирку с нагретой серной кислотой (при этом могло бы пробирку разорвать!). Если вследствие охлаждения или по другой причине давление в пробирке понизится, то одновременно с поднятием воды в

трубке *b* кислота в трубке *a* начнет опускаться и наружный воздух войдет в пробирку раньше, чем вода в трубке *b* поднимется доверху.

Поместить в пробирку несколько медных стружек и влить около $\frac{1}{4}$ пробирки концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84; 95%). Обращаться осторожно!

Влить в скляночку до половины воды и, закрыв пробирку пробкой с отводными трубками, нагревать серную кислоту, пока не начнется выделение газа, после чего отставить горелку. Если выделение газа ослабеет, снова подогреть кислоту. Пропускать газ через воду 5—10 мин.

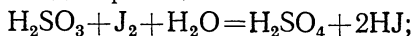
Отставить штатив с пробиркой и прекратить нагревание.

С раствором сернистого газа проделать следующие опыты¹:
а) прилить несколько капель этого раствора к раствору лакмуса;

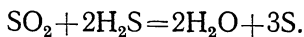
б) прилить несколько капель этого раствора к раствору йода

¹ См. также ниже, стр. 312—328.

(около $\frac{1}{4}$ пробирки) и взболтать. Раствор йода обесцвечивается, так как происходит реакция:



в) слить в пробирку растворы сернистого газа и сероводорода, происходит выделение серы:



Для того чтобы учащиеся твердо запомнили, что при реакции между медью и кислотами водород не выделяется, можно до вышеописанного опыта поставить опыт исследовательского характера: учащиеся нагревают несколько стружек меди с несколькими каплями концентрированной серной кислоты. Опуская в пробирку горящую лучинку, учащиеся убеждаются, что не только не происходит вспышки, как при выделении водорода, но лучинка потухает от выделяющегося сернистого газа, который они вскоре обнаруживают по запаху.

Когда пробирка, в которой шла реакция, совершенно остынет, вылить содержимое в фарфоровую чашку с водой. Пробирку сейчас же вымыть под краном.

Нагреть чашку с раствором до кипения, помешивая жидкость стеклянной палочкой. Что наблюдается? (Наблюдается посинение, так как образовавшийся безводный медный купорос CuSO_4 присоединяет воду.)

Отфильтровать полученный раствор и, сгустив его, выкристаллизовать из него соль ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Написать равенство реакции получения сернистого газа.

Другие опыты с сернистой кислотой, описанные ниже, можно проделать либо с полученным раствором, либо получить для них SO_2 действием серной кислоты на сернистоокислый натрий Na_2SO_3 .

- б) ПОЛУЧЕНИЕ СЕРНИСТОГО ГАЗА ДЕЙСТВИЕМ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ
НА СЕРНИСТОНАТРИЕВУЮ ИЛИ ТИОСЕРНОНАТРИЕВУЮ СОЛЬ.
ПОЛУЧЕНИЕ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТЫ

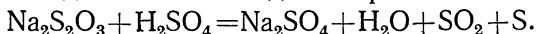
● ● Получение сернистого газа с помощью меди и серной кислоты приходится показывать вследствие важности для курса самой реакции; в лабораторной же практике, например, для приготовления раствора сернистой кислоты, а также и для последующих опытов с сернистым газом несравненно проще пользоваться реакцией между концентрированной **серной кислотой** H_2SO_4 (уд. в. 1,84) и **сернистоокислым натрием** Na_2SO_3 в порошке; можно брать как нормальную соль Na_2SO_3 (natrium sulfurosum), так и кислую NaHSO_3 (natrium bisulfurosum). Реакция идет очень спокойно при обыкновенной температуре и не требует никаких особых предосторожностей. Выделение тепла очень небольшое, так что опыт можно вести в любом, даже в толстостенном

сосуде. Для приливания кислоты удобна **воронка с краном**, посредством которой кислоту можно приливать по каплям.

Порошок насыпается в сосуд слоем в несколько сантиметров, и ток газа регулируется приливанием кислоты. Под конец, впрочем, и после закрытия крана реакция идет еще некоторое время, так как серная кислота, стекающая на дно сосуда, постепенно всасывается сухой солью.

Вместо сухой соли можно брать ее насыщенный раствор.

Вместо сернистоокислого натрия можно воспользоваться также серноватистоокислым натрием $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, неправильно называемым гипосульфитом (*natrium hyposulfurosus*). Реакция с этой солью идет с выделением свободной серы:



Описанным способом получения сернистого газа можно, конечно, воспользоваться и для вышеприведенных опытов.

Для получения раствора сернистой кислоты газ пропускается непосредственно в **склянку с водой** через опущенную до дна склянки трубку (см. также прием, описанный выше, стр. 304).

При плохой тяге необходимо, конечно, закрыть сосуд пробкой с двумя вставленными в нее трубками (одна, доходящая до дна сосуда, другая для отвода избытка газа за окно, в поглотительный сосуд и т. п., см. выше).

в) ПОЛУЧЕНИЕ СЕРНИСТОГО ГАЗА ОКИСЛЕНИЕМ СЕРЫ

● ● Сернистый газ получается при сильном нагревании серы, смешанной с двуокисью марганца. На **12 г двуокиси марганца** MnO_2 в порошке берется **9 г порошкообразной серы**. Происходит окисление серы за счет кислорода двуокиси марганца.

Опыт. Поместить немного смеси в пробирку и сильно нагревать. Образующийся SO_2 обнаруживается по запаху, по покраснению влажной синей **лакмусовой бумажки**, лучше по обесцвечиванию бумажки, смоченной раствором **фуксина**.

Можно применять этот способ для получения сернистого газа при изучении его свойств.

8. Свойства сернистого газа и сернистой кислоты

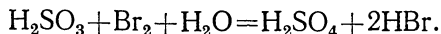
Для опытов можно воспользоваться полученным при предыдущем опыте **раствором сернистого газа в воде**.

а) КИСЛОТНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРА СЕРНИСТОГО ГАЗА В ВОДЕ

● ● **Опыт.** Поместить в один **бокал** или пробирку **раствор лакмуса**, в другой **бокал** или пробирку — немного **магния** в порошке (*magnesium metallicum pulveratum*) и прилить в оба бокала раствор **сернистой кислоты** H_2SO_3 . Лакмус краснеет; магний вытесняет водород.

б) ОКИСЛЕНИЕ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТЫ В СЕРНУЮ (ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТЫ)

● ● *Опыт.* Налить в один бокал (пробирку) немного не очень концентрированного раствора брома в воде. Прилить в бокал сернистой кислоты H_2SO_3 . Происходит обесцвечивание:



Вместо бромной воды можно взять раствор йода (jodum) в растворе йодистого калия KJ (kalium jodatatum). Раствор также обесцвечивается. (Окисление сернистой кислоты в серную при помощи окислов азота, см. стр. 331.)

в) РЕАКЦИЯ МЕЖДУ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТОЙ И СЕРНИСТЫМ ВОДОРОДОМ

● ● *Опыт.* Налить в бокал (пробирку) немного сероводородной воды и прибавить раствора сернистой кислоты. Происходит выделение свободной серы (см. также выше, стр. 299).

г) ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ЦВЕТОВ

● ● *Опыт.* Красную розу смочить водой и вставить черешком в трубку, укрепленную вертикально в большой пробке, или в небольшую мензурку и т. п. Рядом поместить тигелек или крышку от тигля с зажженной серой (подержать щипцами в пламени горелки) и все прикрыть колоколом или склянкой с обрезанным дном (рис. 222). Через некоторое время роза делается сначала светло-розовой, а затем почти белой.

Чтобы показать, что красящее вещество не разрушено, как при белении хлором, побелевшую розу опустить в стакан с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84) и сейчас же перенести в большой стакан с водой. В серной кислоте роза делается опять красной (но несколько иного оттенка, чем раньше).

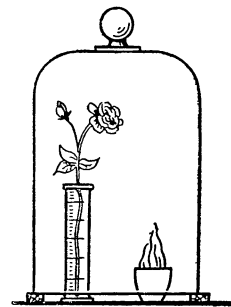


Рис. 222. Беление цветов сернистым газом (1).

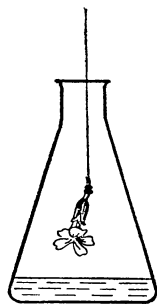


Рис. 223. Беление цветов сернистым газом (2).

Лепестки розы в кислоте иногда слипаются в комок. Поэтому удобнее погружать в кислоту не всю розу, а несколько отдельных лепестков при помощи щипцов или пинцета.

Обесцвеченная роза краснеет также, если ее погрузить в банку с хлором. Затем окраска опять постепенно пропадает вследствие окисления.

Вместо розы можно воспользоваться для опыта и некоторыми другими цветами, например фиалками, незабудками, пионом, синим ирисом, примулой и некоторыми другими. Но далеко не всякий цветок хорошо обесцвечивается сернистым газом. Так, например, красные гвоздики, герани для опыта малопригодны. Поэтому имеющиеся цветы необходимо предварительно испытать.

При действии серной кислоты на обесцвеченные синие цветы последние иногда не синеют, а лиловеют или зеленеют.

За неимением колокола можно просто держать цветок над горячей серой.

Можно опустить цветок на нитке в колбу с концентрированным раствором серной кислоты (рис. 223).

Действию сернистого газа на цветы мешает покрывающий лепестки слой воска. Поэтому рекомендуют погрузить предварительно цветок на короткое время в эфир, который растворяет воск. Цветок после этого белится быстро и ровно.

д) ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ФУКСИНА, ЭКСТРАКТА СИНЕЙ КАПУСТЫ, СУШЕНЫХ ЯБЛОК

●● **Опыт.** Прибавить к находящемуся в большой пробирке или в химическом стакане слабому раствору фуксина (красный фуксин, fubin extra и т. п.) раствора сернистого газа. Через короткое время фуксин постепенно обесцвечивается.

Если бесцветный раствор нагреть до кипения, то окраска возвращается. Это доказывает, что краска не была разрушена, как при белении хлором, а образовала с сернистым газом бесцветное соединение.

Взамен фуксина можно показать обесцвечивающее действие сернистого газа на экстракте из синей капусты. Экстрактом (полученным слабым нагреванием измельченной капусты с водой) пропитывается бумажка. Влажную бумажку держать над горячей серой.

Можно показать обесцвечивающее действие на сушеные яблоки. Кусочки смачивают водой и держат над горячей серой¹.

е) БЕЛЕНИЕ ШЕЛКА

● **Опыт.** Несколько ниток желтого шелка-сырца связать в небольшой рыхлый пучок и привязать к длинной нитке.

Большую склянку на 3—4 л наполнить сернистым газом (полученным, например, действием серной кислоты на сернистокислый натрий, см. стр. 311).

¹ Что касается опытов обесцвечивания красного вина, черничного и других ягодных соков, о чем обыкновенно упоминается в учебниках, то я, к сожалению, не могу дать на этот счет никаких указаний, так как упомянутые опыты у меня не удаются. Обыкновенно наблюдается только некоторое посветление, но далеко не обесцвечивание.

Смочить шелк водой и, опустив в склянку с сернистым газом, закупорить склянку таким образом, чтобы пробка прижала нитку, к которой привязан пучок шелка. Последний должен висеть приблизительно в середине склянки.

Оставить склянку в классе, чтобы учащиеся могли следить за ходом беления.

Через несколько дней некоторые нитки уже начинают белеть. Весь пучок обыкновенно белеет не раньше как через неделю¹.

ж) СЕРНИСТЫЙ ГАЗ НЕ ПОДДЕРЖИВАЕТ ГОРЕНИЯ

○ 1. Опыт демонстрирует неспособность сернистого газа поддерживать горение, чем пользуются на практике для тушения загоревшейся в дымовой трубе сажи (бросают в топку серу).



Рис. 224.
Тушение
пламени
сернистым
газом.

В длинную стеклянную трубку или ламповое стекло, изображающее дымовую трубу, поместить на проволоке обрезок свечи, как на рисунке 224.

Стекло укрепить в зажиме штатива. Под стекло поставить тигелек, крышку от тигля или жестяную коробочку с серой (sulfur sublimatum).

Опыт. Зажечь свечу. Зажечь серу, для чего подержать тигелек щипцами в пламени

горелки, а затем подставить тигелек под стекло. Свеча быстро тухнет.

Обратить внимание учащихся на белый «дым», получающийся при горении серы (вследствие того что, кроме сернистого газа, образуется отчасти серный ангидрид).

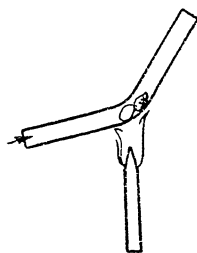


Рис. 225. Обжигание пирита.

9. Обжигание пирита

○ ● Широкую стеклянную трубку (диаметр 8—10 мм) согнуть, как на рисунке 224, и поместить в изгиб несколько кусочков железного колчедана FeS_2 или пирита.

Опыт. Накалывать пирит на горелке, держа трубку в таком положении, как на рисунке 225. Воздух поступает в трубку снизу, а сверху выходит образующийся сернистый газ. К концу трубки

¹ Следует заметить, что на практике шелк-сырец предварительно варят, после чего он делается значительно более белым, но беление на уроке вареного шелка гораздо менее заметно, чем невареного.

поднести влажную синюю лакмусовую бумажку, которая сейчас же краснеет. Над кусочками пирита, если трубку удалить с горелки, видно небольшое голубоватое пламя горячей серы. Можно трубку и не изгибать, а укрепить наклонно.

Можно сжигать пирит на железной сетке или на конце жестяной пластинки.

10. Получение серного ангидрида контактным способом. Свойства серного ангидрида

1. В качестве катализатора для опыта обычно пользуются **платинированным асбестом**.

Для приготовления платинированного асбеста можно воспользоваться 10-процентным **раствором хлорной платины** PtCl_4 (platinum chloratum solutum 10%), разбавив его равным объемом воды, или приготовить 4—5-процентный раствор, взяв сухую хлорную платину (siccum). Можно, наконец, приготовить хлорную платину из остатков металлической платины — ломаных проволочек, пластинок и т. п. Для этого платина обливается в колбочке небольшим количеством только что приготовленной смеси 3 ч. дымящей соляной и 2 ч. концентрированной азотной кислот (царская водка) и оставляется стоять (под тягой или в ящике за окном). Время от времени следует добавлять свежей смеси и колбочку слегка подогревать. Через несколько дней раствор сливают с нерастворившейся еще платины (если она не вся растворилась), выпаривают на водяной бане (под тягой) почти досуха и остаток растворяют в воде.

Подлежащий платинированию **асбест** в виде ваты или полосок расщипанного картона намачивается в растворе хлорной платины. Избыток жидкости выжимается легким сдавливанием между пальцами, и асбест погружается в насыщенный раствор **нашатыря** NH_4Cl (ammonium chloratum purissimum). Вынув из нашатыря, асбест снова отжимают, а затем при помощи платиновой проволочки вносят в пламя горелки, где сначала просушивают, а затем слегка прокаливают. Асбест делается серым от выделившейся мелкоизмельченной платины. Операцию можно повторить еще несколько раз.

Перед погружением в нашатырь полезно дать смоченному хлорной платиной асбесту слегка подсохнуть. Прокаливать можно и не на платиновой проволочке, а в фарфоровом тигле.

Платиновый катализатор с успехом может быть заменен нанесенной на асбестовую вату **окисью железа** Fe_2O_3 (И. П. Вязовский). Асбестовая вата прокаливается в тигле. Затем рыхлые комочки ваты встряхиваются в банке с порошком окиси железа (ferrum oxydatum rubrum), пока асбест не будет как бы напитан порошком окиси железа. Этими комочками наполняется трубка

прибора, изображенного на рисунке 226. Для нагревания можно воспользоваться двумя спиртовыми лампочками.

Вместо того чтобы встряхивать порошок окиси железа с асбестовой ватой, можно пропитать асбест раствором железного купороса FeSO_4 и затем прокалить до полного разложения соли.

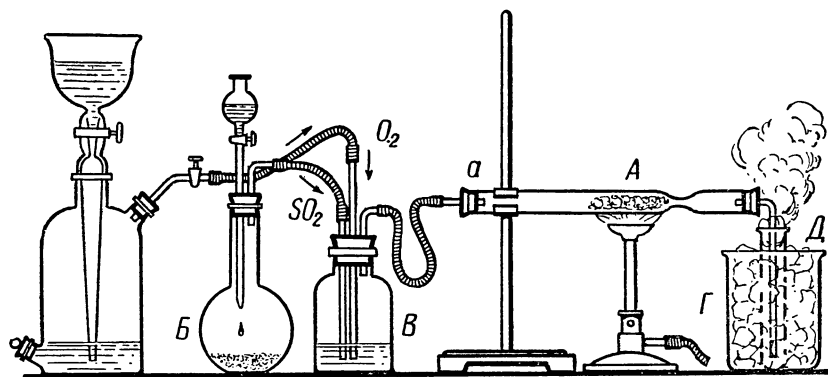


Рис. 226. Получение серного ангидрида.

А. Опыты при хорошей тяге

Платинированный (или смешанный с Fe_2O_3) асбест помещается в трубку А (рис. 226) диаметром $1\frac{1}{2}$ —2 см и длиной около 25 см (можно нетугоплавкую).

У трубки А, для того чтобы асбест в ней не передвигался током газа, следует сделать перетяжку. Если бы оттягивание трубки оказалось затруднительным, то, вместо того чтобы делать

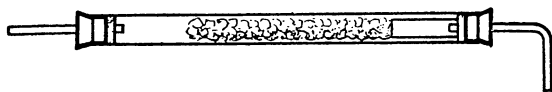


Рис. 227. Трубка с платинированным асбестом.

перетяжку, можно внутрь трубки вложить соответствующей длины кусок трубки меньшего диаметра, который с одной стороны упирался бы в пробку, закрывающую наружную трубку, а другим концом удерживал бы асбест от передвигания (рис. 227).

Асбест перед помещением в трубку должен быть хорошо прокален для удаления из него гигроскопической воды. Прокаливать можно в железном тигле, чашке или непосредственно в пламени горелки.

Асбест помещается в трубку А слоем в 7—10 см длины. Не следует туго набивать трубку асбестом. Лучше всего пропихи-

вать его в виде отдельных рыхлых комочков при помощи какой-нибудь палочки. После наполнения необходимо испытать, достаточно ли легко пропускает трубка газ. Для этого проще всего просасывать через трубку воздух ртом (не продувать, чтобы не вводить в трубку влаги). Воздух должен проходить без особого затруднения.

Трубка *А* закрывается с обоих концов хорошо подогнанными пробками, в которые вставлены прямая трубка *а* и изогнутая трубка *б*. Нижнее колено трубки *б* должно не доходить на 3—4 см до дна пробирки *Д*, погруженной в стакан *Г*.

Серный ангидрид очень энергично действует на корковую пробку, но хорошая пробка свободно выдерживает один и даже два опыта (пробный и на уроке). Для того чтобы продукты действия серного ангидрида на пробку не могли попасть в газоотводную трубку *б*, последняя должна немного выставляться внутрь трубки *А* (рис. 226).

Кроме того, пробки полезно защищать надетыми на трубки кружочками асбестового картона или хотя бы комочками асбестовой ваты.

На резиновую пробку серный ангидрид действует несколько менее сильно, чем на корковую, и потому пробку, в которую вставлена трубка *б*, можно взять резиновую, но она также быстро портится.

Для получения **сернистого газа** удобнее всего воспользоваться действием **серной кислоты** H_2SO_4 на **сернистокислый натрий** Na_2SO_3 (см. стр. 311). Соль можно поместить в колбу *Б*, как на рисунке 226, или в какой-нибудь другой сосуд.

Кислород берется из **газометра** (см. т. I, стр. 277).

Для осушения и смешивания оба газа пропускают через одну и ту же **банку В** с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84). Для этого в пробку банки *В* вставлены три трубки (рис. 226). Трубка, отводящая газ, соединяется или непосредственно с трубкой *А* (как на рис. 226), или между ними еще вставляется **колонка** с пемзой или бусами, смоченными концентрированной серной кислотой (см. т. I, стр. 268), или другой подобный аппарат.

Резиновая трубка, соединяющая трубку *а* с осушительным аппаратом, должна быть достаточно длинной. Нужно, чтобы трубку *А* можно было свободно поднять вместе со штативом для вынимания пробирки *Д* из стакана *Г*.

Вместо того чтобы делать длинную резиновую трубку, можно поместить стакан *Г* на подставку такой величины, чтобы при вынимании подставки стакан опускался на длину трубки *б*. В таком случае соответствующая подставка должна быть, конечно, и для горелки.

В стакан *Г* помещается лед. Стакан лучше всего взять батарейный (см. т. I, стр. 167). Можно воспользоваться также банкой для варенья.

Пробирка Д, служащая для собирания серного ангидрида, должна быть средней величины (например, $15 \times 1,5$ см). Следует иметь также 2—3 запасные пробирки. К пробиркам до урока нужно подобрать хорошие корковые пробки.

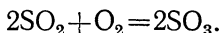
Горелку полезно снабдить насадкой для плоского пламени (см. т. I, стр. 157).

Если нагревание ведется на спирту, то следует взять лампочку с плоским фитилем или расправить фитиль в виде веера (см. т. I, стр. 157).

Когда прибор собран, пропустить через него в течение некоторого времени из газометра воздух, нагревая при этом платинированный асбест возможно сильнее, чтобы удалить из асбеста и из прибора всю влагу. После этого дать трубке *А* остыть не прекращая тока воздуха.

Весь прибор необходимо поместить под тягу.

Опыт. Приготовить охлаждающую смесь (см. стр. 305). Отставив пока стакан со смесью в сторону, приоткрыть кран воронки прибора для получения сернистого газа настолько, чтобы серная кислота капала не слишком частыми каплями и из прибора выделялся равномерный ток газа. Открыть кран газометра и урегулировать ток кислорода таким образом, чтобы он был примерно вдвое слабее, чем ток сернистого газа, так как с двумя объемами SO_2 реагирует один объем O_2 по равенству реакции:



Обратить внимание учащихся на то, что при обыкновенной температуре никакой реакции между сернистым газом и кислородом не замечается.

Начать осторожно нагревать трубку *А*, держа горелку в руке. Когда трубка прогреется, подставить горелку и урегулировать пламя или высоту горелки таким образом, чтобы конец пламени едва касался трубки *А*, не обхватывая ее.

Наилучшая температура для реакции около 400° , но при лекционном опыте точного измерения температуры не требуется. Нужно только следить, чтобы платинированный асбест не накаливался докрасна. Он может быть слегка красноватым только в самой нижней части трубки (если трубка легкоплавкая, то и этого не должно быть, так как она может расплавиться: ее раздувает напором газа).

Когда трубка *А* прогреется и из трубки *Б* начнется выделение белого дыма, урегулировать ток газов таким образом, чтобы было обильное выделение дыма, и, подняв трубку *А* вместе со

штативом, погрузить трубку *б* в пробирку *Д*, находящуюся в охлаждающей смеси.

При надлежащем токе газов в пробирке через 5 мин уже собирается достаточное количество серного ангидрида. Вынув пробирку, поместить на ее место другую.

Вынутую пробирку сейчас же закрыть плотным комком асбестовой ваты, а затем, вдвинув вату поглубже, — приготовленной пробкой. Если не положить асбестовой ваты, то от действия паров серного ангидрида на пробку по стенкам пробирки образуются темные потеки, которые быстро загрязняют серный ангидрид. Асбестовая вата мало защищает от действия серного ангидрида, но, во всяком случае, пробка свободно выдерживает до конца опыта.

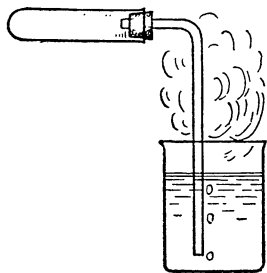


Рис. 228. Серный ангидрид не растворяется в воде.

Через 5—8 мин вынуть вторую пробирку и закрыть ее точно так же, как первую. Таким же образом поступить и с третьей пробиркой.

После этого можно показать, что пары серного ангидрида не растворяются в воде, но растворяются в концентрированной серной кислоте.

Для этого сначала погрузить конец газоотводной трубки в стакан с водой. Из воды поднимается обильный белый дым (рис. 228). Затем, вытерев конец трубки фильтровальной бумагой, перенести ее в бокал или стакан с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84), чтобы показать поглощение серного ангидрида кислотой. При не очень быстром токе газов значительная часть ангидрида успевает поглотиться, и над поверхностью кислоты наблюдается лишь небольшое облачко дыма. Еще лучше воспользоваться колонкой с пемзой, смоченной концентрированной серной кислотой (рис. 229).

На этом опыт получения серного ангидрида заканчивается.

Полученный серный ангидрид показать учащимся.

Серный ангидрид получается или в твердом виде, или отчасти в виде жидкости. При этом, если прибор был совершенно сухой и газы достаточно осушались, то получается почти исключительно неустойчивая модификация серного ангидрида α , плавящаяся при 18° .

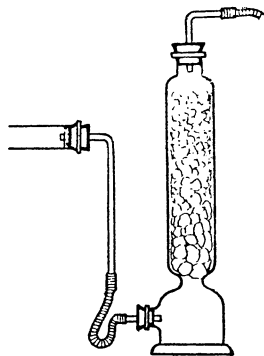


Рис. 229. Серный ангидрид растворяется в серной кислоте.

В противном случае получается смесь модификации α с устойчивой модификацией β , которая при обыкновенной температуре образует шелковистые кристаллы и при 50° возгоняется не плавясь.

Если желательно показать обе модификации серного ангидрида, то необходимо осушать газы при помощи колонки и т. п. (см. выше).

Более или менее чистая модификация α получается обыкновенно во второй и третьей пробирках.

Модификация α быстро расплавляется, если пробирку слегка нагревать, например, рукой.

Когда вещество расплавится, показать учащимся расплавленное вещество, которое остается жидким до конца урока, если в помещении температура не ниже 18°C .

Модификация β не плавится даже в том случае, если пробирку держать над пламенем горелки. При этом, конечно, необходимо вынуть пробку, асбестовую же вату можно не вынимать. Из отверстия пробки выходит при нагревании большое количество белого дыма.

Модификацию β полезно иметь, раз навсегда заготовленную в запаянной колбе (рис. 230), но такая заготовка в школьной лаборатории вряд ли возможна (одно время такие колбы с запаянными волокнистыми кристаллами β -видоизменения серного ангидрида имелись в продаже).

В пробирке с расплавленной на уроке модификацией α через несколько дней иногда появляются характерные кристаллы модификации β , но точных данных относительно условий, при которых такое превращение можно было бы показать наверняка, я указать, к сожалению, не могу.

С полученными в двух пробирках кристаллами серного ангидрида можно проделать следующие опыты.

1) Открыв пробирку, вынуть из нее **пинцетом** или щипцами асбестовую вату (бросить ее **в стакан с водой**), взять немного кристаллов **стеклянной трубочкой** и т. п. и опустить **в бокал с водой**. Происходит весьма энергичная реакция с сильным шипением.

2) К оставшемуся в пробирке веществу прилить **концентрированной серной кислоты** (уд. в. 1,84). При взбалтывании весь серный ангидрид в ней растворяется.

3) В другую пробирку бросить несколько кусочков **серы**. Происходит темно-синее окрашивание, образуется S_2O_3 .

Если не предполагается получать видоизменение α , то опыт

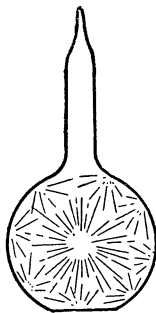


Рис. 230.
Серный ангидрид
в запаянной
колбе.

значительно упрощается, так как нет необходимости обращать особое внимание на сушение газов.

После урока для удаления из пробирок оставшегося серного ангидрида следует растворить его в концентрированной серной кислоте и затем вылить раствор в воду. *Ни в коем случае не следует приливать воду прямо в пробирки с серным ангидридом*, так как при этом жидкость с силой выбрасывается из пробирки и может произойти *взрыв*.

Платинированный асбест после опыта следует хорошо промыть водой, поместив на фильтре в воронку. Промывание можно считать окончанным, если в промывной воде хлористый барий $BaCl_2$ не будет давать осадка. Промытый платинированный асбест следует высушить и сохранить до следующего раза.

При устройстве прибора вместо банки *B* можно взять трехгорлую склянку или еще лучше две склянки Тищенко, или другие промывные склянки, которые присоединить к трубке *A* на тройнике.

Если собирание серного ангидрида представит трудности, то можно ограничиться демонстрацией образования дыма у отверстия трубки *A* при нагревании платинированного асбеста. Вместо кислорода в таком случае можно воспользоваться воздухом. Слой платинированного асбеста может быть значительно меньше.

Б. Опыт при плохой тяге

При плохой тяге для собирания серного ангидрида следует воспользоваться таким сосудом, из которого избыток газов можно было бы отводить в вытяжной канал, за окно, в поглотительный сосуд и т. п. Проще всего взять **пробирку**, закрытую резиновой пробкой с двумя отверстиями, в которые вставлены две трубки: одна — опускающаяся внутрь пробирки и не доходящая до дна на 3—4 см, другая — короткая для отвода газов.

Так как при плохой тяге вряд ли удобно производить какие-либо опыты с полученным серным ангидридом, то достаточно собрать его в одну пробирку. Ее можно взять больших размеров, чем указано выше (стр. 318). Пробирку можно присоединить к трубке *A* на коротком кусочке резиновой трубки, которую после опыта придется выбросить.

Вместо пробирки удобно воспользоваться небольшой колбочкой (на 20—30 мл) с длинным горлом и припаянной к горлу газоотводной трубкой. Такие колбочки (Вюрца) употребляются для перегонки. Приводящая газ трубка вставляется в пробку, через боковую же трубку удаляется избыток газов. Пробка может быть и не резиновая, а корковая, которую лучше защитить кружком асбестового картона или намотанной на вставленную

в нее трубку асбестовой ватой (если в пробку вставлены две трубки, то это сделать гораздо труднее, почему колбочка и удобнее пробирки).

Для собирания твердого серного ангидрида при плохой тяге (а также и при хорошей тяге) вместо пробирки очень удобно воспользоваться **озонатором Бертело** (стр. 73), если таковой имеется. Прибор можно вынуть из банки, в которую он бывает вставлен, и укрепить на штативе. Газ впускается через нижнюю трубку и выходит через верхнюю трубку. Охлаждающая смесь помещается во внутреннюю трубку прибора, вставленную в него на шлифе. Таким образом, учащиеся во время опыта видят, как на наружной поверхности этой трубки постепенно оседают белые кристаллы серного ангидрида. Появление кристаллов видно особенно ясно, если внутреннюю поверхность трубки предварительно покрыть этикеточным лаком (см. т. I, стр. 364), смешанным с голландской сажой. Охлаждать озонатор снаружи нет надобности.

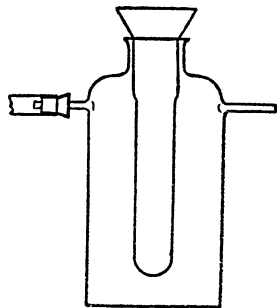


Рис. 231. Прибор для собирания серного ангидрида.

Еще лучше, конечно, заказать для той же цели специальный прибор подобного же устройства, изображенный на рисунке 231. К одному из тубулузов прибора присоединяется на пробке, защищенной асбестом, трубка с платинированным асбестом, к другому тубулузу — отводная трубка, соединяемая с приборами для поглощения серного ангидрида и избытка сернистого газа.

Для поглощения избытка серного ангидрида, несмотря на громадное его сродство к воде, водой и водными растворами воспользоваться нельзя. Встречая влагу, серный ангидрид сейчас же образует мельчайшие капельки серной кислоты — «дым». Образовавшиеся же капельки уже не диффундируют в жидкость подобно газам и вместе с избытком кислорода выходят наружу. Поэтому перед промывной склянкой с раствором едкого натра NaOH (для поглощения избытка сернистого газа, см. стр. 308) следует поставить склянку **Тищенко** для сухих веществ или колонку (см. т. I, стр. 483), наполненную не туго **асбестовой ватой**, которая в течение долгого времени очень хорошо удерживает серный ангидрид.

По окончании опыта следует отделать прибор с серным ангидридом, сняв с него резиновые трубки (можно воспользоваться приемом, описанным для собирания хлора, стр. 217), концы же трубок сейчас же соединить между собой приготовленной стеклянной трубочкой соответствующей длины. Это прихо-

дится делать вследствие того, что ток выделяющегося в колбе *Б* сернистого газа прекращается не сейчас же после того, как закрыт кран воронки, и из трубки *А* по окончании опыта еще продолжается некоторое время выделение сернистого ангидрида.

Отделение резиновой трубки от прибора с серным ангидридом следует делать *осторожно*, чтобы скопляющиеся иногда там капли серного ангидрида не попали на руку.

Концы трубок сосуда с серным ангидридом следует закрыть короткими обрезками резиновых трубок, со вставленными кусочками стеклянной палочки.

Для того чтобы показать растворение серного ангидрида в серной кислоте, к длинной трубке прибора с серным ангидридом следует присоединить на резиновой трубке небольшую вороночку, через которую влить в прибор серную кислоту.

В. Опыты при отсутствии тяги

При всех описанных выше манипуляциях все же значительное количество паров серного ангидрида попадает в воздух комнаты. Поэтому *при полном отсутствии тяги* приходится ограничиться демонстрацией «дыма» серного ангидрида, не собирая твердого ангидрида.

○ 1. *Опыт.* К трубке с катализатором присоединить большую склянку, закрытую пробкой с двумя трубками: одна — приводящая, доходит до середины склянки, вторая — оканчивается у пробки. Отводящую трубку соединить с трубкой, выведенной за окно (стр. 217). Дым серного ангидрида наполняет склянку, и избыток удаляется на улицу. По окончании опыта выгнать дым сильным током воздуха и разобрать прибор.

● 2. *Опыт.* Удобно пользоваться следующим весьма простым способом демонстрации каталитического действия платины на смесь сернистого газа с воздухом. В маленькой чашечке или в тигельке зажигается сероуглерод CS_2 , который дает совершенно чистый сернистый газ без примеси серного ангидрида (при горении серы всегда получается дымок от примеси серного ангидрида). Если над тиглем держать накаленный предварительно в пламени горелки комочек **платинированного асбеста**, то над ним появляется облако дыма. Для опыта можно воспользоваться платиновой сеточкой, но достать ее труднее, чем платинированный асбест.

○ 3. *Опыт.* Если имеется **платиновая пластинка**, то очень отчетливо наблюдается образование белого «облачка» при такой постановке опыта. В **банку** или в коническую колбу на 500 мл налить 10—15 мл концентрированного **раствора сернистого газа**. Раствор в банке в течение минуты взбалтывать, не закрывая отверстия, чтобы получилась смесь выделяющегося из раствора

SO_2 с воздухом. Затем накалить прикрепленную к железной проволоке или захваченную **щипцами** платиновую пластинку, причем держать банку лучше немного наклонно, а горелку — у самого горла банки (рис. 232), чтобы можно было быстро опустить в банку пластинку в накаленном состоянии. После того как пластинка опущена, вокруг нее сразу появляется характерное белое облачко «дыма». Это туман капелек серной кислоты, образующейся при взаимодействии SO_3 с влагой воздуха. Накаливание и опускание в колбочку платиновой пластинки можно повторить несколько раз подряд.

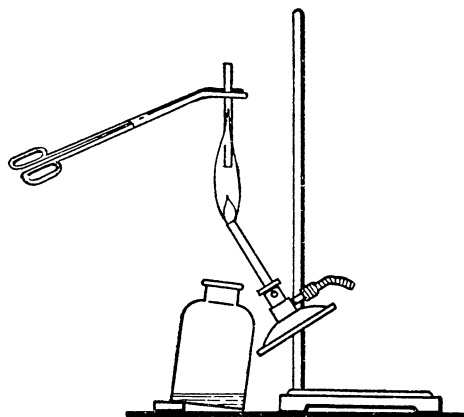


Рис. 232. Накаливание платиновой пластинки перед опусканием в склянку с раствором сернистого газа.

● ● 4. **Опыт.** За неимением платины можно в качестве катализатора воспользоваться спиралью из железной проволоки. Опыт производится в тех же условиях, как и с платиной (опыт 3). Спираль накаливается в пламени горелки и быстро вносится в банку с раствором сернистой кислоты. Вокруг спирали после нескольких накаливаний и опусканий в банку появляется облачко белого дыма (рис. 233).

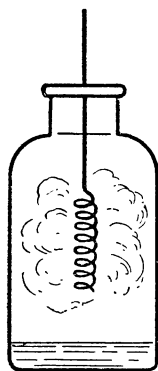


Рис. 233. Железо как катализатор при образовании серного ангидрида.

Проволочка не должна быть слишком тонкая, так как она слишком быстро остывает, а толстую трудно прогреть. Лучше всего, если есть проволочка толщиной около 0,5 мм.

Опыт дает значительно лучший результат, если железную проволоку накаливать электрическим током (Разумовский).

Для опыта берется банка на 1—2 л. В пробку, закрывающую банку, вставляются две толстые проволоки (медные или из другого металла), как показано на рисунке 234. К концам проволок, находящимся внутри банки, присоединяется спираль из железной или из стальной проволоки (удобна балалаечная струна). Наружные концы присоединяются через реостат со скользящим контактом (на 40—60 ом) к штепсельной осветительной цепи.

Реостат сначала ставится на полное сопротив-

ление, а затем во время опыта сопротивление постепенно уменьшается, пока железная спираль не накалится докрасна (при более сильном накаливании она легко перегорает).

Банка наполняется смесью **сернистого газа** с воздухом указанным выше способом (взбалтывание раствора сернистой кислоты), или сернистый газ получается действием серной кислоты на сернистоокислый натрий (стр. 311) и вводится из соответствующего прибора с таким расчетом, чтобы он вытеснил из банки около $\frac{1}{2}$ объема воздуха.

Пробка с проводами вставляется в банку не плотно, после чего железная спираль накаливается и вокруг нее вскоре появляется густой белый дым капелек серной кислоты.

За неимением реостата можно воспользоваться жидким сопротивлением (1-процентный раствор соды, налитый в чашку, и два железных электрода, см. т. I, стр. 511).

Если нет электрического освещения, можно накаливать спираль током от двух аккумуляторов или элементов Гренэ (см. т. I, стр. 308).

Толщина железной проволоки около 0,5 мм, но может быть и меньше.

Вместо железной спирали можно взять константановую (60% Cu и 40% Ni).

Можно взять спираль из сплава, не обладающего хорошими контактными свойствами, например из нихрома (25% Ni, 15% Cr и 60% Fe; из нихрома делают спирали для электрических плиток; эти спирали продаются отдельно), и вложить в нее асбестовую вату, смешанную с каким-либо катализатором, как платина (платинированный асбест, см. стр. 328), окись железа Fe_2O_3 (см. стр. 316), окись хрома (Cr_2O_3), ванадиевый ангидрид (V_2O_5) и др.

Наибольший интерес представляет последний катализатор, применяемый в промышленности на заводах контактной серной кислоты.

Ванадиевый ангидрид готовится следующим образом (Разумовский). Приготавливается насыщенный при 70° раствор ванадата аммония NH_4VO_3 (ammonium vanadatum), для чего берется 6,3 г соли на 100 мл воды. В полученный раствор погружается

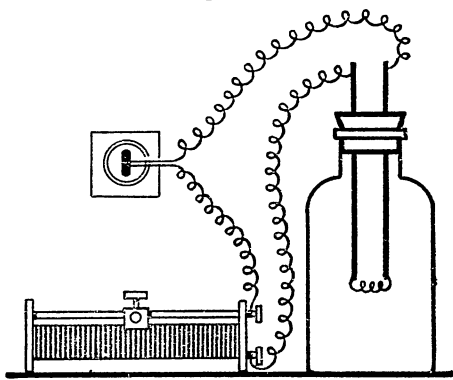


Рис. 234. Накаливание металла-катализатора электрическим током.

асбестовая вата, которая затем отжимается, высушивается и прокаливается в пламени горелки.

NH_4VO_3 разлагается, и асбест покрывается слоем ванадиевого ангидрида V_2O_5 коричневого цвета.

Наполнив банку сернистым газом, сначала следует накаливать нихромовую спираль без катализатора и показать, что SO_3 не

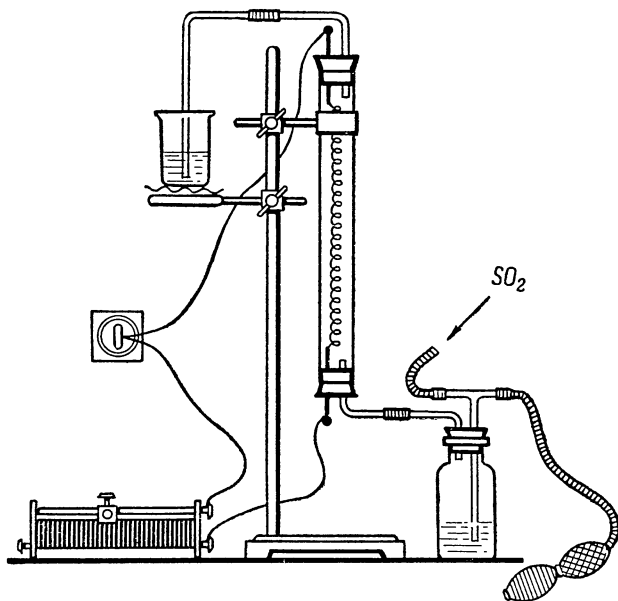


Рис. 235. Прибор для окисления сернистого газа в серный ангидрид.

образуется, а затем вложить в спираль катализатор и снова накаливать. Получается густой белый дым.

○ 5. *Опыт.* Применение **электронагрева** для окисления сернистого газа до серного ангидрида в присутствии **окси хрома** (Cr_2O_3) в качестве катализатора происходит особенно хорошо в приборе, предложенном В. П. Гаркуновым¹.

Для изготовления прибора (см. рис. 235) используется **стеклянная трубка** длиной 35—40 см и диаметром 1,5—2 мм. Концы трубки закрываются **резиновыми пробками**, в которые вставлены

¹ В. П. Гаркунов, Приборы для окисления аммиака и получения аммиачной селитры, «Химия в школе», 1957, № 6, стр. 40.

газоотводные трубки, и короткие (8—10 см) электроды из толстой (2—2,5 мм) стальной проволоки.

На концах этих электродов внутри трубки закрепляется спираль от электроплитки. Чтобы расположить спираль в центре по оси трубки, внутрь ее на время загрузки катализатора вставляется стальная проволока, длина которой несколько больше длины трубки.

Пространство между стенками трубки и спиралью заполняется кусочками неглазурованного цветочного горшка с окисью хрома (катализатор) на поверхности. По мере заполнения трубки черепками с катализатором электрическая спираль осторожно подтягивается с помощью проволочного крючка. Когда трубка окажется заполненной, проволока вынимается, а спираль прикрепляется к электроду верхней пробки, и трубка закрывается.

Для приготовления катализатора черепки погружают в сосуд с насыщенным раствором двуххромовокислого аммония, кипятят, охлаждают и оставшийся раствор сливают. Черепки, пропитанные раствором двуххромовокислого аммония, помещают в железную или фарфоровую чашку и прокаливают. Получающаяся окись хрома покрывает ровным слоем поверхность черепков.

Трубка с катализатором устанавливается вертикально, закрепляется в лапке штатива и через реостат (можно и без него) включается в электросеть. Потом через промывную склянку с концентрированной серной кислотой в нижнюю газоотводную трубку пускают ток сернистого газа и при помощи резиновой груши продувают воздух.

Получающийся серный ангидрид пропускают поочередно через верхнюю газоотводную трубку в стакан с водой, затем в стакан с разбавленной серной кислотой и, наконец, в стакан с концентрированной серной кислотой.

11. Получение серной кислоты контактным способом

При ознакомлении учащихся с производством серной кислоты контактным способом рекомендуется применять действующие модели, на которых можно разъяснить работу контактного узла и поглотительной системы. Одна из таких моделей, предложенная Н. И. Кучеренко¹, изображена на рисунке 236.

На этом рисунке: *А* — теплообменник; *Б* — контактный аппарат; *В* — холодильник; *Г* — адсорбер; *Д* — поглотительная

¹ Н. И. Кучеренко, Действующие модели химических установок, «Химия в школе», 1956, № 1, стр. 48.

склянка; *E* — аспиратор. Необходимый для работы модели сернистый газ в смеси с кислородом можно получить в установке, представленной на рисунке 236 или каким-либо другим способом.

Полученная смесь сернистого газа с чистым кислородом или с кислородом воздуха направляется в теплообменник *A*, проходит между его трубками и попадает в контактный аппарат, в котором некоторая часть сернистого газа окисляется в серный ангидрид.

Разогревшаяся смесь серного ангидрида с сернистым газом и другими газообразными примесями снова направляется в

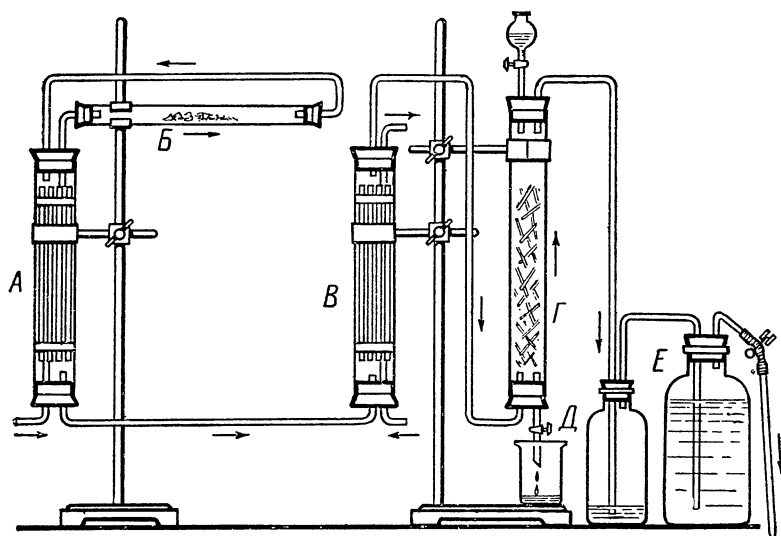


Рис. 236. Схема контактного узла.

теплообменник, проходит по его трубам и при этом отдает тепло газовой смеси, поступающей в контактный аппарат.

Пройдя теплообменник, серный ангидрид с другими газами попадает в воздушный или водяной холодильник *B*, а из него в адсорбер *Г*, орошаемый концентрированной серной кислотой, которая растворяет серный ангидрид и стекает в приемник (стакан) под адсорбером. Отходящие газы, содержащие некоторое количество серного ангидрида, направляются в поглотительную склянку *Д*, в которой находится немного концентрированной серной кислоты. Поглотительная склянка соединена с аспиратором.

Наиболее трудными для изготовления частями модели явля-

ются теплообменник и холодильник, совершенно сходные между собой по устройству, способу изготовления и применению.

Процесс изготовления теплообменника (или холодильника) заключается в нижеследующем. Приготавливают отрезок обыкновенной стеклянной трубки диаметром около 3 см и длиной около 20—21 см. Подбирают резиновую пробку легко и плотно входящую в трубку; вырезают из этой пробки 2 кружка высотой около 0,5 см, просверливают в них по 4—6 отверстий (рис. 236, а), вставляют в эти отверстия заранее подобранные стеклянные трубки и полученную деталь (рис. 236, б) вводят в общую стеклянную

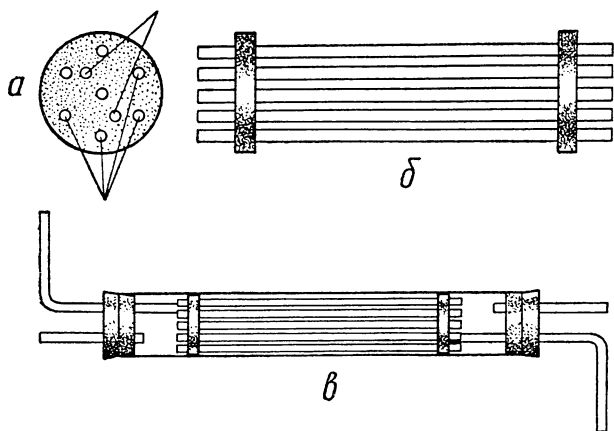


Рис. 237. Детали для самодельного теплообменника.

трубку (диаметр около 3 см), которая будет кожухом теплообменника. Концы трубки, представляющей кожух теплообменника, закрывают резиновыми пробками с подводщими и отводящими трубками (рис. 236, в).

Адсорбер Г представляет собой стеклянную трубку диаметром около 3 см, длиной около 25 см и с обоих концов закрытую резиновыми пробками.

На три четверти объема адсорбер заполняется битым стеклом (насадка). В делительной воронке на адсорбере находится концентрированная серная кислота, которая для орошения насадки спускается каплями.

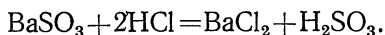
В качестве контактного аппарата можно воспользоваться: а) стеклянной трубкой, заполненной платинированным асбестом или окисью железа на асбестовой вате (рис. 227 на стр. 317 и рис. 226 на стр. 317; б) трубкой с электронагревом и окисью хрома на керамической основе в качестве катализатора (см. рис. 235 на стр. 327).

12. Получение серной кислоты башенным (камерным) способом¹

а) ОКИСЛЕНИЕ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТЫ В СЕРНУЮ РАЗЛИЧНЫМИ ОКИСЛИТЕЛЯМИ

●● 1. *Опыт.* К раствору сернистой кислоты прилить раствор хлористого бария, BaCl_2 (*barium chloratum*). Образуется осадок BaSO_4 .

Прилить разбавленной соляной (или азотной) кислоты — осадок растворяется, так как происходит реакция:



Раствор H_2SO_3 постепенно окисляется кислородом воздуха. Поэтому для успеха опыта раствор H_2SO_3 должен быть *свежий* и предварительно испытан.

Чтобы показать, что осадка в присутствии соляной кислоты не образуется, прилить к раствору H_2SO_3 соляной кислоты, а затем раствор хлористого бария BaCl_2 .

В тот же раствор прибавить немного раствора серной кислоты. Получается обильный белый осадок сернобариевой соли BaSO_4 , который в сильных кислотах нерастворим.

После этих предварительных опытов можно перейти к опытам окисления сернистой кислоты в серную.

В бокалы, стаканы или пробирки налить раствор H_2SO_3 и прибавить соляной кислоты и хлористого бария.

Затем приливать в сосуды растворы различных окислителей: хлорную воду, бромную воду, слабый раствор йода в йодистом калии, 3-процентный раствор перекиси водорода, раствор KMnO_4 , концентрированную азотную кислоту. Во всех случаях получается осадок BaSO_4 вследствие окисления сернистой кислоты H_2SO_3 в серную кислоту H_2SO_4 .

● 2. *Опыт.* В склянку или колбу на 500—1000 мл влить немного (рис. 238) свежего раствора сернистой кислоты (стр. 325).

В пробирке, в которую вставлена пробка с изогнутой, как на

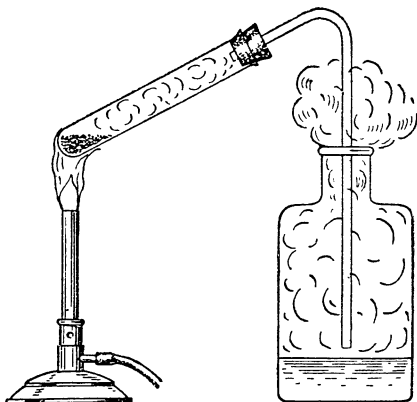


Рис. 238. Окисление сернистой кислоты двуокисью азота.

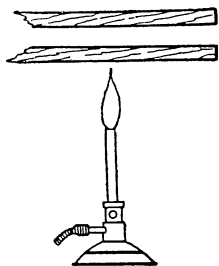
¹ Название «камерный способ» сохранено, как имеющее историческое значение при изучении производства серной кислоты.

рисунке 238, трубкой, немного нагреть **азотнокислого свинца** $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (plumbum nitricum):



Когда смесь NO_2 и O_2 наполнит склянку, закрыть ее пробкой и сильно встряхнуть. Бурый цвет двуокиси азота NO_2 пропадает.

Повторить это несколько раз и затем прилить в раствор **соляной кислоты** и **хлористого бария** BaCl_2 (см. стр. 331). Получается осадок BaSO_4 . Параллельно проделать опыт со взятым раствором H_2SO_3 — осадка не получается.



Образование серной кислоты можно обнаружить и другим способом, пожалуй, более убедительным для учащихся.

В первоначальный раствор и в раствор, который встряхивался с двуокисью азота, погрузить концы двух одинаковых лучинок и затем держать их высоко над пламенем горелки (рис. 239).

Рис. 239. Обнаружение серной кислоты по обугливанию лучинки.

Лучинка, смоченная раствором сернистой кислоты, просто высыхает, лучинка же, смоченная полученным при опыте раствором серной кислоты, чернеет и обугливается.

Получение двуокиси азота разложением $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ вполне понятно учащимся, если они и не изучали азота.

Но опыт идет лучше, если получать NO_2 путем менее понятной учащимся реакции — действием азотной кислоты на медь, и взять склянку побольше.

Тогда, после открывания пробки, в склянку входит воздух и газ в склянке снова буреет — превращение NO в NO_2 , что более ярко иллюстрирует роль NO_2 и NO в камерном процессе.

б) КАМЕРНЫЙ ПРОЦЕСС

При воспроизведении на лекционном столе камерного процесса можно удовлетвориться образованием серной кислоты в сосуде, в который притекают SO_2 , NO_2 , пары воды и кислород (воздух), независимо от того, каким образом получают участвующие в процессе вещества.

Но можно стремиться в большей или меньшей степени приблизиться к условиям получения указанных веществ на практике.

Ниже описан ряд установок, одной из которых или комбинациями которых может воспользоваться преподаватель при демонстрации камерного процесса в зависимости от имеющихся посуды и приборов и от того, с какой полнотой намеревается он показать процесс.

Для получения **сернистого газа** проще всего воспользоваться действием серной кислоты на сернистокислый натрий (стр. 311). Менее удобно получать сернистый газ нагреванием концентрированной серной кислоты с медными стружками (стр. 306). Можно нагревать смесь серы с двуокисью марганца MnO_2 (стр. 312). Можно, имитируя некоторые заводы, сжигать серу в трубке, в струе воздуха. Можно, наконец, как на многих наших заводах, обжигать в трубке пирит.

Двуокись азота можно вводить из колбы, в которой к медным или латунным стружкам приливается по каплям концентрированная азотная кислота. Можно получать двуокись азота разложением азотнокислого свинца или азотнокислой меди.

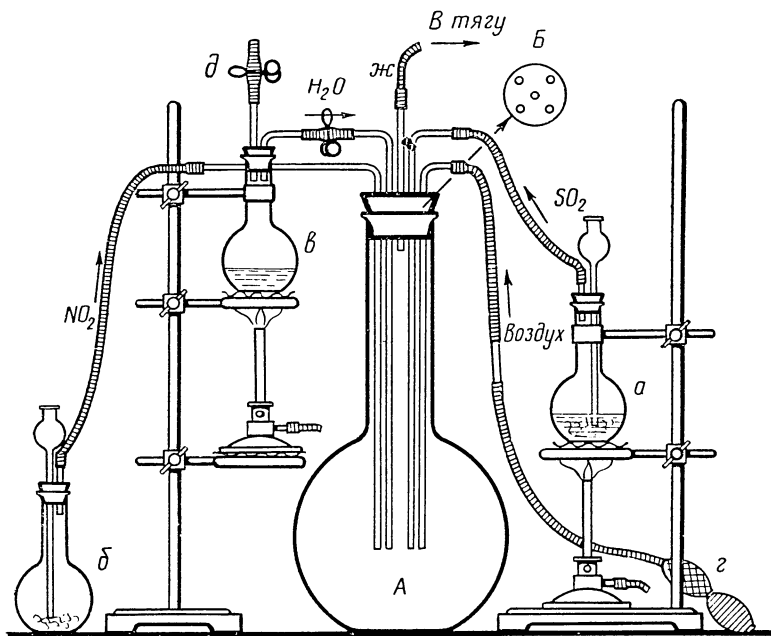


Рис. 240. Камерный процесс (1).

Можно, наконец, пользоваться, как на заводах, концентрированной азотной кислотой, которая наливается в тигель, помещаемый внутри реакционного сосуда.

Вода обычно вводится в виде паров, но можно воспользоваться пульверизатором и вводить воду в распыленном виде, как на заводах.

Если реакционный сосуд достаточно объемистый, то **воздух** можно особо не вводить. Но лучше вдвухать воздух при помощи

резинового баллона (см. т. I, стр. 129 и 379) или впускать из газометра.

В тех случаях, когда сернистый газ получается сжиганием серы или серного колчедана, воздух просасывается в сосуд при помощи разрежающего водяного насоса или аспиратора.

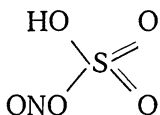
Все указанные способы можно комбинировать между собой в зависимости от имеющихся возможностей.

В качестве **реакционного сосуда** удобнее всего воспользоваться большой колбой с тремя горлами (рис. 240), но можно удовольствоваться и двугорлой или одnogорлой колбой (рис. 239) с широким горлом (на 5 и более литров) или большой банкой (рис. 240), склянкой с тубулусом у дна или без тубулуса, с 1—2—3 горлами. Желательно, чтобы склянка или банка была *бесцветного стекла*, иначе будет хуже виден цвет двуокиси азота.

Вместо склянки можно использовать стеклянный газометр без воронки (рис. 243, стр. 339).

В устройство прибора можно **ввести колонку** с пемзой, орошаемой из воронки с краном концентрированной серной кислотой, которая, как в башне Гей-Люссака, поглощает удаляющуюся из прибора двуокись азота (рис. 242, б).

При помощи нижеописанных установок можно получить на стенках реакционного сосуда камерные кристаллы, если не вводить раньше времени избытка паров воды. Но по методическим соображениям образование камерных кристаллов может оказаться и нежелательным, так как состав их может быть неясен для учащихся. Напомним, что им приписывают формулу нитрозилсерной кислоты $\text{SO}_2 \cdot \text{ONO} \cdot \text{OH}$, или в развернутом виде:



Если образование камерных кристаллов не предполагается показывать, то опыт ведется с избытком водяных паров.

Следует отметить, что ни в одном из лабораторных приборов *не может быть получена* кислота той же концентрации, что и на заводе. Приходится удовлетвориться тем, что в скопившейся на дне реакционного сосуда жидкости удастся открыть серную кислоту при помощи хлористого барья или лучинки (см. стр. 332).

Сзади реакционного сосуда поместить **белый фон** (картон, бумагу).

○ 1. На рисунке 240 изображен наиболее простой прибор для лекционного опыта, не требующий сложных приспособлений. Нужны только **большая колба А** на 5 л и более, **три маленькие**

колбочки на 250 мл, две длинные воронки, резиновые и изогнутые стеклянные трубки, как показано на рисунке.

Длину резиновых трубок можно сократить промежуточными стеклянными трубками.

В колбе *a* действием концентрированной серной кислоты на медные стружки получается сернистый газ (стр. 306). В колбе *б* действием азотной кислоты на медные или латунные стружки получается двуокись азота. В колбе *в* находится вода, пары которой поступают в колбу *A*.

Пружинными, как на рисунке, или лучше винтовыми зажимами регулируется поступление паров воды в колбу *A* или вывод их наружу.

С помощью резиновой груши *г* в колбу вводится воздух. Через трубку *ж* избыток газов выходит в тягу или за окно, как было указано в главе о хлоре (стр. 219). Можно присоединить к трубке *ж* поглотительную склянку например промывалку Тищенко, (см. т. I, стр. 265) с концентрированным раствором едкой щелочи.

Опыт. Открыв зажим *д* и закрыв зажим под стрелкой, зажечь горелку под колбой с водой — *в*.

Прилить концентрированной серной кислоты к медным стружкам в колбе *a* и начать нагревание колбы. В дальнейшем внимательно следить за ходом реакции, ослабляя или усиливая нагревание.

После того как в колбе *a* установится равномерное выделение сернистого газа, начать осторожно, небольшими порциями приливать концентрированную азотную кислоту к смоченным водой медным стружкам в колбе *б*, пока газ в колбе *A* не примет сильно бурой окраски от поступающей в колбу двуокиси азота.

Если газы содержат достаточное количество влаги, то через некоторое время стенки колбы *A* покрываются камерными кристаллами и бурый цвет газов почти пропадает. Если этого не происходит, то впустить в колбу немного водяных паров. Для этого при слабом кипении воды в колбе *в* приоткрыть зажим под стрелкой и на короткое время закрыть зажим *д*.

После того как образуются камерные кристаллы, усилить кипение воды, открыть зажим под стрелкой и закрыть зажим *д*.

Одновременно начать вводить в колбу *A* воздух при помощи груши *г* или из газометра. К этому времени реакция в колбе *б* должна прекратиться.

Камерные кристаллы пропадают.

Газы в колбе снова буреют. Затем, при продолжающемся поступлении в колбу *A* сернистого газа и паров воды, газы в колбе обесцвечиваются.

После некоторого упражнения можно научиться так управлять реакциями, что побурение и обесцвечивание газов в колбе *A* повторится несколько раз.

Если демонстрации образования камерных кристаллов не предполагается, то впускание паров воды следует начать одновременно с впуском других газов.

Дождавшись, когда реакции в колбах прекратятся или ослабеют, приподнять пробку колбы *A* и влить в нее **соляную кислоту** и **хлористый барий** $BaCl_2$. Получающийся обильный осадок $BaCO_4$ доказывает образование серной кислоты.

Можно опустить в колбу длинную трубку, всосать в нее немного жидкости со дна колбы *A*, перелить в бокал или пробирку и затем обнаружить серную кислоту при помощи лучинки.

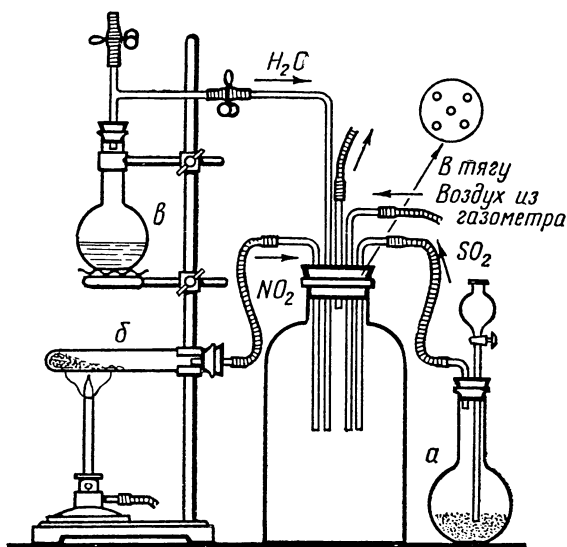


Рис. 241. Камерный процесс (2).

Для получения сернистого газа удобнее пользоваться не реакцией между серной кислотой и медью, а реакцией между сернистокислым натрием и серной кислотой (стр. 311).

Если нет колбы с достаточно широким горлом, чтобы во вставленной в нее пробке можно было просверлить 5 отверстий для трубок, можно воспользоваться тройниками.

○ 2. На рисунке 241 изображен прибор, аналогичный описанному выше (1), но вместо колбы взята **банка**. Банка может быть меньших размеров, чем колба (2—3 л), так как имеет широкое горло, но банки обычно бывают зеленого стекла. Кроме того, не всегда удастся подобрать к банке подходящую, не пропускающую газы пробку.

Для получения сернистого газа в данном приборе служит **колба а**, в которой к **сернистокиислому натрию** Na_2SO_3 приливается по каплям **концентрированная серная кислота**. Для получения двуокиси азота служит **пробирка б** с азотнокислым свинцом $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ или азотнокислой медью $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Из **колбы в**, как и в предыдущем опыте, поступают пары воды. Эта колба может быть меньшего размера, чем на рисунке 242. Если в пробку такой колбы трудно вставить две трубки, то можно воспользоваться тройником, как на рисунке 241.

Поступление воздуха показано из **газометра**, но можно воспользоваться и резиновой грушей, как в предыдущем опыте.

Порядок производства опыта остается тот же, что и в опыте (1). Преимущество прибора в более легкой регуляции поступления сернистого газа.

○ 3. На рисунке 242 изображена установка из большой **колбы с двумя боковыми тубулусами**. Если имеется такая колба, то воду можно вводить, как и на современном заводе, не в паробразном состоянии, а в распыленном виде при помощи **пульверизатора а**, какой применяется в парикмахерских. Для того чтобы вставить его конец в пробку, можно или отвинтить и затем снова навинтить наконечник, или, разрезав пробку вдоль, сложить половинки, поместив между ними трубку пульверизатора.

На этой же установке показано поглощение двуокиси азота при помощи концентрированной серной кислоты, которая в **колонке б** стекает из **воронки с краном** навстречу выходящему из колбы газу по наполняющим колонку кускам пемзы. Вниз кладется большой кусок, а затем более мелкие.

Пемзу можно заменить кусками кокса или (хуже) стеклянными бусами, битым стеклом, фарфором, черепками обожженной глины, мелкими камешками.

После колонки полезно поместить небольшую перевернутую **колбочку в**, для того чтобы показать, что без приливания в колонку серной кислоты двуокись азота выходит из прибора. За колбочкой, как и за большой колбой, должен быть, как уже было сказано выше, **белый фон**.

Колбочка соединяется со **склянкой Тищенко** (см. т. I, стр. 265) или иной промывной склянкой с едкой щелочью для поглощения SO_2 и NO_2 , или трубка направляется в тягу.

Сернистый газ и двуокись азота получаются описанными (1 и 2) способами. Для вдувания воздуха можно воспользоваться **резиновой грушей** или газометром.

Опыт производится в том же порядке, как указано выше (1). При начале вдувания воздуха серная кислота в колонку **б** не пускается. Колонка и колбочка **в** наполняются бурными парами двуокиси азота.

Тогда пускают из воронки с краном серную кислоту сначала быстро, чтобы она лучше смочила пемзу (кокс, стекло), а затем по каплям. Газ при дальнейшем вдувании воздуха делается бесцветным сначала в колонке, а затем и в колбочке в.

○ 4. На рисунке 243 показано, как для демонстрации принципа камерного производства серной кислоты может быть использован газометр (воронка удалена).

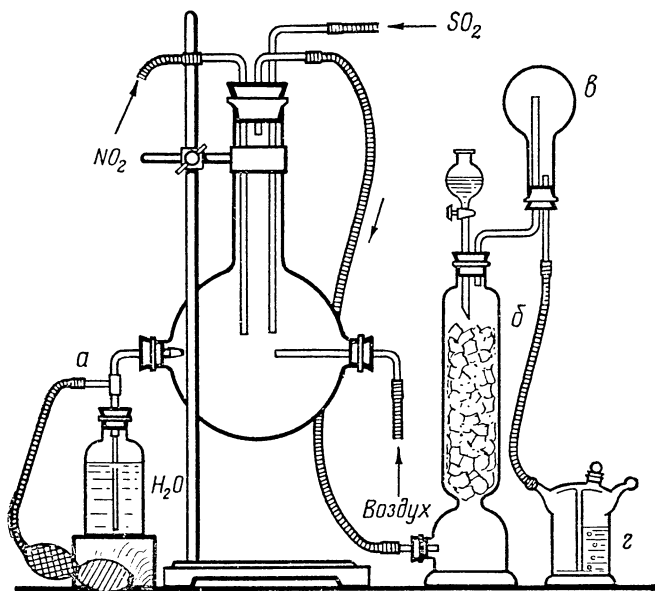


Рис. 242. Камерный процесс (3).

Опыт в газометре может быть поставлен совершенно так же, как и в большой колбе. В него только удобнее вставить проводящие газы трубки.

Кроме того, газометром (как и банкой) удобно воспользоваться для опыта, при котором окись азота получается тем же способом, что и на производстве, из азотной кислоты.

В широкое горло газометра легко может быть введен тигелек с дымящей азотной кислотой (уд. в. 1,50—1,52). Тигелек помещается в кольцо, выгнутое на конце стеклянной палочки или трубочки. Палочка или трубочка укреплена в пробке, вставленной в верхнее горло газометра.

Сернистый газ, пары воды и воздух вводятся одним из описанных выше способов через соответствующие трубки (рис. 243). В сосуд газометра пускается ток сернистого газа; сосуд напол-

няется бурой двуокисью азота. После этого пускаются пары воды — бурый цвет пропадает и т. д., как описано выше.

Вместо газометра можно пользоваться **банкой** (как на рис. 241) или **большой склянкой** (рис. 244), которая разрезается пополам. В нижнюю часть на треножнике из медной проволоки вставляется **чашечка** с концентрированной азотной кислотой.

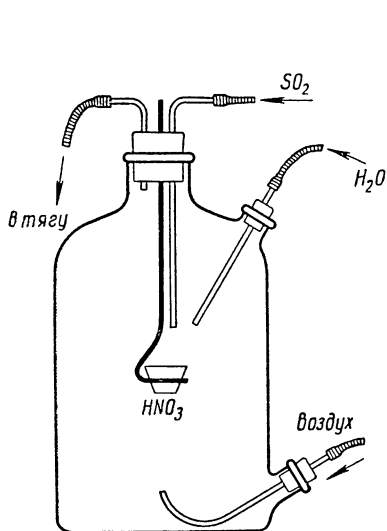


Рис. 243. Камерный процесс (4).

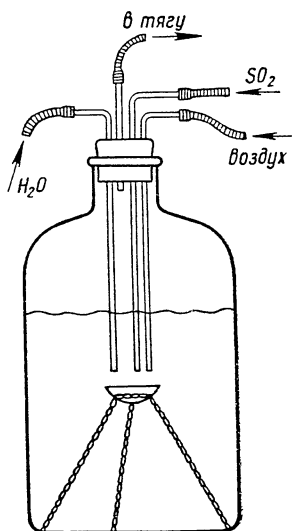


Рис. 244. Камерный процесс (5).

После этого верхняя часть, край которой смазан салом или вазелином, или лучше вазелиновой мазью для пробок и кранов, помещается на место. Чтобы части точно приходились, следует сделать на половинах метку карандашом для стекла или наклеить бумажную полоску.

Медная проволока треножника должна быть хорошо вычищена, чтобы окись меди не давала с кислотой синих ионов меди. Окись меди можно удалить концентрированной азотной кислотой, после чего сейчас же хорошо промыть водой и высушить.

Еще лучше спаять треножник из стеклянных палочек.

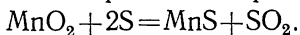
Опыт производится так же, как и с предыдущим прибором.

●● 5. На рисунке 245 изображен упрощенный прибор, в котором опыт получения серной кислоты может быть проделан на столах учащихся. Прибор состоит из двух широкогорлых склянок на 200—250 мл *А* и *Б* и трех пробирок, *а*, *б* и *в*.

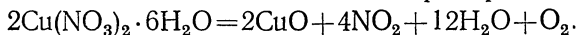
Сернистый газ получается в пробирке *а*, в которой нагревается смесь 5 г мелкого порошка серы, смешанного с 10 г мелкого

порошка **двуокиси марганца** MnO_2 (стр. 312). Для того чтобы задержать пары серы, поверх смеси в пробирку насыпается еще 10 г порошка MnO_2 . После того как порошок насыпан, следует, держа пробирку горизонтально, несколько раз легко ударить по ней рукой, чтобы над порошками получился свободный проход для газа.

При нагревании смеси происходит реакция:



Двуокись азота, пары воды и кислород получаются при нагревании кристаллов азотнокислой меди в пробирке *б*:



Пробирка *б* укрепляется с легким наклоном, чтобы вода не могла стекать на горячую часть пробирки.

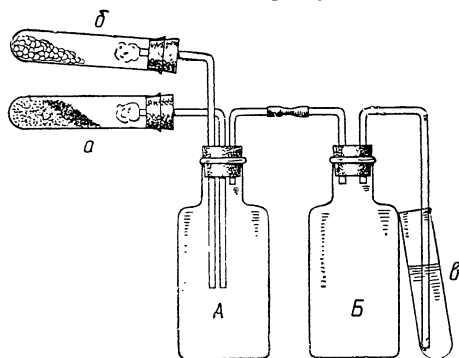


Рис. 245. Камерный процесс (*б*).

В обе пробирки у пробок закладываются очень рыхлые комки *ваты*, чтобы предохранить газоотводные трубки от засорения.

Пробирка *а* устанавливается на изогнутой газоотводной трубке почти горизонтально с легким уклоном в сторону пробки, чтобы гигроскопическая вода не могла стекать на горячие стенки пробирки.

Концы трубок в склянке *А* доходят примерно до середины. В склянке *А* происходит реакция между газами.

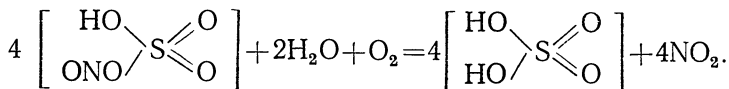
В пробирке *в* находится концентрированная серная кислота, служащая для поглощения выходящих из прибора окислов азота (башня Гей-Люссака).

Склянка *Б* является предохранительной на случай, если бы при ослаблении нагревания серную кислоту перетянуло из пробирки *в* по направлению к склянке *А*.

Опыт. Прогреть пробирку *а*, затем сильно нагреть слой чистой двуокиси марганца и постепенно передвигать пламя к смеси двуокиси марганца с серой. Когда по пузырькам в пробирке *в* будет видно, что началось выделение сернистого газа, прогреть пробирку *б* второй горелкой и начать нагревание азотнокислой меди. Нагревание продолжать до тех пор, пока газы в склянке *А* не приобретут сильно бурый цвет. После этого прекратить нагревание пробирки *б* и затем пробирки *а*.

Через некоторое время на стенках склянки *А* появляются камерные кристаллы, и содержимое склянки светлеет.

После этого разобрать прибор, прилить в склянку *A* немного воды и взболтать. Газ в склянке бурет вследствие выделения NO_2 :



Образуется серная кислота и двуокись азота.

В склянку прилить **соляной кислоты** и раствора **хлористого бария** BaCl_2 — реакция на серную кислоту, или серная кислота открывается при помощи лучинки (стр. 332).

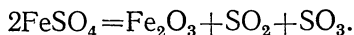
Во время опыта учащиеся наблюдают поглощение бурого газа в пробирке *в* с концентрированной серной кислотой.

Вместо склянки *B* и пробирки *в* можно поставить промывалку Тищенко с концентрированной серной кислотой.

Вместо двуокиси марганца можно взять 3—4 в. ч. мелкого порошка окиси меди на 1 в. ч. серы. Эта смесь требует менее сильного нагревания, чем смесь двуокиси марганца с серой.

13. Получение серной кислоты прокаливанием железного купороса

● Исторический способ получения серной кислоты — прокаливание в реторте железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Железный купорос сначала теряет кристаллизационную воду, а затем разлагается с выделением сернистого и серного ангидридов:



Серный ангидрид дает с водой серную кислоту. Этот способ получения серной кислоты объясняет старинное название ее — «купоросное масло». Опыт, иллюстрирующий этот способ получения серной кислоты, можно поставить в весьма упрощенном виде.

Опыт. Поместить несколько кристаллов **железного купороса** FeSO_4 (*fergum sulfuricum oxydatum cryst.*) в **пробирку**. Нагревать пробирку *a*, держа ее почти горизонтально, с небольшим уклоном в сторону отверстия (рис. 246). Под отверстие подставить вторую **пробирку** *б*.

На холодных частях первой пробирки будет сначала конденсироваться вода, а затем начнет выделяться серный ангидрид, который частью будет выделяться из пробирки в виде белого дымка, а

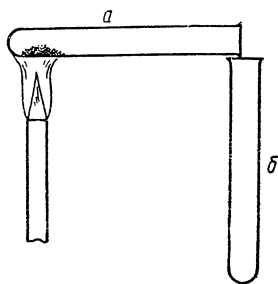


Рис. 246. Получение серной кислоты прокаливанием железного купороса.

частью растворяться в воде. В конце концов в пробирку *б* стечет несколько капель серной кислоты.

Чтобы убедиться, что это действительно серная кислота, смочить ею кончик **лучинки** или спички и высушить, держа высоко над пламенем горелки. Лучинка от действия кислоты обуглится. Прибавить в пробирку немного **соляной кислоты** и раствора **хлористого бария** BaCl_2 (*baryum chloratum*). Получится характерный осадок сернокислого бария BaSO_4 .

14. Свойства серной кислоты

а) УДЕЛЬНЫЙ ВЕС КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

● **1. Опыт.** Две одинаковые склянки на 200—250 *мл*, одну с **водой**, другую с концентрированной 98-процентной **серной кислотой** (уд. в. 1,84), дать учащимся подержать в руках, предупредив о необходимости крайне осторожного обращения с концентрированной серной кислотой. Учащиеся убеждаются субъективно, что серная кислота почти в два раза тяжелее воды.

○ **2. Опыт.** Поместить на чашки **весов Роберваля** или технических **два одинаковых измерительных цилиндра** на 100 *мл*. Добавляя на одну из чашек **дробь** или **песок**, привести весы в равновесие.

В один из цилиндров **вливать 50 *мл* серной кислоты** (уд. в. 1,84), в другой **вливать воду** до равновесия. Рассчитать удельный вес серной кислоты.

б) ВЫДЕЛЕНИЕ ТЕПЛА ПРИ СМЕШИВАНИИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ С ВОДОЙ

Опыт уже был описан выше (стр. 146).

В данном месте курса этот опыт полезно повторить, обратив внимание учащихся на процесс растворения серной кислоты в воде.

● **1. Опыт.** Наполнить **пробирку** на $\frac{3}{4}$ **водой**. Вливать в воду тонкой струей или по каплям концентрированную серную кислоту. Наблюдать струйки кислоты, опускающиеся вниз. Почему кислота опускается вниз? (Она тяжелее воды почти в 2 раза.)

Обратить внимание на **разогревание**. Почему происходит разогревание? (Химическое явление — образование гидратов.)

По окончании опыта следует разобрать с учащимися вопрос о том, что произошло бы, если вливать не кислоту в воду, а воду в кислоту. Беседу можно вести примерно в таком порядке.

Учитель рисует на доске **стакан с водой** и **склянку**, из которой льется серная кислота (рис. 247).

Кислота расходуется в воде струйками. Жидкость нагревается равномерно и не особенно сильно вследствие большой теплоемкости воды.

Что произойдет, если вливать воду в кислоту? Вода не будет опускаться вниз, а будет проникать в кислоту лишь на небольшую глубину (рис. 248).

Будет ли разогревание распространяться равномерно по всему сосуду? Нет, оно сосредоточится в одном месте, там, где вода

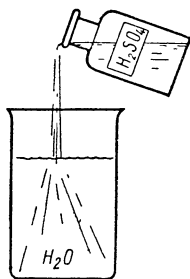


Рис. 247. Вливание серной кислоты в воду.

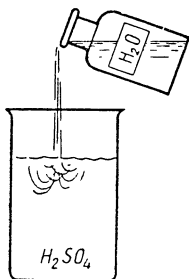


Рис. 248. Вливание воды в серную кислоту (1).

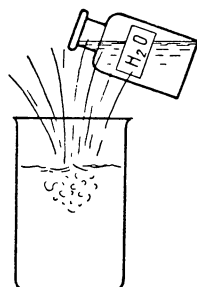


Рис. 249. Вливание воды в серную кислоту (2).

смешивается с кислотой, имеющей почти в 3 раза меньшую теплоемкость.

Раствор в этом месте может нагреться до кипения. Образующийся пар может разбрызгать кислоту (рис. 249).

Поэтому никогда не следует лить воду в концентрированную серную кислоту.

Помимо такого разбора явлений, происходящих при вливании воды в кислоту, следует показать соответствующий опыт.

○ 2. **Опыт** Поместить в большой батарейный стакан или банку стаканчик на 100—150 мл с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84).

Прикрыть стакан **большой воронкой** и, введя в воронку **пипетку с водой**, вливать воду в кислоту (рис. 250) с такой скоростью, чтобы произошло разбрызгивание кислоты.

Для успеха опыта нужно предварительно проделать его несколько раз и подобрать подходящую скорость и количество вливаемой воды.

Воду лучше брать теплую.

За неимением большой воронки можно прикрыть батарейный стакан куском картона или фанеры с отверстием посередине, в которое ввести конец пипетки. Можно вливать воду через воронку, как на рисунке 251.

Одним из указанных приспособлений можно воспользоваться и для демонстрации бурной реакции, происходящей при вливании концентрированной серной кислоты в горячую воду и в раствор едкого натра или аммиака (Г. А. Буткевич).

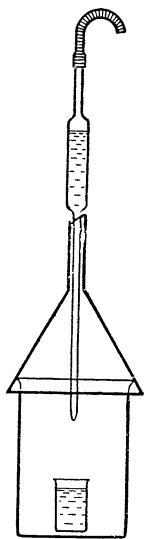


Рис. 250. Вливание воды в серную кислоту (3).

в) ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

○ 1. *Опыт.* Налить немного концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84) в кристаллизатор или в плоскую чашку и тарировать на весах. Уже через несколько минут заметно, что чашка с кислотой начинает делаться тяжелее вследствие поглощения влаги из воздуха.

○ 2. *Опыт.* Налить концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84) на часовое стекло или в другой плоский сосуд почти до краев, поместить сосуд в большой кристаллизатор или чашку и оставить на несколько дней в классе в таком месте, где никто не мог бы трогать, но не в закрытом шкафу.

Через несколько дней (чем влажнее воздух в помещении, тем быстрее) сосуд с кислотой переполнится и кислота начнет переливаться через край.

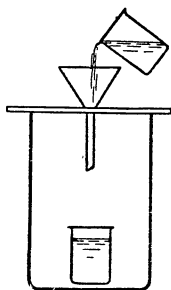


Рис. 251. Вливание воды в серную кислоту (4).

г) МАЛАЯ ЛЕТАЧЕСТЬ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Опыт. Несколько капель раствора серной кислоты (1 : 5 или более разбавленного) нагревать в тигле или на крышке тигля (щипцы).

Вначале выделяются только пары воды, и лишь после того, как вся вода улетит, начинает кипеть серная кислота (при 340°), образуя облако белого дыма.

д) ДЕЙСТВИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

●● *Опыты.* 1. В стакан на 100—200 мл или в большую пробирку налить до половины концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84) и погрузить в кислоту лучинку или лучше дощечку, чтобы почернение было хорошо видно издали.

2. Погруженные в концентрированную серную кислоту кусочки бумаги, птичьи перья, волос, материя и т. п. постепенно разрушаются и растворяются.

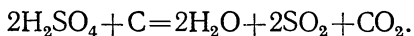
3. Смочить конец **лучинки разбавленной серной кислотой** (1 : 5 или более разбавленной) и держать высоко над пламенем горелки. Сначала конец лучинки высыхает (выделяется только вода), а затем оставшаяся концентрированная кислота обугливает лучинку.

Этот опыт используется для обнаружения серной кислоты (стр. 342).

4. На листе белой **бумаги** написать или нарисовать что-нибудь **лучинкой**, обмакнутой в раствор **серной кислоты** (например, 1 : 5). Если просушить бумажку, держа высоко над пламенем, то после испарения воды серная кислота начинает обугливать бумагу. Написанное или нарисованное отчетливо выступает на бумаге («симпатические чернила»).

5. Отвесить в **стаканчике** на 100—150 *мл* 30 *г* **сахару в порошке** (так называемая сахарная пудра или истертый в ступке сахарный песок). Приготовить в другом стаканчике, мензурке и т. п. 26 *мл* **концентрированной серной кислоты** (уд. в. 1,84). Прилить кислоту к сахару и сейчас же хорошо размешать **стеклянной палочкой**, которую затем вынуть из стакана (не класть на стол, а поместить в приготовленный **стакан с водой**).

Сахар при действии серной кислоты постепенно чернеет. Затем начинается энергичная реакция между выделившимся углем и серной кислотой:



Образующиеся газы вспучивают обугленную массу, которая поднимается и обыкновенно вылезает из стакана, как на рисунке 252.

Стакан иногда при этом опрокидывается. Поэтому полезно поместить его на **тарелку** и т. п.

Если не гнаться за тем, чтобы уголь высоко поднялся из стакана, можно обойтись и без отщипывания сахара и отмеривания кислоты. Кислота вливается в таком количестве, чтобы получилась с сахаром каша густоты сметаны.

Для лабораторного опыта вместо стаканчика можно воспользоваться тиглем.

Опыт происходит быстрее и эффективнее, если сахар предварительно смочить водой (Г. А. Буткевич). Хотя кислота при этом несколько разбавляется водой, но зато температура поднимается выше и реакция с сахаром идет гораздо энергичнее. С прибавлением воды вместо сахарной пудры можно взять обычный сахарный песок.

Проделанные опыты показывают, почему с концентрированной серной кислотой следует обращаться с большой осторожностью и почему опасно, если концентрированная серная кислота попадет на тело.

Попутно следует указать учащимся, что делать в случае, если все-таки по какой-либо случайности концентрированная серная кислота попадет на тело.

Как известно, кислоту не следует стирать полотенцем, а нужно немедленно смыть сильной струей воды.

Чтобы у учащихся не получилось панического отношения к серной кислоте, Г. А. Буткевич рекомендует проделать такой опыт. Учитель наливает себе на совершенно сухую, не потную ладонь немного серной кислоты и говорит: «Что же делать? Бросить в ужасе склянку на пол? (бывали такие случаи), нейтрализовать кислоту щелочью? Нет. Нужно спокойно поставить склянку, подойти к крану и смыть кислоту большим количеством воды», что он и делает.

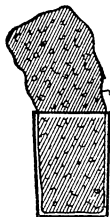


Рис. 252.
Обугливание
сахара
серной кис-
лотой.

Следует отметить, что если попытаться нейтрализовать кислоту на руке, то к действию кислоты присоединится ожог от выделяющегося при реакции тепла, а если для нейтрализации взять концентрированную щелочь, то — и разъедающее действие щелочи, и получится очень опасная рана.

е) КОНЦЕНТРИРОВАННАЯ СЕРНАЯ КИСЛОТА КАК ОКИСЛИТЕЛЬ

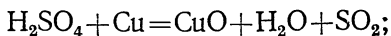
● ● 1. Действие концентрированной серной кислоты на медь (см. выше, стр. 306).

Если опыт не проделывался раньше, то в данном месте курса его можно проделать без собирания сернистого газа.

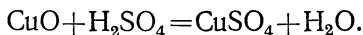
Опыт. В бокалы (или пробирки) поместить вычищенные кусочки меди и железа, прилить концентрированной серной кислоты и показать, что концентрированная серная кислота на металлы не действует (применение железной аппаратуры на заводах контактной серной кислоты).

Прилить концентрированной серной кислоты в колбочку (или пробирку) с медными стружками, нагревать кислоту и обратить внимание учащихся на то, что медь темнеет и начинается выделение сернистого газа. Обнаружить его можно по запаху, по покраснению лакмусовой бумажки или по обесцвечиванию бумажки, смоченной раствором фуксина (стр. 314).

Написать равенство реакции:



потемнение меди

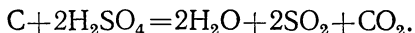


Почему не замечается образования синего медного купороса? В присутствии концентрированной серной кислоты получается безводная соль.

Для того чтобы обнаружить образование сернокислой меди, дать **колбочке** остыть, слить кислоту в общую склянку, прлить в пробирку воды и профильтровать. Обнаруживается синий цвет раствора медного купороса.

●● 2. *Опыт (под тягой)*. Всыпать в пробирку угольного порошка слоем около 0,5 см, прлить 1—2 мл концентрированной серной кислоты, вставить пробку с изогнутой, как на рисунке 238 (стр. 331), трубкой и нагреть.

Происходит окисление угля в углекислый газ CO_2 :



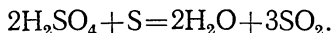
Для обнаружения сернистого газа погрузить конец трубки в пробирку со слабым раствором йода в растворе йодистого калия — происходит обесцвечивание. Для обнаружения углекислого газа погрузить трубку в пробирку с известковой водой — известковая вода мутится.

● 3. Тот же опыт можно проделать в несколько большем масштабе, нагревая уголь с серной кислотой в маленькой колбочке на 50—100 мл и пропуская газы последовательно в соединенные между собой три склянки Тищенко. В первой склянке — слабый раствор йода в растворе йодистого калия, во второй — известковая вода, в третьей — концентрированный раствор едкой щелочи для поглощения избытка газов.

Необходимо отметить, что при реакции между углем и концентрированной серной кислотой, кроме углекислого и сернистого газов, образуется еще некоторое количество ядовитой окиси углерода. Поэтому данной реакцией не следует пользоваться для получения значительных количеств сернистого газа вместо указанных выше (стр. 305—311) реакций.

Кроме того, и при производстве описанного опыта лучше поместить прибор под тягу или к последней промывной склянке присоединить стеклянную трубочку, конец которой во время опыта должен находиться в пламени горелки, чтобы образующаяся окись углерода не могла попасть в помещение, а по мере выделения сгорала.

●● 4. *Опыт*. Поместить в пробирку кусочек серы с горошину или соответствующее количество порошка серы, прлить 1—2 мл концентрированной серной кислоты и нагреть кислоту до кипения. Сера плавится под слоем кислоты и реагирует с выделением сернистого газа:



Выделение сернистого газа идет гораздо медленнее, чем при опытах с медью и углем.

Сернистый газ обнаруживается по действию на раствор йода в растворе йодистого калия и по запаху.

● ● **Опыты.** 1. Прилить разбавленной серной кислоты H_2SO_4 (1:5—1:10) к растворам (1:10): хлористого бария $BaCl_2$ (baryum chloratum), азотнокислого свинца $Pb(NO_3)_2$ или уксуснокислого свинца $Pb(H_3C_2O_2)_2$ (plumbum nitricum, plumbum aceticum). Вскипятить жидкости с осадками, для того чтобы убедиться, что сернокислый свинец $PbSO_4$ растворим в кипящей воде. По охлаждении раствора снова выпадает осадок.

Для лабораторных опытов полезно дать, кроме того, ряд других солей, как $NaCl$, KNO_3 , $MgCl_2$, $AlCl_3$ и т. п., чтобы учащиеся сами обнаружили, какие металлы дают нерастворимые соли серной кислоты.

2. Если раньше не проделывались опыты с обезвоживанием медного купороса, выветриванием сернокислого натрия, обезвоживанием медного купороса, выветриванием сернонатриевой соли, обезвоживанием и гидратацией гипса, то полезно проделать эти опыты здесь (см. стр. 122—125).

15. Опыт, демонстрирующий действие аппарата Коттреля

Для опыта монтируется прибор по рисунку 253.

В зажиме штатива укрепляется вполне вертикально железная (водопроводная) труба длиной около 40 см и диаметром около 2,5 см. В трубу посередине опускается тонкая железная или медная проволока толщиной 0,3—0,5 мм (звонковая или жилка от электропровода для освещения).

Верхний конец проволоки должен быть изолирован от зажима штатива, в котором он укрепляется. Для этого проще всего поступить так: скрутить конец проволоки в небольшой клубочек, вставить его в резиновую трубку длиной 8—10 см и перевязать ее ниже клубочка ниткой. Внутри резиновой трубки следует вставить стеклянную трубку или палочку и укрепить трубку в зажиме штатива, как показано на рисунке 253.

К нижнему концу проволоки, который должен выставляться из трубы на 5—7 см, подвешивается какой-нибудь груз, чтобы проволока проходила строго по оси трубы.

Верхний конец проволоки и труба соединяются проводами с верхними зажимами индуктора (см. т. I, стр. 47), включенного в цепь от источника постоянного тока (аккумулятора) в 6 в через реостат.

Около штатива помещаются две промывные склянки (Тищенко, как на рисунке, или иные). В одну склянку наливается концентрированная соляная кислота, в другую — концентрированный раствор аммиака. Склянки соединяются резиновыми трубками с тройником, к которому присоединяется резиновая груша.

С другого конца к промывалкам присоединяются **трубки**, изогнутые, как на рисунке 253. Концы этих трубок слегка входят внутрь железной трубы.

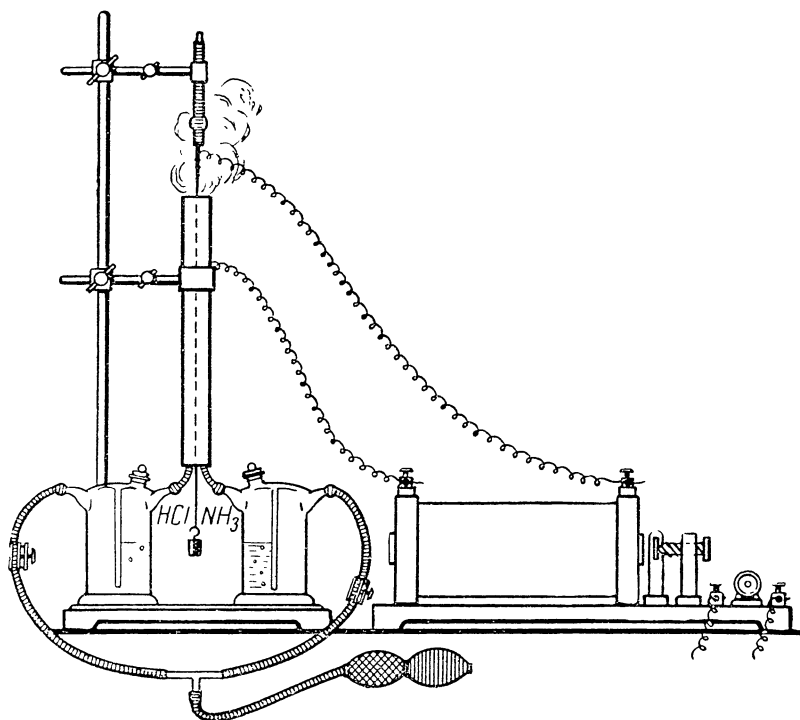


Рис. 253. Модель аппарата Коттреля.

На резиновые трубки, присоединенные к промывным склянкам, следует надеть **винтовые зажимы** для регулирования тока воздуха.

Опыт. Объяснив устройство и назначение прибора, воздух продувают через промывные склянки. Из верхнего отверстия трубы начинает выходить дым нашатыря, образующегося при взаимодействии аммиака с хлористым водородом. Продолжая вдвигание воздуха, включить ток. Выход дыма прекращается, так как труба и проволока получают противоположные заряды, как в аппарате Коттреля, и дым оседает на внутренних стенках трубы. Выключить ток, после чего из трубы снова начинает выходить дым.

Опыт можно повторить несколько раз подряд.

Действие аппарата Коттреля можно с большим успехом продемонстрировать, пользуясь обыкновенным (самодельным) озонатором. При этом нет надобности получать дым хлористого аммония из концентрированной соляной кислоты и концентрированного раствора аммиака. Достаточно вместо дыма хлористого аммония напустить в озонатор табачного дыма от папиросы. Включение тока на весьма короткий промежуток времени вызывает немедленное исчезновение дыма. Такой опыт легко повторить много раз подряд.

XIV. АЗОТ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

1. Содержание азота в воздухе

○ 1. Для приблизительного определения содержания азота (правильнее азота и инертных газов) в воздухе под колоколом, поставленным в банку с водой, сжигают красный фосфор.

Для опыта нужен колокол или склянка (материальная, см. т. I, стр. 170) на 3—5 л, с отрезанным дном (см. т. I, стр. 189—195), на стенках которого отмечены 5 равных объемов. Для нанесения делений закрыть горло колокола пробкой, перевернуть колокол горлом вниз и налить в него столько воды, чтобы она не доходила до края на 9—10 см. Измерив количество воды с помощью измерительного цилиндра, приливать затем в колокол по $\frac{1}{5}$ этого количества, отмечая каждый раз уровень

воды карандашом для писания по стеклу (или кусочка воска, мыла и т. п.). Вылив затем воду, нанести в отмеченных местах более прочные и более заметные деления, лучше всего при помощи этикеточного лака, смешанного с кинovarью, голландской сажей или другой сухой краской (см. т. I, стр. 365), эмалевой или масляной краски, черного асфальтового лака и т. п. Можно также наклеить полоски цветной бумаги, которые затем покрыть коллодиумом и этикеточным лаком. Можно для наклеивания бумажных полосок воспользоваться воском. Полоска обмакивается в расплавленный воск и приклеивается к сухому стеклу.

Для того чтобы колокол не слишком плотно стоял на дне чашки (если колокол не самодельный, а купленный, со шлифованным краем), на дно сосуда кладутся две стеклянные палочки или трубочки (рис. 254). Кроме этого, к нижнему краю колокола приклеить менделеевской замазкой (см. т. I, стр. 390) три небольших кусочка пробки.

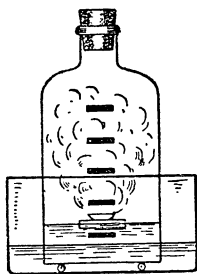


Рис. 254. Горение фосфора под колоколом.

В качестве **сосуда**, в котором ставится колокол, можно взять кристаллизатор, «простоквашницу» (см. т. I, стр. 169) или обрезанную склянку, диаметром на 5—10 см больше, чем колокол, и высотой не менее половины высоты колокола.

Для помещения под колокол фосфора пользуются крышкой от тигля, которую укрепляют на пробке.

Для этого отрезать от **большой пробки** (5—8 см диаметром) кружок $\frac{1}{2}$ — 1 см толщиной и, сделав в середине отверстие, вставить в него ушко **крышки** от **фарфорового тигля** (на 15—20 мл). Вместо пробки можно взять дощечку и вместо крышки от тигля — самый тигель, жестяную коробочку, наперсток и т. п.

Пробка, закрывающая колокол, должна хорошо держать. Лучше пользоваться резиновой пробкой. Корковую пробку, чтобы она хорошо держала, лучше не обжимать, а проверить в воде (см. т. I, стр. 226).

Перед уроком налить в стеклянную чашку столько воды, чтобы ее уровень приходился против нижней черты поставленного в чашку колокола (пробку из него вынуть). Воду можно подкрасить синим лакмусом.

Опыт. Насыпать на крышку тигля немного сухого красного фосфора (0,5—1 г). Много фосфора брать не следует, так как получится слишком большое пламя и колокол может лопнуть. Поместить пробку с фосфором в чашку с водой, покрыть фосфор открытым колоколом.

Накалить в пламени спиртовки конец достаточно длинной стеклянной или толстой железной проволоки. Дотронуться раскаленным концом до фосфора и, как только он загорится, вынуть палочку, плотно закрыть горло колокола пробкой (полезно поверхность пробки слегка смочить водой, тогда она лучше и быстрее входит в горло колокола).

В первый момент вследствие расширения нагретого воздуха уровень воды внутри колокола понижается. Если колокол недостаточно тяжел, то приходится придерживать его рукой, чтобы он не всплывал, так как при этом он может опрокинуться и часть воздуха выйдет наружу.

Вскоре вода внутри колокола начинает подниматься. Минут через 15, после того как газ вполне охладится и образовавшийся фосфорный ангидрид растворится, долить в чашку столько воды, чтобы она стояла на одном уровне снаружи и внутри колокола. Уровень воды при этом поднимается приблизительно на одно деление.

Открыв колокол, опустить в него зажженную **свечу**, укрепленную на проволоке или на ложечке для сжигания веществ в кислороде, или лучинку. Пламя внутри колокола сейчас же гаснет.

После этого можно вставить в горло колокола вторую пробку с присоединенной к ней трубкой, конец которой опустить (неглубоко) в стакан с известковой водой. Если затем приливать в чашку с колоколом воду, находящийся в колоколе газ будет проходить через известковую воду, не давая при этом мути (отличие азота от углекислого газа).

Следует иметь в виду, что опыт дает лишь приблизительные результаты. Неточность происходит, во-первых, оттого, что после зажигания фосфора часть теплого воздуха, прежде чем будет вставлена пробка, успевает выйти из колокола и, во-вторых, часть кислорода остается не соединившейся с фосфором. Так как обе эти ошибки влияют на результат в противоположных направлениях, то уменьшение объема газа обычно довольно близко к $\frac{1}{5}$ первоначального объема.

Сейчас же после **урока крышку** от тигля, на которой может оставаться фосфор, снять с пробки и погрузить в стакан с водой. Приставший к крышке фосфор следует потом сжечь под тягой, в печке или на дворе, соблюдая все необходимые предосторожности (*правила!* См. т. I, стр. 49). Фосфора должно быть взято достаточное количество, соответственно с размерами колокола, но в то же время не слишком много, так как в последнем случае получается слишком большое пламя, и колокол может лопнуть.

Вместо колокола для опыта можно воспользоваться склянкой с тубулусом у дна. В таком случае фосфор (красный) нужно поместить на ложечку, укрепленную в пробке, вставляемой в горло колокола.

Банка, в которую ставится колокол, может быть такой же вышины, как и колокол. Можно взять батарейный стакан.

Почти те же результаты можно получить, если зажечь фосфор раскаленной спиралью, подключенной в электрическую цепь, не вынимая пробку из горла колокола. Для этого можно воспользоваться тем же приспособлением, которое описано выше при опыте, иллюстрирующем закон сохранения веса веществ (см. т. I, стр. 451). **Прибор** для этого опыта изображен на рисунке 255. Устройство прибора такое же, как и для опыта 1 (стр. 351), за исключением того, что фосфор помещается не на поплавок, а на ложечку и зажигается электрическим током. Вода наливается в чашку до урока.

Опыт. Вынуть пробку из колокола прибора (рис. 255). Надуть почти полную ложечку **красного фосфора** (phosphorus

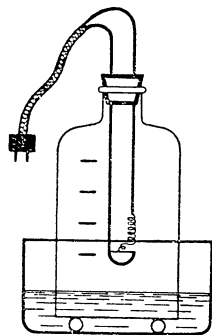


Рис. 255. Приспособление для зажигания фосфора под колоколом.

amporphus). Плотнo вставить пробку. Присоединить провода к ложечке и проволоке и включить ток. Как только фосфор загорится, выключить ток и снять провода.

Дальше поступать так же, как указано при опыте 1 (стр. 351).

Ложечка должна быть большая, и фосфора — достаточное количество.

● 3. Для лабораторного урока опыт может быть поставлен в упрощенном виде качественно, без точного измерения уменьшения объема воздуха после сгорания фосфора. В качестве сосуда для воды можно воспользоваться **глубокой тарелкой**, простоквашницей и т. п., вместо колокола — **чайным стаканом**. **Красный фосфор** можно поместить на **кусочек жести**, плавающий на **плоской пробке** или дощечке. У жести лучше приподнять слегка края плоскогубцами. Можно выбить из жести чашечку, как указано в томе I (стр. 373), или воспользоваться крышкой от бутылки с минеральной водой.

Опыт. Налить в тарелку или чашку воды слоем примерно в 2—3 см. Насыпать на жестянку, положенную на пробку или дощечку, красного фосфора величиной с горошину. Пустить пробку или дощечку с фосфором плавать в приготовленный сосуд с водой. Зажечь фосфор лучинкой и немедленно прикрыть его чайным стаканом, который придерживать рукой, пока фосфор не начнет потухать.

Наблюдать, что будет происходить по мере остывания воздуха в стакане.

Когда образовавшийся при горении фосфора фосфорный ангидрат растворится в воде, прикрыть стакан под водой куском проваренного в парафине **картона**, перевернуть и, слегка сдвинув картон, испытать оставшийся в стакане азот зажженной лучинкой.

●● 4. За неимением фосфора опыт можно показать, сжигая под колоколом **спирт** (денатурат) и прибавляя к воде в чашке известь, которая поглощает образующийся при горении углекислый газ. Спиртом смачивается **вата**, прикрепленная к проволоке, вставленной в подобранную к колоколу пробку. Проволока загибается на конце крючком, на который и насаживается вата. Вата должна находиться на такой высоте, чтобы конец ее приходился чуть выше четвертого деления колокола, когда пробка вставлена в горло колокола.

Пробку лучше взять резиновую. Если пробка корковая, то, как сказано выше, ее лучше всего не обжимать, а проварить в воде. Известь лучше взять свежепогашенную, рассыпавшуюся в порошок (см. стр. 93).

Опыт. Прибавить в шашку с водой 1—2 столовые ложки **извести** и хорошо размешать. Поставить в чашку колокол. Смочить вату спиртом, стряхнуть лишний спирт, зажечь и, быстро

опустив в колокол, плотно закрыть пробкой. Колокол, чтобы он не всплывал, придерживать вначале рукой. В дальнейшем поступать так же, как указано в опыте 1.

Для лабораторного опыта колокол может быть небольших размеров.

В очень многих книгах по природоведению рекомендуется покрыть горящую свечку, укрепленную в чашке с водой, стаканом, причем будто бы, после того как свеча погаснет, уровень воды поднимется на $\frac{1}{5}$ объема стакана. Может быть, нелишне поэтому будет напомнить, что объем образовавшегося при горении свечи углекислого газа CO_2 , по закону Авогадро, равен объему пошедшего на образование этого газа кислорода O_2 , и уменьшение объема может быть только за счет образовавшейся при горении воды и за счет того количества CO_2 , которое успеет раствориться в воде, весь же CO_2 в воде раствориться не может. Таким образом, небольшое поднятие воды происходит, но не на $\frac{1}{5}$ объема стакана.

● 5. Для более точного анализа воздуха можно воспользоваться поглощением кислорода **щелочным раствором пирогаллола** $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$ (триоксибензол, *acidum pyrogallicum cryst.*) в приборе, изображенном на рисунке 256.

Опыт с пирогаллолом удобен тем, что его можно дать как лабораторную работу для учащихся. Но в методическом отношении он имеет большой недостаток: состав и реакцию окисления пирогаллола мы не можем разобрать с учащимися на данной ступени обучения. Им приходится лишь объяснить, что это — органическое вещество, щелочной раствор которого очень легко окисляется, поглощая полностью кислород, с которым он приходит в соприкосновение.

Принцип действия прибора, изображенного на рисунке 256, заключается в следующем.

В воронку d наливается раствор пирогаллола. Когда зажим b открыт, раствор втекает в пробирку и продолжает втекать до тех пор, пока весь кислород находившегося в пробирке воздуха не будет поглощен. Объем втекшего в пробирку раствора равен объему поглощенного кислорода. Прибор устроен так, что воздух в пробирке до и после опыта может быть приведен к атмосферному давлению (см. ниже).

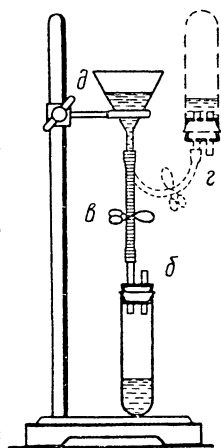


Рис. 256. Определение объема кислорода в воздухе при помощи раствора пирогаллола.

Пробирка берется длиной 12—15 см, лучше толстостенная, чтобы объем воздуха не так изменялся от теплоты руки во время манипуляций. Во всю длину пробирки на нее следует наклеить узкую бумажную полоску, на которой отмечаются объемы. Еще удобнее сделать на пробирке матовую полоску при помощи наждачной бумаги (см. т. I, стр. 38).

Пробка у прибора должна быть резиновая с двумя отверстиями, в одно из которых выступает трубочка, соединенная с небольшой воронкой, в другое — стеклянная палочка. И трубочка и палочка должны только едва выставляться внутрь пробирки. Зажим на каучуке лучше взять винтовой.

Опыт. Отвесить приблизительно 5 г **едкого кали** КОН (калий охудатум гидрикум депуратум) и растворить в 5 мл воды в особой пробирке. Охладить до температуры воздуха. Отвесить приблизительно 4 г пирогаллола $C_6H_3(OH)_3$ и растворить в 10 мл воды в другой пробирке. Снять с пробки прибора надетую на нее пробирку за рант, чтобы не согреть теплотой руки. Вынуть из пробки стеклянную палочку. Смешать оба приготовленных раствора и сейчас же вылить в воронку. Приоткрыть зажим так, чтобы каучук и трубочка наполнились раствором, и снова закрыть. Вытекшие из трубочки несколько капель раствора можно собрать в пробирку из-под раствора и перелить обратно в воронку. Так как после смешения пирогаллола со щелочью раствор быстро начинает поглощать кислород из окружающего воздуха, следует немедленно надеть на пробку снятую пробирку (опять держа ее за рант) и вставить стеклянную палочку.

Теперь воздух в пробирке, несмотря на то что в нее вошла пробка, находится при атмосферном давлении (объем вдвинутой в пробку палочки так мал, что им можно пренебречь). Температура воздуха в пробирке также равна температуре окружающего воздуха. Открыть зажим на каучуке. Жидкость начинает втекать в пробирку.

Когда втекание жидкости прекратится, взять пробирку за рант, поднять, как показано на рисунке 256, г пунктиром, и установить уровень жидкости в пробирке и в воронке на одной высоте. Теперь оставшийся в пробирке азот опять находится под тем же давлением и при той же температуре, что и окружающий воздух. Закрыть зажим и перевернуть пробирку в первоначальное положение. Отметить карандашом на наклеенной бумажной полоске положение нижнего конца пробки и уровень жидкости в пробирке.

Отнять пробирку от прибора, вылить из пробирки раствор, выполоскать пробирку и дать стечь из нее излишней воде.

Влить в пробирку воду из бюретки (или из измерительного цилиндра) до первой метки, заметить объем воды и сделать то же, долив воду до второй метки. Найти объемное соотношение

между кислородом и азотом воздуха. Ничтожное количество содержащегося в воздухе углекислого газа CO_2 (0,03—0,04% по объему) не принимается во внимание; CO_2 поглощается одновременно с кислородом щелочью.

Простой способ определения содержания кислорода в воздухе для учебных целей предложен Д. П. Королевым («Химия в школе», 1958, № 1). Для работы необходимо иметь восстановленную из окиси металлическую медь в виде порошка или зерненую.

В сухую чистую пробирку внести около 0,4 г свежевосстановленной мелкозернистой или порошкообразной меди и плотно закрыть пробирку пробкой. Поддерживая пробирку в горизонтальном положении, распределить легким постукиванием находящуюся в ней медь по стенкам, начиная от дна и до середины.

Нагреть пробирку с медью в пламени спиртовки по частям, начиная от дна. Нагревание можно считать законченным, когда вся медь перейдет в окись или часть меди перестанет изменять окраску. На это требуется 3—4 мин. Охладить пробирку с полученной окисью меди до комнатной температуры.

После охлаждения опустить пробирку с окисью меди закрытым концом в воду и вынуть пробку. Установить пробирку в сосуде так, чтобы уровень воды, вошедшей в пробирку, совпал с уровнем воды в сосуде (приведение к атмосферному давлению). В этом положении снова закрыть пробирку пробкой и вынуть из воды.

Перевернув пробирку дном вниз, вынуть пробку и испытать оставшийся в пробирке газ горящей лучинкой.

Наполнить водой бюретку на $\frac{2}{3}$ или $\frac{3}{4}$ объема и установить уровень воды на одном из целых делений. Вылить воду из опытной пробирки в бюретку и по разности уровней определить объем вошедшей в пробирку воды, а следовательно, и объем кислорода, содержащегося в воздухе, заключенном в пробирке.

Водой из бюретки заполнить опытную пробирку до обреза пробки, входящей туда при закрывании пробирки. Найти таким образом объем оставшегося в пробирке газа.

Сумма объемов вошедшей в пробирку воды и воды, затраченной на заполнение оставшегося объема, даст объем воздуха, заключенного в пробирке до опыта. (Объемом внесенной меди и окиси меди можно пренебречь.)

Вычислить объемное содержание кислорода в воздухе в процентах. Для этого можно воспользоваться формулой

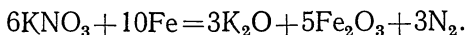
$$V_{\text{O}_2}\% = \frac{V_1 \cdot 100}{V},$$

где V_1 — объем кислорода, V — объем воздуха, $V_{\text{O}_2}\%$ — процентное содержание кислорода в воздухе.

2. Получение азота

По методическим соображениям обычный способ получения азота из азотистокислого аммония NH_4NO_2 можно проделать только после того, как учащиеся уже познакомятся с солями аммония. Поэтому для первоначального ознакомления с азотом можно воспользоваться реакцией получения его из селитры, так как эта реакция будет более понятна для учащихся и, к стати, даст хорошее упражнение в расстановке коэффициентов.

Равенство реакции (в несколько упрощенном виде) таково:



○ 1. Приготовить в отдельных стаканчиках 6 г мелкокристаллической селитры KNO_3 (kalium nitricum) и 120 г железных опилок (ferrum metallicum limatum purum).

Приготовить прибор, изображенный на рисунке 257, пробирку взять длиной 15—17 см и диаметром 2—2 $\frac{1}{2}$ см (нет необходимости в тугоплавкой пробирке). Так как получающийся азот содержит обыкновенно много «дыма» (распыленная соль), который не сразу садится, то полезно вложить в передний конец пробирки комочек обыкновенной ваты, которая удерживает этот «дым».

Опыт. Смешать в ступке железные опилки с селитрой KNO_3 , поместить в прибор и нагревать смесь на горелке не очень сильно.

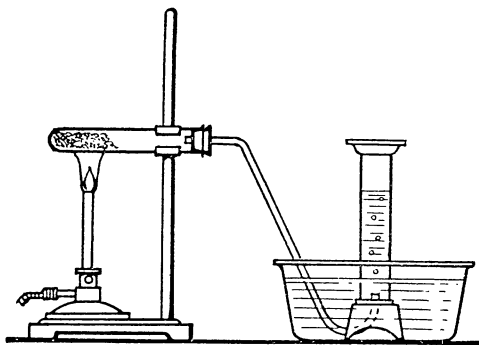


Рис. 257. Получение азота.

Выделение газа идет ровно и спокойно. Собрать 4 небольших цилиндра азота (стеклышки или парафинированные картонные кружочки для вынимания цилиндров из воды).

В первом цилиндре испытать азот горячей лучинкой или свечой (свеча на ложечке), во втором — известковой водой. Третий и четвертый цилиндры оставить на 10—15 мин

открытыми: один отверстием кверху, другой, укрепленный на штативе, отверстием книзу. Через 10—15 мин испытать газ в обоих цилиндрах горячей лучинкой.

В цилиндре, стоявшем отверстием кверху, лучинка будет гореть (азот легче воздуха и ушел кверху), во втором цилиндре лучинка будет гаснуть.

Не следует брать селитры больше, чем указано, так как тогда реакция идет слишком бурно. По той же причине вместо железных опилок *нельзя* брать порошкообразное железо (*ferrum alcoholsatum*).

По окончании опыта, для того чтобы доказать, что при реакции действительно образуется K_2O , можно высыпать часть оставшейся в пробирке массы в воду и при помощи лакмусовой бумажки убедиться, что вода приобрела щелочную реакцию.

● 2. Для лабораторного опыта пробирку можно взять обыкновенную и собирать азот также в пробирку.

Опыт. Отвесить 0,5 г (не больше!) селитры KNO_3 и 10 г железных опилок и, тщательно смешав, пересыпать в пробирку.

Вставив в пробирку пробку с газоотводной трубкой, осторожно нагревать пробирку, начиная с доньшка и держа горелку в руках.

Когда можно будет думать, что весь воздух вытеснен, начать собирать газ в наполненную водой пробирку. Собрать **четыре** пробирки азота.

Полученный азот испытать в одной пробирке зажженной **лучинкой**, в другой — **известковой водой**. Третью и четвертую пробирки оставить на 10—15 мин открытыми, укрепив одну отверстием книзу, другую — кверху. Испытать зажженной лучинкой, в которой из пробирок не осталось азота. Вывод? (Азот легче воздуха.)

Когда пробирка с железом остынет, облить содержимое небольшим количеством воды, профильтровать и испытать фильтрат лакмусовой бумажкой.

● 3. Для получения азота из азотистокислого аммония NH_4NO_2 обыкновенно не берут готовой соли, а сливают эквивалентные количества раствора **азотистокислого натрия** $NaNO_2$ (*natrium nitrosum rigum*) и **хлористого аммония** NH_4Cl (*ammonium chloratum*). Берут раствор 25 г $NaNO_2$ в возможно малом количестве воды (около 35 мл) и 20 г NH_4Cl в 55 мл воды.

Опыт. Растворы $NaNO_2$ и NH_4Cl слить в **колбе** на 250 мл. Колбу нагревать на водяной бане (в стакане или чашке с водой) или осторожно на голом огне, держа горелку в руке и внимательно следя за ходом реакции.

Удобнее приливать концентрированный раствор азотистокислого натрия (или азотистокислого калия) к горячему раствору хлористого аммония (в колбе Вюрца) из капельной воронки. Скорость реакции регулируется в этом случае приливанием раствора (реакция протекает совершенно спокойно).

Выделяющийся азот собрать в цилиндры и проделать указанные выше опыты.

3. Аммиак, его получение и свойства

а) ПОЛУЧЕНИЕ АММИАКА И РАСТВОРЕНИЕ ЕГО В ВОДЕ

○ 1. Для получения аммиака берутся приблизительно равные объемы (одинаковое число ложек) мелкокристаллического или истертого в порошок **нашатыря** NH_4Cl (*ammonium chloratum crystallisatum*) и сухой **гашеной извести** $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (оставшейся, например, от опыта 1, стр. 93). Лучше, если известь слегка влажная; к сухой можно прибавить немного воды.

Оба порошка хорошо перемешиваются в фарфоровой ступке.

Смесь помещается в колбу на 500 мл. Колба закрывается пробкой с газоотводной трубкой (рис. 258). Смеси следует взять побольше, чтобы она занимала по крайней мере половину колбы. Иначе капли выделяющейся при реакции воды стекают на более нагретые стенки нижней половины колбы и колба легко растрескивается.

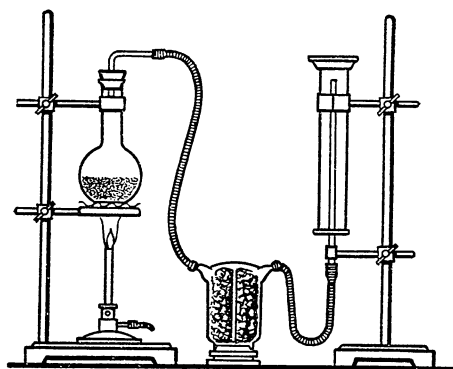


Рис. 258. Получение и собиране аммиака (1).

Колбу лучше взять круглодонную, но при осторожном нагревании можно сберечь и плоскодонную. Под колбу необходимо подложить хорошую медную сетку, сложенную вдвое, асбестированную сетку, кусок асбестового картона или сковородку с песком. Еще надежнее вести нагревание на водяной бане, т. е. поместив колбу в кастрюльку с водой, чашку и т. п.

Вместо колбы можно взять для опыта соответствующих размеров реторту.

Для сушения аммиака, очевидно, *нельзя* воспользоваться серной кислотой. Хлористый кальций также не годится, так как он поглощает аммиак и с ним реагирует.

Аммиак можно сушить негашеной известью CaO (*calcaria caustica*), твердыми едкими щелочами (*natrium* или *kalium oxudatum hydricum in bacillis*) или лучше смесью их — **натронной известью** (*natrium axudatum hydricum cum calce*).

Палочки едкого натра или едкого кали следует разбить на кусочки в фарфоровой ступке (класть щипцами). Известь разбивается молотком. Натронную известь, если она не очень крупными кусками, измельчать не надо.

Взятое для сушения аммиака вещество помещается в склянку

Тищенко для сухих веществ (рис. 258 и т. I, стр. 269) или в колонку (см. т. I, стр. 265).

Прибор устанавливается под тягой. При хорошей тяге можно собирать аммиак по способу вытеснения воздуха прямо в цилиндр (20—25 см высотой), как показано на рисунке 258, для чего к осушительному прибору следует присоединить на каучуке трубку (рис. 258).

Необходимости сушить аммиак для нижеследующих опытов нет, но если имеется осушительный прибор, то его полезно использовать по методическим соображениям.

Опыт. Зажечь под колбой со смесью горелку. Через некоторое время, когда можно будет думать, что цилиндр наполнился аммиаком, медленно поднять его, не наклоняя, над газоотводной трубкой и сейчас же закрыть снизу матовым стеклышком или проваренным в парафине картоном.

Погрузить отверстие цилиндра в большую чашку с водой (кристаллизатор, простоквашницу и т. п.) и быстро сдвинуть стеклышко в сторону. Цилиндр постепенно наполняется водой почти доверху.

Несмотря на то что растворимость аммиака в воде значительно больше, чем растворимость хлористого водорода, наполнение цилиндра водой идет при аммиаке значительно медленнее, чем при хлористом водороде (см. стр. 247). Объясняется это тем, что раствор аммиака (в противоположность раствору HCl) легче воды. На поверхности вошедшей в цилиндр воды образуется слой, насыщенный аммиаком, и дальнейшее поглощение замедляется. Поглощение аммиака водой можно ускорить легким покачиванием цилиндра.

Воду в чашке можно перед опытом подкрасить раствором лакмуса, к которому прибавить 1—2 капли кислоты. Следует избегать избытка кислоты, так как собранного в цилиндре аммиака может не хватить для ее нейтрализации.

При плохой тяге или при полном отсутствии тяги для собирания аммиака можно воспользоваться приемами, описанными при хлористом водороде (стр. 252). Опыт с фонтаном можно показать после вышеописанного опыта и в том случае, если тяга имеется.

● 2. При лабораторном опыте получение и собирание аммиака можно производить в пробирках, как показано на рисунке 259.

Опыт. Составить из сухих пробирок прибор, как на рисунке 259.

Налить в стакан или фарфоровую чашку воды почти доверху.

Взять отвешенные количества нашатыря NH_4Cl (хлористого аммония) и гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Нашатыря взять около $\frac{1}{4}$ пробирки и взвесить. По равенству реакции рассчитать, сколь-

ко нужно взять гашеной извести на отвешенное количество нашатыря.

Тщательно смешав в ступке оба вещества (замечается запах аммиака), всыпать смесь в пробирку *a*.

Укрепить пробирку *a* слегка наклонно, чтобы доньшко было чуть выше отверстия (при реакции выделяется вода!).

Надеть на отводную трубку бумажный кружок и опустить на него сухую пробирку *б* (аммиак легче воздуха).

Нагревать пробирку *a* минут 5, не слишком сильно, чтобы не улетучивался нашатырь.

Осторожно снять пробирку *б* и, держа ее отверстием вниз, медленно снять с трубки, закрыть пальцем, погрузить отверстием в приготовленный сосуд с водой и отнять палец.

Слегка покачивать пробирку (раствор аммиака в воде легче воды, верхний слой воды быстро насыщается аммиаком, и без покачивания растворение идет медленно).

Закрыв отверстие пробирки под водой пальцем, перевернуть пробирку и, отлив немного раствора аммиака, прибавить в пробирку фиолетового раствора лакмуса.

В крайнем случае вместо собирания аммиака можно ограничиться растиранием небольшого количества нашатыря с гашеной известью в ступке или хотя бы на куске бумаги

деревянной лопаточкой, причем отчетливо заметно появление характерного запаха аммиака.

Можно также проделать опыт, описанный в опытах с хлористым водородом (стр. 251), а именно: нагрев в пробирке некоторое количество смеси, быстро опрокинуть пробирку в стакан с водой. Вода поднимается в пробирку и заполняет ее почти доверху.

Опыт с фонтаном, иллюстрирующий большую растворимость некоторых газов в воде, как вариант опыта, описанного на странице 248, можно провести в **круглодонной колбе**, наполненной **аммиаком**¹. Круглодонная колба объемом 1 л наполняется газо-

¹ Колбу следует обязательно брать круглодонную. Плоскодонная колба при опыте может быть раздавлена атмосферным давлением вследствие очень высокого вакуума, который образуется в колбе при начале растворения газа.

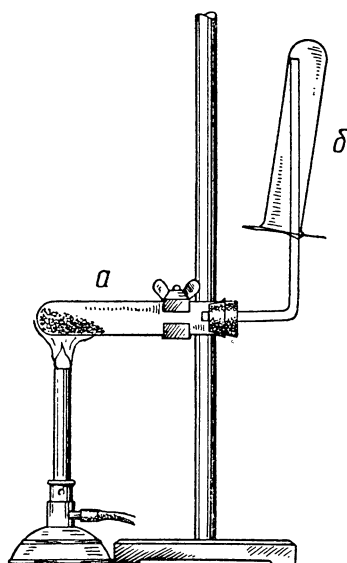


Рис. 259. Получение и собирание аммиака (2).

образным аммиаком. Для получения его с этой целью, так же как и для многих других целей, нет необходимости брать смесь солей аммония со щелочью. В условиях лаборатории можно получить в любое время достаточное количество аммиака нагреванием его 25-процентного раствора. В круглодонную колбу объемом 100—150 мл наливается 50 мл раствора аммиака, который нагревается на пламени спиртовой лампочки. При этом в колбу лучше

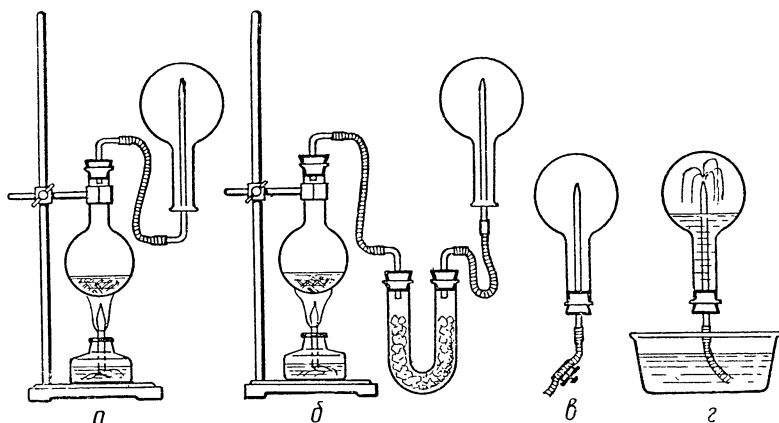


Рис. 260. Фонтан в колбе (а, б, в, г).

добавить несколько кусочков **едкого натра**, а для уменьшения толчков при кипении жидкости поместить туда несколько **стеклянных капилляров**, кусков неглазурованного фарфора или даже кусок нити. Выделение газа происходит немедленно после начала нагревания и особенно усиливается при кипении. (*Не нюхать. Опасно!*)

Газоотводную трубку вводят в опрокинутую горлом вниз **круглодонную** колбу (рис. 260, а), которая быстро наполняется аммиаком. Сушить газ нет необходимости, но если желательно, чтобы стенки колбы не запотевали от выделяющейся влаги, можно пропустить его через склянку Тищенко или U-образную трубку с натронной известью (рис. 260, б). Наполненную аммиаком колбу закрывают резиновой пробкой, через которую проходит подходящая до середины колбы оттянутая на одном конце (диаметр трубки не менее 2 мм) стеклянная трубка. На второй конец трубки надета мягкая резиновая трубочка 10—15 см длиной, закрытая винтовым зажимом (рис. 260, в). Приготовленную колбу можно хранить в таком виде продолжительное время.

Опыт. Снять зажим с резиновой трубки и опустить конец ее в чашку с водой, к которой прибавлено 1—2 мл раствора фенол-

фталеина. Если через несколько секунд фонтана не получается (внутри трубки воздух), погрузить резиновую трубку глубже в воду и загнуть конец трубки вверх, чтобы в нее попало несколько капель воды. Крепко зажать конец резиновой трубки пальцами, вынуть из воды, не разжимая пальцев, перевернуть колбу пробкой вверх и слегка встряхнуть или пальцами другой руки выдавить воду из резиновой трубки внутрь колбы. В нескольких каплях попавшей в колбу воды растворяется значительное количество аммиака и в колбе создается вакуум. Перевернув колбу горлом вниз, снова опустить резиновую трубку в воду и разжать пальцы. Немедленно начинает бить красивый фонтан. Малиновая жидкость заполняет всю колбу (рис. 260, з).

На лабораторных занятиях опыт можно проделать таким же образом, взяв вместо колбы пробирку.

б) ГОРЕНИЕ АММИАКА В КИСЛОРОДЕ

○ 1. Для сжигания аммиака в кислороде удобнее всего получать аммиак не химическим способом, а нагреванием концентрированного водного раствора аммиака (нашатырный спирт, ammonium causticum solutum 0,91). На рисунке 261 изображен очень удобный прибор, служащий одновременно и для получения и для сжигания аммиака. Колба *A* на 300—400 мл закрыта пробкой, в которую вставлена трубочка *a* длиной около 20 см (диаметром около 6—7 мм). На трубочку надета широкая пробка, вставленная в обрезок лампового цилиндра *B*, длиной около 10 см. В пробке сбоку имеется другое отверстие, в которое вставлена трубочка *б*, соединенная с газометром, наполненным кислородом. Для того чтобы кислород равномерно, несильной струей поднимался в цилиндре *B*, внутри цилиндра следует поместить неплотный комок ваты *в*. Верхний конец трубки *a* должен быть на 1—2 см ниже верхнего края цилиндра *B*.

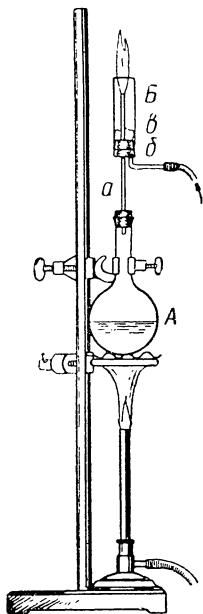


Рис. 261. Горение аммиака в кислороде (1).

Нижний конец полезно сточить наискосок, чтобы конденсирующаяся в трубке вода легко стекала обратно, не образуя капель, которые прерывают струю газа (см. т. I, стр. 247). По этой же причине нельзя брать слишком тонкую трубку. Лучше всего, как указано, взять трубку диаметром 7, в крайнем случае 6 мм, но не тоньше. Под колбу следует подложить сетку.

Опыт. Налить в колбу до половины кон-

центрированного раствора аммиака и, вставив пробку с трубками, зажечь горелку. Когда по запаху будет заметно, что из колбы выходит струя аммиака, пустить не очень сильный ток кислорода и поднести к отверстию трубки *a* зажженную **лучинку**. Аммиак загорается и горит большим зеленоватым пламенем. Опыт удастся очень хорошо. Если прекратить приток кислорода — пламя постепенно гаснет. Если снова пустить кислород и поднести зажженную лучинку — пламя вновь появляется.

Вместо лампового цилиндра для устройства прибора можно воспользоваться разбитым холодильником Либиха, надев обренок (рис. 262) на трубку *a* предыдущего прибора и соединив боковой отросток с газометром, наполненным кислородом. Можно воспользоваться обрезанной банкой. В крайнем случае цилиндр можно сделать жестяной.

За неимением газометра кислород можно впускать прямо из реторты со смесью для получения кислорода (стр. 55).

Если нельзя устроить описанный прибор, можно показать горение аммиака, внося изогнутую (см. т. I, стр. 490) трубку, из которой выходит слабая струя аммиака в склянку или в цилиндр с кислородом.

● 2. При лабораторном опыте можно воспользоваться **приборчиком**, изображен-

Рис. 262.
Часть к прибору, изображенному на рисунке 261.

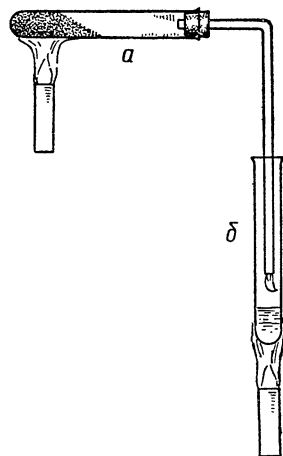


Рис. 263. Горение аммиака в кислороде (2).

нным на рисунке 263. В пробирке *a* находится марганцовокислый калий, в пробирке *b* — концентрированный **раствор аммиака** (*ammonium causticum solutum 0,91*). Один из учащихся нагревает пробирку *a*, газоотводная трубка которой опущена в пробирку *b*. Когда из отверстия пробирки *b* начнет выделяться кислород (тлеющая **лучинка!**), другой учащийся начинает осторожно нагревать раствор аммиака и к отверстию пробирки *b* подносит зажженную лучинку. Происходит слабый взрыв смеси аммиака с кислородом, пламя проскакивает внутрь пробирки *b* и держится между концом трубки и поверхностью раствора аммиака. При этом иногда наблюдается любопытное явление: пламя имеет вид как бы перегородки, отделяющей два реагирующих газа, которая колеблется в пробирке, подвигаясь то вверх, то вниз.

Для демонстрации опытов с аммиаком можно рекомендовать комбинированные приборы, в которых провести ряд опытов один

за другим. На рисунке 264 дан один из таких приборов (М. А. Афанасьева). Устройство и порядок проведения опытов понятны из рисунка и пояснительных надписей.

в) ОБРАЗОВАНИЕ АММИАКА ПРИ ГНИЕНИИ БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ

○ Обрезки мяса поместить в стеклянную банку из-под консервов или в стакан, закрыть стеклом и оставить на некоторое время, чтобы мясо начало гнить.

Опыт. В сосуд с протухшим мясом внести влажную красную лакмусовую бумажку, которая синееет, а затем бумажку или лунку, смоченную концентрированной соляной кислотой, — появляется белый дымок нашатыря.

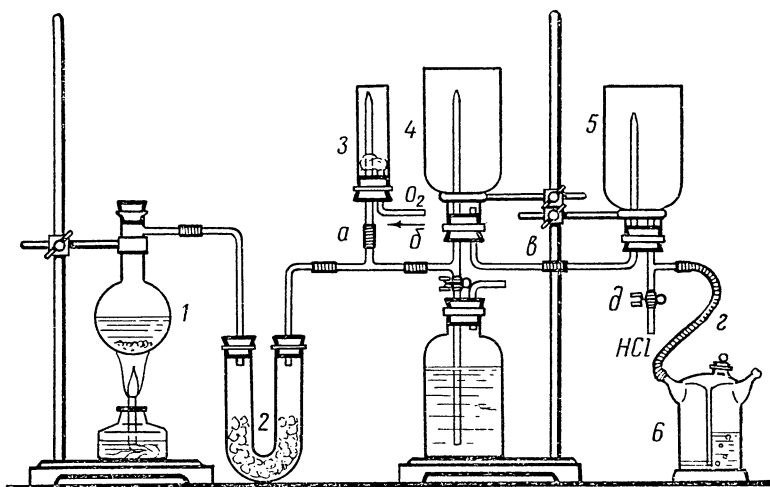


Рис. 264. Комбинированный прибор для демонстрации опытов с аммиаком:

1 — круглодонная колба для получения аммиака; 2 — U-образная трубка с натровой известью; 3 — прибор для сжигания аммиака в кислороде (в момент демонстрации этого опыта зажим *a* открывается, а зажим *b* закрывается); 4 — сосуд, предназначенный для демонстрации растворимости аммиака в воде; 5 — сосуд для демонстрации взаимодействия аммиака с хлористым водородом. (Для опыта сосуд поворачивается дном вниз, зажимы *b* и *г* закрываются, трубка с зажимом *d* присоединяется к источнику хлористого водорода и зажим *d* открывается) 6 — склянка Тищенко с водой или кислотой.

4. Соли аммония

○● **Опыты.** 1. Налить концентрированный раствор аммиака и концентрированную соляную кислоту (уд. в. 1,19) в поставленные на противоположных концах стола две чашки или два тигелька. При сближении их получается облако дыма нашатыря.

Можно смочить растворами две стеклянные палочки, две лучинки или две бумажки и сблизить их. Кроме соляной кислоты, можно взять концентрированную **азотную кислоту** HNO_3 и концентрированную **уксусную кислоту** $\text{H}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$.

○ 2. Собрать газообразные NH_3 и HCl в два цилиндра и привести их в соприкосновение (см. т. 1, стр. 427).

○ 3. На дно двух одинаковых **стаканчиков** налить по 10—15 мл концентрированных **растворов аммиака и соляной кислоты**.

Внутри стаканчиков подвесить на нитках кусочки древесного (лучше предварительно прокаленного) **угля** на высоте 1—2 см от поверхности жидкостей (рис. 265, а) и оставить в таком положении на 30 мин. Угли адсорбируют большие количества аммиака и хлористого водорода.

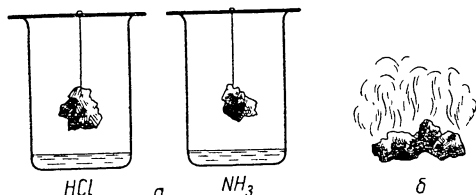


Рис. 265. Дымящие угли (а, б).

Вынув угли из стаканов, привести их в соприкосновение друг с другом. Угли начинают «дымить» (рис. 265, б). Опыт одновременно является подтверждением

поглотительной способности угля (стр. 424).

Обработанные таким образом угли можно длительное время сохранять в отдельных хорошо закрытых банках и использовать для демонстрации по мере необходимости (А. Д. Смирнов).

● 4. Нейтрализовать **соляную кислоту** раствором аммиака, пользуясь

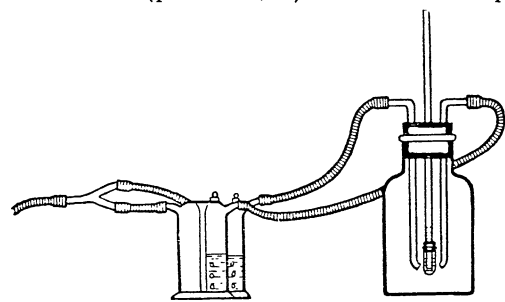


Рис. 266. Выделение тепла при соединении аммиака с хлористым водородом.

лакмусовой бумажкой, и выпарить полученный раствор.

То же можно проделать с азотной, уксусной и другими кислотами.

● ○ 5. Получить при помощи капли **кислоты** красное пятно на какой-нибудь **материи** (можно заранее) и «вывести» это пятно **раствором аммиака**.

○ 6. Если желательно показать, что при реакции между газообразными аммиаком NH_3 и хлористым водородом HCl выделяется тепло, то можно воспользоваться прибором, изображенным на рисунке 266. **Две склянки Тищенко** (см. т. I, стр. 483) или другие промывные склянки следует соединить с одной стороны **трой-**

ником с резиновым баллоном (грушей), с другой стороны — с большой банкой, в пробку которой вставлены две изогнутые, как на рисунке 266, трубки. Между трубками укреплен термоскоп, описанный на странице 145, или большой лекционный термометр. В пробке, кроме отверстия для трубок и термоскопа, следует просверлить еще широкое отверстие (за термоскопом) для выхода воздуха. Слянки Тищенко наполняются, одна соляной кислотой (уд. в. 1,19), другая концентрированным раствором аммиака (уд. в. 0,91).

Опыт. Продувать резиновым баллоном через слянки воздух. Он будет увлекать HCl и NH_3 , и в банке образуется большое облако нашатыря, которое будет выходить из отверстия в пробке, иногда в виде вихревых колец.

Термоскоп покажет заметное повышение температуры. За неимением резинового баллона для продувания воздуха можно воспользоваться газометром или насосом.

● 7. Насыпать в пробирку несколько кристалликов хлористого аммония NH_4Cl . Прилить концентрированной серной кислоты. Что наблюдается?

Написать равенства реакций.

а) ВОЗГОНКА И ТЕРМИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ НАШАТЫРЯ

●● **Опыты.** 1. Поместив в пробирку немного нашатыря NH_4Cl , нагревать его в пламени горелки, держа пробирку немного наклонно. Обратить внимание учащихся, что над нашатырем, в том месте, где пробирка сильно нагрета, — бесцветный газ. Выше, на холодных стенках пробирки, оседает нашатырь.

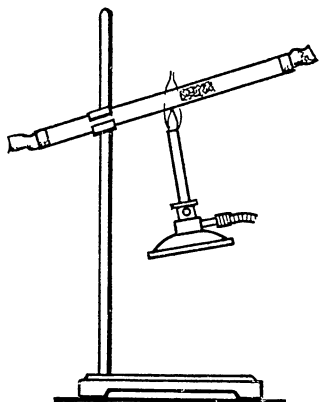


Рис. 267. Диссоциация нашатыря.

2. Чтобы показать, что при нагревании нашатырь не испаряется, а диссоциирует на NH_3 и HCl , проще всего воспользоваться поставленной наклонно трубкой, в середине которой находится пробка из нашатыря (рис. 267). При нагревании этой пробки в нижней ее части аммиак быстрее, чем хлористый водород, диффундирует сквозь слой нашатыря и, как более легкий газ, поднимается вверх, хлористый же водород стекает вниз. Присутствие того и другого открывается при помощи лакмусовых бумажек.

Для опыта нужна обыкновенная стеклянная трубка диаметром около 1,7—2 см и длиной около 25 см.

Для того чтобы получить в середине трубки плотный слой на-

шатыря, следует сначала выстрогать две палки, которые плотно входили бы внутрь трубки (можно взять два толстых карандаша). Затем, введя внутрь стеклянной трубки одну из палок и держа ее конец приблизительно в середине трубки, насыпать в трубку немного мелкокристаллического нашатыря и слегка утрамбовать второй палкой. Затем прибавить еще немного нашатыря и снова утрамбовать. Прибавлять таким образом нашатырь до тех пор, пока при сильном утрамбовывании с помощью обеих палок в середине трубки не получится слой нашатыря толщиной около 4 см.

Трубку с нашатырем следует затем укрепить в зажиме штатива, придав ей такой наклон, как на рисунке 267.

Опыт. Вложить в верхний конец трубки слегка смоченную водой красную лакмусовую бумажку, в нижний конец — влажную синюю лакмусовую бумажку. Нагревать на горелке нижнюю часть пробки из нашатыря до тех пор, пока лакмусовые бумажки не изменят своего цвета. Если трубке придать надлежащий наклон, изменение цвета бумажек наступает через несколько минут.

Опыт в описанном виде удается обыкновенно гораздо лучше, чем обычно описываемый опыт с пробкой из асбеста. Некоторые примеси асбеста вступают в реакцию с продуктами диссоциации нашатыря, дают на трубке желтый возгон, и опыт не удается.

б) АМАЛЬГАМА АММОНИЯ

●● Для опыта нужна амальгама натрия, содержащая на 100 г (около 7,5 мл) ртути (*hydrargyrum metallicum*) 1 — 2 г натрия (*natrium metallicum*). Приготавливается амальгама (до урока или на уроке) в фарфоровой ступке.

В ступку наливается около 7 мл ртути. Затем от куска натрия, очищенного от корки, отрезается кубик со сторонами около 1—1,5 см (*правила обращения с натрием!* стр. 531).

От приготовленного кубика натрия отрезаются кусочки величиной с горошину или немного больше и погружаются один за другим в налитую в ступку ртуть при помощи щипцов со всеми предосторожностями, указанными в томе I (стр. 54).

Полученная амальгама переливается в склянку, которая хорошо закрывается пробкой.

Опыт. Поместить приготовленную амальгаму в бокал или стакан (слоем в 2—3 см) и прилить насыщенного раствора нашатыря NH_4Cl (*ammonium chloratum purum cryst.*), для чего растворить при нагревании около 40 г NH_4Cl в 100 мл воды и дать остыть. Амальгама начинает пузыриться и подниматься до краев сосуда и выше (поэтому лучше поставить сосуд в чашку), затем постепенно снова опадает.

По окончании урока оставшуюся после опыта ртуть промыть водой, разбавленным раствором азотной или серной кислоты (см. т. I, стр. 50) и снова водой.

в) ПОЛУЧЕНИЕ АММИАКА

Изучение производства аммиака в технике требует ознакомления учащихся с действующими установками, хотя бы отдаленно напоминающими промышленные. Одна из таких установок описана М. М. Гостевым¹ (рис. 268).

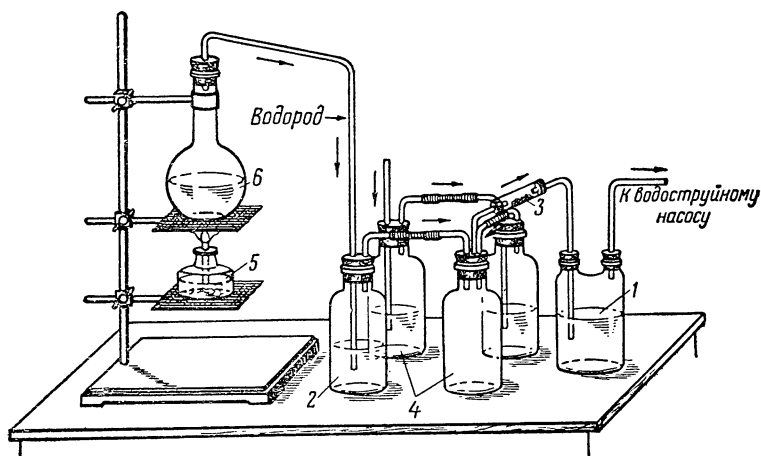


Рис. 268. Установка для получения аммиака синтетическим методом: 1 — двугорлая склянка с раствором фенолфталеина, 2 — смеситель, 3 — контактная трубка, 4 — склянка с крепкой серной кислотой, 5 — спиртовая лампа, 6 — реакционная трубка.

Изготовление лабораторной действующей установки начинается с подготовки деталей. Для широкогорлых банок подбираются пробки, в них просверливают по два отверстия для стеклянных трубок диаметром 4—5 см. В пробирки вставляются по две стеклянные трубки, изогнутые в виде буквы Г. Трубки различных банок соединены резиновыми перемычками. Две из этих банок заполняют крепкой серной кислотой (уд. в. 1,84): в одну банку наливают 5-процентный раствор марганцовокислого калия, другая банка остается пустой; ее соединяют с двугорлой склянкой, в которую налита дистиллированная вода с несколькими каплями раствора фенолфталеина. Двугорлая склянка соединена с водоструйным насосом (или аспиратором). К уста-

¹ М. М. Гостев, Химический кружок в школе, изд. АПН РСФСР, 1958.

новке требуется еще аппарат Киппа для получения водорода. Все части установки прочно закрепляются на подставке.

По окончании монтажа установки приступают к приготовлению катализатора. В школьных условиях в качестве катализатора может быть использовано чистое железо, восстановленное водородом, с небольшой примесью окиси магния (0,2—0,3 г) или чистая свежеполученная окись железа с примесью окиси висмута (2%) или окиси кобальта. Сначала прокаливают при температуре 700° железный купорос и получают красную окись железа, а затем из нее восстанавливают водородом чистое железо. Следует помнить, что после получения в трубке железа его охлаждают до комнатной температуры в токе водорода, иначе железо частично снова перейдет в окись.

Когда катализатор будет готов, его смешивают с асбестовым хорошо промытым и прокаленным волокном (катализатор должен быть равномерно распределен по асбесту). Контактную массу вносят неплотным слоем в контактную трубку, она занимает половину ее объема.

Собрав установку и проверив ее герметичность, приступают к проведению опыта. Сначала нагревают смесь азотистокислого натрия с хлористым аммонием и медленно пропускают из аппарата Киппа водород. Затем подсчитывают пузырьки пробулькивающего через серную кислоту азота и пузырьки водорода и устанавливают ток водорода в три раза быстрее, чем азота; кроме того, регулируют нагревание азотистокислого натрия, чтобы азот выделялся не так быстро. Подобная регулировка подачи водорода и азота не представляет больших затруднений.

Когда установится правильная подача газа, начинают подогреть катализатор сначала на слабом огне, а затем доводят температуру до 400—500°. Выходящий из контактной трубки газ проходит через двугорлую склянку; если процесс идет нормально, происходит окрашивание раствора в малиновый цвет, показывающее, что в процессе реакции образуется аммиак, который в растворе обладает щелочными свойствами. Если катализатор действует хорошо, то аммиак получается в таком количестве, что его можно обнаружить по запаху. На этом процесс получения аммиака синтетическим путем заканчивается.

Удача опыта зависит во многом как от подбора катализатора, так и от правильного конструирования установки. Все детали должны быть хорошо подогнаны. Газы, поступающие в смеситель и оттуда в контактную трубку, должны быть чистыми и просушенными.

По окончании опыта установка разбирается, причем предварительно детали перенумеровываются, затем промываются и просушиваются. Серную кислоту сливают в особую склянку; катализатор помещают в сухую и чистую банку, которую плотно

закрывают пробкой. Резиновые трубки снимают и слегка смазывают глицерином или чистым вазелином. В коробку, куда убирают детали, вкладывают рисунок установки и краткое описание.

5. Получение окислов азота из воздуха

○ Для опыта нужна колба на $2\frac{1}{2}$ л с двумя тубулусами (рис. 269). В тубулусы колбы вставить на пробках 2 толстые (диаметр $1-1\frac{1}{2}$ мм) медные проволоки. Проволоки соединить с верхними зажимами большого индуктора, дающего искру не менее 10 см. Относительно обращения с индукторами не обязательно прочесть сказанное в томе I (стр. 322).

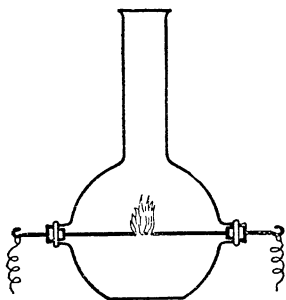


Рис. 269. Горение азота в кислороде (1).

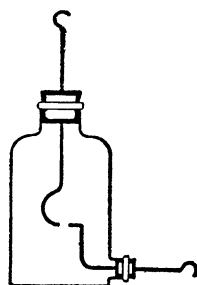


Рис. 270. Горение азота в кислороде (2).

До урока нужно установить такое расстояние между проволоками, вставленными в колбу, и отрегулировать индуктор таким образом, чтобы получалась так называемая жирная искра, имеющая вид как бы сплошного шнура, протянутого между концами проволок. Над такой искрой подымается язык пламени азота, горящего в кислороде. Этот язык тем заметнее, чем сильнее индуктор. Расстояние между концами проволок зависит от силы индуктора. Если спираль может давать искру в 10 см, то расстояние это будет $1-1\frac{1}{2}$ см.

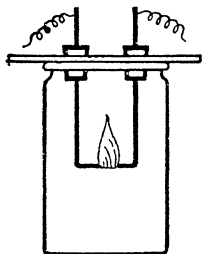


Рис. 271. Горение азота в кислороде (3).

Сдвигая или раздвигая проволоки, *нужно каждый раз выключать ток*. Вообще, во время действия спирали ни в коем случае не следует приближать руки к проводам и тем более касаться хотя бы одного из проводов,

идущих от индуктора, так как можно получить очень сильный и даже *опасный удар*. Ввиду этого, выставив прибор на лекционный стол и испробовав его, один из проводов, соединяющий спираль с источником электрического тока, следует затем убрать, чтобы учащиеся в отсутствии преподавателя не могли включить индуктор.

Сзади колбы следует поместить *экран* из белого картона.

Опыт. Включить индуктор и оставить в действии на 10–20 мин, пока в колбе не скопится такого количества окислов азота, что бурый цвет их делается ясно заметным.

Желательно производить опыт днем, так как бурый цвет окислов азота при искусственном освещении значительно хуже виден.

Если индуктор дает искру немного менее 10 см, то опыт все же может удался, но идет дольше. При очень же слабой спирали опыт совсем не удался. В последнем случае можно удовольствоваться тем, что дать учащимся понюхать воздух в колбе после пропускания искр. Даже и при небольшом индукторе через некоторое время появляется заметный запах окислов азота.

Вместо колбы с двумя тубулусами можно взять колбу или склянку с одним боковым тубулусом, установив проволоки, как показано на рисунке 270.

Хорошо удался опыт и без сосуда с тубулусом, а просто с большой банкой, батарейным стаканом и т. п.

Банка закрывается куском картона, в который на пробках вставлены две толстые проволоки, изогнутые так, как показано на рисунке 271.

Все эти опыты с успехом можно демонстрировать в печи для сжигания азота конструкции К. Я. Парменова (см. т. I, стр. 338).

6. Получение азотной кислоты

○ 1. Собрать прибор, как на рисунке 272, состоящий из *реторты* (неуглоплавкой на 200 мл с тубулусом и притертой пробкой), помещенной в штативе, на сетке, и колбы, служащей приемником. Колбу погрузить в *чашку* с водой. Если есть водопровод, то можно поместить колбу в большую воронку, соединенную с раковиной. На колбу пустить струю воды через изогнутую стеклянную трубку, соединенную резиновой трубкой с краном водопровода и укрепленную в зажиме штатива.

В колбу поместить 30–40 г *селитры* KNO_3 или NaNO_3 (kalium или natrium nitricum crust.).

Опыт. Прилить в реторту через вставленную в тубулус *воронку* столько концентрированной *серной кислоты* H_2SO_4 (уд. в. 1,84), чтобы после размешивания *стеклянной палочкой* получилась жидкая кашка.

Закрыв реторту, начать нагревание, сначала осторожно, затем сильнее. В колбе довольно скоро набирается несколько миллилитров азотной кислоты, достаточных для испытания. Прекратить нагревание и, дав реторте немного остыть, вынуть ее (захватив полотенцем) из колбы и погрузить концом в укрепленную на штативе **вторую колбу**, цилиндр и т. п., чтобы пары азотной кислоты по возможности не попадали в воздух.

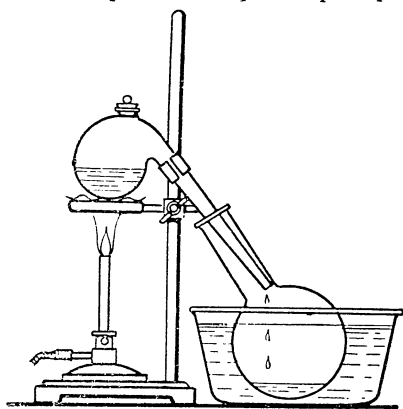


Рис. 272. Получение азотной кислоты (1).

Во избежание растрескивания реторты нагревание ее следует вести на песочной бане (железная чаша с нетолстым слоем чистого песка).

Показав учащимся полученную азотную кислоту, испытать ее действием на **лакмус**, **индиго** или на **стружки меди** (в **бокалах** или стаканчиках). Индиго нужно взять немного и

в слабом растворе. Лакмус от разбавленной азотной кислоты краснеет, а от концентрированной в первый момент краснеет, а затем быстро обесцвечивается. Медные стружки нужно сначала облить водой, а затем уже приливать кислоту. Последний опыт следует производить под тягой.

За неимением реторты с тубулусом можно воспользоваться и обыкновенной. Тогда кислоту нужно наливать через длинную воронку (рис. 273). Смешивание кислоты с селитрой можно произвести осторожным взбалтыванием.

● 2. Для лабораторного опыта **реторта** может быть на 10 мл, приемником может служить пробирка, погруженная в стакан с водой (рис. 274). Для наливания серной кислоты служит **вороночка** (рис. 275), оттянутая из пробирки.

Опыт. Укрепить сухую пробирку в зажиме штатива в таком положении, как показано на рисунке 274, погрузив ее в стакан с холодной водой.

Насыпать в реторту немного селитры KNO_3 (около $\frac{1}{4}$ пробирки).

Держа реторту, как показано на рисунке 275, вставить в нее воронку и влить немного концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (уд.в. 1,84), столько, чтобы она смочила всю селитру. Вливать **очень осторожно**, чтобы не обжечь руки.

Вынуть воронку так, чтобы не запачкать стенки реторты, и по-

местить в пробирку или в стаканчик с водой (не класть воронку на стол!).

Вставить реторту в пробирку (рис. 274) и осторожно нагревать, держа горелку в руках. Не греть стекло выше уровня жидкости.

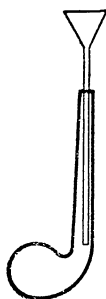


Рис. 273. Вливание серной кислоты в реторту.

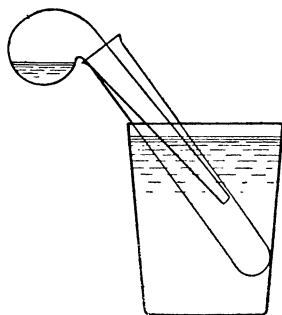


Рис. 274. Получение азотной кислоты (2).

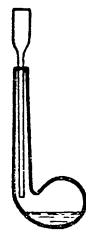


Рис. 275. Использование вместо воронки оттянутой пробирки.

Когда в пробирке наберется некоторое количество азотной кислоты, прекратить нагревание.

Когда реторта остынет, вынуть ее и вымыть под краном. Не класть на стол невымытую реторту.

Несколько капель полученной азотной кислоты прилить к небольшому количеству слабого раствора индиго. Что наблюдается? (Обесцвечивание, окисление.)

Остальной азотной кислотой облить медные стружки (в пробирке).

● 3. За неимением маленькой реторты вполне возможно получать азотную кислоту и в **пробирке**, закрытой пробкой с газотводной трубкой (рис. 276). Пробка во время опыта разрушается довольно быстро и под конец нередко вываливается вместе с трубкой, но учащиеся успевают получить нужные 1—2 мл азотной кислоты и попутно наблюдают действие азотной кислоты на органическое вещество.

При работе необходимо соблюдать те же предосторожности, что и при опыте с ретортой.

Особенно важно следить, чтобы учащиеся не нагревали пробирки выше уровня жидкости, так как при этом пробирка может легко лопнуть.

По окончании опыта, вынув пробку с отводной трубкой, поместить ее в пробирку, но не класть на стол.

Горячую жидкость из пробирки, в которой шла реакция, учащиеся могут сразу же вливать в общую банку, что облегчит мытье пробирок.

●● 4. Получение значительных количеств азотной кислоты. Для этой цели используется прибор, изображенный на рисунке 277, при помощи которого легко получить до килограмма концентрированной азотной кислоты.

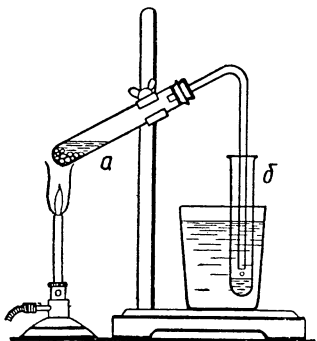


Рис. 276. Получение азотной кислоты в пробирке.

Роль «реторты» в этой модели завода для получения азотной кислоты играет **эмалированный кофейник** (или чайник). Чтобы крышка кофейника не пропускала паров азотной кислоты, между крышкой и краями кофейника помещается прокладка из **асбестового картона**. Кружок картона смачивается водой и зажимается между краями кофейника и крышкой. После того как прокладка таким образом сформирована, ее вынимают вместе с крышкой и просушивают. Не следует забывать, что только концентрированная азотная кислота делает железо пассивным и на

него не действует, а в эмали всегда могут быть трещины. Поэтому влажную прокладку применять нельзя.

Для того чтобы плотно прижать крышку к краям кофейника, служит приспособление, состоящее из двух петель, сделанных из медной **проволоки**, обвивающей верхний рант кофейника. В петли вставляются концы **деревянной планки**, в середину которой ввинчен обыкновенный большой винт для дерева (**шуруп**). Конец шурупа, который нужно затупить напильником, упирается в крышку. Если шишечка крышки к ней привинчена, то ее следует отвинтить, отверстие закрыть кусочком асбестового картона, поверх последнего положить кружочек из жести и т. п., в который и упереть конец винта. Если шишечка составляет с крышкой одно целое, то конец шишечки нужно спилить напильником, чтобы получилась плоскость для упора винта.

К «реторте» присоединен **холодильник из лампового стекла**, и «конденсационные горшки» в виде **двугорлых склянок**.

Все соединения должны быть сделаны без пробок и резины. Вместо пробок можно воспользоваться **асбестовой ватой**. Трубка *a* вставляется в носик кофейника поглубже, и затем в носик изнутри забивается асбестовая вата. Для этого удобно воспользоваться загнутым на конце в виде крюка большим гвоздем и т. п. В двугорлые склянки трубки вставляются тоже на асбестовой вате. На трубку наворачивается жгут из ваты и затем плотно

забивается в отверстие склянки. Соединения с кофейником должны быть сделаны при помощи сухого асбеста (см. выше), для остальных же соединений асбест можно взять влажный, благодаря чему без особых затруднений получаются достаточно плотные соединения.

Первая из склянок оставляется пустой, во вторую наливается немного воды, в последнюю вода наливается до половины, а трубка слегка погружается в воду. В первой банке собирается главная масса азотной кислоты, во второй — поглощается водой

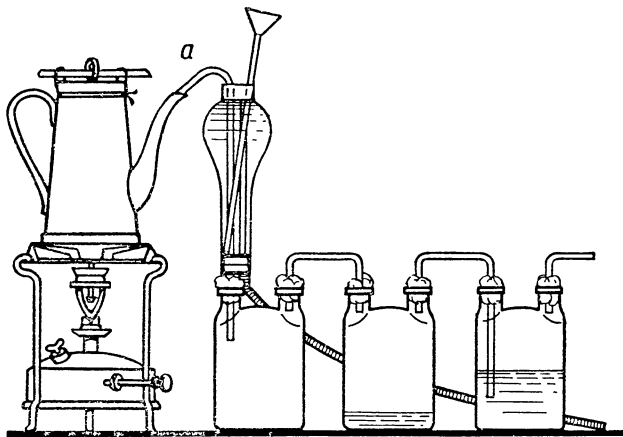


Рис. 277. Получение значительных количеств азотной кислоты.

большая часть паров, в третьей же — удерживаются остальные пары. Если прибор можно поместить под тягу или есть приспособление для отвода газов за окно, то третью склянку можно и не ставить.

Если все соединения сделаны аккуратно, то во время работы пары азотной кислоты почти совсем не выделяются из прибора.

Вместо двугорлых склянок можно взять и обыкновенные. Тогда обе вставленные трубки сначала обвивают асбестовой ватой, каждую отдельно, затем вместе, и вставляют одновременно.

Опыт. В кофейник насыпать селитры KNO_3 или NaNO_3 почти до половины высоты; прилить столько концентрированной серной кислоты, чтобы после размешивания получилась кашицеобразная масса; крышку закрыть и начать нагревание. Воду в холодильник лучше пустить непрерывной струей, но можно и подливать по мере надобности.

○ 5. Получение азотной кислоты путем окисления аммиака в присутствии катализатора. Для этого следует собрать прибор, как на рисунке 278, состоя-

щий из стеклянной трубки длиной 30—35 см и диаметром 1—1,5 см, укрепленной в зажиме штатива. В трубку вставляются две пробки, свернутые из медной сетки: одна (катализатор) посередине (*a*), другая (предохранитель) ближе к концу (*b*), который закрывается резиновой пробкой с тройником. Длина медных пробок около 5 см. На другой конец трубки надевается колба-приемник (на 500 мл) с небольшим количеством воды.

Вместо тройника можно вставить в пробку две трубки. Для опыта требуется кислород и аммиак.

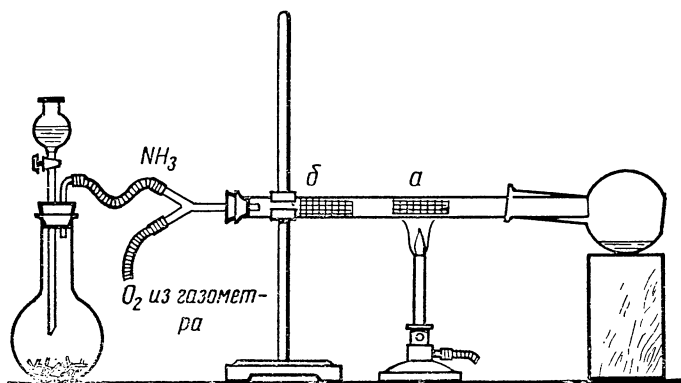


Рис. 278. Окисление аммиака.

Кислород можно брать из газометра или получать во время опыта, пользуясь марганцовокислым калием или смесью бертолетовой соли KClO_3 с двуокисью марганца MnO_2 и одним из описанных выше приборов.

Аммиак удобнее получать приливанием концентрированного нашатырного спирта NH_4OH к кускам едкого натра NaOH . Для этого куски едкого натра помещаются в колбу, закрытую пробкой, в которую вставлена воронка с краном и газотводная трубка. Концентрированный нашатырный спирт выпускается из воронки на куски едкого натра по каплям, что дает возможность регулировать ток выделяющегося аммиака.

Опыт. К трубке через тройник присоединить газометр с кислородом и прибор для получения аммиака. Пробку из медной сетки *a* сильно нагреть на горелке (можно и на спиртовке). После этого в трубку через тройник пустить ток кислорода и аммиака. Сразу же начинается реакция окисления аммиака, медная пробка сильно раскаляется. Нагревание следует прекратить, так как процесс продолжается за счет тепла, выделяющегося при реакции. Образующаяся двуокись азота, бурый газ, заполняет часть трубки после катализатора, поступает в колбу-приемник

и растворяется в воде с образованием азотной кислоты. Реакция идет быстро, и через 5—6 мин опыт можно прекратить. Азотную кислоту можно открыть раствором лакмуса.

Вторая пробка из медной сетки, вставляемая в трубку, играет роль предохранителя от возможных взрывов в газовой смеси. Без этой предосторожности трубка может лопнуть до окончания опыта.

За неимением медной сетки можно заменить ее скрученной в комки тонкой медной проволокой.

В качестве катализатора для окисления аммиака кислородом воздуха может быть использована окись хрома Cr_2O_3 , свежеполученная при реакции разложения двуххромовокислого аммония

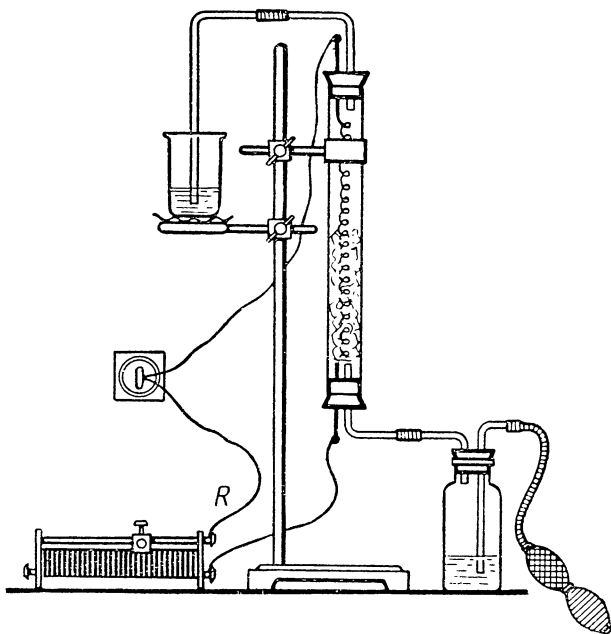


Рис. 279. Окисление аммиака в азотной кислоте (часть трубки показана незаполненной).

(см. т. I, стр. 418). Зеленый порошок окиси хрома перемешивается с асбестовой ватой. Этой смесью не очень плотно наполняется изображенная на рисунке 279 реакционная трубка. Во время опыта катализатор подогревается газовой или спиртовой горелкой. Аммиак получается обычным способом. Вместо кислорода можно вдвухивать воздух резиновой грушей.

Перед демонстрацией опыта окисления аммиака учащимся нужно показать этот опыт в более простом оформлении, но внеш-

не очень красивый: в большую банку или колбу объемом 3—5 л наливается 40—50 мл 25-процентного раствора аммиака. Сосуд с жидкостью взбалтывается, чтобы раствором аммиака были полностью смочены внутренние стенки. Этим достигается хорошее смешение аммиака с воздухом. Подготовленный таким образом сосуд закрывается пробкой и оставляется до урока.

○ **Опыт.** В три соединенные (связанные) вместе ложечки для сжигания веществ в кислороде поместить свежеполученную окись хрома (полные ложечки) и нагреть в пламени до начинающегося красного раскаливания катализатора. Открыть пробку колбы со смесью аммиака с воздухом и внести туда на ложечках нагретую окись хрома. Катализатор сразу же раскаливается докрасна (реакция сильно экзотермична), в колбе образуется дымок азотнокислого аммония. Встряхнуть ложечку так, чтобы окись хрома разлетелась по всей колбе. Получается сноп искр, которые в виде «огненной метели» летают в колбе во всех направлениях в течение 1—2 мин. Через некоторое время в колбе появляется густой белый дым азотнокислого аммония. Уравнения происходящих реакций предлагается учащимся записать самостоятельно.

○ Окисление аммиака кислородом воздуха до азотной кислоты удобно показать в вертикально поставленной стеклянной трубке с использованием для нагревания спирали от электроплитки (В. П. Гаркунов). Опыт приближается к производственным условиям. В качестве катализатора берут окись хрома, нанесенную на черепки неглазурованного фарфора или на куски битого кирпича. Для этого куски неглазурованного фарфора или битого кирпича вымачиваются в течение нескольких часов в насыщенном растворе двуххромовокислого аммония, затем высушиваются и прокаливаются до разложения $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

В вертикально поставленной стеклянной трубке диаметром 3 см и длиной до 40 см укрепляется на двух толстых медных проволоках спираль от электроплитки. Медные проволоки пропущены через резиновые пробки, закрывающие отверстия трубки и имеющие стеклянные трубочки для подвода (внизу) и отвода (вверху) газов (рис. 279). После укрепления спирали верхняя пробка вынимается, спираль слегка растягивается и трубка осторожно наполняется кусочками неглазурованного фарфора или кирпича с нанесенным на них катализатором. При этом нужно следить, чтобы спираль занимала все время центральное положение и не прикасалась к стенкам трубки. Спираль включается в осветительную сеть через реостат. Смесь аммиака с воздухом получается продуванием воздуха с помощью резиновой груши через промывную склянку с 10-процентным раствором аммиака, нагретым до 20°. Выходящие через газоотводную трубку газы

содержат двуокись азота и пары HNO_3 , которые улавливаются в стакане водой. Наличие в растворе азотной кислоты доказывается изменением окраски лакмуса или дифениламина ¹.

○ Простой прибор для окисления аммиака кислородом воздуха может быть изготовлен силами учащихся следующим образом: в U-образную трубку (рис. 280) помещается комок ваты, смоченной раствором аммиака. В левое отверстие U-образной трубки вставляется пробка с оттянутой на конце стеклянной трубочкой. Таких трубочек, вставленных в пробки, следует иметь

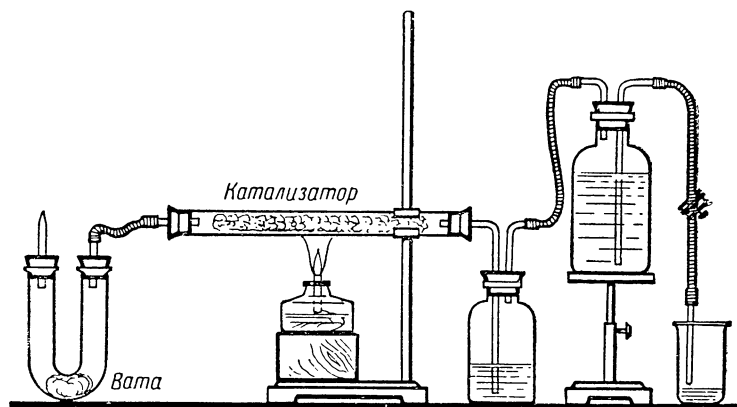


Рис. 280. Окисление аммиака в азотную кислоту.

несколько с разными диаметрами оттянутой части. Меняя пробки с трубками, можно регулировать скорость поступающего в U-образную трубку воздуха. Правое отверстие U-образной трубки закрыто пробкой с обычной газотводной трубкой, которая резиновой трубкой соединена с реакционной трубкой, содержащей катализатор (окись хрома, смешанная с асбестом). Другой конец реакционной трубки присоединяется к промывной склянке, наполненной водой, подкрашенной лакмусом. Для просасывания воздуха через систему промывная склянка соединяется с аспиратором (см. т. I, стр. 272, 358).

Опыт. Открыть зажим на резиновой трубке аспиратора и прососать через всю систему воздух. Нагреть реакционную трубку с катализатором и при просасывании газов через прибор следить за изменением окраски лакмуса в промывалке (А. Д. Смирнов).

¹ Дифениламин $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ растворяют в концентрированной серной кислоте и вносят несколько капель в испытуемый раствор. В присутствии HNO_3 и других окислителей появляется синее окрашивание.

Из действующих лабораторных установок для окисления аммиака представляет интерес установка, описанная М. М. Гостевым¹. Новым по сравнению с описанными выше являются здесь поглотительные колонки, напоминающие заводские. Устройство и принцип работы установки понятны из рисунка 281.

○ 7. Получение азотной кислоты «из воздуха». Для опыта нужна **материальная банка** (бесцветного стекла) или

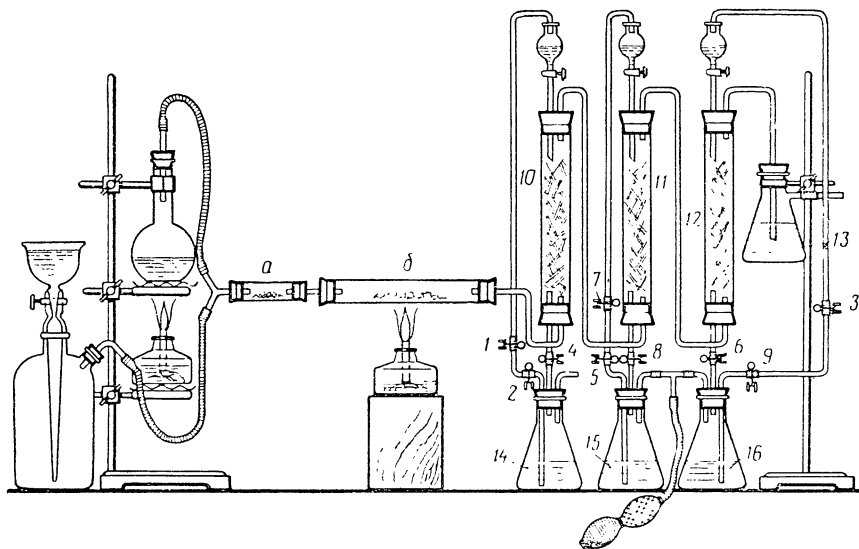


Рис. 281. Действующая лабораторная установка для получения азотной кислоты методом окисления аммиака:

a — трубка с натронной известью, *b* — контактный аппарат, 1—9 — зажимы, 10—12 — окислительно-поглотительные колонки, 13 — поглотитель окислов азота, 14—16 — сборники кислоты.

коническая широкогорлая колба на 250 мл. Банка или колба закрывается резиновой пробкой с двумя отверстиями: в одно отверстие вставляется длинный конец воронки (почти до дна), в другое — газоотводная стеклянная трубка, соединенная резиновой трубкой с водоструйным насосом. В раструб воронки опускаются два электрода в виде медных проволок, изогнутых, как на рисунке 282. Расстояние между концами электродов должно быть 1—1,5 см. Электроды проводами соединяются с верхними клеммами катушки Румкорфа, дающей искру около 10 см.

Опыт. В колбу или банку налить до половины воды, в которую прибавить 2—3 капли нормального раствора едкого нат-

¹ М. М. Гостев, Химический кружок в школе, изд. АПН РСФСР, 1956.

ра NaOH и 1—2 капли спиртового раствора **фенолфталеина**. Включить индуктор. Между медными электродами образуется искра, над которой возникает пламя горящего азота. Пустить в

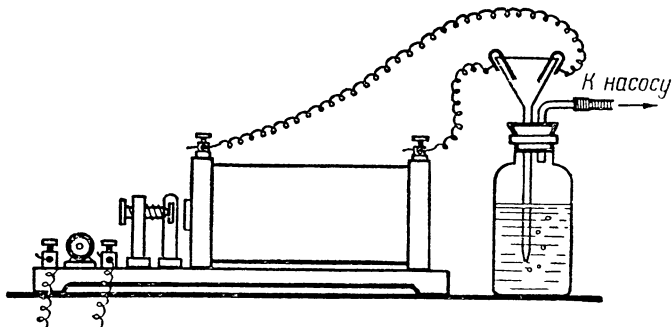


Рис. 282. Получение азотной кислоты из воздуха (1).

действие водоструйный насос и воздух с примесью образовавшихся окислов азота просасывать через раствор едкого натра.

Через 5—6 мин наблюдается обесцвечивание раствора, окрашенного фенолфталеином в малиново-красный цвет.

Воронку можно заменить тройником, а материальную банку или колбу — **широкой пробиркой**, как на рисунке 283, или **колбой Бунзена**. В последнем случае нужна пробка с одним отверстием (для воронки или тройника), так как колба может быть соединена с водоструйным насосом через боковой отросток.

7. Свойства азотной кислоты

Для некоторых из нижеописанных опытов требуется возможно более концентрированная **азотная кислота**. Поэтому лучше всего воспользоваться дымящей кислотой (fumans; уд. в. 1,5; 94%). Эта кислота окрашена окислами азота в желтый цвет. Чтобы показать, что концентрированная кислота может быть бесцветной, желательно иметь, кроме того, чистую кислоту (purissimum; уд. в. 1,48; 86%). Чтобы она не пожелтела, ее следует хранить в темноте. За неимением более концентрированной кислоты для некоторых опытов можно воспользоваться и обычной кислотой (уд. в. 1,4; 65%).

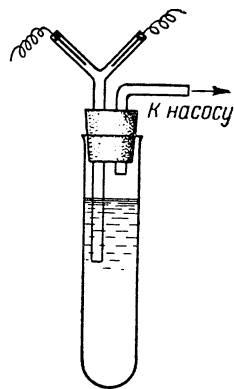


Рис. 283. Получение азотной кислоты из воздуха в лаборатории (2).

За неимением концентрированной азотной кислоты преподаватель легко может сам приготовить нужное для лекционных опытов количество кислоты действием серной кислоты на селитру, как описано выше. С полученной кислотой все опыты удаются даже лучше, чем с продажной.

Для лабораторных опытов учащиеся пользуются азотной кислотой, приготовленной ими (стр. 375). Обычно этой кислоты хватает на все важнейшие опыты. Опыты можно проделать в следующем порядке (подробности см. ниже): капнуть кислотой (при помощи палочки) на лакмусовую бумажку, на коленкор, на пластинку меди, на оловянную фольгу, сжечь в кислоте небольшой кусочек угля, бросить в ту же кислоту кусочек медной проволоки и, вставив пробку с трубкой, собрать окись азота NO .

а) РАЗЛОЖЕНИЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НАГРЕВАНИЕМ

○ Для опыта нужна **кварцевая трубка** длиной около 25 см, диаметром 5 мм, с толщиной стенок 0,5 мм.

Трубку вставить в корковую пробку, которой закрыть небольшую пробирку (например, $12,5 \times 1,5$). Короткой резиновой трубкой присоединить стеклянную изогнутую трубку (рис. 283), конец которой погрузить в ванну с водой. Для собирания кислорода можно воспользоваться пробиркой или небольшим цилиндром 12—15 см высотой.

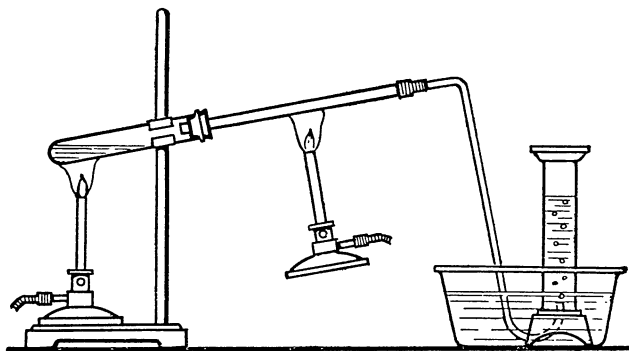


Рис. 284. Разложение азотной кислоты нагреванием.

В пробирку налить немного **концентрированной азотной кислоты** (уд. в. 1,5—1,4). Опыт лучше производить под тягой, но большой необходимости в этом нет.

Опыт. Подставить под кварцевую трубку хорошую горелку (предварительного прогревания трубки не требуется). Когда трубка накалится, начать кипятить кислоту, стараясь не нагревать пробирку выше уровня кислоты, чтобы стекло не лопнуло.

Когда можно будет думать, что весь воздух из прибора вытеснен, начать собирать кислород. Образующаяся двуокись азота NO_2 попадает в цилиндр вместе с кислородом и постепенно растворяется в воде.

Когда соберется достаточное количество кислорода (можно не собирать полный цилиндр), прекратить нагревание и вынуть конец газоотводной трубки из ванны. Закрыв цилиндр под водой **стеклом**, вынуть из ванны и испытать собранный кислород тлеющей **лучинкой**. Кислород, собирающийся в цилиндре, бывает обыкновенно очень мутный от тумана, образующегося при конденсации попадающих в цилиндр паров. Туман этот быстро оседает при стоянии цилиндра. Пробка и каучук настолько сильно разъедаются азотной кислотой, что второй раз уже служить не могут. Резиновая пробка почти так же сильно страдает, как и корковая, поэтому выгоднее пользоваться последней.

б) ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ЛАКМУСА, ИНДИГО, БУМАЖНОЙ ТКАНИ

● ● **Опыты**. 1. Налить в **бокалы** или пробирки немного не очень крепкого раствора **индиго** (см. т. I, стр. 389) и **лакмуса** (синего, см. т. I, стр. 387) и прилить концентрированной **азотной кислоты** (уд. в. 1,5—1,4). Растворы обесцвечиваются, вернее, делаются не бесцветными, а светло-желтыми.

● ● 2. Полоску **синей бумажной ткани** (той же, что употребляется для опыта с хлором, см. стр. 227) поместить в **стакан** или чашку и частично облить концентрированной **азотной кислотой**. После обесцвечивания сполоснуть водой и показать учащимся. При лабораторном опыте достаточно поместить на материю одну каплю концентрированной азотной кислоты **стеклянной палочкой** или **лучинкой**.

в) ГОРЕНИЕ В АЗОТНОЙ КИСЛОТЕ УГЛЯ

○ 1. Для опыта нужно приготовить несколько длинных **кусочков древесного угля** немного толще карандаша. Удобнее всего воспользоваться угольками для рисования (нужен непрессованный древесный уголь).

Опыт. Опыт производится *под тягой*. В небольшой **стаканчик** (на 50—100 *мл*) налить до половины **концентрированной азотной кислоты** (уд. в. 1,5—1,48) и, поместив стаканчик на **сетке** на кольцо штатива, нагреть кислоту до кипения.

Под стаканчик, на случай если бы он лопнул, поставить **чашку** с водой или песком (рис. 285).

Когда азотная кислота закипит, отставить горелку и слегка погрузить в кислоту при помощи **щипцов** предварительно нагретый (тлеющий) конец угля. Уголь в месте соприкосновения с азотной кислотой раскаливается еще сильнее — образуются

бурые пары окислов азота (рис. 285). Если через некоторое время погрузить уголь глубже в кислоту, он будет продолжать гореть в жидкости.

Стараться не прикасаться накалившимся углем к стенкам стакана, так как стекло от этого может лопнуть.

Конец угля лучше заточить в острие, чтобы его легче было накалить.

На случай, если бы уголек треснул и разломился, иметь поблизости запасные угольки. Если не имеется достаточно длинного уголька, можно более короткий привязать тонкой проволочкой к концу толстой железной проволоки.

В меньшем масштабе можно показать опыт и без тяги. Тогда вместо стаканчика лучше взять большую пробирку. Под пробирку поставить чашку с песком на случай, если пробирка лопнет.

● 2. При лабораторном опыте достаточно очень небольшое количество азотной кислоты (1—2 мл), полученной учащимися (стр. 375).

Опыт. Нагреть азотную кислоту в пробирке. Накалить, держа щипцами, маленький кусочек угля (с горошину) и бросить в пробирку с кислотой. После того как уголек сгорит, остаток кислоты еще годится для следующих опытов.

Можно вместо уголька воспользоваться лучинкой. Лучинка зажигается, и, когда на конце образуется уголь, лучинка гасится и тлеющий конец опускается в пробирку с азотной кислотой.

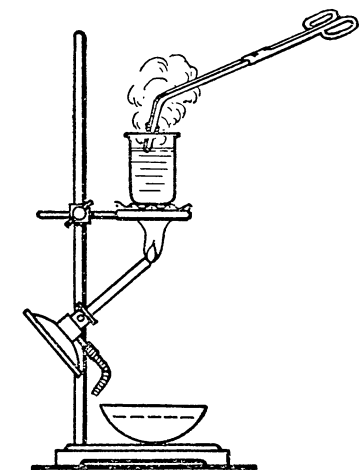


Рис. 285. Горение угля в азотной кислоте.

г) ВСПЫШКА СКИПИДАРА

○ Скипидар вносится по каплям в концентрированную азотную кислоту или лучше в смесь азотной и серной кислот (серная кислота служит для отнятия воды от азотной кислоты). Для внесения скипидара можно воспользоваться пипеткой, но так как пипетку потом трудно отмыть, лучше вместо пипетки приготовить трубку диаметром 6—7 мм, длиной около 20 см.

Опыт следует производить *под тягой*.

Опыт. Налить в небольшую фарфоровую чашку (диаметром 5—6 см) приблизительно равные объемы концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84) и концентрированной азотной кислоты (уд. в. 1,5—1,48). Чашку поставить в большой стакан (или бан-

ку для варенья) на 3—4 л (рис. 286) с небольшим слоем песка, чтобы чашечка лучше стояла.

Опустить приготовленную трубочку в склянку со свежим скипидаром (*oleum terebinthinae*), закрыть верхнее отверстие трубочки пальцем, вынуть ее из склянки и, поднеся к стакану, выпускать из нее, как из пипетки, по каплям скипидар, чтобы он попадал в чашечку. Каждая капля загорается громадным пламенем с легким взрывом.

Скипидар должен быть свежий.

Стакан (или банка), в который ставится чашка, имеет назначение предохранить экспериментатора и стол от брызг кислоты.

Если скипидар свежий, неосмоленный (можно воспользоваться, например, скипидаром, продающимся в художественных магазинах для разбавления красок, или пиненом), то опыт хорошо удается и с 65-процентным раствором азотной кислоты. Ее смешивают в чашке с равным объемом концентрированной серной кислоты и перед опытом смесь нагревают до кипения.

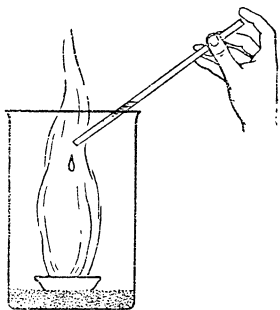


Рис. 286. Воспламенение скипидара в азотной кислоте.

д) ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ВОЛОСА

○ Опыт воспламенения волоса лучше всего производить в широкой пробирке диаметром $2\frac{1}{2}$ см и длиной 15—17 см. Пробирка укрепляется вертикально в зажиме штатива. Опыт следует производить *под тягой*.

Опыт. Налить в пробирку до $\frac{1}{3}$ самой концентрированной (дымящей, уд. в. 1,5) азотной кислоты и нагреть ее до кипения. Не прекращая нагревания, опустить в пробирку плотный комок конского волоса (например, служащего для набивания мебели и т. п.) на длинной проволоке, изогнутой таким образом, чтобы не приходилось держать руку над пробиркой. Оставить комок волоса в таком положении, чтобы только нижняя его часть слегка касалась поверхности кислоты. Волос скоро загорается и сгорает с ярким светом.

Опыт хорошо удается только с дымящей азотной кислотой.

Под пробиркой полезно поместить на всякий случай чашку с песком.

е) ДЕЙСТВИЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА МЕДЬ И ОЛОВО

●● 1. В один бокал или пробирку поместить немного медных стружек (*cuprum metallicum gaspatum*) или мелких кусочков

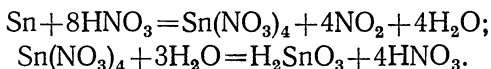
листовой меди, медной проволоки и т. п., в другой бокал или пробирку — свернутый в комок кусок оловянной фольги (*stannum foliatum* или *stanniolum*).

Азотная кислота для опыта не должна быть концентрированная, лучше всего кислоту (уд. в. 1,4) разбавить равным объемом воды или (уд. в. 1,5) двумя объемами воды.

Опыт производить *под тягой*.

Опыт. Прилить в каждый сосуд разбавленной азотной кислоты. Реакция идет сначала слабо, но постепенно усиливается, и под конец начинается бурное выделение окислов азота. Пена иногда поднимается до краев бокалов (почему следует брать бокалы больших размеров).

Когда выделение окислов азота прекратится, прибавить в бокал, где была медь, воды, чтобы показать синий цвет образовавшейся азотнокислой меди $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Олово дает при реакции оловянную кислоту H_2SnO_3 :



Вместо того чтобы готовить разбавленную азотную кислоту, можно предварительно облить металлы водой и затем приливать понемногу более концентрированную азотную кислоту, пока не начнется реакция.

За неимением тяги можно взять очень небольшие количества металлов, которые поместить в возможно большие стаканы или колбы, закрыть их сверху кусками картона и т. п. и, после того как покажутся бурные пары окислов азота, вынести сосуды из класса.

●● 2. Следующий опыт полезно показать для того, чтобы познакомить учащихся с применением азотной кислоты для травления металлов (углубленные рисунки на меди, доски для «офорта», цинковые клише¹ и т. п.).

Опыт. Медную пластинку или монету покрыть слоем воска

¹ Название «офорт» происходит от французского технического названия азотной кислоты, «eau forte» — «крепкая водка». Медную пластинку покрывают лаком, на который азотная кислота не действует. На лаке иголкой выцарапывают рисунок. По краю пластинки делается бортик из воска и на доску наливается азотная кислота, которая растворяет медь, и в тех местах, где были сделаны штрихи, получаются углубления. Кислоту смывают, промывают доску водой и смывают спиртом лак. Для печатания в углубления затирают тампоном краску, стирая ее тщательно с поверхности доски. Затем кладут на доску бумагу и помещают доску с бумагой под пресс. Под давлением краска переходит из углублений доски на бумагу.

При изготовлении клише для печатания типографским способом, наоборот, рисунок на металле делается выпуклым, а промежутки между штрихами — углубленными. Рисунок наносится на металл при помощи кислотоупорных материалов фотографическим способом, а затем не покрытая штрихами поверхность металла «травится» кислотой.

(по нагретому металлу потереть куском воска). На воске **иглой** или пером выцарапать какой-нибудь рисунок или надпись, затем сделать из воска бортик, налить **азотной кислоты**, немного разбавленной водой. Через несколько минут кислоту слить, пластинку промыть водой, высушить полотенцем, нагреть над пламенем и воск стереть тряпкой. На металле остается углубленный рисунок.

При лабораторном опыте по нацарапанным штрихам достаточно провести смоченной азотной кислотой стеклянной палочкой или лучинкой.

ж) ДЕЙСТВИЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА ЖЕЛЕЗО И ПАССИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗА

● Приготовить **четыре бокала** или пробирки и **две** вычищенные наждачной бумагой **железные пластинки** (или два гвоздя и т. п.).

Опыт лучше производить *под тягой*.

Опыт. В один из бокалов налить почти доверху **концентрированной азотной кислоты** (дымящей, уд. в. 1,5), в два других налить до половины высоты **разбавленной азотной кислоты** (разбавление указано в предыдущем опыте). В разбавленной азотной кислоте пластинка сейчас же темнеет, начинается выделение газов, которое через некоторое время делается весьма бурным. В концентрированной азотной кислоте железо сохраняет свой блеск, и никакой реакции незаметно. Перенести железо из концентрированной азотной кислоты в разбавленную. Сделавшись пассивным, железо уже не растворяется и в разбавленной азотной кислоте.

Точно так же не происходит реакция и при перенесении пластинки в разбавленную **серную кислоту**. Всполоснув пластинку водой и высушив полотенцем, слегка потереть железо куском **наждачной бумаги** и снова погрузить в разбавленную азотную кислоту. Пластинка сейчас же темнеет, и начинается выделение окислов азота.

При перенесении пластинки из концентрированной азотной кислоты в разбавленную не следует тереть и ударять пластинку о стекло, так как при этом пассивный слой может нарушиться.

Если не имеется дымящей азотной кислоты, то можно воспользоваться и более разбавленной (уд. в. 1,48—1,4), но с такой кислотой опыт удается хуже; после перенесения в разбавленную кислоту железо иногда через некоторое время начинает растворяться. Во всяком случае для получения пассивного железа концентрированная азотная кислота должна содержать окислы азота, т. е. должна быть окрашена в желтый цвет. Если имеется чистая бесцветная кислота, то к ней до урока следует прибавить для восстановления несколько капель спирта. Через некоторое время кислота желтеет.

з) ОБНАРУЖЕНИЕ МЕДИ И СЕРЕБРА В СПЛАВЕ СЕРЕБРА С МЕДЬЮ

● **Опыт.** Кусочек «дельного» серебра около 0,5 г вычистить наждачной бумагой, вытереть фильтровальной бумагой и, поместив в фарфоровую чашку, облить азотной кислотой (уд. в. 1,2; под тягой). Наблюдать реакцию. Для ускорения реакции можно слегка подогреть чашку.

Когда реакция окончится, слить полученный раствор в стакан, прилить к раствору разбавленной соляной кислоты HCl , взболтать палочкой и дать осадку хлористого серебра AgCl отстояться. Испытать соляной кислотой, осаждено ли все серебро.

Раствор профильтровать (воронка, фильтр, стакан) и прилить к прозрачной жидкости избыток раствора едкого натра NaOH или едкого кали KOH до появления осадка, который при взбалтывании не исчезает.

Фильтр с осадком развернуть и, поместив в чашку, оставить на свету до следующего раза.

В следующий раз посмотреть, что сделалось с осадком (осадок темнеет вследствие разложения хлористого серебра AgCl на свету).

Написать равенства двух реакций:

- 1) взаимодействия соляной кислоты с раствором азотнокислого серебра AgNO_3 и
- 2) взаимодействия щелочи с раствором азотнокислой меди $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

8. Соли азотной кислоты

а) ГОРЕНИЕ УГЛЯ И СЕРЫ НА РАСПЛАВЛЕННОЙ СЕЛИТРЕ

●● **Опыт.** В пробирку насыпать слой высотой около 1 см селитры KNO_3 (*kalium nitricum*) и, укрепив пробирку вертикально в зажиме штатива, нагреть селитру до плавления. Когда селитра расплавится и начнется выделение пузырьков газа, бросить в пробирку предварительно накаленный (щипцы), слегка тлеющий кусочек угля. Уголек накаливается и, подбрасываемый выделяющимся при горении углекислым газом, прыгает внутри пробирки, иногда выскакивая даже наружу.

Как только уголь догорит или выскочит, в ту же пробирку бросить маленький кусочек (с головку спички) черенковой серы (*sulfur depuratum in bacillis*). Сера загорается и сгорает с очень ярким светом.

Не следует брать кусочек серы больше указанного, так как благодаря сильному накаливанию пробирка может расплавиться.

б) ВСПЫШКА ЧЕРНОГО ПОРОХА

●● 1. Отвесить 8 г тщательно растертой в фарфоровой ступке в мелкий порошок сухой селитры KNO_3 (см. выше), 1 г мел-

кого порошка **серы** (*sulfur sublimatum lotum*; если она слежалась комками, то также растереть в ступке, отдельно от селитры) и 1 г мелко истертого сухого порошка **угля** (*carbo ligni pulvis subtilis*). Выставить все три вещества в отдельных стаканчиках.

Опыт. Тщательно смешать все три вещества в **ступке** или на бумаге **роговой ложкой** или деревянной лопаточкой (*но не пестиком!*). Высыпать смесь на **металлическую пластинку**, сковородку, на кусок асбестового картона, на кирпич и т. п. и поджечь издали горящей или тлеющей длинной **лучинкой**. Смесь вспыхивает и сгорает почти моментально с выделением облака дыма. Сгорание происходит без звука (как и при вспышке настоящего пороха в таких условиях) и вполне безопасно. Опыт лучше производить под тягой. Если тяги нет, взять только часть указанного количества.

○ 2. Полезно показать учащимся, что вспышка черного пороха происходит не за счет кислорода воздуха. Для этого можно произвести вспышку пороха в атмосфере углекислого газа.

Опыт. В банку или большой стакан поместить на кусочке **жести**, выгнутом в виде скамеечки, кучку **пороха** (можно настоящего, охотничьего). Наполнить банку **углекислым газом** (см. стр. 440) из прибора Киппа или из другого прибора (рис. 287). Убедившись при помощи **лучинки**, что банка наполнилась углекислым газом, накаливать конец стеклянной палочки или проволоки и коснуться пороха. Он вспыхнет, как на воздухе.

○ 3. При помощи прибора, изображенного на рисунке 288, можно показать, что при вспышке пороха образуется большое количество газов.

Вспышка пороха производится под колоколом над водой, которая насыщается в колокол из находящейся под ним чашки.

После вспышки уровень воды в колоколе значительно понижается.

Прибор, как видно из рисунка, состоит из **колокола** с горлом (склянка с отрезанным дном, см. т. I, стр. 189—194). Чем выше и чем уже колокол, тем больше будет разница в высоте столба воды до и после вспышки. В **пробку**, подобранную к колоколу (лучше резиновую; пробка должна хорошо держать), вставляется изогнутая, как на рисунке, **газоотводная трубка**, на которую надета **резиновая трубка с зажимом**, **ложечка** для сжигания веществ в кислороде и **толстая проволока**. Внутренний конец по-

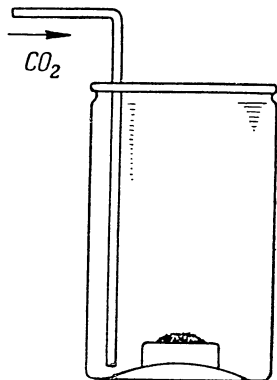


Рис. 287. Вспышка пороха в углекислом газе.

следней примерно на 1 см не доходит до ложечки. На этот конец навивается **тонкая проволочка** (железная или медная), конец которой должен касаться внутренней поверхности ложечки.

Наружные концы ложечки и толстой проволоки присоединяются к **шнуру** со штепсельной вилкой для электрического освещения.

Чашечка ложечки устанавливается, как на рисунке; между ней и верхом колокола должно оставаться расстояние не менее 5 см, чтобы не лопнуло стекло от пламени пороха.

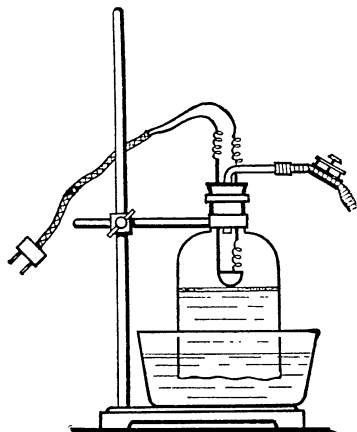


Рис. 288. Изменение объема газов, образующихся при вспышке пороха.

Колокол устанавливается в штатив над **стеклянной чашкой** с водой (воду лучше подкрасить) так, чтобы между нижним краем колокола и дном чашки было расстояние не менее 2 см. Это необходимо для того, чтобы во время вспышки вода могла легко выходить из колокола.

Опыт. Насыпать на ложечку кучку пороха (охотничьего или смеси, приготовленной, как указано на стр. 391). Количество пороха зависит от размеров колокола. При большом колоколе можно наполнить ложечку доверху.

Плотно вставить пробку в горло колокола.

Всасывая воздух ртом через газотводную трубочку, поднять воду в колокол до самой ложечки и закрыть зажим на резиновой трубке. Уровень воды следует отметить заранее: поставить краской черту или наклеить бумажку (рис. 288).

Вставить вилку в штепсель. Происходит беззвучная вспышка, и уровень воды в колоколе резко понижается. После остывания газов вода в колоколе несколько поднимается вверх.

При соблюдении всех указанных выше условий опыт не представляет опасности, но все же лучше, если штепсель не у самого прибора, и экспериментатору в момент вспышки приходится отходить от прибора.

Ясно, что прибор должен быть на достаточном расстоянии и от учащихся.

9. Получение окиси азота

○ 1. В колбу на 500—700 мл поместить немного (20—30 г) **медных стружек** (*cuprum metallicum tornatum*) или мелких обрез-

ков медной проволоки, листовой меди, в крайнем случае латуни. В пробку колбы вставить доходящую до дна длинную воронку или воронку с краном (см. т. I, стр. 250) и газоотводную трубку, как на рисунке 289.

Опыты следует производить *под тягой*, так как окись и двуокись азота — *ядовитые газы* и вдыхание их в более или менее значительных количествах вредно.

Опыт. Погрузить газоотводную трубку колбы в **пневматическую ванну** (или чашку) с водой, прилить в колбу **немного азотной кислоты**, разбавленной, как указано на странице 388. Через некоторое время начинается выделение газа. Когда выходящий через воду газ будет окрашиваться в бурожелтый цвет, можно думать, что весь воздух вытеснен, и начать собирание газа. Собрать газ в **три или четыре цилиндра 25—30 см** высотой, приливая в колбу, если нужно **немного азотной кислоты**. После наполнения цилиндров вынуть конец газоотводной трубки из воды. Один из цилиндров вынуть из ванны, закрыв под водой **стеклянной пластинкой**, и, держа против света отверстием кверху, снять пластинку. В цилиндре появляется бурое облако двуокиси азота NO_2 , постепенно заполняющее весь цилиндр.

Во второй цилиндр, не вынимая его из ванны, впускать **немного кислорода из газометра** через присоединенную к нему на резиновой трубке **изогнутую стеклянную газоотводную трубку**.

Образующаяся двуокись азота NO_2 реагирует с водой (образуются азотная HNO_3 и азотистая HNO_2 кислоты), и уровень воды в цилиндре постепенно поднимается. Если впускать кислород очень осторожно, небольшими порциями, все время покачивая цилиндр, чтобы вода омывала его внутреннюю поверхность, можно достигнуть того, что цилиндр почти доверху наполнится водой. Кислород и окись азота NO при этом, конечно, должны быть чисты, т. е. не содержать воздуха.

В третий цилиндр опустить тлеющий **кусочек угля**, укрепленного на **проволоке**. Уголь горит в окиси азота.

В четвертый цилиндр можно опустить зажженную на ложечке **серу** или горящую свечу. Сера и свеча в окиси азота гаснут.

Вместо того чтобы заготавливать для опыта разбавленную азотную кислоту, можно налить сначала в колбу с медью **немно-**

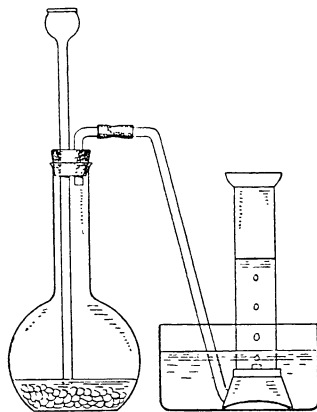


Рис. 289. Получение окиси азота (1).

го воды (чтобы она покрыла медь) и затем приливать понемногу более концентрированную азотную кислоту.

● 2. Для лабораторного опыта можно воспользоваться более простым прибором (рис. 290).

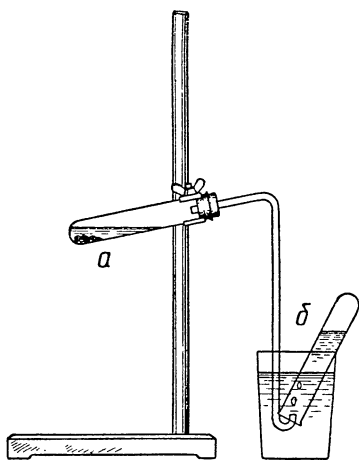


Рис. 290. Получение окиси азота (2).

Опыт. Поместить в пробирку *a* немного **медных стружек** (рис. 290) или комочек медной проволоки. Прилить **азотной кислоты** (уд. в. 1,2; 32%), сколько показано на рисунке, закрыть пробирку пробкой с газотводной трубкой.

Если реакция не начнется сразу, надо очень слабо подогреть пробирку *a* и, когда можно будет думать, что весь воздух вытеснен выделяющимся газом, собрать газ в пробирку *б*, наполненную водой.

Когда пробирка наполнится газом, прекратить нагревание, сейчас же поднять штатив с пробиркой *a* и отставить стакан в сторону, чтобы жидкость не втянуло в пробирку.

Вынуть из стакана пробирку с газом, закрыв ее под водой пальцем и, открыв, став перед светом. Что

наблюдается?

10. Получение и свойства двуокиси азота

●● Двуокись азота обыкновенно получают разложением **азотнокислого свинца** $Pb(NO_3)_2$ (plumbum nitricum crust.). Соль следует предварительно обезвожить. Для этого 40—50 г соли растереть в **фарфоровой ступке** в возможно более мелкий порошок, а затем нагревать в **фарфоровой чашке**. Чашку поместить на кольцо штатива на такой высоте, чтобы конец пламени горелки едва касался дна чашки. Во время нагревания соль нужно все время тщательно перемешивать **стеклянной палочкой**. Нагревать до тех пор, пока почти не прекратится характерное потрескивание. Под конец можно нагревать сильнее, до начала выделения бурых паров двуокиси азота. Нагревать приходится около полчаса и более.

Обезвоженную соль пересыпать в **банку**, хорошо закупорить и сохранить для получения двуокиси азота.

Простейший прибор для разложения азотнокислого свинца и собиранья выделяющихся двуокиси азота и кислорода изображен

на рисунке 291. Соль помещается в **пробирку А** (15×2 см или, если такой нет, то других размеров), лучше тугоплавкую. Пробирка соединена трубкой *a* с обыкновенной пробиркой **Б**, погруженной в **батарейный стакан** (см. т. I, стр. 167) со смесью снега или толченого льда с поваренной солью (см. стр. 306). Трубка *a* погружена в пробирку **Б** не более как на $\frac{2}{3}$ высоты пробирки. Трубка *б* соединена короткой резиновой трубкой с трубкой *в*, погруженной в **чашку** с водой. Над концом трубки *в* помещен

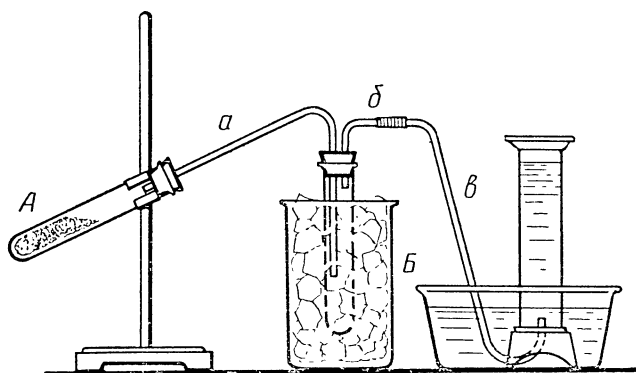


Рис. 291. Получение двуокиси азота (1).

на мостике (см. т. I, стр. 273) небольшой **цилиндр** для собирания газов¹.

Пробки лучше взять корковые, так как резиновые почти так же сильно разъедаются выделяющимися газами, как и корковые.

Азотнокислый свинец должен занимать не более $\frac{1}{3}$ пробирки **А**.

Вдыхание более или менее значительных количеств двуокиси азота вредно, а потому опыт лучше производить только *под тягой*.

Опыт. Отделив пробирку **Б** от прибора и оставив стакан с **охлаждающей смесью** в сторону, начать **осторожно** нагревать пробирку **А**. Усиливать нагревание до тех пор, пока не начнется выделение бурых паров (нагревание требуется довольно сильное, и обыкновенная спиртовая лампочка для опыта малопригодна).

¹ Если опыт производится не на уроке, то собирать кислород, конечно, нет надобности и правой части прибора не требуется.

Через 2—3 мин (после того как остающаяся в азотносвинцовой соли вода удалится вместе с газами), не прекращая нагревания, надеть на пробку пробирку *Б*, приподнять стакан с охлаждающей смесью настолько, чтобы почти вся пробирка *Б* в него погрузилась, и подставить под стакан подставку.

Продолжать нагревать, пока весь азотнокислый свинец не разложится. В пробирке *Б* собирается несколько миллилитров жидкой двуокиси азота, в цилиндре — кислород.

Несмотря на все предосторожности, вместе с двуокисью азота в пробирку попадает обыкновенно ничтожное количество воды и вследствие образования синего азотистого ангидрида N_2O_3 жидкая двуокись азота получается не желтого, а зеленого цвета.

Для того чтобы получить чистую жидкую двуокись азота, пробирку *Б* следует перенести в стакан со снегом и в течение некоторого времени пропускать через жидкость слабый ток сухого кислорода (осушенного, например, хлористым кальцием $CaCl_2$, см. т. I, стр. 270). Для этого погрузить до дна пробирки с жидкой двуокисью азота стеклянную трубочку, соединенную через осушительный прибор с газометром, наполненным кислородом, и урегулировать

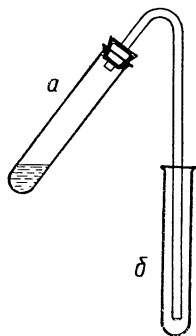


Рис. 292. Получение двуокиси азота (2).

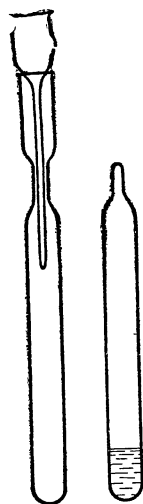


Рис. 293. Запайвание двуокиси азота в трубку.

ток кислорода так, чтобы можно было легко считать проходящие через жидкость пузырьки. Пропускать кислород до тех пор, пока зеленый цвет жидкости не перейдет в желтый. После этого снова перенести пробирку в охлаждающую смесь. Если смесь хорошо приготовлена, то через некоторое время в пробирке появляются кристаллы состава N_2O_4 .

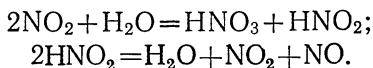
С полученным N_2O_4 можно проделать следующие опыты.

1. Закрывать пробирку *а* с N_2O_4 пробкой, в которую вставлена газоотводная трубка, изогнутая, как на рисунке 292. Погрузить эту трубку в сухую пробирку *б* и слегка нагреть пробирку *а*, погрузив ее в теплую воду или держа высоко над пламенем горелки. Когда пробирка *б* наполнится бурыми парами двуокиси азота NO_2 , закрыть ее пробкой. Наполнить таким образом двуокисью азота три одинаковые пробирки, пробирку же с N_2O_4 снова поместить в охлаждающую смесь. Затем одну из пробирок с бурыми парами также поместить в охлаждающую смесь, другую

же осторожно нагреть над пламенем горелки. Третья пробирка служит для сравнения. В нагретой пробирке газ делается темно-бурым, в охлажденной — почти бесцветным.

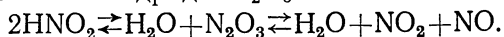
Вместо демонстрации свойств двуокиси азота NO_2 в пробирке лучше заранее приготовить три запаянные трубки с небольшими количествами жидкой двуокиси азота. Трубки должны быть не тонкостенные. У трубок сначала делаются перетяжки (рис. 293). Затем через сделанную из оттянутой пробирки вороночку в помещенные в охлаждающую смесь трубки наливается немного жидкой двуокиси азота и трубки на перетяжках запаиваются. Стекло в запаиваемом месте не должно утончаться. Его следует хорошо размягчить, чтобы оно само начало стягиваться. Трубку предварительно нужно хорошо охладить в смеси снега с поваренной солью.

2. К трубке, вставленной в пробирку с N_2O_4 (рис. 292), присоединить газоотводную трубку, загнутую на конце. Подвести этот конец под небольшой цилиндр для собирания газов, находящийся в чашке с теплой водой, и пропускать в цилиндр газ из пробирки вышеуказанным способом. Между двуокисью азота NO_2 и водой происходит реакция с образованием азотной кислоты HNO_3 и окиси азота NO :



В цилиндре собирается бесцветная окись азота NO . Если цилиндр вынуть из воды и открыть, образуется бурое облако NO_2 .

3. В пробирку с оставшейся жидкой двуокисью азота бросить немного снега, кусочек льда или прилить немного ледяной воды. Желтая жидкость делается интенсивно синей вследствие образования азотистого ангидрида N_2O_3 :



11. Получение закиси азота

○ В реторту с тубулусом из обыкновенного стекла на 50—100 мл насыпать до половины азотнокислого аммония NH_4NO_3 (ammonium nitricum purissimum). К реторте присоединить небольшую баночку, как на рисунке 294, для собирания образующейся при реакции воды. Трубка, соединяющая баночку с ретортой, доходит до середины банки. Конец отводящей трубки погружен в ванну или чашку с водой. Реторту укрепить в зажиме штатива. Сетку под реторту не подкладывать.

Опыт. Осторожно нагревать реторту с азотнокислым аммонием, держа горелку в руке. Соль сначала плавится, а затем начинает разлагаться. Поддерживать такую температуру, чтобы выделение газа было равномерное и не очень сильное. Когда

можно будет думать, что весь воздух из прибора вытеснен, поместить над отверстием газоотводной трубки цилиндр для собирания газов.

Все время внимательно следить за выделением газа и, как только разложение начнет идти быстрее, отнять горелку. Ни в коем случае не подставлять горелку под реторту, так как при слишком сильном нагревании реакция может пойти очень бурно.

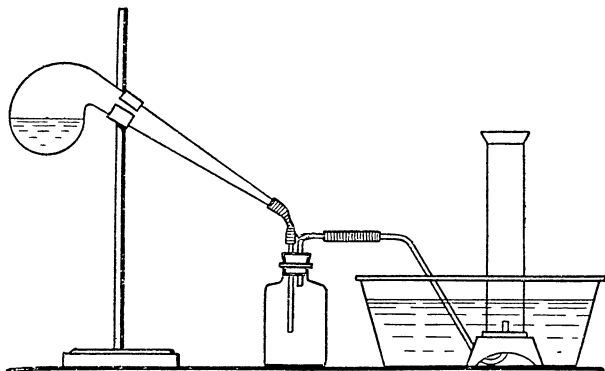


Рис. 294. Получение закиси азота.

При неосторожном нагревании может даже *произойти взрыв* (реакция эндотермическая!). На случай, если бы разложение почему-либо пошло слишком быстро, следует иметь около прибора **чашку с водой**, в которую и погрузить реторту для охлаждения (подвести чашку под реторту). При соблюдении указанных предосторожностей опыт совершенно безопасен.

Собрав газ в **два цилиндра** высотой 15—20 см, вынуть из ванны газоотводную трубку и прекратить нагревание.

Закрыв цилиндры **стеклышками**, вынуть их из ванны и поставить на стол. Открыв один из цилиндров, погрузить в него тлеющую **лучинку**. Она загорается, как в кислороде. Чтобы показать затем, каким образом можно отличить закись азота N_2O от кислорода, поставить цилиндр с закисью азота отверстием вниз (не открывая его) на закрытый стеклышком (смазанным вазелиновой мазью) заранее приготовленный второй такой же **цилиндр с окисью азота** (см. выше). Если вынуть стеклышки, закрывающие цилиндры, и перемешать газы, то никакого изменения незаметно. Если вместо закиси азота N_2O взять **кислород**, появляется бурое окрашивание от образования двуокиси азота NO_2 (см. выше).

Азотнокислый аммоний гигроскопичен. Поэтому если имеющаяся соль сильно влажная, то ее, прежде чем помещать в реторту, предварительно нагреть в фарфоровой чашке до плавления.

ния, а затем, дав остынуть, разломать на куски, которые уже и поместить в реторту.

Реторту для опыта можно взять и без тубулуса. Ее только труднее будет наполнять. Вместо реторты можно воспользоваться и колбой.

12. Получение азотистого ангидрида

Азотистый ангидрид N_2O_3 — сине-зеленая жидкость с температурой кипения $3,5^\circ$. При обычной температуре легко разлагается с образованием NO и NO_2 , смесь которых при охлаждении вновь образует N_2O_3 . Азотистый ангидрид, как и N_2O_4 , можно хранить при обычной температуре только в запаянной трубке (пробирке).

Обычно рекомендуемые способы получения N_2O_3 при взаимодействии азотной кислоты с трехокисью мышьяка неприемлемы в школьных условиях вследствие малой доступности и ядовитости мышьяковистого ангидрида. Вполне хороший препарат для демонстрационных целей можно получить действием 55,5-процентного раствора азотной кислоты на крахмал при осторожном нагревании до 80° на водяной бане.

В колбу Вюрца помещают 10 г крахмала, ставят колбу в нагретую до указанной температуры водяную баню и из капельной воронки небольшими порциями приливают 55,5-процентный раствор азотной кислоты. Смесь NO и NO_2 пропускают через пустую промывную склянку, через осушительную трубку с хлористым

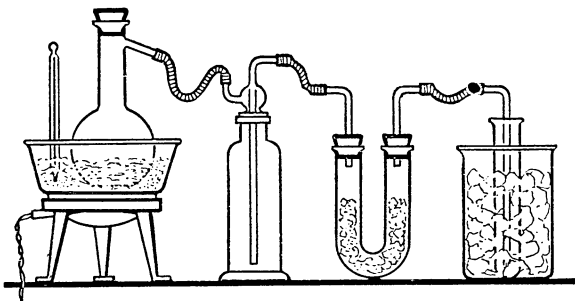


Рис. 295. Получение азотного ангидрида.

кальцием и направляют в пробирку, погруженную в охлаждающую смесь (рис. 295). Полученная сине-зеленоватая жидкость переливается в оттянутую пробирку (см. стр. 396) и запаяется.

При проведении работы нужно тщательно следить за температурой водяной бани в пределах $80-82^\circ$, так как при понижен-

ной температуре реакция идет слишком медленно, а при более высокой может улетучиваться значительное количество азотной кислоты, загрязняющей конечные продукты. На качество готового препарата в большой степени влияет также концентрация азотной кислоты. Указанная оптимальная концентрация обеспечивает в этих условиях получение NO и NO₂ в эквивалентных количествах. Препарат считается негодным, если жидкость имеет зеленый цвет.

XV. ФОСФОР, МЫШЬЯК, СУРЬМА

1. Хранение фосфора и обращение с ним

Обращение с **красным фосфором** (*phosphorus amorphus*) никаких особенных предосторожностей не требует, хранить же его лучше в банке с залитой парафином (см. т. I, стр. 235) пробкой. Красный фосфор в плохо закрытом сосуде обыкновенно постепенно отсыревает и при продолжительном хранении делается совсем мокрым и непригодным для нижеописанных опытов. Это происходит, по всей вероятности, вследствие примеси белого фосфора, который постепенно переходит в фосфорную кислоту, притягивающую влагу из воздуха.

Если имеется запас такого отсыревшего фосфора, то его следует хорошо промыть на фильтре водой и затем, отжав между листами фильтровальной бумаги, высушить при комнатной температуре. Для сушения его лучше рассыпать тонким слоем на листе фильтровальной бумаги. Сушить, конечно, нужно в таком месте, где фосфор не мог бы загореться от случайно брошенной спички и т. п. Можно воспользоваться и эксикатором.

Белый фосфор (*phosphorus albus*), как вещество крайне **огнеопасное** (воспламеняется при 36—60°) и **ядовитое** (см. ниже), требует соблюдения предосторожностей при хранении и обращении с ним.

Имеющийся в лаборатории белый фосфор должен храниться вместе с другими ядовитыми веществами в особом, всегда запертом на ключ шкафу, согласно инструкции, и под ответственностью лица, на это уполномоченного. Всякий расход фосфора необходимо строго регистрировать. На право хранения белого фосфора нужно иметь разрешение органов милиции.

Брать белый фосфор можно только **щипцами** или **пинцетом**, но никоим образом не руками.

Хранить белый фосфор можно только *под водой*, причем куски фосфора не должны выставляться из воды. Сосуд с фосфором должен быть *хорошо закрыт*. Лучше всего банку с имеющимся запасом белого фосфора закрыть корковой пробкой, которую хорошо залить парафином (см. т. I, стр. 235). Затем удобно иметь еще банку с притертой стеклянной пробкой, в которой держать

небольшое количество фосфора для текущих опытов, и, кроме того, особую банку для мелких обрезков и остатков фосфора.

Так как белый фосфор на свету постепенно краснеет, то банки с фосфором должны стоять в *темноте*. Проще всего поместить каждую банку в соответствующих размеров картонку или лучше жестянку (из-под какао и т. п.), которая будет предохранять банку от случайных толчков и ударов.

Банки с белым фосфором после работы следует немедленно убирать на место. Ни в коем случае не следует ставить банки с фосфором в ящик за окном, в холодный чулан и вообще в неотапливаемое помещение, где вода, в которой хранится фосфор, могла бы замерзнуть. При замерзании воды банка может лопнуть, а затем, когда вода растает и вытечет из банки, фосфор загорится и может произойти пожар.

Все *остатки* и обрезки белого фосфора, даже самые маленькие кусочки, следует тщательно собирать в банку с водой и никогда не бросать в раковину. Брошенный в раковину кусочек может случайно остаться в застое и затем, при чистке застоя, причинить ожоги тому, кто это будет делать.

Если бы случилось уронить кусочек белого фосфора на пол, то кусочек *необходимо* разыскать и поднять, так как он может послужить причиной пожара (такие случаи описаны в литературе).

Остатки белого фосфора, когда их накопится достаточное количество, можно сплавить в один кусок. Для этого лучше всего поместить кусочки фосфора в фарфоровый тигель с достаточным количеством воды и нагреть на водяной бане (или в стакане с горячей водой) до плавления, а затем охладить в чашке с холодной водой. Вместо тигля можно взять и другой какой-либо сосуд, несколько расширяющийся кверху. Из цилиндрического сосуда, например из пробирки, белый фосфор будет труднее вынуть.

Если остатки белого фосфора хранились в недостаточно плотно закрытом сосуде и покрылись с поверхности коркой, то эта корка отчасти всплывает на поверхность расплавленного фосфора в виде пленки. Такую пленку можно удалить, прилив к воде, покрывающей расплавленный фосфор, немного азотной кислоты или хромовой смеси (см. т. I, стр. 178). Пленка окисляется, и по охлаждению получается кусок фосфора с гладкой поверхностью. Муть, остающуюся в расплавленном фосфоре и не всплывающую на поверхность, этим способом удалить не удается. Таким же способом можно очищать и запасы белого фосфора, если он сильно изменился от действия воздуха или света.

Расплавленный под водой белый фосфор ни в коем случае не следует переливать из одного сосуда в другой, так как при этом он вспыхивает и брызги горящего фосфора могут причинить

опасные ожоги. При плавлении белого фосфора под водой случается, что маленький кусочек фосфора всплывает на поверхность воды вместе с пузырьком воздуха и начинает гореть. Это горение продолжается обыкновенно очень недолго (так как всплыть может только очень маленький кусочек) и ничего опасного не представляет.

Резать белый фосфор можно *только под водой*. Сосуд, в котором режется фосфор, должен быть *толстостенный* — **фарфоровая ступка**, тарелка, простоквашница и т. п., так как тонкостенный сосуд, как фарфоровая чашка, кристаллизатор, легко можно при резании раздавить. **Нож** должен иметь закругленное на конце лезвие, которым следует надавливать на кусок фосфора сверху (не пилить), слегка покачивая вперед и назад.

В воде комнатной температуры и ниже белый фосфор довольно хрупок и при резании крошится. Легче и лучше резать фосфор в теплой воде, имеющей температуру 25—30°, но ни в коем случае *не выше* (при 40° фосфор уже плавится). Пользуясь для резки фосфора теплой водой, не следует забывать перенести затем приготовленный для опыта кусок фосфора в воду комнатной температуры и даже лучше в более холодную (прибавить лед), иначе фосфор легко может загореться при высушивании.

Высушивание белого фосфора производится обыкновенно фильтровальной бумагой. Кусочек фосфора, вынутый из *холодной воды*, кладется на сложенную в несколько слоев фильтровальную бумагу и затем сверху к нему прижимается пальцем (*не тереть!*) другой кусок бумаги, также сложенный в несколько слоев. Затем фосфор переворачивается пинцетом, переносится на сухое место и к нему снова прижимается бумага, и так до тех пор, пока кусок не будет высушен со всех сторон. Удобнее всего, если кусочки фосфора *кубической формы*: его приходится поворачивать только три раза. Кроме того, важно, чтобы поверхность срезов была *гладкая*.

Высушивание необходимо вести возможно быстро, особенно если в помещении тепло.

При указанных предосторожностях белый фосфор обыкновенно не загорается, но на всякий случай для *тушения* загоревшегося фосфора необходимо, чтобы рядом находилась **чашка с песком**, которым можно засыпать фосфор, если бы он случайно загорелся. Можно также тушить фосфор и водой или мокрым полотенцем. Если фосфор загорится на бумаге, то не следует поднимать или передвигать бумагу, так как расплавленный фосфор очень подвижен и легко может стечь по бумаге на руку.

При *сушении* белого фосфора его ни в коем случае не следует тереть бумагой или катать по бумаге, так как при этом он очень легко может загореться.

Начинающим при сушении белого фосфора лучше всего класть бумагу не прямо на стол, а на кусок асбестового картона, жестяную пластинку и т. п. Тогда, если даже фосфор и загорелся бы, к этому можно отнестись совершенно спокойно. Вдыхание незначительного количества дыма фосфорного ангидрида P_2O_5 не опасно, пожара же при указанной предосторожности произойти не может.

Для того чтобы не иметь преувеличенного представления о способности белого фосфора воспламеняться и обращаться с ним спокойно, полезно попробовать вызвать воспламенение небольшого кусочка белого фосфора трением о бумагу, держа фосфор в щипцах и производя опыт под тягой, в таких условиях, чтобы он был вполне безопасен.

Вместо фильтровальной бумаги при высушивании белого фосфора очень удобно пользоваться а с б е с т о в о й б у м а г о й (тонкий картон). Она очень хорошо впитывает влагу, и, если бы фосфор при высушивании загорелся, это не представит никакой опасности.

Ожоги от горящего фосфора очень болезненны, дают медленно заживающие раны и, если не принять своевременно мер, опасны, так как могут повлечь воспаление лимфатических сосудов и общее отравление. При ожогах фосфором прежде всего необходимо *окислить* оставшийся в ране фосфор, для чего служит раствор 1 : 10 *ляписа* $AgNO_3$ (*argentum nitricum*), которым следует смочить обожженное место. Можно даже приложить на некоторое время смоченную раствором ляписа тряпочку или вату. *Раствор ляписа* при работах с фосфором *должен всегда находиться поблизости*. После смачивания ляписом рана обмывается водой и перевязывается обычным способом при помощи стерильной марли и бинта. При серьезных ожогах, после смачивания обожженного места ляписом и перевязки, следует, конечно, обратиться к врачу. Вместо ляписа можно воспользоваться и другими окислителями: обмыть обожженное место слабым раствором *белильной извести* (*calcaria chlorata*) или *марганцовокислого калия* $KMnO_4$ (*перманганат калия, kalium hypermanganicum*) 1 : 10.

При всех опытах с фосфором его лучше не выставлять заранее на лекционном столе, а приносить с собой к началу урока.

2. Получение небольших количеств белого фосфора для опытов

○ 1. Небольшие количества белого фосфора, нужные для опытов, легко получать из красного фосфора по мере надобности, не имея запасов белого фосфора.

Красный фосфор должен быть сухой (стр. 401).

Получение производится в обычной пробирке в атмосфере углекислого газа. К пробирке следует подобрать две хорошие пробки. В одну вставить кусок стеклянной трубки, по длине примерно равный пробирке. Другая пробка служит для закрывания пробирки по окончании опыта.

Спыт. Производить опыт с соблюдением всех указанных выше предосторожностей при обращении с белым фосфором.

В пробирку поместить около 0,3 г сухого красного фосфора. Постукивая слегка дном пробирки о стол, собрать весь фосфор на дне пробирки, чтобы стенки ее были чистые.

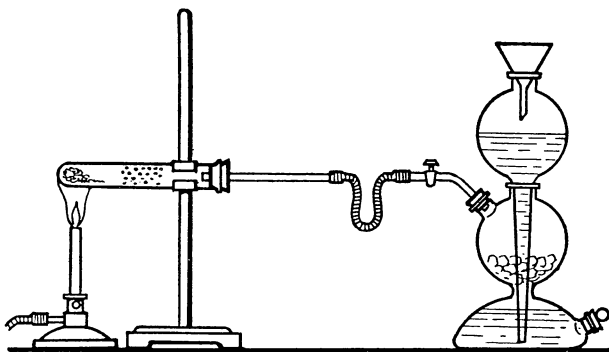


Рис. 296. Получение белого фосфора из красного.

Укрепив пробирку на штативе вертикально, опустить в нее почти до дна трубку, соединенную с аппаратом Киппа (или другим автоматическим аппаратом), заряженным мрамором CaCO_3 и соляной кислотой HCl . Пробка на трубке должна быть сдвинута к резиновой трубке.

Пусть слабый ток углекислого газа. Сильным током распыляется красный фосфор, и пыль садится на стенки пробирки, что нежелательно, так как полученный белый фосфор будет содержать включения красного.

Когда пробирка наполнится углекислым газом, не прекращая тока газа, постепенно поднимать трубку, сдвигая пробку к концу, и, когда пробка будет у конца трубки, закрыть пробирку. Кран аппарата Киппа должен быть все время открыт до конца опыта.

Укрепить пробирку горизонтально с очень небольшим наклоном в сторону пробки (рис. 296).

Прогреть конец пробирки, начать нагревание красного фосфора, поставив горелку под пробирку.

Красный фосфор переходит в пары, и пары, охлаждаясь, оседают на холодных стенках пробирки в виде капель, которые под

конец сливаются вместе, и белый фосфор собирается в небольшом количестве на нижней стенке пробирки.

Вести нагревание до тех пор, пока весь красный фосфор не испарится. Обычно остается лишь небольшой темный налет посторонних примесей.

Дать фосфору вполне остыть в атмосфере углекислого газа.

Следует иметь в виду, что белый фосфор легко переохлаждается и жидкость не сразу затвердевает при комнатной температуре. Следует слегка ударять по пробирке рукой. Если фосфор перестал двигаться, значит, он застыл.

Когда белый фосфор затвердеет, с ним можно поступить различно в зависимости от того, для какой цели он готовился.

Если предполагалось готовить раствор белого фосфора, то, держа пробирку вертикально, закрыть кран аппарата Киппа, вынуть пробку с трубкой, держа подальше от себя, чтобы не вдыхать пары фосфора, влить в пробирку растворитель и закрыть ее заранее приготовленной пробкой.

Пробку с трубкой опустить в раствор марганцовокислого калия (см. стр. 404) и через некоторое время вымыть.

Если белый фосфор предполагается применить для других опытов, то в пробирку, вынув пробку с трубкой, влить воды, закрыть приготовленной пробкой, а пробку с трубкой, как и в первом случае, погрузить для удаления остатков фосфора в раствор марганцовокислого калия.

Для того чтобы вынуть полученный белый фосфор из пробирки, лучше всего поступить так: нагреть воду в пробирке до плавления фосфора и, когда расплавленный фосфор соберется на дне, опустить в пробирку до дна какую-нибудь проволоку, охладить пробирку в холодной воде и затем вынуть проволоку вместе с затвердевшим белым фосфором.

Если белый фосфор нужен для нескольких опытов, получение его следует повторить несколько раз, но никогда не брать красного фосфора больше 0,5 г, так как слой жидкого фосфора может достигнуть пробки, что осложнит дальнейшие манипуляции и сделает их *опасными*.

Все остатки белого фосфора следует после опытов уничтожить (см. т. I, стр. 49).

3. Физические свойства белого фосфора ¹

а) МЯГКОСТЬ И ПЛАВЛЕНИЕ БЕЛОГО ФОСФОРА

○ 1. До урока отрезать и очистить от корки несколько кусочков белого фосфора (см. стр. 403) приблизительно в 1 см³

¹ Все опыты с белым фосфором следует проводить только как демонстрационные и в руки учащимся не давать.

каждый. Поместить фосфор в большую *толстостенную* стеклянную чашку (простоквашницу) с водой.

Опыт. Нагреть в стакане воду почти до кипения и отставить горелку. Пока нагревается вода, показать, как фосфор режется (см. стр. 359) **ножом** (**пинцет** или щипцы).

Куски фосфора перенести пинцетом в большую пробирку (например, $17 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2}$ см), в которую до половины налита вода.

Поместить в пробирку термометр. Погрузить пробирку в стакан с горячей водой и оставить в нем до плавления фосфора. Вызвать кого-либо из учащихся, чтобы следить за температурой. Полезно слегка помешивать воду в пробирке термометром. Учащийся отмечает температуру, при которой расплавился фосфор. Показать расплавленный белый фосфор учащимся. Затем, вынув термометр, поместить пробирку в стакан с холодной водой.



Рис. 297. Остывание расплавленного фосфора в пробирке.

После урока снова расплавить фосфор и затем поместить пробирку в какой-нибудь чашке наклонно, подложив что-нибудь под открытый конец пробирки, чтобы фосфор принял положение, как на рисунке 297. Когда фосфор застынет, его легко можно будет вынуть из пробирки.

б) УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ФОСФОРА

○ **Опыт.** В большую **пробирку**, укрепленную вертикально в зажиме штатива, налить до $\frac{1}{3}$ воды, а затем через воронку с длинной трубкой (например, из оттянутой пробирки), опущенной до дна пробирки, **серной кислоты** (уд. в. 1,84), чтобы получилось два слоя (что очень легко удастся). Вынуть воронку, бросить в пробирку приготовленный заранее кусочек **белого фосфора** (**пинцет**) величиной с горошину (можно и больше). Фосфор (уд. в. 1,8) доходит до кислоты и плавает на ее поверхности, плаваясь от выделяющегося при смешении кислоты с водой тепла. Во **вторую пробирку** с серной кислотой (без воды) бросить для сравнения **ложку красного фосфора**, который в кислоте тонет.

После урока кислоту в пробирке с белым фосфором следует смешать с водой стеклянной палочкой и затем перенести пробирку в чашку с холодной водой, где и оставить, пока фосфор не затвердеет.

в) СВЕЧЕНИЕ БЕЛОГО ФОСФОРА

○ Нижеследующие опыты 1—3 могут быть показаны только в том случае, если в классе есть затемнение или если урок проводится вечером.

Опыты. 1. Простейшая постановка опыта состоит в том, что кусок белого фосфора помещается (пинцет) в железную чашку. Рядом с чашкой должна находиться вода, чтобы сейчас же залить фосфор, если он загорится. Явление хорошо заметно только на более или менее близком расстоянии. Поэтому лучше всего предложить учащимся по одному подходить к столу. Свечение делается ярче, если на фосфор подышать. Довольно большой кусок фосфора может сравнительно долго лежать на воздухе, не загораясь, и потому опыт совершенно безопасен.

○ 2. Свечение видно на большем расстоянии, если воспользоваться не чистым фосфором, а раствором его в стеарине. Для приготовления такого раствора кусочек белого фосфора величиной с горошину, *тщательно* высушенный (см. стр. 403), поместить в пробирку ($12 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$ см) и сейчас же прибавить кусочки стеариновой свечи до половины пробирки. Закрыв затем отверстие пробирки плотно ватой, осторожно нагревать пробирку, держа высоко над пламенем горелки, пока стеарин не расплавится. Фосфор при этом в первый момент сильно дымит, но не загорается, так как вата, закрывающая отверстие пробирки, затрудняет доступ кислорода. Расплавленный стеарин взбалтывать до тех пор, пока весь фосфор не разойдется, после чего дать стеарину застыть. Для того чтобы вынуть полученный цилиндрок, пробирку придется разбить. Растворенный в стеарине фосфор не загорается, и потому обращение с ним не требует особых предосторожностей. Не следует только брать его непосредственно руками. Сохранять полученный цилиндрок следует в закрытом сосуде.

Обернув конец цилиндрика бумагой, взять его в руки и начертить или написать им по укрепленной на стене или доске бумаге. Остающийся след сильно и довольно долго светится.

Для опыта не следует пользоваться классной доской, так как потом по ней нельзя будет писать мелом.

○ 3. Можно также писать по картону или по доске раствором белого фосфора в сероуглероде CS_2 (см. стр. 89), соблюдая все необходимые предосторожности.

Писать можно клочком ваты, привязанным к длинной лучинке. Иметь наготове воду, песок и противоядие (см. выше, стр. 404). Вату после опыта сжечь.

○ 4. Если нет возможности сделать затемнение в классе, свечение белого фосфора можно показать, воспользовавшись приспособлением, изображенным на рисунке 298.

Деревянный плотный ящик окрашивается внутри черной краской (голландская сажа с политурой). К верхнему краю ящика (рис. 298) прибавляется кусок темной материи, плотно занавешивающей ящик. В противоположной стенке делается отверстие *а*. В верхней стенке ящика делается отверстие *б*, в которое встав-

ляется пробка с проволокой. На конце проволоки укрепляется способом, указанным выше (стр. 406), кусочек белого фосфора. В ящик ставится чашка с водой, в которую опускается фосфор. На уроке проволока с белым фосфором поднимается так, чтобы фосфор помещался против отверстия *a*, и учащиеся через это отверстие один за другим наблюдают свечение белого фосфора.

Время от времени преподаватель опускает фосфор в воду, чтобы его охладить, и снова поднимает.

По окончании демонстрации фосфор погружается в воду и после урока вынимается и переносится в пробирку с водой, в которой и может храниться до следующего раза.

4. Переход белого фосфора в красный и красного в белый

а) ПРЕВРАЩЕНИЕ БЕЛОГО ФОСФОРА В КРАСНЫЙ

Опыт обыкновенно проводится в запаянной трубке, но так как подготовка его представляет некоторую трудность, то можно ограничиться упрощенными опытами, при которых хотя и нельзя быстро перевести весь взятый белый фосфор в красный, но покраснение белого фосфора наблюдается вполне ясно.

● ● 1. Опыт проводится в обыкновенной пробирке, закрытой плотным комком ваты. Помещенный в пробирку фосфор быстро поглощает весь кислород содержащегося там воздуха. При этом

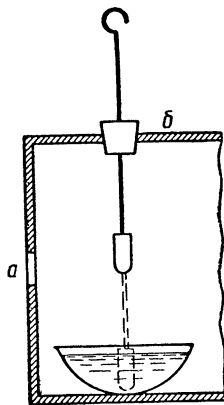


Рис. 298. Ящик для наблюдения свечения фосфора в темноте.

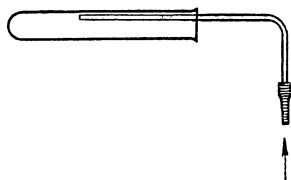


Рис. 299. Выжигание остатков фосфора в пробирке.

образуется некоторое количество фосфорного ангидрида P_2O_5 (дыма), который опыту нисколько не мешает. Дальнейшего же окисления фосфора во время опыта почти не наблюдается. Так как отверстие пробирки закрыто ватой, в ней происходит лишь самая ничтожная циркуляция воздуха.

Опыт Укрепить пробирку на штативе вертикально. Поместить под нее сковородку, кусок жести, тарелку с песком и т. п.

на случай, если бы пробирка во время опыта неожиданно лопнула.

Поместить в пробирку 2—3 кусочка белого фосфора (пинцет) с горошину величиной, тщательно высушенные (*предосторожности!* См. стр. 401). Сейчас же закрыть пробирку плотным комком ваты и поставить под нее горелку с маленьким пламенем, конец которого должен отстоять от дна пробирки на 5—10 см. Отрегулировать пламя так, чтобы фосфор не кипел, и оставить так на 10—15 мин. Наблюдать покраснение белого фосфора.

После урока оставшийся в пробирке фосфор можно удалить нагреванием (*под тягой!*) с концентрированной щелочью или лучше сжечь. Для этого можно надеть пробирку на *изогнутую* трубку (рис. 299), к которой присоединить резиновый баллон (см. т. I, стр. 273), и затем внести *под тягой* в пламя горелки. Осторожно продувая воздух, сжечь весь фосфор. Трубка должна быть изогнутая или достаточно длинная, чтобы вырывающееся из отверстия пробирки пламя не обожгло руки.

Вместо удаления белого фосфора можно уничтожить его вместе с пробиркой, бросив ее в топящуюся печь.

Процесс перехода белого фосфора в красный можно значительно ускорить, если прибавить в пробирку в качестве катализатора **кристаллик йода** (jodum).

2. Опыт производится в атмосфере углекислого газа в том же приборчике, в котором производился опыт получения белого фосфора.

Опыт. В сухую пробирку, укрепленную на штативе вертикально, поместить кусочек высушенного (*предосторожности!* См. стр. 401) **белого фосфора** величиной с 2—3 горошины.

Сейчас же опустить в пробирку почти до дна трубку от **прибора Киппа** для получения углекислого газа, сдвинув пробку к резиновой трубке.

Когда пробирка наполнится углекислым газом, медленно вынимать трубку, сдвигая пробку вниз. Когда пробка будет сдвинута к самому концу трубки, вставить пробку в отверстие пробирки.

Не закрывая крана аппарата для получения углекислого газа, начать нагревание белого фосфора, как было указано выше (стр. 405).

Дальше поступать так же, как при вышеописанном опыте.

б) ПРЕВРАЩЕНИЕ КРАСНОГО ФОСФОРА В БЕЛЫЙ

●● В условиях школьного преподавания опыт можно сделать только в очень малом масштабе.

1. **Опыт.** В обыкновенную пробирку ($12-15 \times 1 \frac{1}{2}$ см) поместить очень немного (взять кончиком ножа) **сухого красного**

фосфора. Закрывать отверстие пробирки **ватой** и нагревать фосфор в пламени горелки, держа пробирку горизонтально.

Появляющееся сначала внутри пробирки зеленоватое пламя быстро исчезает, и на стенках пробирки рядом с белым налетом фосфорного ангидрида появляются мелкие капельки желтого фосфора.

Дать пробирке остыть настолько, чтобы ее можно было держать рукой. Лучше, если остывание происходит в темноте, например в жестяной **коробке**, так как свежеполученный белый фосфор на свету очень быстро снова частично переходит в красный. Показать застывшие капельки белого фосфора учащимся, а затем, открыв пробирку, потереть по внутренним стенкам ее **стеклянной палочкой или лучинкой**. Приставший к ней белый фосфор при вынимании палочки из пробирки загорается.

За неимением в лаборатории красного фосфора для опыта можно взять смесь веществ с воспламеняющей поверхности спичечной коробки.

По окончании урока поступить с остатками фосфора, как было указано в предыдущем опыте.

○ 2. Опыт производится совершенно так же, как опыт получения белого фосфора (стр. 405).

Испытание полученного белого фосфора производится, как при предыдущем опыте (1).

5. Температура воспламенения белого и красного фосфора

●● 1. **Опыт.** Кусочек белого **фосфора** со спичечную головку обсушить **фильтровальной бумагой**, положить на кусок **жести** и т. п. и коснуться его **стеклянной или деревянной палочкой**, нагретой в горячей воде (вскипятить воду в **пробирке**, опустив туда палочку) и обсушенной **полотенцем**.

Можно коснуться белого фосфора пробиркой с горячей водой. Если фосфор прилипнет к пробирке, дать ему сгореть.

○ 2. Приготовить металлическую (лучше медную) **пластинку** длиной 20—25 см, шириной около $2\frac{1}{2}$ см и толщиной 1 мм или немного тоньше.

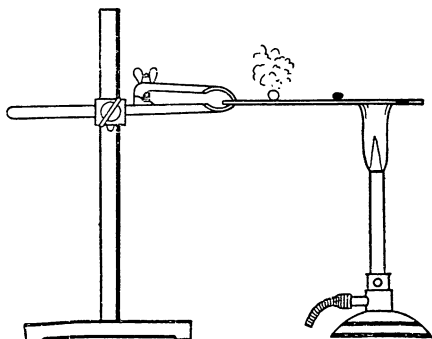


Рис. 300. Различие в температурах воспламенения белого и красного фосфора.

Пластинку укрепить, как на рисунке 300.

Опыт. Поместить штатив с пластинкой *под тягу*. На расстоянии 6—7 см от свободного конца насыпать (**ложечка**) небольшую кучку **красного фосфора**, а на расстоянии 6—7 см от нее положить (**пинцет**) высушенный (*предосторожности!* См. стр. 401) кусочек **белого фосфора** с полгорошины величиной. Под конец пластинки, где красный фосфор, подставить зажженную спиртовую лампочку. Через некоторое время загорится сначала белый фосфор, а затем уже красный.

Белый фосфор должен быть хорошо высушен, так как, будучи влажным, он горит неровно, с треском, и в сторону разлетаются горящие мелкие капли. Вследствие этого красный фосфор может загореться раньше, чем следует.

Красного фосфора нужно класть не слишком мало и, насыпая фосфор, стараться, чтобы он лег правильной кучкой, не рассыпаясь в стороны отдельными мелкими частичками, которые могут загореться раньше времени и зажечь всю кучку.

Если пластинка значительно тоньше указанной и опыт при пробах не удастся, то нужно положить белый фосфор немного ближе к красному. При указанных же размерах пластинки и при соблюдении всех предосторожностей опыт удастся наверняка.

Опыт можно показать и при отсутствии тяги, взяв минимальные количества фосфора.

●● 3. Опыт самовоспламенения белого фосфора был описан выше (см. стр. 90).

6. Самовоспламенение фосфористого водорода

● **Опыт.** В бокал или стакан налить **соляной кислоты** (кислоту уд. в. 1,12 разбавить равным объемом воды). Поместить бокал *под тягу*, бросать в кислоту небольшие кусочки **фосфористого кальция** Ca_3P_2 (calcium phosphoratum), беря их **щипцами** или пинцетом. Выделяющийся фосфористый водород сам собой воспламеняется на воздухе. Ввиду **сильной ядовитости** фосфористого водорода опыт можно производить **только при хорошей тяге**.

Если фосфористый кальций имеется в больших кусках, то его приходится разбивать молотком (*под тягой!*). При этом все мелкие осколки следует тщательно собрать в банку, так как иначе, если кусочек останется где-нибудь под столом, от него будет распространяться отвратительный и **крайне вредный** запах.

7. Фосфорный ангидрид и фосфорные кислоты

а) ФОСФОРНЫЙ АНГИДРИД

●● Образование фосфорного ангидрида при горении фосфора в кислороде и в воздухе уже известно из вышеописанных

опытов (стр. 66 и 352). На странице 96 была описана реакция между фосфорным ангидридом P_2O_5 и водой. Можно, кроме того, на продажном фосфорном ангидриде (*acidum phosphoricum anhydricum*) наблюдать его способность притягивать влагу (применяется для сушения газов).

Опыт. Вынуть из банки небольшое количество фосфорного ангидрида роговой ложкой и оставить на ней 2—3 мин. Фосфорный ангидрид успевает за это время притянуть из воздуха такое количество влаги, что прилипает к ложке и при поворачивании ложки от нее не отпадает. Еще через некоторое время почти весь фосфорный ангидрид превращается в сплошную тягучую массу.

Хранить фосфорный ангидрид нужно, конечно, тщательно закрытым.

б) ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ РАСТВОРЕНИЕМ ФОСФОРНОГО АНГИДРИДА В ВОДЕ

●● **Опыт.** В стаканчик с водой (40—50 мл) всыпать 1—2 ложки фосфорного ангидрида (см. выше, опыт а). Вода делается мутной вследствие образования медленно растворяющихся сгустков метафосфорной кислоты HPO_3 . Через несколько минут раствор делается прозрачным. Для того чтобы ускорить растворение, жидкость следует все время взбалтывать. Можно, кроме того, слегка нагреть раствор.

Взять *немного* прозрачного раствора в пробирку и прилить раствор ляписа $AgNO_3$ (*argentum nitricum*). Образуется белый осадок метафосфорнокислого серебра $AgPO_3$.

Раствор ляписа должен быть достаточно концентрированный (около 5 г $AgNO_3$ на 25 мл воды), и приливать нужно его достаточное количество, так как иначе образовавшийся осадок сейчас же пропадает, растворяясь в избытке кислоты, или даже совсем не получается. Ввиду этого не следует приливать ляпис прямо в стакан с раствором метафосфорной кислоты, а нужно отлить немного раствора в пробирку или в небольшой бокал.

Для того чтобы показать учащимся твердую метафосфорную кислоту, можно воспользоваться препаратом (*acidum phosphoricum glaciale*), поступающим в продажу. Хранить ее нужно в склянке с залитой парафином пробкой. Если имеющаяся кислота плохо сохранилась и покрылась белым налетом, то его можно отмыть водой под краном. Чистая метафосфорная кислота совершенно прозрачна и похожа на лед, откуда и название — *glaciale* (ледяная).

в) ПОЛУЧЕНИЕ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ КОСТЯНОЙ ЗОЛЫ

● Нужную для опыта костяную золу можно получить обжиганием обыкновенных говяжьих костей из супа. Обжигать удобнее всего в печке на углях, но можно и на хорошей горелке

(под тягой). Обжигать нужно до тех пор, пока кость делается почти совершенно белой.

Опыт. Около 5 г обожженной кости растереть в фарфоровой ступке в мелкий порошок, пересыпать в фарфоровую чашку, прилить около 5 мл воды и столько же концентрированной серной кислоты (уд. в. 1,84).

Нагреть чашку 2—3 мин и затем перелить массу в стакан, разбавить равным объемом холодной воды, отфильтровать немного полученного раствора дигидрофосфорнокальциевой соли $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ во второй стакан и нейтрализовать избыток кислоты аммиаком. Для этого бросить в стакан с раствором лакмусовую бумажку и приливать понемногу аммиак, помешивая стеклянной палочкой, пока бумажка не посинеет. Приливать аммиак можно довольно смело, так как не большой избыток его не вредит дальнейшей реакции с азотносеребряной солью AgNO_3 . Точно так же можно не обращать внимания на образующуюся при избытке аммиака небольшую муть.

Часть нейтрализованного раствора отлить в пробирку или бокал и прилить раствора ляписа (см. предыдущий опыт). Получается желтый осадок ортофосфорнокислого серебра Ag_3PO_4 .

Раствор, как сказано, может содержать небольшой избыток аммиака, но не должно быть в нем свободной кислоты, так как в последнем случае получается белый осадок сернокислого серебра.

г) соли ортофосфорной кислоты

●● 1. Образование нормального и кислого ортофосфорнокислого кальция можно наблюдать на следующем опыте.

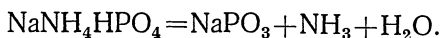
Опыт. Налить в бокал или стакан около 50 мл известковой воды $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и прибавлять по каплям 1-процентного раствора ортофосфорной кислоты H_3PO_4 (acidum phosphoricum), все время взбалтывая стеклянной палочкой или лучинкой. Сзади поставить черный фон.

Сначала наблюдается образование мути нерастворимого фосфорнокислого кальция. При добавлении фосфорной кислоты муть пропадает вследствие образования растворимого однозамещенного фосфата кальция:

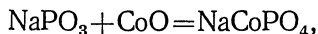


○ 2. Образование двойных ортофосфорных солей при реакции между метафосфорными солями и окислами металлов можно показать на примерах реакций с окислами кобальта и хрома, дающих цветные соли в виде стекол.

Вместо готовой соли метафосфорной кислоты можно воспользоваться кислым фосфорнокислым натрием-аммонием $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ (natrioammonium phosphoricum), которая при нагревании дает метасоль:



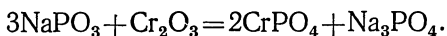
При сплавлении метасоли с окислами металлов получается двойная соль ортофосфорной кислоты, например:



которая растворяется в избытке расплавленной метасоли, образуя стекло.

Опыт. В обыкновенную пробирку ($12\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ мл) насыпать до половины фосфорной соли и бросить маленький кристаллик какой-нибудь соли кобальта, например азотнокислой $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ (cobaltum nitricum). Захватив пробирку металлической держалкой или зажимом от штатива (зажим должен быть без пробки), нагревать соль, держа пробирку наклонно. Сначала удаляется кристаллизационная вода, причем соль плавится и сильно кипит, а затем начинается разложение. В конце концов кипение прекращается, и получается тягучая прозрачная масса синего цвета. Наклонив пробирку отверстием к низу над куском жести и т. п., продолжать нагревание массы вдоль пробирки (иначе массу не удастся вылить) и дать ей вытекать отдельными каплями на металлическую пластинку. Получается ряд прозрачных ярко-синего цвета стеклышек, которые можно раздать учащимся.

Тот же опыт можно проделать, взяв вместо соли кобальта окись хрома Cr_2O_3 (chromium oxydatum) или какую-нибудь хромовую соль, например хромовые квасцы $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ (alumen chromicum). Стекло в нагретом виде почти бесцветно, а при остывании делается ярко-зеленым:



Соединения и кобальта и хрома следует прибавлять в очень небольшом количестве, так как иначе стекла получаются слишком темные.

Нагревание требуется очень сильное, и с обыкновенной спиртовой лампочкой опыт производить нельзя.

8. Возгонка и горение мышьяка

Металлический мышьяк (arsenicum metallicum, или — старинное название — cobaltum crust.) обыкновенно бывает покрыт с поверхности темным налетом и не имеет металлического вида. Поэтому для демонстрации мышьяка учащимся небольшой кусочек его следует предварительно прогреть *под тягой* (пары мышьяка очень ядовиты!). Темный налет исчезает, и мышьяк приобретает серый металлический блеск. Прогреть мышьяк можно непосредственно в пламени горелки, держа кусочек в

щипцах или, если тяга плохая, лучше поместив в обыкновенную пробирку, отверстие которой закрыть плотным комком ваты. На холодных стенках пробирки образуется сначала желтоватый возгон окислов, а затем темный налет металлического мышьяка. По остывании пробирки перенести мышьяк в чистую пробирку, в которой и демонстрировать учащимся. Этот же мышьяк можно употребить для нижеследующих опытов.

При измельчении мышьяка следует разбивать его осторожными ударами молотка на наковальне (утюге) так, чтобы не получалось мелкой пыли, вдыхание которой *опасно*. Все остатки собрать, так как металлический мышьяк *очень ядовит*.

● ● 1. *Опыт*. Поместить небольшой кусочек мышьяка в обыкновенную пробирку. Закрыть плотным комком ваты и нагревать, держа пробирку наклонно. На холодных частях пробирки образуются небольшой белый налет окислов и черный налет металлического мышьяка. Чтобы налет был плотнее, пробирку до опыта прокалить и дать остыть.

Опыт следует производить *под тягой*.

● 2. *Опыт*. Небольшой кусочек мышьяка поместить на конце нетолстой пластинки жести и нагревать *под тягой* в пламени горелки до тех пор, пока мышьяк не загорится. Он горит очень слабым синеватым пламенем, от которого подымается белый дым мышьяковистого ангидрида. Ввиду *сильной ядовитости* мышьяка и его соединений опыт можно производить *только под очень хорошей тягой*.

Обратить внимание учащихся на то, что мышьяк при нагревании не плавится, а возгоняется (он плавится только при нагревании под давлением).

По окончании опыта показать учащимся препараты **мышьяковистого ангидрида** As_2O_3 (acidum arsenicosum, «белый мышьяк» в кусках — totum, в порошке — pulveratum) и мышьякового ангидрида As_2O_5 (acidum arsenicum).

9. Получение и разложение мышьяковистого водорода

● Опыты с мышьяковистым водородом AsH_3 можно производить *только при очень хорошей тяге*, так как мышьяковистый водород *очень сильный яд*. Достаточно несколько раз понюхать мышьяковистый водород, выходящий из трубки прибора Марша, непосредственно у отверстия прибора, чтобы *серьезно отравиться*. Признаки отравления (головокружение, озноб, боль в желудке, затем рвота, пожелтение кожи, кровавая моча, слабый пульс) появляются не сразу, а через несколько часов. При вдыхании более значительных количеств мышьяковистого водорода отравление может быть со смертельным исходом.

На рисунке 301 изображен простейший прибор Марша, состоящий из банки для получения водорода и тугоплавкой трубки с оттянутым и загнутым концом и с перетяжкой посередине. Диаметр трубки — 7—8 мм, длина — 20—25 см. Оттягивать и сгибать тугоплавкую трубку можно только на паяльной горелке. Подобные тугоплавкие трубки с несколькими перетяжками можно получить готовые (трубки Марша или Отто). За неимением готовой трубки, или если нет паяльной горелки, можно обойтись и без оттягивания. К прямой тугоплавкой трубке можно присоединить

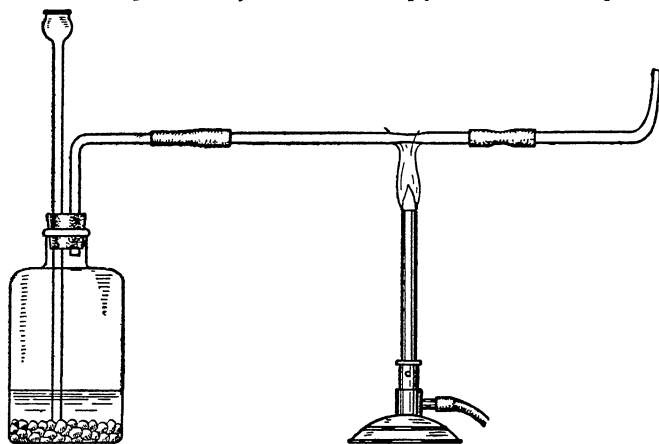


Рис. 301. Разложение мышьяковистого водорода.

на резиновой трубке оттянутый наконечник из легкоплавкой трубки. Оттянутый конец должен быть достаточно толстостенным, чтобы не мог заплавиться во время опыта. В крайнем случае можно и всю трубку взять из легкоплавкого не очень тонкостенного стекла. Такая трубка при опыте немного изгибается. Поэтому ее нужно укрепить за оба конца. Перетяжек на легкоплавкой трубке делать не следует.

Осущать водород при лекционном опыте нет надобности. В банку поместить достаточное количество **зерненого цинка**.

Опыт. Поместить прибор *под тягу* и прилить в банку **серной кислоты 1 : 5**, к которой, если нужно, предварительно должно быть прибавлено несколько капель раствора медного купороса (см. т. I, стр. 476). *Испытать* выходящий из отверстия трубки водород **пробиркой** и, если весь воздух вытеснен, зажечь водород (*правила!* См. т. I, стр. 36 и 478). Прилить в банку немного раствора **мышьяковистой кислоты** H_3AsO_3 (см. выше). Пламя водорода вскоре же делается беловатым, и кверху поднимается белый дым мышьяковистого ангидрида As_2O_3 .

Нагреть трубку в суженном месте (или, если перетяжек нет, посередине). На холодных частях трубки появляется черный налет (зеркало) мышьяка. В пламя внести дно **фарфоровой чашки**, на ней получается черное пятно мышьяка.

Вместо мышьяковистой кислоты можно взять какое-нибудь другое соединение мышьяка, например краску «швейнфуртскую зелень» $3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot \text{Cu}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)_2$ (уксусно-мышьяковистокислая медь), для открытия которой, например в обоях, на практике прибегают к пробе Марша. Немного краски насыпать в воронку прибора и прилить серной кислоты, которая увлекает за собой краску внутрь прибора.

По окончании урока, не вынимая прибора из-под тяги, наполнить банку доверху водой и уже только после этого разобрать и вымыть прибор.

Для удаления из трубки осадка мышьяка проще всего присоединить к ней резиновую грушу и затем, продувая через трубку воздух, нагреть ее (*под хорошей тягой*) на горелке, постепенно перегоняя мышьяк и образующийся возгон мышьяковистого ангидрида к концу трубки.

Для качественного открытия мышьяка в различных соединениях можно воспользоваться более простыми реакциями, основанными на восстановительных свойствах мышьяковистого водорода. В пробирку помещают немного чистого (без мышьяка) цинка и наливают разбавленную серную кислоту. Когда реакция выделения водорода начнется (для ускорения можно прибавить 2—3 капли раствора медного купороса), приливают к реакционной смеси испытуемое вещество и в отверстие пробирки на глубину 2—3 см вкладывают комочек ваты, смоченный раствором уксуснокислого свинца (для задержания небольших количеств сероводорода, который может частично получаться при восстановлении серной кислоты или сернистых соединений, содержащихся в испытуемом веществе, и будет мешать определению мышьяка).

а) В отверстие пробирки вкладывают полоску фильтровальной бумаги, смоченной 1-процентным раствором сулемы (небольшие количества раствора сулемы для этих целей можно получить растворением окиси ртути в соляной кислоте. Бумажки, смоченные раствором, можно приготовить заранее и хранить в закрытой банке). Если в испытуемом веществе содержится мышьяк, то выделяющийся при его восстановлении мышьяковистый водород окрасит бумажку образующимися соединениями сулемы в желтый, а при высоком содержании в черный цвет.

б) На отверстие пробирки кладется смоченный водой кружочек фильтровальной бумаги и сверху на него помещается кристаллик азотнокислого серебра. Мышьяковистый водород восстанавливает серебро, и на бумажке появляется черное пятно.

10. Свойства сурьмы

а) ХРУПКОСТЬ СУРЬМЫ

● ● *Опыт.* Кусок сурьмы (*antimonium regulinicum*) поместить на **наковальню** (утюг и т. п.) и раздробить ударом **молотка**. Полученные осколки можно затем растереть в порошок в фарфоровой ступке. Порошок пригодится для сжигания сурьмы в хлоре.

б) ПЛАВЛЕНИЕ И СЖИГАНИЕ СУРЬМЫ

● ● *Опыт.* Поместить около 1 г сурьмы в углубление, сделанное в большом куске **древесного угля**, и накаливать при помощи паяльной трубки, направляя на сурьму пламя светильного газа или свечи (рис. 302). Сурьма горит синевато-белым пламенем, выделяя белый дым окислов (*ядовиты*, хотя и не так, как мышьяковистый ангидрид As_2O_3). Чтобы показать, что сурьма расплавлена (отличие от мышьяка), вылить ее с некоторой высоты на **лист плотной бумаги** или картона (квадратный кусок со сторонами в 30—40 см), у которого загнуты борта высотой $1\frac{1}{2}$ —2 см. Сурьма разбегается во все стороны в виде мелких капелек, которые прыгают по бумаге в полном беспорядке. Капельки оставляют на бумаге следы, которые покрывают бумагу причудливым узором. Движение капелек сурьмы сравнивают обыкновенно с движением молекул газа.

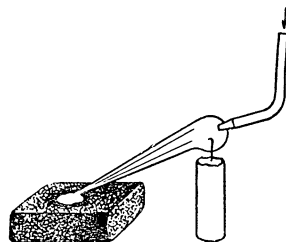


Рис. 302. Плавление сурьмы на угле.

Кроме плавления сурьмы на угле, можно еще показать плавление ее в **тугоплавкой пробирке**. Сурьма в противоположность мышьяку не возгоняется. Для плавления сурьмы в пробирке спиртовая лампочка не пригодна.

11. Восстановление сурьмы и ее соединений водородом в момент выделения

● Водород в момент выделения восстанавливает сурьму и ее соединения до сурьмянистого водорода SbH_3 . Это можно показать с помощью прибора, состоящего из стакана с раствором **сернистого натрия**, в который опущены два укрепленных в куске картона электрода: анод — **угольный стержень** и катод — **палочка сурьмы**, вставленная на резиновой пробке в кусок **широкой трубки** (рис. 303).

Палочка сурьмы диаметром 5—6 мм готовится выливанием расплавленной сурьмы (*stibium*) в стеклянную трубку, по-

мещенную в банку с сухим песком. Стекло, если оно не растрескается само, разбивается после остывания сурьмы.

Рядом с катодом в пробку вставляется газоотводная трубка с длинным отогнутым концом (рис. 303).

Для опыта нужен источник постоянного тока: 2—3 аккумулятора или соответствующее число элементов.

Прибор помещается *под тягу*, так как выделяющийся при опыте сурьмянистый водород SbH_3 ядовит.

Опыт. Объяснив устройство прибора, включить ток. На катоде выделяется атомарный водород, который соеди-

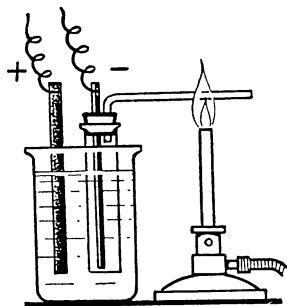


Рис. 303. Электролитическое получение сурьмянистого водорода (1).

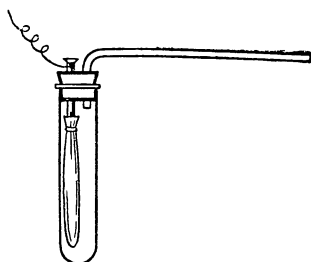


Рис. 304. Электролитическое получение сурьмянистого водорода (2).

няется с сурьмой, и продукт реакции — сурьмянистый водород SbH_3 выходит наружу по газоотводной трубке.

Газоотводную трубку нагреть (посередине); сурьмянистый водород разлагается с выделением металлической сурьмы, образующей в трубке налет — сурьмяное зеркало.

Вместо того чтобы отливать из сурьмы палочку, можно воспользоваться угольным или железным электродом (гвоздем), который вставляется в шитый из холста мешочек, наполненный трехокисью сурьмы Sb_2O_3 (stibium oxydatum или acidum stibiosum), как показано на рисунке 304.

XVI. УГЛЕРОД

1. Сухая перегонка дерева

○ 1. Для опыта удобна тугоплавкая реторта на 300—500 мл. К реторте присоединяется резиновой и широкой стеклянной трубкой небольшая банка *a* (рис. 305), закрытая пробкой с двумя отверстиями. Банка служит для собирания жидких продуктов сухой перегонки. Для охлаждения она помещается в чашку или другой сосуд с водой. Сосуд должен быть таких размеров, чтобы банка была почти доверху погружена в воду. Отводная трубочка *б* не должна быть очень тонкая (диаметр 6—7 мм). Ее не следует оттягивать. Если выходное отверстие слишком узкое, струя выходящего газа получается слишком сильная и зажженный газ легко потухает.

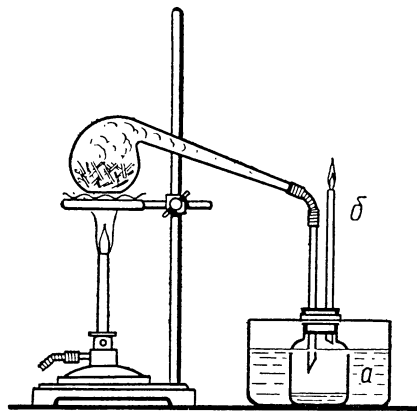


Рис. 305. Сухая перегонка дерева (1).

Внутренний кончик трубки полезно спилить наискось, чтобы попадающие в трубку и конденсирующиеся в ней жидкие продукты легче стекали обратно и не образовывали внутри трубки больших капель, прерывающих струю газа.

Дерево для сухой перегонки можно взять в виде кусочков (лучинок) или в виде опилок. Дерево должно быть сухое. Сорт дерева не играет особой роли, но нужно иметь в виду, что хвойные породы дают больше дегтя, а лиственные — больше водянистых продуктов. Рекомендуют ввиду этого (Мальчевский и Якобсон) брать смесь хвойных и лиственных пород дерева.

Реторта наполняется кусочками дерева до половины.

Опыт. Хорошо прогреть реторту и затем поставить горелку под реторту.

Когда можно будет думать, что весь воздух из прибора вытеснен, зажечь выходящий из газоотводной трубки газ. Для зажигания газа удобнее пользоваться не спичкой, а горелкой или лампочкой, так как газ не всегда сразу начинает гореть непрерывным пламенем и его приходится зажигать несколько раз.

Вместо того чтобы сразу зажигать газ, можно сначала собрать его на пневматической ванне в цилиндр и затем зажечь у отверстия цилиндра, вливая в последний постепенно воду, чтобы вытеснить ею газ.

Получаемый газ никогда не бывает вполне прозрачный, он содержит еще значительное количество взвешенных жидких продуктов сухой перегонки.

Сухую перегонку лучше всего вести до конца, чтобы показать, что при дальнейшем нагревании уголь уже перестает изменяться и выделение газа прекращается.

По окончании сухой перегонки следует разобрать прибор и показать учащимся полученные продукты: уголь, некоторое количество которого следует потряхнуть из реторты на **блюдечко**, и жидкие продукты, которые из приемника

следует осторожно перелить в **цилиндр** или бокал, чтобы лучше были видны два слоя жидкостей. Испытать синей лакмусовой бумажкой (уксусная кислота).

Приемник для жидких продуктов лучше всего вымыть сейчас же после урока, так как, если дать ему стоять, деготь потом очень трудно отмывается.

От реторты продукты сухой перегонки отмываются с трудом. Лучше всего мыть реторту щелочью с фарфоровой дробью.

За неимением реторты можно воспользоваться прибором, как при лабораторном опыте.

● 2. Прибор для лабораторного опыта изображен на рисунке 306.

Опыт. Собрать прибор, как на рисунке 306. В пробке, вставляемой в пробирку, сделать отверстие как можно ближе к краю. Испытать, держит ли прибор.

Поместить в пробирку наломанных лучинок, сколько показано на рисунке.

Налить в стакан холодной воды и нагревать пробирку, начиная с доньшка.

Зажечь белый дымок, выходящий из отводной трубки.

Продолжать нагревание до тех пор, пока все лучинки не обуглятся и пока не прекратится выделение газов.

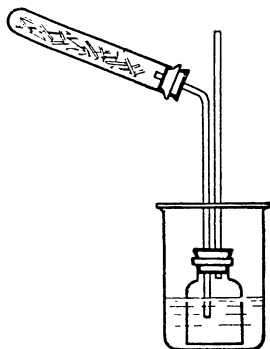


Рис. 306. Сухая перегонка дерева (2).

Дать пробирке остыть и разобрать прибор.

Что собралось в баночке? (Обратить внимание учащих на неоднородность жидкости и на запах дегтя.)

Испытать жидкость в баночке синей лакмусовой бумажкой. Результат? (Разъяснить, что бумажка краснеет вследствие образования при сухой перегонке дерева уксусной кислоты.)

Высыпать из пробирки уголь. Обратить внимание на его плотность и звонкость при бросании на стол (это признак хорошо обожженного угля).

● 3. Можно прибор для лабораторного опыта сделать более простым, как показано на рисунке 307. Продукты сухой перегонки собираются у пробки в той же пробирке, в которой ведется сухая перегонка. Трубочку не следует оттягивать на конце.

Опыт. Заполнить пробирку на $\frac{2}{3}$ сухими лучинками.

Вставить пробку с трубкой, как на рисунке 307.

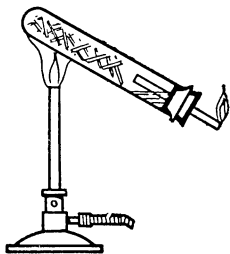


Рис. 307. Сухая перегонка дерева (3).

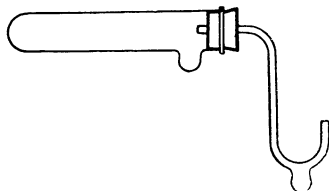


Рис. 308. Сухая перегонка дерева (4).

Укрепить пробирку на штативе в наклонном положении, как показано на рисунке.

Прогреть конец пробирки и начать сильно нагревать у доньшка, постепенно подвигая пламя к отверстию пробирки.

Когда из трубочки пойдет белый дымок, подожечь его.

Нагревать содержимое пробирки до тех пор, пока не прекратится выделение газов.

Дать пробирке немного остыть. Подставить под отверстие пробирки вторую чистую пробирку и, осторожно приоткрывая пробку, перелить скопившуюся у пробки жидкость во вторую пробирку.

Дальше исследование продуктов сухой перегонки идет, как указано выше (опыт 2).

Если продуктов сухой перегонки мало и различить два слоя жидкостей не удастся, то, вместо того чтобы переливать жидкость в пробирку, можно вылить ее на сложенную в несколько слоев

фильтровальную бумагу. Вода впитывается в бумагу и расходуется по ней, деготь же остается на поверхности.

Сухую перегонку дерева удобно проводить в приборе, рекомендованном А. А. Темп (рис. 308). Прибор прост по устройству, легко изготавливается и позволяет проводить опыт в максимально короткий срок. Вздутия дают возможность детально рассмотреть, легко извлечь и потом исследовать жидкие продукты, которые, конденсируясь и накапливаясь в этих вздутиях, во-первых, исключают возможность стекания капель воды в зону нагрева и тем самым предохраняют пробирку от растрескивания; во-вторых, не мешают свободному движению газов по отводной трубке, в результате чего пламя получается ровным и большим, а весь опыт протекает более ярко и убедительно.

2. Свойства древесного угля

а) УГОЛЬ ТЯЖЕЛЕЕ ВОДЫ

● ● 1. *Опыт.* Бросить в стакан с водой кусок древесного угля — уголь плавает благодаря своей пористости. Бросить ложку мелкостолченного угля и взболтать. Большая часть порошка тонет.

● ● 2. *Опыт.* Поместить в пробирку, в которую до $\frac{1}{2}$ налита вода, несколько мелких кусочков угля, которые плавали бы на воде. Прокипятить воду в течение 1—2 мин. Воздух выходит из пор, и уголь тонет в воде.

б) ПОГЛОЩЕНИЕ УГЛЕМ ГАЗОВ

● 1. В две запаянные с одного конца трубки диаметром $1\frac{1}{2}$ — 2 см и длиной 15—20 см (или в две пробирки) собрать в одну хлористый водород HCl (стр. 245), в другую аммиак NH_3 (стр. 360). Обе трубки могут быть помещены в одной ванне (см. т. I, стр. 273) и укреплены в зажимах штатива на такой высоте, чтобы нижний край трубки отстоял от дна ванны на $2\frac{1}{2}$ —3 см.

Опыт. Кусочек угля (удобно взять «рисовальный») длиной 2—3 см внести щипцами в пламя горелки и накалил докрасна. Затем быстро погрузить уголь в ванну со ртутью и, подведя под одну из трубок с газом, вставить концом в трубку и отпустить. Уголь всплывает на поверхность ртути, которая сейчас же начинает подниматься и обыкновенно заполняет трубку почти доверху.

То же самое проделать и со вторым кусочком угля, впуслав его во вторую трубку.

По окончании опыта можно вынуть угольки из трубок и показать, что они при сближении образуют дымок нашатыря NH_4Cl .

Уголь можно взять и обыкновенный, из печи. Нужно выбрать кусок плотнее и обточить в виде палочки.

Беря уголь щипцами, ему следует придать такое положение, чтобы потом его удобно было подвести под отверстие трубки.

● 2. Для демонстрации адсорбционной способности угля (и других веществ) можно обойтись и без ртути. Для этого служит прибор, изображенный на рисунках 309 и 310. Рисунок 309 показывает применение прибора для опыта с газом тяжелее воздуха (HCl), рисунок 310 — для газа легче воздуха (NH_3).

Опыт. Газ тяжелее воздуха (вытеснение воздуха) в обычный цилиндр для собирания газов и закрыть стеклом (это можно сделать до урока). Снять стекло, быстро всыпать в цилиндр ложку измельченного хорошо прокаленного угля и сейчас же закрыть ци-

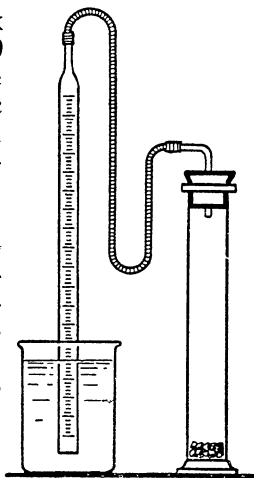


Рис. 309. Поглощение газов углем (1).

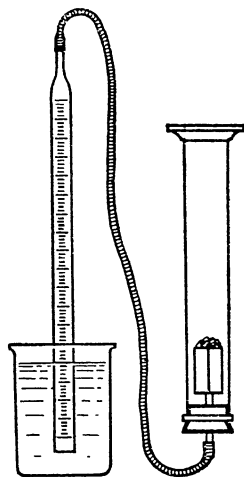


Рис. 310. Поглощение газов углем (2).

линдр хорошо подогнанной пробкой (лучше резиновой), в которую вставлена стеклянная трубка, соединенная резиновой с бюреткой. Бюретка укреплена на штативе, и ее отверстие погружено в стакан с подкрашенной водой. При встряхивании цилиндра газ поглощается углем, и вода в бюретке быстро поднимается.

Газ легче воздуха собрать в опрокинутый цилиндр. Сняв стекло, в цилиндр вдвинуть снизу свернутую из бумаги коробочку, наполненную углем, и сейчас же закрыть цилиндр пробкой, соединенной с бюреткой. После перевертывания и встряхивания цилиндра вода в бюретке сейчас же начинает подниматься.

Нельзя брать слишком большие цилиндры, так как в таком случае воду может всосать в цилиндр.

● ● 3. **Опыт.** В цилиндр «налить» паров брома, наклонив склянку с бромом так, чтобы жидкий бром из нее не вытекал.

Бросить в цилиндр измельченный в мелкие кусочки (не в порошок) **уголь**, закрыть цилиндр пробкой и встряхнуть несколько раз. Бурый цвет брома пропадает.

Для лабораторного опыта вместо цилиндра взять пробирку.

Вместо паров брома, можно взять двуокись азота NO_2 , нагрев в пробирке кристаллик азотнокислого свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

○ 4. **Опыт.** В стеклянный бюкс, наполненный на $\frac{1}{3}$ обрезками стеклянных трубок, наливают 25-процентный раствор **аммиака** с таким расчетом, чтобы уровень жидкости был на 1 см ниже поверхности стекла. На стекло кладут кусочек **древесного угля** и бюкс плотно закрывают крышкой. Так же заряжают второй бюкс, но в него наливают **концентрированную соляную кислоту**. Если вынуть из бюксов угли и сблизить их, то появляется белый дым, который собой представляет диспергированный хлористый аммоний, образовавшийся в результате взаимодействия хлористого водорода и аммиака. При разведении углей в стороны, наблюдается исчезновение дыма, при повторном сближении углей дым снова появляется.

○ 5. Использование адсорбционных свойств угля для хранения газов (В. С. Полосин). Адсорбционные свойства угля позволяют использовать его для хранения многих, предварительно полученных газов, с которыми предполагается проводить демонстрационные и лабораторные работы в классе. «Насытив» активированный уголь газом (паром), при постановке опытов на уроке его можно выделить. Это позволяет во многих случаях обойтись без газометра, не получать газы на уроке, расширить круг лабораторных работ, включив в них опыты с вредными газами, которые обычно не ставят из-за отсутствия тяги.

При подготовке опытов газы адсорбируют предварительно прокаленным в тигле активированным углем. Сухой активированный уголь насыпают в колбу и пропускают осушенный газ, все время энергично встряхивая колбу и периодически охлаждая ее водой (при адсорбции выделяется значительное количество тепла). Если адсорбируемый газ легче воздуха, например аммиак, колбу опрокидывают вверх дном (рис. 311). После насыщения газом уголь насыпают в банку, закрывают резиновой пробкой и наклеивают этикетку, например: «Уголь (+ SO_2)», «Уголь (+ HCl)» и т. д. Для каждого газа следует заготовить вторую банку, в которую сыпают отработанный после опытов уголь; на эти банки наклеивают этикетки с такими надписями: «Уголь ($-\text{SO}_2$)», «Уголь ($-\text{HCl}$)» и т. д. Не следует

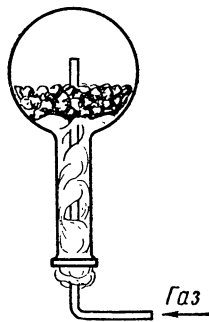


Рис. 311. Поглощение газов углем(Э).

смешивать уголь, десорбированный от различных газов, так как полной десорбции не наступает даже при сильном нагревании. После прокаливания десорбированный уголь снова можно насытить тем газом, который он адсорбировал ранее.

Пример использования угля, насыщенного газом: при изучении физических свойств хлора в пробирку насыпают несколько крупинок угля ($+Cl_2$) и слегка подогревают. При этом хорошо ощущается запах хлора и видна его окраска. При постановке опытов, характеризующих взаимное вытеснение галогенов, в пробирку наливают 2—3 мл раствора бромистого натрия и бросают несколько крупинок угля ($+Cl_2$). Вследствие вытеснения брома хлором жидкость принимает бурое окрашивание.

○ 4. Для иллюстрации действия противогаса можно воспользоваться прибором, изображенным на рисунке 312.

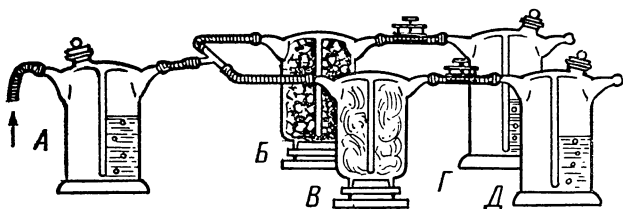


Рис. 312. Иллюстрация действия противогаса (1).

В склянку Тищенко *A* (см. т. I, стр. 265—271) наливается хлорная вода, в склянки *Г* и *Д* — раствор крахмала (стр. 282) с раствором йодистого калия KJ .

В склянку Тищенко для сухих веществ *Б* помещается уголь, измельченный в кусочки — от размера в спичечную головку до в 2—4 раза большего размера — и отсеянный от пыли. Во вторую такую же склянку *В* — обыкновенная вата.

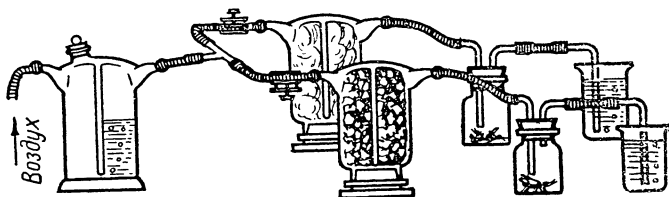


Рис. 313. Иллюстрация действия противогаса (2).

Опыт. Продувать или просасывать при помощи водоструйного насоса или аспиратора воздух через всю систему. Сразу же отчетливо видно, что содержащийся в воздухе хлор задерживается в склянке с углем и не задерживается в склянке с ватой,

так как раствор крахмала в склянке *Д* быстро синее, такой же раствор в склянке *Г* остается бесцветным.

Для того чтобы воздух шел через склянки с одинаковой скоростью, ток воздуха регулируется винтовыми зажимами на резиновых трубках.

При продолжительном пропускании воздуха или при быстром его токе хлор начинает через некоторое время «проскакивать» через склянку *Б* и жидкость в склянке *Г* синее.

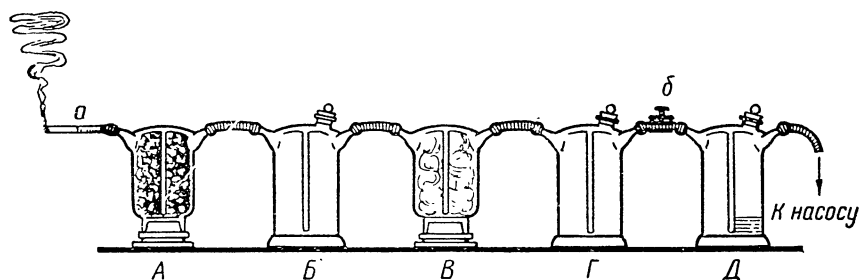


Рис. 314. Иллюстрация действия противогаса (3).

Ясно, что склянки *А*, *Г* и *Д* могут быть заменены иными промывными склянками (см. т. I, стр. 265—271); склянки *Б* и *В* — колонками (см. т. I, стр. 268) или широкими трубками, закрытыми с концов пробками с трубками.

Склянки с раствором йодистого калия и крахмала можно заменить баночками, в которые поместить по таракану, как на рисунке 313, или по мухе.

Скорость тока воздуха, содержащего хлор, регулируется зажимами. Следить за этим можно по пузырькам в стаканчиках с водой. Воздух через оба сосуда должен проходить с одной и той же скоростью.

Через несколько минут таракан в баночке, соединенной со склянкой Тищенко, наполненной ватой, умирает, второй же продолжает жить.

○ 5. Параллельно с только что описанным опытом для разъяснения устройства противогаса полезно показать, что уголь не удерживает дыма (распыленное *ОВ*), вата же удерживает.

Для опыта можно воспользоваться пятью склянками Тищенко (см. т. I, стр. 265), как показано на рисунке 314. Склянка *А* наполнена кусочками угля, склянка *Б* пустая, склянка *В* наполнена ватой, склянка *Г* пустая. Склянка *Д* с небольшим количеством воды, чтобы можно было следить за скоростью движения через прибор воздуха.

Резиновая трубка *б* с **винтовым зажимом** соединяет прибор с разрезающим водоструйным **насосом** или аспиратором.

На отросток склянки *А* надевается **папироса**. Если отросток для этого не годится, к нему присоединяется на кусочке резиновой трубки стеклянная трубочка подходящего диаметра или мундштук.

Опыт. Пустить в действие насос или аспиратор и установить **небыстрый ток воздуха** через прибор.

Зажечь папиросу и урегулировать ток воздуха так, чтобы папироса горела нормально, как при курении.

Дым проходит свободно через склянку *А* с углем и виден в пустой склянке *Б*. Ватой же в склянке *В* дым задерживается и в склянке *Г* его не видно.

За приборами следует поместить **черный фон**. Вместо насоса или аспиратора можно воспользоваться резиновой грушей (см. т. I, стр. 129), присоединив ее к последней склянке задним концом на широкой резиновой трубке. Таким образом, она будет всасывать воздух из прибора.

Применение склянок Тищенко очень облегчает и упрощает сборку прибора. За неимением достаточного числа склянок Тищенко их, конечно, можно заменить и другими сосудами: склянки для сухих веществ — колонками или U-образными трубками, склянку *Д* — обычной промывной склянкой, пустые склянки *Б*, *Г* — колбами, банками и т. п.

Прибор В. Н. Верховского, иллюстрирующий действие противогаса (рис. 312), можно заменить прибором, изображенным на рисунке 315. Вместо пяти склянок Тищенко берется широкая стеклянная трубка диаметром 3—4 см и длиной 35—40 см, закрытая с обоих концов резиновыми пробками. В верхнюю пробку вставлена газоотводная труба (*а*), соединенная с аспиратором, в нижнюю пробку вставлена согнутая стеклянная трубка (*в*), на которую плотно надевается папироса (*с*). Для большей герметичности место соединения трубки с папиросой следует обмотать изоляционной лентой.

В нижнюю часть трубки насыпают активированный уголь, в среднюю часть вставляют рыхлый тампон из ваты.

Открывая кран аспиратора, поджигают папиросу, которая

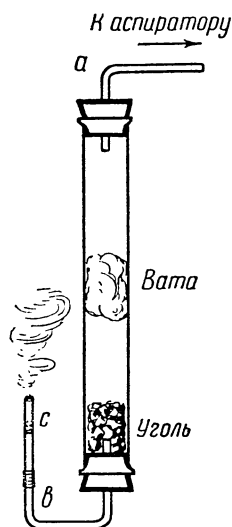
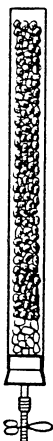


Рис. 315. Иллюстрация действия противогаса (4).

начинает «куриться». При этом отчетливо видно, что уголь не поглощает табачного дыма, а вата задерживает его.

в) АДСОРБЦИЯ УГЛЕМ РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

●● **Опыт.** В стакан со слабым раствором индиго (см. т. I, стр. 389) прибавить немного раствора сернистого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (ammonium sulfuratum) или сероводородной воды. Показать и дать понюхать раствор учащимся. Всыпать в раствор несколько **ложек** измельченного в порошок древесного угля (sago ligni pulvis subtilis) и, хорошо взболтав стеклянной палочкой, профильтровать через слоеный фильтр (см. т. I, стр. 354) в **колбу** или второй стакан. Фильтрат получается бесцветный и без запаха.



○ 2. Задача опыта — показать принцип действия адсорбционного фильтра, имеющего большое применение в технике.

Для опыта нужна широкая стеклянная трубка диаметром 3—4 см и длиной 40—50 см, снабженная пробкой со вставленной в нее короткой трубкой, на которую надета резиновая трубка с зажимом (рис. 316). В трубку насыпается небольшой слой битого стекла или крупного гравия и затем почти доверху крупнозернистый уголь.

Опыт. В трубку, укрепленную на штативе, приливать понемногу слегка **подкрашенную** индиго, фуксином или чернилами **воду**.

Приоткрывая зажим, выпускать через слой угля воду в **стакан**. Регулируя отток воды, можно достигнуть того, что вода будет вытекать из трубки совершенно **обесцвеченная**.



г) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКИСИ СВИНЦА УГЛЕМ

Рис. 316.
Адсорбционный
фильтр.

●● Для опыта требуется **окись свинца** PbO (plumbum oxudatum), сажа (не уголь) и **сернистокислый натрий** Na_2SO_3 в порошке (natrium sulfurosum siccum), который играет роль **плавня**.

Отвесить 40 г свинца, 1 г сажи и 5 г сернистокислого натрия в отдельных стаканчиках.

Опыт. Тщательно смешать в **фарфоровой ступке** приготовленные порошки и пересыпать смесь в **железный** или **фарфоровый тигель** диаметром 4—5 см. Тигель закрыть крышкой, поместить на треугольнике в кольцо штатива и прокалить на **сильной горелке** (4—5 мин). Когда тигель остынет, перевернуть его **щипцами**, вытряхнуть содержимое на лист бумаги и извлечь получившиеся **шарики свинца**.

За неимением сернистокислого натрия можно обойтись и без него, но нагревать придется дольше.

3. Получение карбида кальция

а) НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ СОЕДИНЕНИЕ КАЛЬЦИЯ С УГЛЕМ

● ● Для получения небольшого количества карбида кальция CaC_2 зажигают стружки кальция (*calcium metallicum tornatum*) на куске угля. Часть кальция сгорает, а часть за счет выделяющегося при этом тепла вступает в реакцию с углем, образуя карбид кальция CaC_2 .

Кусок угля следует взять побольше (уголь для паяльной трубки, см. т. I, стр. 384). В угле сделать углубление в 2—3 см диаметром. В углублении оставить мелкие кусочки угля.

Опыт. Насыпать в углубление угля чайную ложку стружек кальция и смешать их с кусочками угля. Сверху насыпать еще одну-две ложки стружек кальция. Зажечь кальций при помощи газовой горелки или свечи и паяльной трубки (см. стр. 66). Кальций сгорает очень бурно, причем мелкие кусочки горящего кальция иногда разлетаются в стороны. Поэтому если имеется **асбестовый картон**, то лучше подложить под уголь кусок картона.

Когда оставшаяся на угле масса извести и карбида кальция немного остынет, снять ее с угля **щипцами**. Плотно приставшие кусочки можно отделить **ножом**.

Всю смесь (вместе с приставшими кусочками угля) поместить в **пробирку с газоотводной трубкой**, как на рисунке 317. Прилить в пробирку немного воды и, когда можно будет думать, что весь воздух вытеснен, зажечь выделяющийся ацетилен, который горит сильно коптящим пламенем. Можно зажечь ацетилен и в открытой пробирке.

Опыт обыкновенно удается очень хорошо, и образовавшегося карбида кальция хватает для получения достаточного количества ацетилена.

б) ПОЛУЧЕНИЕ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

● Опыт состоит в нагревании пламенем вольтовой дуги смеси угля с известью CaO или мелом CaCO_3 и является примером технического применения вольтовой дуги для нагревания.

Для успеха опыта нужно иметь возможность получить **вольтовую дугу** при токе около 25 а, для чего провода должны быть в диаметре около 2,5 мм. Непродолжительное время можно пользоваться и более тонкими проводами, но тогда за температурой проводов необходимо очень внимательно следить, так как иначе может сгореть изоляция.

Для получения вольтовой дуги напряжение должно быть 30—40 в при переменном токе и 40—50 в при постоянном. Если

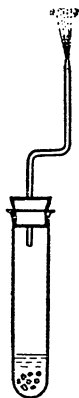


Рис. 317.
Горение ацетилена.

напряжение в цепи больше 40 в при переменном токе и 50 в при постоянном, то в цепь необходимо ввести сопротивление. Величину сопротивления нужно взять с таким расчетом, чтобы мог получиться ток в 25 а. При расчете можно принять среднее напряжение, нужное для дуги при переменном токе, равное 35 в, и при постоянном, равное 45 в.

Как производится расчет, ясно из следующего примера. Предположим, что имеется переменный ток с напряжением в 110 в. Падение потенциала в реостате должно быть, следовательно, $110 - 35 = 75$ в. По закону Ома $R = \frac{U}{I}$ при силе тока $I = 25$ а и при $U = 75$ в сопротивление R будет равно $\frac{75}{25} = 3$ ом.

Для наших целей точно подгонять найденное сопротивление надобности нет. Если имеется реостат со скользящим контактом, то достаточно установить контакт таким образом, чтобы сопротивление было приблизительно 3 ом. Дуга получается и при несколько большем или меньшем сопротивлении. Однако если сопротивление велико, то дуга может получиться слишком маленькая. Расстояние между электродами придется установить настолько близкое, что это трудно будет сделать от руки, дуга будет легко гаснуть.

Нужный для опыта прибор изображен на рисунке 318. Его можно приготовить своими силами. Для устройства прибора нужен **графитовый тигель**, высотой 7—8 см. Для прикрепления к тиглю провода можно воспользоваться **медной** или **латунной проволокой**, которой несколько раз плотно обернуть верхнюю часть тигля, приложив к ней предварительно зачищенный конец провода (шнура). Концы проволоки закручиваются плоскогубцами.

Если желательно, чтобы прибор имел более аккуратный вид (как на рис. 318), то можно взять **латунную пластинку** толщиной около 1 мм и шириной 2—2,5 см. Выгнуть пластинку по размерам тигля, отогнуть концы под прямым углом, сделать в них отверстия, надеть пластинку

на тигель и стянуть концы при помощи винта с гайкой.

Пластинка должна прилегать к тиглю **возможно плотно**. К этой пластинке присоединить провод. Тигель служит одним из электродов. Вторым электродом является уголь для дуговой

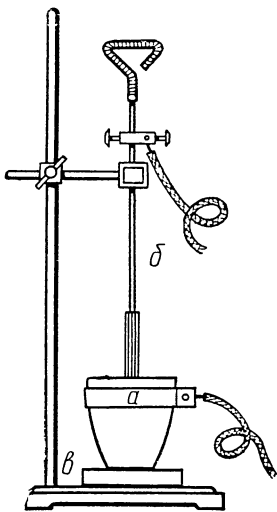


Рис. 318. Получение карбида кальция (1).

лампы диаметром $1\frac{1}{2}$ —2 см. Уголь следует прикрепить к стержню *б* из толстой (около 5 мм диаметром) железной или медной проволоки длиной 20—25 см. Лучше всего сделать на конце стержня винтовую нарезку и, высверлив в угле дрелью соответствующих размеров отверстие, накрутить уголь на стержень. Можно также разбить конец стержня в пластинку и, изогнув ее, как на рисунке 319, прикрутить к углю тонкой проволокой. Поверхность угля в том месте, где к нему прилегает плоская часть стержня, нужно предварительно плоско спилить напильником, а с противоположной стороны угля сделать несколько зарубок, чтобы проволока не сползла.

Стержень *б* вставить в аккуратно просверленное в корковой пробке отверстие. Стержень должен с некоторым трением, но легко передвигаться в пробке, для чего его полезно немного смазать салом или вазелиновой мазью. На стержень следует надеть и привинтить клемму для укрепления провода (рис. 318). Верхнюю часть стержня, чтобы его удобнее было передвигать, можно изогнуть, как на рисунке 318, причем для изоляции следует надеть на него обресток резиновой трубки.

Присоединенные к тиглю и к углю провода должны быть, конечно, изолированные. Удобнее всего воспользоваться шнуром, употребляемым при проводке электрического освещения. Толщина проводов указана выше.

Тигель следует поместить на доску штатива, подложив для изоляции фарфоровую пластинку *в*, блюдечко или кусок асбестового картона. Чтобы тигель хорошо стоял, дно его иногда приходится выравнивать крупным напильником. Пробку, в которую вставлен стержень *б*, укрепить в зажиме штатива подале от тигля, но на такой высоте, чтобы конец угля мог доходить до дна тигля.

В качестве материала для получения карбида кальция лучше всего взять смесь 1 в. ч. угля с 3 в. ч. мела CaCO_3 .

Древесный уголь для опыта малопригоден, так как он очень рыхл и во время опыта разлетается из тигля. Поэтому лучше всего растереть в ступке не слишком мелко несколько кусков угля для дуговых ламп. Мел не следует брать чистый, отмученный, а лучше также растереть в ступке кусок природного мела.

Оба порошка отвесить в отдельных стаканчиках и выставить на лекционный стол.

Опыт. Смешать в ступке отвешенные порошки, поднять угольный стержень кверху и всыпать в тигель 3—4 ложки смеси.



Рис. 319.
Прикрепление угля к проволоке.

Проверив, в порядке ли прибор и не может ли где-нибудь получиться короткое замыкание, включить ток и опустить уголь почти до дна тигля. При этом уголь полезно поворачивать около его оси в ту и другую сторону, чтобы раздвинуть лежащую в тигле смесь.

Опустив уголь на некоторую глубину, сейчас же слегка поднять его и, если дуга не образовалась, повторить то же еще несколько раз. Когда образуется дуга, уголь нужно слегка покачивать из стороны в сторону, чтобы смесь прогревалась на большем пространстве.

Через 2—3 мин в том месте тигля, где находится дуга, образуется сплавленная масса карбида кальция с орех величиной. Тогда опыт можно прекратить: поднять уголь и выключить ток.

Затем взять тигель **щипцами** и вытряхнуть из него избыток смеси.

Карбид кальция обыкновенно оказывается плотно приплавленным ко дну тигля. Если не удастся отделить карбид щипцами, можно отковырнуть его задним концом **напильника**.

Карбид кальция разбить на кусочки **молотком** (на **наковальне**, на дне железной ступки и т. п.).

Несколько кусочков отложить для того, чтобы потом показать учащимся, а остальные поместить в **пробирку с газотводной трубкой** (рис. 317) и, как указано на странице 431, прилить воды и зажечь выделяющийся ацетилен.

Так как при получении карбида кальция приходится смотреть непосредственно на пламя вольтовой дуги, то весьма полезно иметь темные очки или хотя бы темно-синее стекло, так как иначе глаза сильно страдают.

Прибор можно значительно упростить, если вместо графитового тигля воспользоваться куском кокса, в котором сделать небольшое углубление. Провод прикручивается к коксу проволокой (рис. 320).

Опыт производится так же, как описано выше.

4. Получение ацетилена действием воды на карбид кальция и опыты с ацетиленом

Карбид кальция CaC_2 (calcium carbide) продается обыкновенно в герметически закрытых жестянках.

Вскрываются жестянки при помощи отвертки и т. п. инстру-

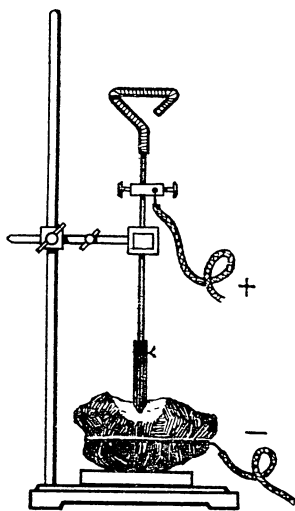


Рис. 320. Получение карбида кальция (2).

мента, конец которого просовывается под отогнутый край крышки. Вскрывать нужно не спеша, приподнимая крышку с разных сторон и стараясь ее не изогнуть. Тогда карбид кальция закроется и будет храниться в этой же самой жестянке, так как плотно закрытая крышка держит очень хорошо. Во всяком случае сосуд с карбидом кальция должен быть всегда герметически закрыт, так как влага воздуха сильно действует на карбид.

При вскрытии жестянки рядом не должно быть огня, так как иногда в жестянках скопляется некоторое количество ацетилена.

Если придется держать карбид кальция в стеклянном сосуде, то пробку необходимо залить парафином (см. т. I, стр. 235). Стеклянную пробку следует смазать вазелиновой мазью (см. т. I, стр. 239).

○ 1. Для получения ацетилена удобнее всего воспользоваться **колбочкой** на 250—300 мл с капельной воронкой (см. т. I, стр. 248, рис. 276, *д* или *е*). Карбид кальция взять в виде маленьких кусочков (разбить молотком осторожно, чтобы осколки и пыль не разлетались в стороны и не попали в глаза). Класть много карбида не нужно, достаточно взять 2—3 чайные ложки.

Реакция идет очень бурно, и получающийся ацетилен обыкновенно содержит много водяного пара и капелек воды. Поэтому при нижеописанных опытах с горением ацетилена газ полезно пропускать через **трубку с хлористым кальцием** CaCl_2 (см. т. I, стр. 269).

Для получения яркого некопящего пламени ацетилена желательна особая горелка с сильным притоком воздуха (рис. 321), дающая плоское пламя. Это пламя получается при столкновении двух сильных струй горящего газа, выходящих из двух рожков горелки. За неимением такой горелки можно воспользоваться наконечником от велосипедного или автомобильного ацетиленового фонаря (на рис. 322 изображен в увеличенном виде).

Наконечник можно присоединить к стеклянной трубке на резине.

Опыт. Если есть тяга, то лучше расположить прибор *под тягой*, так как из-за посторонних примесей ацетилен, получаемый действием воды на карбид кальция, имеет резкий, неприятный запах.

Пустить воду очень медленно, по каплям. Реакция идет весьма бурно.

Когда *весь воздух из прибора будет вытеснен*, испытать ацетилен в пробирке и проделать следующие опыты.

1) Собрать ацетилен в цилиндр на пневматической ванне и

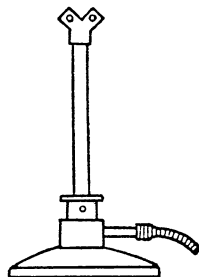


Рис. 321. Ацетиленовая горелка.

затем, приливая в цилиндр воду, зажечь выходящий из цилиндра ацетилен.

2) Зажечь ацетилен у отверстия газоотводной трубки. Пламя получается сильно коптящее.

3) Зажечь ацетилен в обыкновенной **бунзеновской горелке**: пламя, несмотря на доступ воздуха, получается все-таки сильно коптящее.

4) Зажечь ацетилен в **горелке Бунзена**: пламя получается очень яркое и некоптящее.

За неимением горелки можно показать яркое пламя ацетилена, вдвывая в коптящее пламя воздух при помощи паяльной трубки (ртом или лучше посредством резинового баллона). Можно зажечь ацетилен у конца тонко оттянутой трубки.

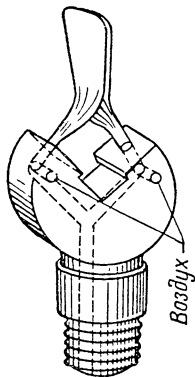


Рис. 322. Накопчик ацетиленовой горелки.

5) Потушить горелку и, присоединив **газоотводную трубку**, пропустить несколько пузырьков ацетилена через находящийся в бокале раствор небольшого количества **полухлористой меди** Cu_2Cl_2 (*сиргум monochloratum album*) в концентрированном **аммиаке** (раствор получается не бесцветный, а синий, но это успеху опыта не мешает). Ацетилен дает в растворе кирпично-красный осадок ацетиленистой меди Cu_2C_2 . Дать осадку немного отстояться, слить синий раствор и прибавить воды. Показать учащимся осадок и сейчас же вылить его в раковину, которую промыть сильной струей воды и выполоскать бокал. Можно заранее получить *небольшое* количество ацетиленистой

меди или серебра (пропускать ацетилен в аммиачный раствор окиси серебра, полученный приливанием аммиака к раствору азотнокислого серебра AgNO_3 , отфильтровать, промыть и высушить на воздухе, прямо на фильтре, в таком месте, где никто не мог бы трогать это *взрывчатое вещество*).

На уроке осторожно перенести фильтр на кусок жести и нагреть снизу горелкой; ацетиленистая медь взрывает без очень сильного звука.

При нагревании таким же образом ацетиленистого серебра происходит более сильный взрыв.

Не следует готовить эти вещества в сколько-нибудь значительных количествах. *С сухими веществами обращаться осторожно* — не растирать и не пересыпать, не хранить. Не следует также взрывать их ударом, так как в этом случае взрыв происходит гораздо более сильный и может представить опасность.

По окончании опытов, если карбид кальция еще не весь израсходован, продолжать приливание в колбу воды, пока не прекра-

тится выделение ацетилена, и тогда только разобрать прибор и вымыть. Если есть горелка для ацетилена, то выделяющийся ацетилен лучше всего сжигать.

● 2. Лабораторный опыт можно проделать так, как указано выше для карбида кальция, полученного при соединении кальция с углем. Вместо пробирки лучше взять «аптечную склянку»

Опыт. Положить в скляночку несколько небольших кусочков карбида кальция. Прилить немного воды и сейчас же закрыть баночку пробкой с прямой газоотводной трубкой (не оттянутой на конце). Испытать, весь ли воздух вытеснен (как это делалось при опытах с водородом), и, когда пойдет чистый ацетилен, зажечь его.

Дуwać в пламя ацетилена воздух паяльной трубкой и обратить внимание на различие в светимости пламени.

5. Получение болотного газа

●● Болотный газ получается нагреванием смеси безводного уксуснокислого натрия $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (natrium aceticum purum fusum) с натронной известью (natrium oxydatum hydricum cum calce).

Если имеется кристаллический уксуснокислый натрий (natrium aceticum crust.), то его следует предварительно обезвожить. Для этого соль нагревается в фарфоровой чашке на пламени горелки при постоянном помешивании стеклянной палочкой. Соль сначала плавится в кристаллизационной воде, затем, постепенно теряя воду, начинает пузыриться и превращается в белую массу. При дальнейшем нагревании масса снова плавится. Нагревание следует отрегулировать таким образом, чтобы процесс шел не слишком бурно. Под конец требуется более сильное нагревание, но не следует нагревать слишком сильно, так как в этом случае может начаться разложение соли с выделением угля. Когда образование пузырьков почти прекратится, обезвоживание можно считать окончанным. Полученную при остыва-

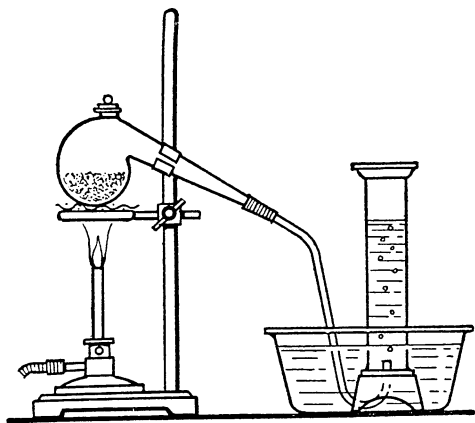


Рис. 323. Получение болотного газа.

ний массу следует измельчить и хранить в банке с залитой парафином пробкой.

Безводную соль (fusum) также полезно предварительно проплавить, так как она обыкновенно содержит некоторое количество влаги.

● ● На 1 в. ч. безводного уксуснокислого натрия взять около 2 в. ч. натронной извести, измельченной в порошок (можно воспользоваться остатками после отсеивания натронной извести, см. т. I, стр. 270). Оба вещества хорошо смешать в фарфоровой ступке.

Смесь поместить в **тугоплавкую реторту** на 100—150 мл. К реторте присоединить **газоотводную трубку** для собирания газа над водой (рис. 323). Реторту укрепить в зажиме штатива так, чтобы горло было направлено книзу. Для лабораторного опыта можно воспользоваться тугоплавкой или обыкновенной не тонкостенной пробиркой. Конiec газоотводной трубки погрузить в **пневматическую ванну** или чашку с водой.

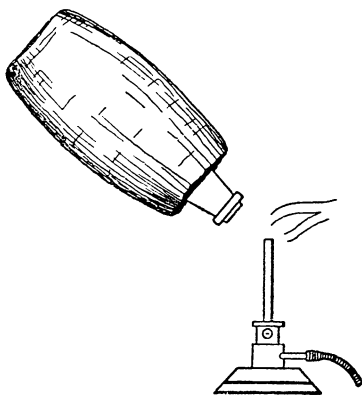


Рис. 324. Взрыв смеси болотного газа с воздухом.

Опыт. Осторожно прогреть реторту, подставить под нее горелку. Когда весь воздух будет вытеснен, газ собрать в цилиндр 25—30 см высотой (или в пробирку). Когда цилиндр наполнится газом, вынуть его из ванны, закрыв под водой **стеклышком**.

Сняв стеклышко, зажечь газ и вливать в цилиндр воду из **кружки** и т. п., пока весь газ не будет вытеснен.

Если желательно показать, кроме того, способность болотного газа давать с кислородом взрывчатую смесь, то можно еще наполнить газом $\frac{1}{3}$ **небольшого цилиндра** (15×4 см). Добавив

в цилиндр $\frac{2}{3}$ **кислорода** из газометра, закрыть цилиндр под водой **стеклышком** и, вынув из ванны, несколько раз повернуть, чтобы ускорить перемешивание газов. Затем, поместив цилиндр недалеко от зажженной горелки, снять стеклышко и сейчас же подвести отверстие цилиндра к пламени. Происходит довольно сильный взрыв. Прежде чем зажигать смесь, цилиндр следует **обвернуть полотенцем** на случай, если бы стекло не выдержало взрыва, хотя, впрочем, при указанных выше размерах цилиндра вряд ли это возможно.

С воздухом болотный газ дает взрывчатую смесь при содержании 1 ч. газа на 9 ч. воздуха.

Взрыв смеси болотного газа с воздухом можно показать в бутылке из-под лимонада (малого размера), так как в цилиндре взрыв получается слишком слабый.

Для опыта газ собирают в бутылку над водой. Бутылку перед опытом измеряют и наливают в нее столько воды, чтобы она занимала примерно $\frac{1}{10}$ часть. Таким образом, после впускания в бутылку болотного газа получится смесь 1 ч. газа с 9 ч. воздуха (10% метана), которая взрывает наиболее сильно.

Бутылку закрывают под водой пробкой и обвертывают полотенцем на случай, если бы бутылку разорвало. Затем, открыв пробку, сейчас же подносят отверстие бутылки к огню (рис. 324). Происходит взрыв.

6. Получение углекислого газа

а) ДЕЙСТВИЕ КИСЛОТ НА РАЗЛИЧНЫЕ УГЛЕКИСЛЫЕ СОЛИ

● ● Для опыта можно взять куски мрамора, мела, известняка CaCO_3 , соду Na_2CO_3 , поташ K_2CO_3 , магнезит MgCO_3 и другие соли угольной кислоты. При обливании этих веществ выделяется углекислый газ.

Мрамор, предпочтительно белый, разбить молотком на куски в орех величиной.

Мел, куском, должен быть природный. Следует заметить, что классный мел не всегда является пригодным для опытов. Некоторые сорта классного мела содержат значительные примеси магнезии и других посторонних веществ.

Известняк разбить, как и мрамор, на куски с орех величиной.

Соду Na_2CO_3 (natrium carbonicum), **поташ** K_2CO_3 (kalium carbonicum), **магнезит** MgCO_3 (magnesit) можно взять также в кусках или в порошке.

Мрамора взять по четыре куска в каждый бокал (пробирку), остальных же веществ — по одному куску.

Опыт. В бокалы (пробирки) с мрамором прилить: в один — **серной кислоты** H_2SO_4 (1 : 5), в другой — **соляной кислоты** HCl (кислоту уд. в. 1,12 разбавить равным объемом воды), в третий — **азотной кислоты** HNO_3 (кислоту уд. в. 1,4 разбавить 1—2 объемами воды), в четвертый — **укусной кислоты** $\text{H}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (30%). Во всех стаканах происходит реакция. Обратит внимание, что там, где была прилита серная кислота, реакция быстро прекращается из-за образования нерастворимого гипса CaSO_4 (в инструкции учащимся поставить соответствующий вопрос).

В остальные сосуды (с известняком, содой и т. д.) прилить понемногу соляной или любой другой из приготовленных кислот.

6) ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

● ● Углекислый газ удобнее всего получить действием соляной кислоты на мрамор.

Мрамор (см. выше) следует разбить молотком на куски с орех величиной. **Соляная кислота** должна быть разбавленная: на 1 объем кислоты (уд. в. 1,12) — 1 объем воды или на 1 объем кислоты (уд. в. 1,19) — 4 объема воды. С более концентрированной кислотой реакция идет слишком бурно.

Наиболее удобный прибор для получения углекислого газа — это **прибор Киппа** (см. т. I, стр. 261), но можно воспользоваться и любым другим достаточно большим прибором, так как для большинства опытов требуется сильная струя газа.

Сушить и промывать углекислый газ в школьных опытах нет необходимости.

Мрамор для получения CO_2 заменить известняком. Если же имеется только мел, то на порошок его действуют серной кислотой (1 : 5). При получении углекислого газа действием кислоты на соду кислоту приливают по каплям через воронку с краном (см. т. I, стр. 248). Очень удобно пользоваться специальными баллонами, наполненными углекислым газом (см. т. I, стр. 162).

7. Свойства углекислого газа

а) НАПОЛНЕНИЕ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ СОСУДОВ

○ 1. Приготовить изогнутую, как на рисунке 325, толстую проволоку или металлическую пластинку, подходящую к **большому стакану** или банке на 4—6 л. На каждую ступеньку полученной лестницы укрепить по небольшому кусочку елочной свечи.

Опыт. Зажечь свечи и, опустив до дна сосуда газоотводную трубку от **аппарата для получения углекислого газа**, пустить сильный ток газа. Когда потухнет предпоследняя свечка, пропускать газ еще некоторое время и показать, что верхняя свечка при этом не гаснет, так как газ стекает через край сосуда.

«Ступеньки» лестницы не должны быть слишком узкие, так как в последнем случае от пламени нижних свечек будут подтаивать и падать верхние. Вместо того чтобы укреплять свечи на лесенке, можно прикрепить к куску картона несколько свечей разной длины и опустить вместе с картоном в сосуд.

● 2. При лабораторном опыте **прибор** для получения углекислого газа CO_2 может быть очень простым — из любого пузырька, банки и т. п., закрытого пробкой с газоотводной трубкой (рис. 326). Для доливания кислоты во время опыта просто приоткрывается пробка. Небольшая примесь воздуха к углекислому газу не повредит, и смесь не представит, конечно, никакой опасности.

Собирать углекислый газ можно в любой большой **сосуд**: батарейный стакан, банку для варенья и т. п., причем для лабораторного опыта можно взять и непрозрачный сосуд: жестянку, глиняную банку или горшок, кувшин, картонную коробку и т. д., мобилизуя для урока все, что окажется под руками.

Лесенку и т. п. приспособления можно для лабораторного урока и не делать. Учащиеся могут следить за наполнением сосуда, опуская в него время от времени зажженную длинную **лучинку**. Опускать нужно *быстро*, особенно если сосуд невелик, так как при медленном опускании в сосуде образуется ток воздуха и часть углекислого газа уходит из сосуда.

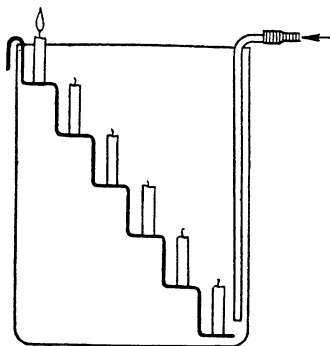


Рис. 325. Наполнение сосуда углекислым газом (1).

б) ВЫЧЕРПЫВАНИЕ И ПЕРЕЛИВАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

●● К картонному кружку прикрепить маленький огарок восковой или парафиновой **свечки**. Опустить кружок со свечкой в стакан на 150—200 *мл* (рис. 327).

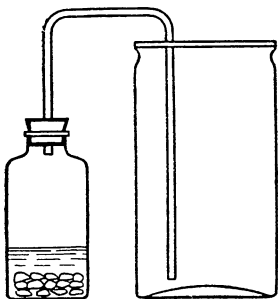


Рис. 326. Наполнение сосуда углекислым газом (2).

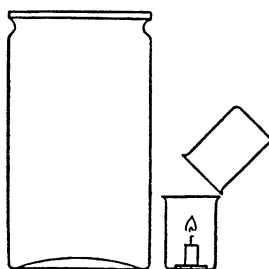


Рис. 327. Тушение свечки углекислым газом.

Опыт. Зажечь лучинкой свечку в стакане. Затем из наполненного во время предыдущего опыта углекислым газом сосуда вынуть лесенку со свечками. Погрузить в сосуд стакан (жестянку, картонку) на 600—700 *мл*.

Вынув стакан, перелить из него зачерпнутый углекислый газ в стакан с горящей свечкой. Свечка сейчас же гаснет.

При зачерпывании нужно погружать стакан в сосуд с углекислым газом не спеша, осторожно и, погрузив, несколько секунд подержать его там.

При выливании углекислого газа следует стакан с газом поднести близко к стакану со свечкой, не наклоняя раньше времени, а затем плавно наклонить так, чтобы край одного стакана прикасался к краю другого (рис. 327). После небольшого навыка опыт удаётся хорошо.

Если, после того как сосуд был наполнен газом, придется некоторое время задержаться, то лучше, прежде чем начинать описываемый опыт, добавить немного углекислого газа и испытать зажженной лучинкой, достаточно ли наполнен сосуд.

в) ПЕРЕЛИВАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО
ГАЗА СИФОНОМ

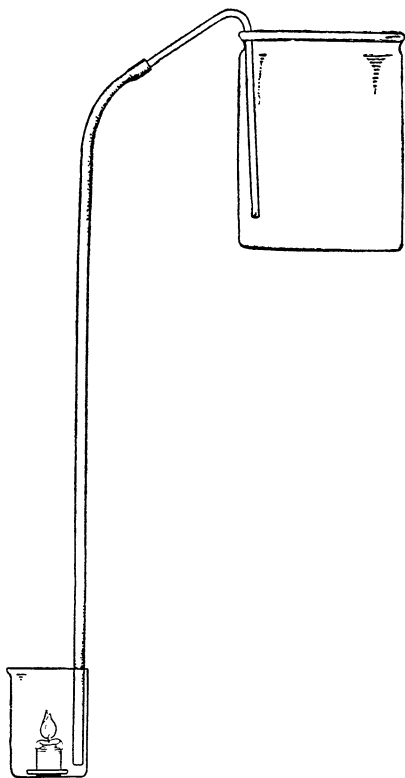


Рис. 328. Переливание углекислого газа сифоном.

● ● Для этого опыта можно воспользоваться теми же приборами, что и для предыдущего. Нужно только, чтобы резиновая трубка, присоединенная к аппарату для получения углекислого газа, была длиной около 100 см и диаметром около 1 см. Присоединенная к каучуку стеклянная трубка, погруженная в наполняемый сосуд, также должна быть диаметром около 1 см и изогнута, как на рисунке 328.

Опыт. Опрокинуть стакан со свечкой (опыт б), чтобы удалить из него углекислый газ, и затем снова зажечь свечку. Добавить в большую банку углекислого газа доверху.

Отделить резиновую трубку от прибора для получения углекислого газа и, зажав конец ее пальцами, опустить в стакан со свечкой. Поднять другой рукой сосуд с углекислым газом (рис. 328) и опустить резиновую трубку. Газ перетекает в стакан, и свечка гаснет.

Вместо опыта с сифоном можно показать опыт переливания

углекислого газа по **наклонной плоскости**, для этого делается более или менее длинный **желоб** из картона, по которому углекислый газ и переливается из большого стакана в ниже поставленный маленький стакан с горящей свечкой.

г) ТУШЕНИЕ ГОРЯЩЕГО БЕНЗИНА

●● Выливая значительное количество углекислого газа, можно потушить большое пламя. Поэтому углекислый газ применяется на практике для тушения пожаров (огнетушители) особенно в тех случаях, когда горят вещества, которые нельзя тушить водой, как нефть, керосин, бензин (жидкости, не смешивающиеся с водой и легче воды). Можно показать опыт тушения углекислым газом большого пламени бензина.

Опыт. Добавить углекислого газа в употреблявшийся для предыдущих опытов **большой сосуд**.

Налить в тонкостенный **стакан** (жестянку и т. п.) на 500—600 *мл* 5—10 *мл* **бензина**. Стакан поместить в фарфоровую чашку, на сковородку и т. п. на случай, если бы он во время опыта лопнул. Отставить склянку с бензином подальше в сторону и зажечь бензин в стакане, бросив в него зажженную спичку. Когда бензин разгорится, влить в стакан с бензином немного воды из приготовленной **колбы с водой**, чтобы показать неприменимость воды для тушения горящего бензина (он плавает на поверхности воды и продолжает гореть), и затем залить пламя углекислым газом.

Вливая воду в стакан с горящим бензином, нужно стараться не попадать на горячие стенки стакана, чтобы он не лопнул.

При заливании пламени углекислым газом банку с ним нужно поднести к самому стакану и затем плавно опрокинуть, почти касаясь краем банки стакана.

Бензина не нужно наливать слишком много. Опыт обыкновенно удается вполне хорошо, но на всякий случай следует приготовить **кусочек картона**, которым можно было бы прикрыть стакан, чтобы затушить бензин в случае неудачи опыта.

д) ДИФФУЗИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

●● Для того чтобы у учащихся не составилось ложного представления, будто углекислый газ настолько «тяжел», что остается в сосуде неопределенно долгое время, полезно провести опыт с диффузией углекислого газа.

Опыт. Наполнить углекислым газом 3—4 одинаковых стакана (чайных). Оставить их открытыми и через каждые 10 *мин* испытывать быстрым опусканием горящей лучинки сначала в первом стакане, а затем во втором и т. д.

Можно, конечно, производить испытания и в одном и том же

стакане, но тогда можно было бы объяснить уменьшение количества газа производимыми испытаниями.

е) РАСТВОРЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВОДЕ

● **Опыт.** 1. Наполнить углекислым газом склянку на $3-3\frac{1}{2}$ л. Закрывать склянку пробкой. Погрузить склянку в чашку с водой, по возможности холодной, и вынуть пробку. Вода начинает понемногу входить в склянку с газом.

Когда немного воды войдет в склянку, дальнейшее растворение газа можно усилить встряхиванием склянки, причем горлышко склянки должно, конечно, оставаться под водой. Склянка заполняется водой меньше чем до половины.

● 2. Наполнить углекислым газом небольшую баночку или пробирку, влить в нее около $\frac{1}{3}$ объема холодной воды, закрыть ладонью и сильно взболтать. Сосуд «присасывается к руке». Объяснить, почему.

3. Наполнить сухую пробирку углекислым газом. Налить около половины пробирки холодной воды, закрыть пальцем и отметить уровень воды колечком, отрезанным от резиновой трубки.

Сильно встряхнуть пробирку, погрузить закрытое пальцем отверстие в стакан с водой и отнять палец. Вода входит в пробирку почти доверху.

Для сравнения повторить опыт с воздухом.

○ 4. Растворение углекислого газа в воде под давлением и выделение обратно при уменьшении давления было описано выше (стр. 118).

Выделение газа из раствора при уменьшении давления можно демонстрировать также при помощи «сифона» с сельтерской водой. Если сифон держать кверху дном, то, открывая кран, из него можно выпускать углекислый газ, причем растворенный в воде газ энергично выделяется.

ж) ЖИДКАЯ И ТВЕРДАЯ ДВУОКИСЬ УГЛЕРОДА

(Опыт был описан выше, см. т. I, стр. 412).

з) КИСЛОТНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

●● **Опыт.** Налить в бокал или стакан нейтрального раствора лакмуса и пропускать ток углекислого газа, пока лакмус не покраснеет. Красная окраска получается очень слабая. Лакмус должен быть очищенный (см. т. I, стр. 387).

и) НЕПРОЧНОСТЬ УГОЛЬНОЙ КИСЛОТЫ

●● Налить в химический стакан или в пробирку воды и пропускать ток углекислого газа. К раствору угольной кислоты

прилить немного **фиолетового** раствора лакмуса. Раствор окрашивается в **красный** цвет. стакан или пробирку нагреть до кипения раствора. **Красный** цвет раствора вследствие разложения угольной кислоты переходит в **фиолетовый** (нейтральная реакция).

к) ГОРЕНИЕ МАГНИЯ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

● ● Для опыта нужна большая **склянка** для сжигания веществ в кислороде (на $2\frac{1}{2}$ —3 л) или другой какой-либо широкогорлый сосуд, например бутылка для молока (см. т. I, стр. 171), банка и т. п.

Магний берется в виде ленты (*magnesium metallicum in laminis*). Кусок ленты длиной 35—40 см свертывается в плотную спираль. Для этого ленту следует туго накрутить на толстую проволоку или на стеклянную трубку. Концы длиной 8—10 см оставить прямыми и загнуть так, чтобы они были направлены по оси спирали.

Опыт. Наполнить склянку **углекислым газом** (при наполнении испытывать время от времени **горящей лучинкой**). Взять ленту за один конец щипцами, зажечь другой конец в пламени горелки и опустить в склянку с углекислым газом, стараясь по возможности не касаться пламенем горлышка склянки. Лента продолжает гореть со слабым треском. На случай, если бы лента потухла, рядом должна стоять горелка.

Опускать ленту нужно не слишком быстро, не слишком медленно. После небольшой практики легко научиться так опускать ленту, чтобы она почти наверняка не гасла.

После того как реакция прекратится, опустить в склянку почти до дна резиновую или стеклянную трубку и резиновой грушей или просто ртом выдуть из склянки белый дым жженой магнезии MgO. Для растворения магнезии, осевшей на дне и стенках склянки, влить в склянку немного **соляной кислоты** (уд. в. 1,12), несколько раз взболтнуть и перелить мутную жидкость в химический **стакан**, в котором ее немного нагреть. Вскоре вся магнезия растворится, и в жидкости останутся только кусочки угля, отчасти имеющие форму обрывков ленты магния.

Кроме того, магнезия довольно быстро растворяется в не сильно нагретой (заранее) кислоте. Немного больше времени затрачивается на растворение ее взбалтыванием без нагревания.

Можно, наконец, обойтись и без растворения окиси магния, а лишь показать учащимся полоски окиси магния, сохраняющие форму взятой ленты. Они частью белые, частью черные от получающегося при реакции угля.

Более убедительным проходит опыт при горении в углекислом

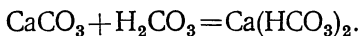
газе не ленты, а стружки магния, так как при этом образуется довольно большой слой угля.

В ложечке для сжигания веществ поджечь стружки магния (нагревая ложечку в пламени горелки), а затем опустить в банку с углекислым газом. Магний сильно разгорается в углекислом газе. По окончании опыта в ложечке на поверхности будет находиться белый слой окиси магния, а под ним большое количество угля.

8. Соли угольной кислоты

а) ПОЛУЧЕНИЕ СРЕДНЕЙ И КИСЛОЙ СОЛИ УГОЛЬНОЙ КИСЛОТЫ ПРОПУСКАНИЕМ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ЧЕРЕЗ ИЗВЕСТКОВУЮ ВОДУ

●● **Опыт.** В бокал или стакан налить разбавленной известковой воды $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (насыщенный раствор, см. т. I, стр. 389, разбавить равным объемом воды) и пропустить сильный ток углекислого газа. Сначала образуется осадок. Осадок при дальнейшем пропускании газа через несколько минут растворяется, и получается снова прозрачный раствор (кислой соли):



Разделить этот раствор на 3 порции, отлив понемногу в 2 стакана (или пробирки).

В одном стакане раствор прокипятить. Кислая соль разлагается, и осадок CaCO_3 появляется снова. К другой части раствора прилить известковой воды. Также образуется CaCO_3 . Третью часть оставить до следующего урока. В растворе также образуется осадок.

б) РАСТВОРЕНИЕ МЕЛА В ВОДЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ

●● В предыдущем опыте в кислую соль превращается *искусственно* полученный углекислый кальций. В методическом отношении ценно показать, что и *природный* углекислый кальций заметно растворяется в воде, содержащей углекислый газ (значение этого в природе!). Такой опыт очень хорошо идет с мелом. Для опыта следует взять природный мел (куском), растертый в ступке не слишком мелко.

Опыт. Поместить по несколько ложек мела в два бокала или стакана. В один из них прилить воды, насыщенной углекислым газом, в другой же — приготовленной заранее свежeproкипяченной и остуженной воды. Насытить воду углекислым газом можно на уроке. Для этого в большую склянку на $1\frac{1}{2}$ —2 л налить 100—200 мл холодной воды и затем, наполнив склянку доверху углекислым газом, закрыть ладонью и очень сильно взболтать.

Хорошо размешав мел в бокалах стеклянными палочками, дать 2—3 мин постоять и затем мутную жидкость из обоих бо-

калов профильтровать (**воронки, фильтры**) в два химических стаканчика (или пробирки) и нагреть одновременно на двух горелках до кипения. В одном из стаканчиков вода через некоторое время помутнеет, в другом же останется совершенно прозрачной.

Вместо того чтобы насыщать воду углекислым газом, можно воспользоваться для опыта сельтерской или содовой водой.

На лабораторном уроке опыт могут делать параллельно двое (или две группы) учащихся: одни — с водой, содержащей угольную кислоту H_2CO_3 , другие — с водой без угольной кислоты.

в) ВЫЖИГАНИЕ ИЗВЕСТИ

●● От куска **мрамора** или плотного известняка отбить несколько кусочков, стараясь получить возможно более плоский кусочек приблизительно с гривенник величиной.

Опыт. Опустить приготовленный кусочек мрамора или известняка в **бокал** (пробирку) с **водой**, подкрашенной красным **лакмусом**, чтобы показать, что вода с углекислым кальцием не взаимодействует. Затем взять кусочек **щипцами** за край и нагревать в пламени **паяльной горелки** или лампы Бартеля, пока кусочек не накалится, хотя бы по краям, добела. Дав кусочку немного остыть, бросить его в сосуд с небольшим количеством чистой **воды**. Хорошенько размешав **стеклянной палочкой**, профильтровать жидкость через маленький **фильтр** в небольшой **бокал** или стакан. Отлив часть раствора в другой **бокал**, прибавить к нему немного слегка подкисленного **лакмуса**. Лакмус синееет. В другую часть раствора пропустить струю **углекислого газа**. Образуется муть.

г) АНАЛИЗ МРАМОРА (количественное определение CO_2)

● Опыт производится в простейшем приборчике, изображенном на рисунке 329. Длина трубки с **хлористым кальцием** CaCl_2 около 10 *см*. **Колбочка** берется вместимостью 50—60 *мл*.

Опыт. Составить прибор, как на рисунке 306, и испытать, держит ли он. Для этого налить в колбочку немного воды, присоединить к **хлоркальциевой трубке** резиновую смычку (рис. 329) и, зажав ее пальцами, согреть рукой колбочку. Если прибор держит, вода должна подниматься из колбочки по трубке.

Вылить из колбочки воду и наполнить хлоркальциевую трубочку **хлористым кальцием**, поместив его между двумя клочками ваты.

Налить в колбочку разбавленной **азотной кислоты** HNO_3 (кислоту уд. в. 1,4 разбавить 4 объемами воды), сколько показано на рисунке.

Собрав прибор, надеть на конец хлоркальциевой трубки резиновую Smyчку, которую заткнуть обрезком стеклянной палочки.

Убедиться, что приборчик держит, и взвесить его на химико-технических весах.

Не снимая приборчика, положить на чашку весов кусок мрамора величиной с боб и снова определить вес. Записать вес взятого мрамора.

Вынув стеклянную палочку из резиновой Smyчки, открыть приборчик и осторожно спустить в него по стенке мрамор, после чего быстро закрыть приборчик.

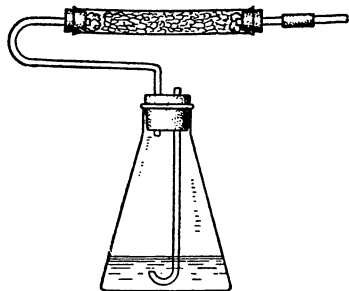


Рис. 329. Прибор для анализа мрамора.

Дождаться полного растворения мрамора и затем в течение 10—15 мин при очень слабом подогревании продувать через прибор воздух резиновой грушей, присоединив ее к трубке, конец которой погружен в жидкость. Продувать очень осторожно, небыстрой струей. Воздух продувается для того, чтобы выгнать из приборчика углекислый газ. Для чего служит хлористый кальций? (Он удерживает пары воды, летящие вместе с воздухом.)

Заткнуть хлоркальциевую трубку стеклянной палочкой, вытереть прибор и снова взвесить.

Еще раз продувать воздух в течение 5 мин и снова взвесить. Так продолжать до постоянного веса.

Записать вес выделившегося углекислого газа.

Из полученных данных вычислить процентное содержание углекислого газа во взятом мраморе. Вычислить процентное содержание углекислого газа в углекислом кальции по формуле CaCO_3 . Сравнить полученные данные.

9. Получение окиси углерода

а) РАЗЛОЖЕНИЕ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ

Опыт производить *только под хорошей тягой*. Без тяги он может представить серьезную опасность отравления, так как окись углерода, образующаяся в результате реакции, совершенно не имеет запаха и крайне ядовита.

В колбочку на 150 мл прилить 5 мл муравьиной кислоты H_2CO_2 (acidum formicicum, уд. в. 1,2) и 20 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (уд. в. 1,84). Сейчас же начинается энергичное выделение окиси углерода. Вставить в горло колбочки пробку с газоотводной трубкой, изогнутой для собирания газа над водой (рис. 330). Конец газоотводной трубки погрузить в

пневматическую ванну или чашку с водой. Когда весь воздух будет вытеснен, собрать газ в цилиндр 25—30 см высотой.

Закрывать цилиндр под водой стеклышком, вынуть из ванны и поставить на стол. Сняв стеклышко, зажечь окись углерода и вливать в цилиндр воду из кружки, пока весь газ не сгорит (рис. 331).

Можно также зажечь газ у отверстия газоотводной трубки.

Чтобы показать, что при горении окиси углерода CO образуется углекислый газ CO_2 , подержать над пламенем стакан, ополоснутый известковой водой.

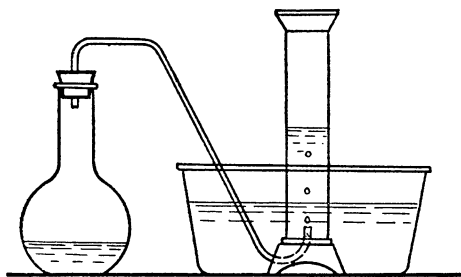


Рис. 330. Получение окиси углерода.

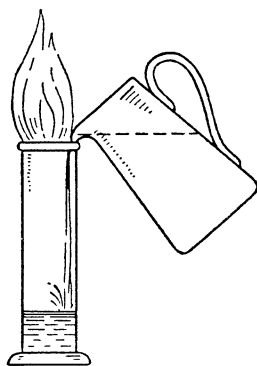


Рис. 331. Горение окиси углерода.

После того как реакция почти окончится, не вынимая прибора из-под тяги, налить в колбочку воды доверху, чтобы вытеснить оставшийся в ней газ. Только после этого прибор можно разобрать и вымыть.

Вместо муравьиной кислоты для получения окиси углерода можно воспользоваться муравьинокислым натрием NaHCO_2 (natrium formicicum), который чаще встречается в продаже (Б. И. Субботин). Соль следует брать мелкокристаллическую. Опыт можно производить в колбочке или в большой пробирке диаметром 1,5—2 см. Чайная ложка соли обливается равным объемом концентрированной серной кислоты. При покачивании сосуда рукой кислота смачивает соль и обычно сразу же начинается выделение окиси углерода. Если газ выделяется слабо, можно смесь слегка подогреть. Далее опыт производится, как указано выше.

6) ОБРАЗОВАНИЕ ОКИСИ УГЛЕРОДА ПРИ ГОРЕНИИ УГЛЯ (Вальков Ф. А.)

Для получения окиси углерода при горении угля можно поставить следующий опыт. Стеклообразную трубку 1—2 см (рис. 332) наполняют кусочками древесного угля и закрывают с обоих

концов **резиновыми пробками** со вставленными в них **стеклянными трубками**. Уголь перед опытом нагревают в закрытом сосуде. Один конец стеклянной трубки соединяют с **газометром**, наполненным кислородом (или с прибором для получения кислорода), а другой — со **склянкой Тищенко**, в которую налит раствор щелочи. Склянка Тищенко соединена резиновой трубкой со стеклянной, заполненной (рыхло) **ватой**.

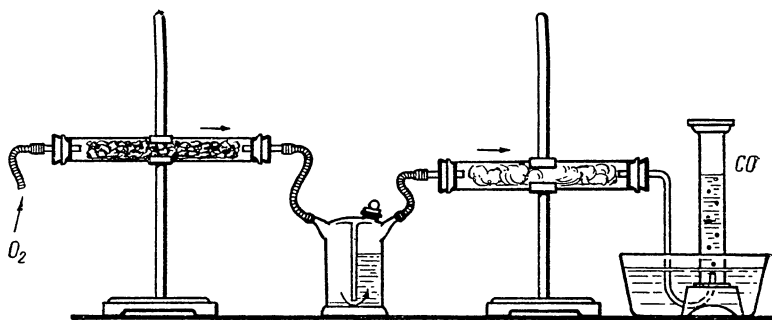


Рис. 332. Получение окиси углерода.

Вначале нагревают уголь, а затем через него пропускают кислород. Уголь горит. (Уголь должен быть посередине трубки и не менее чем на 4—5 см от пробки, чтобы она не загорелась во время опыта.) Образующийся при горении угля углекислый газ при своем движении через раскаленный уголь восстанавливается до окиси углерода. Невосстановленный углекислый газ поглощается в склянке Тищенко раствором щелочи. Образующийся при нагревании дым задерживается ватой.

Окись углерода собирают над водой и затем поджигают: газ горит синим пламенем, характерным для окиси углерода.

в) ВОССТАНОВЛЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА УГЛЕМ

○ Опыт заключается в том, что уголь накаливается в фарфоровой или железной трубке докрасна и через накаленный уголь пропускается ток углекислого газа. Образующаяся окись углерода собирается в цилиндре над водой.

Для опыта нужна **железная трубка** диаметром 1 см и длиной около 50 см. Толщина стенок трубки должна быть около 1 мм.

Среднюю часть трубки наполнить истолченным и отсеянным от пыли свежим **древесным углем** (кусочки 1—3 мм в поперечнике). Если уголь несвежий, его предварительно прокалить в железной чашке и т. п. Древесный уголь может быть заменен измельченным в мелкие кусочки коксом.

Для того чтобы уголь не высыпался, в трубку вставить две пробки, скрученные из железной сетки, проволоки и т. п. В оба конца трубки вставить по стеклянной трубочке. Если железная трубка короткая, то для этого можно воспользоваться асбестовым картоном. Полоску картона следует смочить водой, затем срезать концы на нет и, плотно обернув этой полоской стеклянную трубочку, туго вдвинуть все вместе в железную трубку. Такая асбестовая пробка вполне хорошо держит. Можно также вставить стеклянные трубочки на комках асбестовой ваты и за-

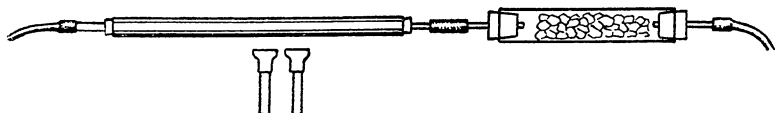


Рис 333. Восстановление углекислого газа углем (1).

тем залить отверстия железной трубки гипсом. Если же длина трубки не менее 50 см и нагревание будет производиться не более как на двух горелках, можно воспользоваться и обыкновенными корковыми пробками, так как концы железной трубки при указанных условиях нагреваются очень мало. Для сбережения пробок можно обернуть концы железной трубки тряпочками, которые время от времени поливать водой.

К железной трубке с одной стороны присоединяется резиновая, приводящая углекислый газ. В качестве прибора для получения углекислого газа можно воспользоваться или прибором Сент-Клер Девиля (см. т. I, стр. 257), или Киппа (см. т. I, стр. 261), или же прибором с капельной воронкой (см. т. I, стр. 248, рис. 276, *д* и *е*). Сушить или очищать газ нет надобности, но, для того чтобы легче было следить за током газа, его следует пропустить через промывную склянку с серной кислотой.

Для отделения от получающейся окиси углерода избытка углекислого газа к другому концу железной трубки следует присоединить трубку с натронной известью (рис. 333) длиной около 20 см и диаметром около 2 см. Вместо указанной трубки можно взять U-образную трубку, маленькую склянку Тищенко, маленькую колонку и т. п. Натронную известь (*patrium oxudatum hydricum cum calce*) следует взять измельченную (кусочки 2—3 мм в поперечнике) и просеянную (см. т. I, стр. 270). Натронная известь должна хорошо поглощать углекислый газ, но прибор с натронной известью не должен быть велик, чтобы на заполнение прибора не тратилось много окиси углерода.

К трубке с натронной известью присоединить газоотводную трубку, изогнутую для собирания газа над водой. Конец трубки погрузить в пневматическую ванну или чашку с водой и приго-

товить небольшой цилиндр для собирания газов высотой 15—20 см.

Для нагревания трубки с углем можно воспользоваться несколькими газовыми горелками с насадками для плоского пламени. Удобнее всего, если есть соединенные в ряд горелки, но можно поставить одну возле другой и обыкновенные горелки. Если есть горелки Теклу (см. т. I, стр. 155) или вообще сильные горелки, то можно получить достаточно быстрый ток окиси углерода, пользуясь одной большой или двумя малыми горелками с насадками для плоского пламени. Точно так же можно

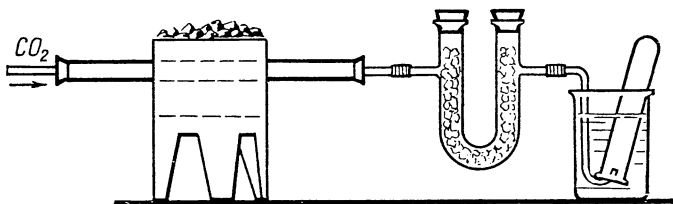


Рис. 334. Восстановление углекислого газа углем (2).

воспользоваться и лампой Бартеля с большой горелкой и насадкой для плоского пламени. Еще лучше идет опыт на жаровне (рис. 334). Вообще достаточно, если трубка будет накалена до ярко-красного каления на протяжении 8—10 см. При нагревании одной малой горелкой Теклу, окись углерода будет выделяться, но очень медленно.

Железную трубку поместить на кольца двух штативов или укрепить в зажимы (без пробок).

Прибор следует установить под тягой.

Если тяги нет, то для отвода окиси углерода в начале и конце опыта можно воспользоваться трубкой, выведенной за окно (стр. 217), приняв все меры к тому, чтобы газ не мог проникнуть в комнату в сколько-нибудь значительном количестве (приемы см. при хлоре, сероводороде и т. д.) или в крайнем случае не собирать окись углерода, а поставить у отверстия трубки спиртовую лампочку, в пламени которой она все время сгорала бы.

Опыт. Зажечь горелки (или разжечь жаровню) и, после того как трубка накалится докрасна, пустить слабую окись углекислого газа. Когда весь воздух будет вытеснен, начать собирание газа. Собранный газ зажечь, для чего вынуть цилиндр из ванны, снять стеклышко и зажечь газ. В цилиндр вливать из кружки и т. п. воду, пока весь газ не сгорит. Если прибор дает достаточно сильный ток газа, то можно зажечь его и у отверстия газоотводной трубки (если опыт производится под тягой).

По окончании опыта погасить горелки и пустить сильную

струи углекислого газа, чтобы вытеснить остающуюся в приборе окись углерода.

При повторении опыта натронную известь необходимо взять свежую.

Если тяга очень сильная, то пламя горелок отклоняется и нагревание получается недостаточное. В таком случае часть прибора можно поместить на столе и только газоотводную трубку вывести под тягу.

Если имеются соединенные в ряд горелки, то можно взять железную трубку и более толстостенную, чем указано. Тогда, чтобы накаливание было сильнее, над трубкой следует укрепить наклонно, в виде крыши, две полосы асбестового картона, оставив сверху просвет для выхода продуктов горения.

г) ПОЛУЧЕНИЕ ВОДЯНОГО ГАЗА

○ 1. Для получения водяного газа можно воспользоваться такой же **стальной трубкой**, как для получения окиси углерода (стр. 450). Трубка наполняется углем, как описано выше. Нагревание лучше всего вести на **жаровне** (рис. 335, см. также т. I, стр. 163), так как для опыта требуется очень сильное накаливание. Водяные пары поступают из **колбочки а** на 100—200 мл. Между колбочкой и трубкой находится **тройник б**, одно колено которого присоединено непосредственно к железной трубке, другое же остается открытым.

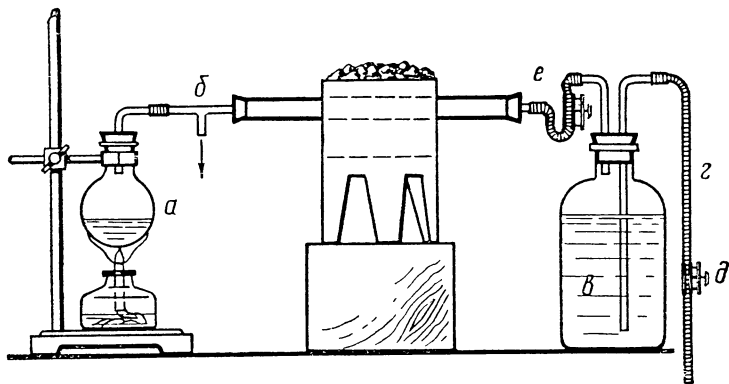


Рис. 335. Получение водяного газа (1).

Газ собирается в **аспиратор в**. Аспиратор и резиновая трубка **г** должны быть до начала опыта наполнены водой, зажим **д** закрыт, а зажим **в** открыт.

Прибор устанавливается *под тягой*.

Опыт. Разжечь жаровню. Зажечь горелку под колбочкой. Когда трубка накалится докрасна и вода в колбочке начнет

сильно кипеть, причем пар должен выделяться сильной струей из свободного колена тройника, приоткрыть зажим *d*, чтобы вода из аспиратора начала вытекать слабой струей. Тогда через железную трубку начнется просасывание водяного пара. При этом из свободного конца тройника должно также продолжаться выделение пара. При слишком быстром засасывании водяного пара в трубку может одновременно засасываться и воздух.

Когда в аспиратор наберется достаточное количество водяного газа (он будет с некоторым избытком водорода, получающегося при реакции между парами воды и железом трубки, но это существенного значения не имеет), закрыть зажимы *d* и *e*, погасить горелку под колбочкой *a*, отделить аспиратор от прибора. К трубке *z* присоединить **большую воронку** или обрезанную склянку. Вставить в резиновую трубку *y* зажима *e* изогнутую стеклянную трубку. Укрепить воронку, присоединенную к трубке

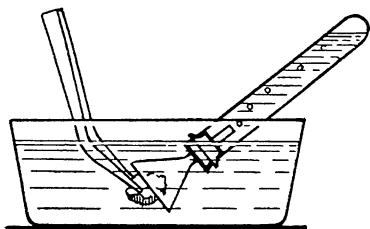


Рис. 336. Получение водяного газа (2).

ке *z*, на некоторой высоте над склянкой в зажиме штатива. Наполнить воронку водой. Открыть зажим *d*. Поднести к отверстию отводной трубки зажженную спичку и открыть зажим *e*. Все время доливать в воронку воду.

Подержать над пламенем водяного газа холодный стакан, чтобы показать, что при горении водорода образуется вода, и затем стакан, ополоснутый известковой водой, чтобы обнаружить образующийся при горении окиси углерода CO углекислый газ CO_2 .

Собранный газ следует сжечь полностью.

● ● 2. Очень хорошо удается нижеследующий упрощенный способ получения небольшого количества водяного газа (описывается в некоторых учебниках). При погружении в воду раскаленного угля от него поднимается ряд пузырьков смеси водорода H_2 и окиси углерода CO . Их можно собрать в пробирку со вставленной в нее воронкой (рис. 336). В пробке, при помощи которой держится воронка, должен быть сделан прорез (рис. 336, справа), через который могла бы вытекать вытесняемая газом вода.

Опыт. Развести жаровню. Хорошо «раздуть» уголь, махая над жаровней куском картона или поставив над жаровней длинную трубу снизу из железа, сверху из картона.

Погрузить в ванну с водой (большая чашка, батарейный стакан, таз, ведро и т. п.) пробирку и, когда пробирка наполнится водой, вставить в нее под водой воронку.

Брать щипцами накаленные угли и быстро подводить их под

воронку. Чем лучше накален уголь, тем быстрее наполняется пробирка водяным газом. Набрав полную пробирку или хотя бы $\frac{1}{2}$ пробирки газа, вынуть воронку, закрыть пробирку под водой пальцем, вынуть и зажечь собранный газ, который горит едва заметным пламенем. Чтобы лучше видеть пламя, зажигать нужно, отвернувшись от света.

10. Окись углерода как восстановитель

○ 1. При очень хорошей тяге можно показать восстановление окисью углерода окиси меди. Окись углерода, полу-

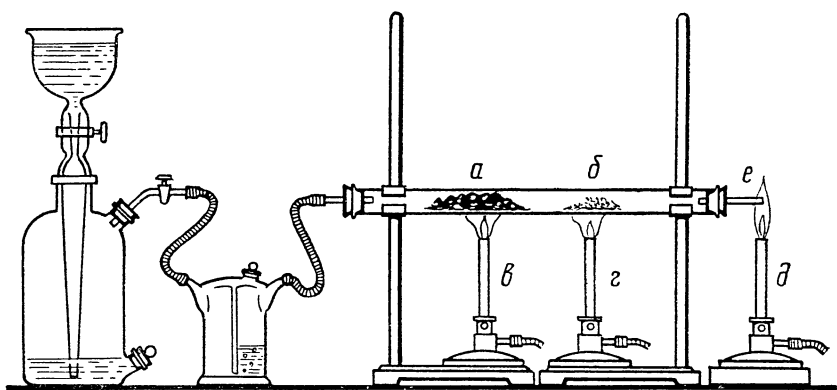


Рис. 337. Восстановление окиси меди окисью углерода (1).

чаемая действием **серной кислоты** на **муравьиную кислоту** (стр. 448), пропускается над помещенной в *трубку* нагретой **окисью меди**.

Опыт ставится в тех же условиях, что и опыт с восстановлением окиси меди водородом (см. т. I, стр. 508).

○ 2. При плохой тяге или при отсутствии тяги для опыта можно воспользоваться **прибором**, изображенным на рисунке 337.

Прибор состоит из **трубки** длиной около 30 см и диаметром 1,5—2 см. Трубку лучше взять тугоплавкую, но если такой трубки нет, то можно обойтись и обыкновенной трубкой длиной 25—30 см и диаметром 1—2 см.

В трубку насыпается слой **а** мелких кусочков **древесного угля**, отсеянных от пыли, и на расстоянии 3—4 см от конца слоя угля — небольшая кучка **б** **зерновой окиси меди**. К трубке с одного конца присоединяется через склянку Тищенко (см. т. I, стр. 266 или иную) с небольшим количеством **серной кислоты** **газметр** с кис-

лородом. С другой стороны в пробку вставляется **отводная трубка** *e*, конец которой помещается в пламени горелки *d* для сжигания образующейся окиси углерода.

Под трубку ставятся две сильные горелки *b* и *г* (газовые или Бартеля и т. п.). Со спиртовыми лампочками опыт идет хуже.

При нагревании уголь загорается в токе кислорода. При горении сначала получается углекислый газ, а затем он восстанавливается накалившимся углем до окиси углерода. Окись углерода восстанавливает окись меди.

Промывная склянка служит для того, чтобы следить за током кислорода.

Прибор выставляется на лекционный стол в собранном виде.

Опыт. Объяснив устройство прибора и цель опыта, прогреть слой угля горелкой *b* и затем сосредоточить сильное нагревание в части трубки ближе к газометру.

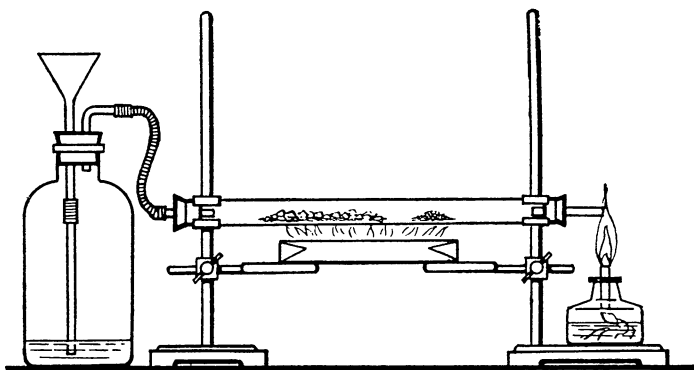


Рис. 338. Восстановление окиси меди окисью углерода (2).

Прогреть окись меди горелкой *г* и поставить горелку под трубку. Зажечь горелку *d*.

Пустить сначала слабый ток кислорода, а затем, когда уголь загорится, урегулировать ток кислорода так, чтобы горение угля постепенно распространялось все дальше и дальше.

Постепенно передвигать горелку *b*.

Через некоторое время окись меди начинает превращаться в красную медь. Когда процесс закончится, загасить горелки *b* и *г* и продолжать пропускание кислорода, пока трубка не охладится и уголь не погаснет или не догорит.

После этого загасить горелку *d*. Вынуть пробку с трубкой *e* и загнутой крючком проволокой выгresti восстановленную медь в фарфоровую чашку и показать учащимся. Рядом полезно показать (вторая фарфоровая чашка) окись меди.

Для того чтобы произвести опыт с нагреванием на спирте, нужно взять трубку тонкостенную, как трубки, служащие для изготовления пробирок.

Для нагревания угля и окиси меди взять горелки с плоским пламенем (см. т. I, стр. 157) или сделать из жести длинную коробочку, в которую положить вату и налить спирт (рис. 338). Окиси меди взять очень немного, на кончике ножа.

Газометр можно заменить бутылью, наполненной кислородом и закрытой пробкой, в которую вставлена воронка и газоотводная трубка (рис. 338).

11. Строение пламени газовой горелки

Для опытов лучше всего воспользоваться **горелкой Теклу** (см. т. I, стр. 155), но можно обойтись и любой газовой горелкой с регуляцией доступа воздуха.

Если в классе нет светильного газа, то можно до урока наполнить газометр газом, полученным вышеописанным способом.

Вместо газа можно наполнить газометр карбурованным воздухом. Для этого, налив в промывную склянку хорошего бензина или эфира, продувать через него резиновой грушей воздух, который и собирать в газометр. Можно также вместо газометра воспользоваться мехом или дующим водяным насосом (см. т. I, стр. 158). (Подробности относительно карбурованного воздуха, а также о предосторожностях при работе с бензином см. т. I, стр. 134).

С карбурованным воздухом можно показать все нижеописанные опыты, за исключением опыта 12.

Может быть, нелишне будет напомнить, что строение пламени ламп Бартеля совершенно иное, чем строение пламени газовых горелок (см. т. I, стр. 137).

●● 1. Опыт показывает, что температура внутреннего конуса горелки значительно ниже, чем наружного.

Опыт. Урегулировать доступ воздуха в горелку таким образом, чтобы внутренний конус пламени был возможно отчетливо виден. Затем горелку погасить и в трубку горелки поместить **спичку**, проткнутую на расстоянии 1 см от головки тонкой иглой. Игла должна лечь на края трубки горелки так, чтобы спичка висела вдоль оси горелки, головкой вверх (рис. 339).

Если теперь зажечь горелку, то спичка не загорается в течение очень долгого времени.

Если слегка подуть на пламя горелки, чтобы оно отклонилось в сторону, то спичка оказывается в более жаркой части пламени и сейчас же вспыхивает.

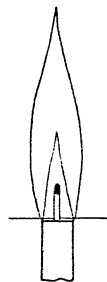


Рис. 339.
Строение
пламени
газа. (1).

Можно положить спичку поперек на трубку горелки. Спичка обгорает в двух местах, середина же, находящаяся в центре пламени, не обгорает.

Можно вносить в пламя одну за другой ряд лучинок, держа их последовательно все выше и выше. Не давать лучинкам загораться, а вынимать их, как только начнется обугливание, тогда лучинки, положенные на лист бумаги в том порядке, в каком они вносились в пламя, дадут картину, как на рисунке 340.

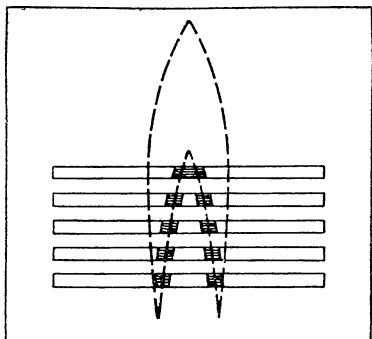


Рис. 340. Строение пламени газа (2).

●● 2. *Опыт.* В пламя горелки внести на несколько секунд кусок бумаги, которая при этом обугливается в месте соприкосновения с жаркой частью пламени. На бумаге получается черное кольцо (рис. 341).

Для опыта следует взять довольно толстую, но не особенно плотную бумагу в виде полосы 7—8 см в поперечнике и 20—25 см

длиной. Опыт лучше всего удастся с белой промокательной бумагой, нарезанной в полосы указанного выше размера. Возможно показать опыт и с фильтровальной или писчей бумагой.

Горелку для опыта следует взять обычных размеров. Пламя установить не очень большое с умеренным притоком воздуха.

Бумага вносится в пламя сбоку быстрым движением, как будто бы пламя разрезается по линии, обозначенной на рисунке 342 пунктиром. Держать бумагу в пламени нужно совершенно горизонтально, натянув за оба конца. При небольшом навыке легко удастся определить тот момент, когда бумага уже достаточно обуглилась, но еще не успела загореться. Если бумага надлежащей плотности, то образование кружка хорошо видно сверху.

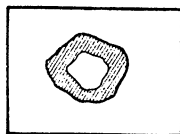


Рис. 341. Строение пламени газа (3).

●● 3. *Опыт.* В пламя горелки щипцами внести стеклянную трубку диаметром 7—8 мм и длиной 10—15 см. Нижний конец трубки должен находиться во внутреннем конусе горелки (рис. 343). Выходящий из верхнего конца газ зажечь.

●● 4. *Опыт.* Внести в пламя горелки щипцами тонкую железную сетку, держа ее вертикально по оси пламени. Железо накаливается в тех местах, где пламя имеет высокую температуру. Таким образом, строение пламени делается видимым издали. Кусок сетки должен быть примерно в 3 раза шире и в 2 раза

длиннее пламени. Сетку следует взять мелкую, светлую и чистую, не заржавевшую. После того как сетка вынута из пламени, на ней остается как бы зарисованным строение пламени, так как железо чернеет в тех местах, где оно было накалино. Опыт показывает также распределение температуры в пламени горелки.

12. Обращенное пламя светильного газа

○ Для того чтобы показать, что пламя образуется в месте соприкосновения двух реагирующих газов независимо от того, какой из газов находится внутри пламени и какой снаружи, можно воспользоваться прибором, изображенным на рисунке 344. Прибор представляет собой прямой **ламповый цилиндр**, закрытый с обоих концов **пробками**. В пробки в середине вставлены два одинаковых обрезка довольно широкой стеклянной **трубки а и б** (трубка диаметром 8—9 мм) длиной 8—10 см. В одну из пробок вставлена, кроме того, **изогнутая трубка в**, которая соединяется с газовым краном. Кроме того, готовится еще тонко **оттянутая и изогнутая трубочка г**, длинное и тонкое колено которой должно быть немного длиннее трубок **а и б**. Трубка **г** присоединяется резиновой трубкой к другому газовому крану.

Ламповое стекло укрепляется на штативе в таком положении, как на рисунке 344, А. Трубка **г** остается лежать на столе.

Опыт. Через трубку **в** пустить не особенно сильный ток газа и, выждав немного, зажечь газ у конца трубки **а**. Получается большое, слегка светящееся пламя.

Если приток светильного газа не слишком силен, то, будучи значительно легче воздуха, газ весь направляется в трубку **а**, через трубку же **б** в цилиндр входит струя воздуха, смешивающегося с газом. Если теперь у конца трубочки **г** зажечь небольшое, в 3—4 мм длиной, пламя газа и внести его через трубку **б** внутрь цилиндра, то между входящими в цилиндр через **б** воздухом и находящимся в цилиндре газом начинается реакция и появляется второе пламя, имеющее обратное строение, чем первое. Внутренний его конус состоит из воздуха, атмосфера же, окружаю-

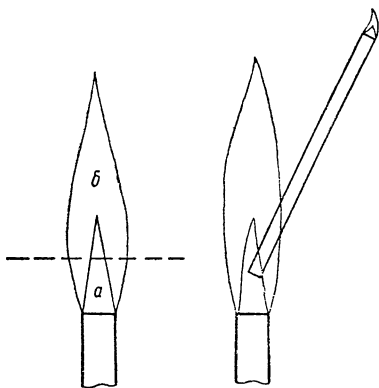


Рис. 342. Строение пламени газа (4).

Рис. 343. Строение пламени газа (5).

щая пламя, — из светильного газа. В первый момент после возникновения второго пламени стенки цилиндра покрываются росой, но вскоре цилиндр прогревается и роса пропадает. Приток газа через трубку *в* должен быть урегулирован таким образом, чтобы второе пламя имело высоту около 3 см. Пламя это получается почти бесцветное, и чтобы оно было лучше видно издали, внутренние концы трубок *а* и *б* полезно смазать до опыта концентрированным раствором едкого натра. Тогда пламя будет окрашиваться парами натрия в желтый цвет.

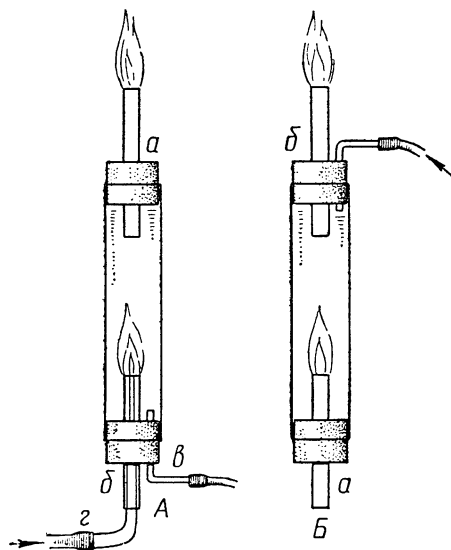


Рис. 344. Строение пламени газа (6).

Чтобы на уроке не приходилось регулировать приток газа, при подготовке опыта регулировку лучше всего производить не краном, а при помощи надетого на резиновую трубку винтового зажима.

Внутренний конус второго пламени, очевидно, может поддерживать горение. Внесенное в него маленькое пламя, горящее у конца трубочки *г*, продолжает гореть. Получается пламя внутри пламени (рис. 344, А). Вынув из муфты зажим, в котором укреплен цилиндр, можно затем осторожно перевернуть последний таким образом, чтобы трубка *б* оказалась наверху, а трубка *а* внизу. Газ тогда устремится вверх через трубку *б*, через трубку же *а* в цилиндр будет подниматься воздух. Поверхности, разделяющие оба газа, передвигаются по трубкам, но реакция при этом не прекращается, и у верхних концов той и другой трубки появляется пламя. У конца трубки *б* появляется пламя светильного газа в воздухе, у трубки *а* — пламя воздуха в светильном газе (рис. 344, Б). Происходит как бы выворачивание каждого пламени.

Этот опыт можно повторить несколько раз подряд. Если при неосторожном переворачивании какое-нибудь пламя погаснет, его снова можно зажечь маленьким пламенем трубки *г*, которое не следует тушить.

Переворачивая цилиндр, нужно это делать не слишком быстро и не слишком медленно. После небольшой практики легко научиться производить этот опыт безошибочно.

Иногда при зажигании внутреннего пламени, если приток газа плохо урегулирован и в цилиндр поступает слишком много воздуха, внутри цилиндра происходит взрыв смеси газа с воздухом, не представляющий, впрочем, никакой опасности.

13. Строение пламени свечи

Для нижеописанных опытов лучше взять свечу потолще, так называемую вагонную, но можно воспользоваться и обыкновенной свечой. Свече следует дать предварительно погореть некоторое время в защищенном от колебания воздуха месте, чтобы сгорела верхняя суженная часть свечи и чтобы вокруг светильни образовалось правильное углубление.

●● 1. Для того чтобы показать, что внутри пламени свечи находятся горючие газы, можно воспользоваться тем же приемом, как и при изучении пламени светильного газа, т. е. вывести их из пламени стеклянной трубочкой и зажечь. **Трубочку** нужно взять диаметром 7 мм, не очень толстостенную и длиной 10 см.

Опыт. Зажечь свечу и, когда она разгорится, держа щипцами приготовленную стеклянную трубочку, прогреть ее в пламени горелки, чтобы в ней не сгушались пары и была лучше тяга, а затем внести в пламя свечи приблизительно в таком положении, как на рисунке 345. Когда из отверстия трубочки покажется белый дымок, зажечь его.

Вместо того чтобы держать щипцами, можно обернуть ее спиральной проволокой, конец проволоки воткнуть в пробку, а пробку укрепить в зажиме штатива.

Для успеха опыта важно, чтобы около свечи не было сильного движения воздуха. Размеры и наклон стеклянной трубки также имеют значение. После небольшого навыка опыт удастся очень хорошо, пламя у конца трубочки получается достаточных размеров и не гаснет в течение долгого времени.

●● 2. Со свечой можно проделать и опыт определения самой горячей части пламени.

Опыт. Внести в пламя свечи бумагу, держа ее натянутой горизонтально над самой светильней, но не касаясь последней. Когда на бумаге сверху обозначится круг, вынуть бумагу из пламени. На верхней поверхности бумаги круг виден гораздо лучше, чем на нижней, так как на нижней имеется и слой копоти. Если бумага надлежащей толщины и плотности, опыт удастся очень хорошо.



Рис. 345.
Строение
пламени
свечи.

14. Строение пламени спиртовой лампы

●● **Опыт.** 1. Зажечь обыкновенную спиртовую лампочку, установив фитиль на такой высоте, чтобы получилось не очень большое пламя (длиной около 10 см); фитиль полезно подрезать, чтобы он был ровный, не растрепанный. Прогреть в пламени (см. опыт 13, 1) стеклянную трубочку длиной 10 см и диаметром 9 мм. Установить трубочку наклонно, держа нижний конец ее внутри пламени, как в опытах с горелкой Бунзена и свечой. Зажечь выходящие через трубочку пары спирта. Для успеха опыта нужно найти надлежащий наклон трубочки. Нижний конец должен находиться на расстоянии около 1 см от верхнего края светильни.

●● 2. Установить у лампочки маленькое пламя длиной 6—7 см. Внести в него натянутую горизонтально полосу бумаги, как было указано выше (стр. 458). Бумагу следует держать на расстоянии $1-1\frac{1}{2}$ см от верха светильни. На бумаге получается очень отчетливый круг.

●● 3. Прodelать опыт с лучинками (или спичками), как он описан выше для газовой горелки (стр. 458).

●● 4. Выдвинуть светильню лампочки и расправить ее возможно шире. В середину светильни вставить обломок спички длиной в $1-1\frac{1}{2}$ см таким образом, чтобы головка спички оказалась внутри пламени. Если зажечь лампочку, осторожно поднеся огонь к светильне сбоку, и если на пламя ниоткуда не дует, то вставленная в светильню спичка не будет загораться долгое время. Если на пламя слегка подуть, пламя отклонится, наружная горячая часть его коснется головки спички, и она загорится.

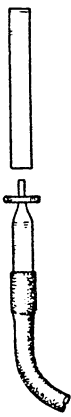


Рис. 346. Упрощенная горелка Бунзена из стеклянных трубок.

15. Светимость и температура пламени

а) ПЛАМЯ ГАЗОВОЙ ГОРЕЛКИ

●● **Опыт.** Показать, что пламя газовой горелки может быть и светящимся и несветящимся в зависимости от притока воздуха, и объяснить устройство имеющихся горелок. Кроме того, можно показать модель горелки Бунзена, которую легко приготовить из стеклянных трубок (рис. 346).

Обрезок широкой стеклянной трубки (диаметром 9 мм) длиной около 10 см укрепить вертикально в зажиме штатива. Под ней укрепить трубку, оттянутую в тонкий кончик. На трубку надеть кружок из пробки (рис. 346). Другой конец трубки соединен с газовым краном. Если при таком относительном располо-

жении трубочек, как на рисунке, пустить газ и зажечь его у конца верхней трубки, то получается несветящееся пламя, как у горелки Бунзена. Если же поднять нижнюю трубку, чтобы пробковый кружок закрыл доступ воздуха в верхнюю трубку, пламя делается светящимся.

Опыт можно проделать с карбурованным воздухом (см. т. I, стр. 132, 133).

б) ОТКРЫТИЕ ЧАСТИЧЕК УГЛЯ В СВЕТЯЩЕМСЯ ПЛАМЕНИ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

●● **Опыт.** Внести в светящееся пламя газа, бензина (лампа Бартеля) или свечи дно фарфоровой чашки или блюдечка. На дне оседает копоть.

в) НЕСВЕТЯЩЕЕСЯ ПЛАМЯ МОЖНО СДЕЛАТЬ СВЕТЯЩИМСЯ, ЕСЛИ ВВОДИТЬ
В НЕГО ЧАСТИЧКИ УГЛЯ ИЛИ ДРУГОГО ТВЕРДОГО ВЕЩЕСТВА

●● 1. Для опыта удобнее всего воспользоваться так называемой **ученической газовой горелкой**, имеющей приток газа снизу (рис. 347). Для введения угля можно пригото-

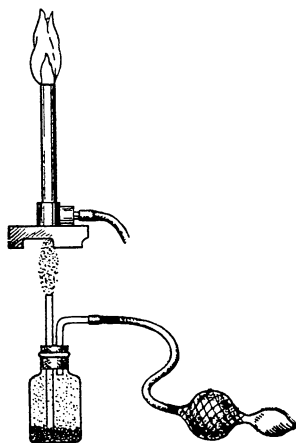


Рис. 347. Введение порошка в пламя газа.

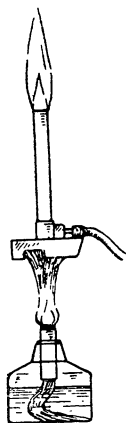


Рис. 348. Введение копоти в пламя газа.

вить приборчик, изображенный на рисунке 347 и состоящий из банки (или колбочки), закрытой пробкой с двумя трубками и присоединенной к одной из трубок резиновой груши. В банку насыпается угольный порошок. При вдувании воздуха вместе с ним из трубки вылетает и порошок. При лабораторном опыте вместо груши можно вдувать воздух ртом. Проще вводить уголь в виде копоти. Для этого спиртовую лампочку наполнить скипидаром. Светильню урегулировать так, чтобы получалось маленькое пламя (рис. 348). Можно зажечь скипидар на лучинке.

В качестве других твердых веществ можно воспользоваться порошками извести, мела (зубной порошок), магнезии и т. п. Известь можно взять гашеную $\text{Ca}(\text{OH})_2$, но сухую. Она представляет очень рыхлый порошок, который легко летит. Порошок поместить в приборчик, изображенный на рисунке 347.

Опыт. Зажечь горелку и держать ее над пламенем скипидарной лампочки или над описанным приборчиком, в который вдвухать слабую струю воздуха.

Если имеются горелки только с боковым притоком воздуха или лампа Бартеля, то можно сделать из жести воронку в виде конуса, конец которого вставить наискосок в отверстие для доступа воздуха. В эту воронку и направлять копоть или порошок. Нет надобности, чтобы конец воронки был изогнут или очень плотно вставлялся в отверстие горелки. Благодаря току воздуха копоть (или порошок) попадает в горелку в достаточном количестве.

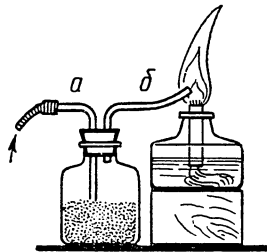


Рис. 349. Введение порошка в пламя спиртовки.

● ● 2. Для опыта со спиртовой лампочкой приборчик для вдвухания порошка делается такого вида, как на рисунке 349.

г) ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ПЛАМЕНИ ОНО СТАНОВИТСЯ МЕНЕЕ СВЕТЯЩИМСЯ

● ● Из толстой медной проволоки (диаметром около 3 мм) свернуть спираль, внутренний диаметр которой равнялся бы диаметру пламени горелки или свечи и длина — длине пламени.

Опыт. Накрыть светящееся пламя газовой горелки или пламя свечи спиралью (рис. 350). Пламя, пока спираль не прогреется, делается менее светящимся из-за понижения температуры пламени.



Рис. 350. Охлаждение пламени свечи.

д) ПРИ ВДУВАНИИ В ПЛАМЯ ВОЗДУХА ОНО ДЕЛАЕТСЯ НЕСВЕТЯЩИМСЯ И ТЕМПЕРАТУРА ЕГО ПОВЫШАЕТСЯ

● ● **Опыты.** 1. Показать действие паяльной горелки (см. т. I, стр. 158). Нагреть стеклянную трубку сначала в светящемся пламени, а затем при вдвухании воздуха. Показать какую-нибудь стеклодувную работу на паяльной горелке: оттянуть трубку, выдуть шарик и т. п.

Обратить внимание учащихся на то, что светящееся пламя гораздо больше несветящегося при том

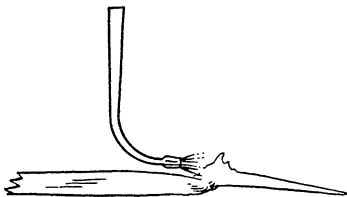


Рис. 351. Вдвухание воздуха в пламя керосина, горящего на лучинке.

же притоке газа (выделяющееся при горении газа тепло при малом размере пламени концентрируется, и температура несветящегося пламени получается более высокая, чем светящегося). Показать, что у горелки Бунзена несветящееся пламя значи-

тельно меньше светящегося. То же самое можно показать и с бензиновой горелкой Бартеля.

Обратить внимание на размеры пламени без вдвухания воздуха и при вдвухании.

Тот же опыт можно проделать с керосиновой или со скипидарной лампочкой (см. выше, стр. 463).

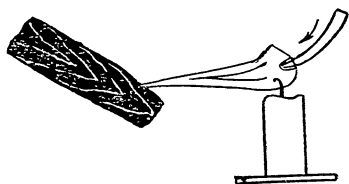


Рис. 352. Окислительное пламя.

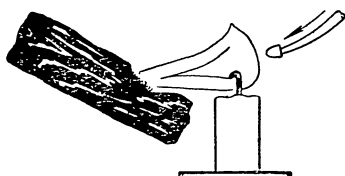


Рис. 353. Восстановительное пламя.

Можно также смочить скипидаром или керосином конец лучинки, зажечь ее и вдвухать в коптящее пламя воздух при помощи паяльной трубки (рис. 351).

е) ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ПЛАМЯ
(опыты с паяльной трубкой)

● Для лабораторных опытов с паяльной трубкой нужны свеча, обыкновенная паяльная трубка и кусок древесного угля примерно $10 \times 5 \times 5$ см (рис. 352).

Опыты. Поместить свечу на кусок картона, положенный на кольцо штатива, насыпать на один конец угля немного цинковых стружек, взять уголь за другой конец в руку и держать около зажженной свечи (рис. 352).

Введя кончик паяльной трубки в пламя свечи, как показано на рисунке 328, вдвухать в трубку воздух так, чтобы получилось острое несветящееся пламя (о к с л и т е л ь н о е п л а м я). Концом пламени нагревать помещенные на угле цинковые стружки, пока они не загорятся.

● 2. Поместить на уголь несколько крупинок сернистого железа FeS , а недалеко от него, на краю угля, положить синюю лакмусовую бумажку, смоченную водой.

Нагреть сернистое железо окислительным пламенем, держа уголь так, чтобы лакмусовая бумажка находилась со стороны, противоположной свече. (Пламя, конечно, не должно касаться бумажки!)

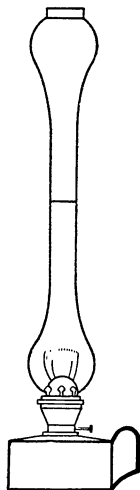


Рис. 354. Увеличение светимости пламени керосиновой лампы.

Бумажка краснеет, так как при окислении сернистого железа получается сернистый газ SO_2 .

● 3. Поместить на уголь очень немного окиси свинца PbO и, держа уголь около свечи, слабо вдвухать через паяльную трубку воздух, не вводя кончика трубки в пламя, а только касаясь пламени. Пламя должно отклониться, оставаясь светящимся (восстановительное пламя, рис. 353). Таким пламенем получить свинец из его окиси.

Дав шарикку свинца остыть, можно снять его с угля и расплющить на маленькой наковальне или утюге, чтобы убедиться, что получен свинец.

ж) КЕРОСИНОВАЯ ЛАМПА

Можно показать, что при удлинении стекла пламя керосиновой лампы вследствие усиленного притока воздуха делается менее светящимся.

Опыт. Выдвинуть фитиль лампы настолько, чтобы она едва только не коптила.

Приставить к стеклу лампы второе стекло (рис. 354) — пламя делается ярче.

Заменить второе стекло длинной трубкой из картона. Пламя делается менее ярким.

16. Сжигание жидкого и распыленного твердого топлива

○ 1. Жидкое топливо (нефть, мазут) и распыленный каменный уголь сжигаются в форсунках.

Для того чтобы демонстрировать действие форсунки для жидкого топлива, можно воспользоваться пульверизатором, применяемым в парикмахерских для распыления одеколona.

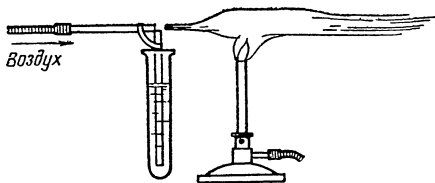


Рис. 355. Модель форсунки (1).

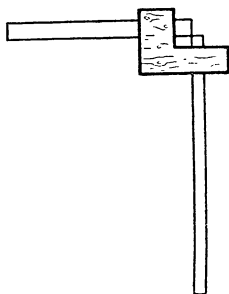


Рис. 356. Простейший пульверизатор.

Простейший распылитель состоит из двух скрепленных под прямым углом трубок.

Такой распылитель нетрудно приготовить из двух стеклянных трубок, вставленных в пробку, у которой сделан вырез, как на рисунке 356.

Горизонтальная трубка должна быть толще вертикальной.

Концы трубок должны соприкасаться вплотную, как на рисунке.

Опыт. Налить в пробирку, как на рисунке 355, или в скляночку керосина и сильно вдуть ртом воздух через присоеди-

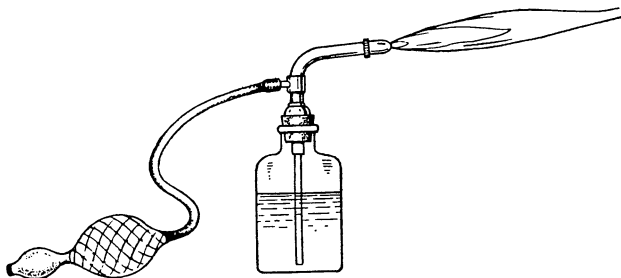


Рис. 357. Модель форсунки (2).

ный к горизонтальной трубке **распылитель**. Струю распыленного керосина направить на горелку или лампочку. Получается громадное шумящее пламя до $\frac{1}{2}$ м длиной.

Если распылитель хорошо действует, то горелку можно отставить, и пламя останется.

Лучше вдуть воздух не ртом, а резиновой грушей (см. т. I, стр. 129).

Наиболее яркий результат получается, если вместо простейшего распылителя взять распылитель с трубками, вставленными одна в другую (обычно применяемый в парикмахерских, рис. 357).

Пламя следует направить вдоль демонстрационного стола, чтобы учащиеся видели пламя сбоку. На столе не должно быть ничего, что могло бы загореться или испортиться от брызг керосина.

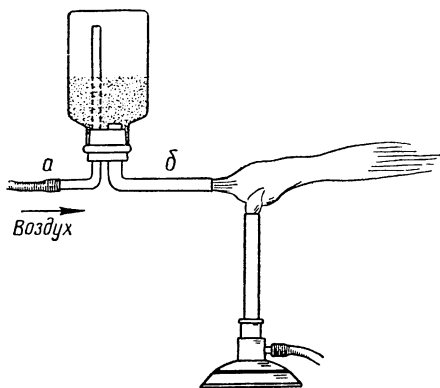


Рис. 358. Модель форсунки для твердого топлива.

○ 2. Сжигание обращенного в порошок твердого топлива можно иллюстрировать при помощи приборчика, изображенного на рисунке 358.

В качестве горючего порошка берется **ликоподий** (Lycopodium — детская присыпка, споры плауна).

Ликоподий насыпается в **баночку** на 50—75 мл, которая закрывается **пробкой с двумя стеклянными трубками**. Трубка *a*, через которую вдувается воздух, доходит почти до дна баночки, трубка *b* оканчивается у самой пробки. Трубка *a* берется диаметром 5—6 мм (обычная стеклянная газоотводная трубка). Трубку *b* следует взять пошире, с наружным диаметром около 8 мм. К трубке *a* присоединяется резиновая **груша** (см. т. I, стр. 129).

Опыт. Установив приборчик с ликоподием против горелки и слегка встряхивая баночку вверх и вниз, вдувать воздух грушей (или ртом через резиновую трубку).

Получается громадное пламя (значительно больше, чем на рисунке). Пламя, как и в предыдущем опыте, направляется вдоль демонстрационного стола.

XVII. КРЕМНИЙ

1. Получение аморфного кремния и водородистого кремния

○ 1. Для опыта нужен измельченный в очень мелкий порошок кварц (*acidum silicicum purum nativum praeparatum*) и порошокобразный магний (*magnesium metallicum pulvis*). Кварц должен быть сухой, и перед опытом его полезно прокалить в железном тигле.

Отвесить 7 г кварца и 10 г магния в отдельных стаканчиках.

Опыт. Тщательно смешать в фарфоровой ступке приготовленные порошки и пересыпать смесь (ложечка) в железный тигель диаметром 4—5 см.

Вставить в смесь небольшой кусок магниевой ленты или проволоки.

Поместить тигель на кусок асбестового картона, кирпич, сквородку и т. п. Зажечь ленту магния. Горение переходит на смесь, и в тигле происходит очень энергичная, но совершенно безопасная реакция. При реакции выделяется некоторое количество белого «дыма» окиси магния MgO . Поэтому, если есть тяга, то лучше производить опыт под тягой.

Когда тигель остынет (для ускорения можно погрузить его в чашку с водой, причем вода не должна попадать внутрь тигля), перевернуть его щипцами и, ударя краями об асбестовый картон, вытряхнуть из него полученную массу серовато-черного цвета.

Куски этой массы бросать в бокал или чашку с соляной кислотой (уд. в. 1,12 или 1,19, разбавленной пополам водой). Происходят энергичные вспышки выделяющегося водородистого кремния SiH_4 (рис. 359), причем иногда получаются вихревые кольца «дыма» образующегося кремнезема SiO_2 .

Остаток после реакции с соляной кислотой есть аморфный кремний. Его можно дать учащимся отмыть и выделить.

Для реакции получения кремния не следует пользоваться искусственно полученным кремнеземом (*via humida paratum*), так как с ним реакция идет слишком энергично. Вместо кварцевого порошка можно взять трепел, иначе — трипель, кизельгур, или

полировальный сланец (*terra tripolitana*) — природный материал, представляющий скопление кремниевых скелетов диатомей, и т. п. Это водный кремнезем, который перед употреблением необходимо прокалить в железной чашке, на сковородке и т. п., иначе реакция идет слишком бурно.

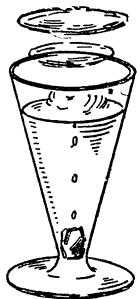


Рис. 359. Самовоспламеняющиеся кремневодорода.

В крайнем случае можно воспользоваться очень мелким белым или хотя бы окрашенным кварцевым песком. С ним опыт идет хуже, но все же удастся. Кремнистого водорода выделяется меньше. За неимением мелкого песка можно более крупный песок измельчить, накаливая его в железной чашке и т. п., лучше всего в печи, и затем всыпая в холодную воду. Песчинки при этом растрескиваются.

За неимением магниевой ленты можно насыпать на смесь кучку магния в порошке, который поджечь лучинкой.

● 2. При лабораторном уроке опыт можно произвести со значительно меньшими количествами (например, на 1 г кремнезема 1,5 г магния). Вместо тигля можно сделать из железа коробочку или взять большой железный наперсток.

○ 3. Для получения кристаллического кремния требуется мелкий сухой порошок кварца SiO_2 (*acidum silicicum purum nativum praeparatum*) или мелкий сухой песок, порошок алюминия Al (*aluminium metallicum pulvis*), серный цвет S (*sulfur sublimatum*) и порошок магния Mg (*magnesium metallicum pulvis*).

Отвесить 9 г порошкообразного кварца, 10 г порошкообразного алюминия и 12 г серного цвета на отдельных бумажках или в стаканчиках.

Опыт. Тщательно смешать в фарфоровой ступке отвешенные порошки и пересыпать смесь ложечкой в глиняный тигель.

Сделать запал из порошка магния, который следует углубить в смесь на 2 см от уровня, и в запал вставить небольшой кусок ленты или проволоки магния.

Поставить тигель на кусок асбестового картона или во влажный песок на сковородку. Зажечь ленту магния. Сначала горит магний, а вскоре начинается бурная реакция между составными частями смеси. Реакция проходит более спокойно, если тигель поставить в простоквашницу с водой.

По охлаждении тигель разбить и содержимое его отдельными порциями бросать в стакан с водой, поставленный в вытяжной шкаф. Происходит бурное выделение сероводорода H_2S — результат реакции гидролиза сернистого алюминия Al_2S_3 . По окончании реакции стакан поставить в водопроводную раковину или в широкую простоквашницу и лить в него воду так, чтобы она переливалась через край.

На дне стакана остается твердый черный королек и несколько более мелких шариков кремния Si.

Полученный кремний полезно поместить на некоторое время в раствор **соляной кислоты** HCl, после чего следует промыть его водой и высушить.

Если разбить полученный королек молотком на наковальне, внутри отчетливо видны листочки — кристаллики кремния.

2. Метакремниевая кислота и ее соли

а) ВЫДЕЛЕНИЕ СТУДНЯ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ

○ 1. Студенистая кремниевая кислота получается действием соляной кислоты на раствор кремнекислого натрия. Для того чтобы выделение произошло быстро и наверняка, растворы должны быть определенной концентрации и взяты в определенных количествах.

Кремнекислый натрий Na_2SiO_3 следует взять в виде 10-процентного раствора (50 г соли на 500 мл воды). Проще всего пользоваться готовым, поступающим в продажу 10-процентным раствором (*natrium silicicum purum solutum 10%* или *liquor natrii silicici 10% purus*), но этот раствор долго хранить нельзя. С течением времени (через несколько месяцев) он начинает мутнеть. Поэтому, если нельзя достать такой раствор во всякое время, следует его готовить не задолго до опыта. Кремнекислый натрий очень медленно растворяется в холодной воде, но хорошо растворяется при кипячении (предварительного измельчения не требуется).

За неимением указанного раствора или твердой соли можно воспользоваться и обыкновенным жидким стеклом.

Для опыта на 200 мл воды следует взять 10—15 мл жидкого стекла. Но с этим раствором студень получается более мутным, не вполне прозрачным.

В качестве жидкого стекла можно использовать обычный конторский клей, всюду имеющийся в продаже.

Соляную кислоту для опыта взять концентрированную (уд. в. 1,12).

До урока следует отмерить и налить в бокал 200 мл раствора кремнекислого натрия. Отдельно в стаканчике приготовить 10 мл соляной кислоты.

Опыт. Прилить в бокал с раствором кремнекислого натрия приготовленную соляную кислоту и сейчас же возможно энергично размешать **стеклянной палочкой**. Стеклянную палочку оставить в бокале, держа ее вертикально. Меньше чем через минуту все содержимое бокала застывает в сплошную прозрачную, слегка опалесцирующую массу, и палочка, если отнять руку, уже

не падает. После этого можно перевернуть бокал вверх дном, чтобы показать учащимся, что в бокале уже не жидкость.

Если при предварительных опытах застывание не происходит, то это может зависеть или от недостатка, или от избытка соляной кислоты. Поэтому незастывающий раствор следует прежде всего испытать лакмусовой бумажкой или раствором лакмуса и в зависимости от того, какая реакция раствора — щелочная или кислая, — повторить опыт с большим или меньшим количеством соляной кислоты. Для успеха опыта нужно, чтобы реакция раствора после добавления кислоты оставалась слегка щелочной. Для того чтобы определить нужное количество кислоты, проще всего поступить таким образом: взять в измерительный цилиндр или бюретку кислоты с небольшим избытком и затем приливать ее к раствору соли понемногу, все время энергично размешивая стеклянной палочкой. Как только будет заметна легкая опалесценция раствора, приливание соляной кислоты прекратить. Вскоре раствор застывает. После этого остается только посмотреть, сколько соляной кислоты было прилито.

Такое эмпирическое определение необходимого количества соляной кислоты обыкновенно приходится делать в том случае, если до опыта взят раствор продажного нечистого растворимого стекла или если за неимением соляной кислоты (уд. в. 1,12) берется кислота другой концентрации. Если имеется соляная кислота (уд. в. 1,19), то ее лучше предварительно разбавить водой (на 1 объем кислоты $\frac{1}{2}$ объема воды).

После опытов с кремнекислым натрием всю посуду следует сейчас же тщательно вымыть, так как раствор этой соли сильно разъедает стекло.

● 2. При лабораторном опыте не так важно, чтобы выделение геля произошло очень быстро, поэтому кислоту можно взять слабее. Опыт производится в пробирках.

Следует приготовить такие растворы **кремнекислого натрия и соляной кислоты**, чтобы результат получался при приливании к $\frac{1}{2}$ пробирки раствора соли $\frac{1}{4}$ пробирки кислоты. Неточность отмеривания компенсируется временем, но, во всяком случае, желательнее, чтобы загустевание происходило через 10—15 мин.

Если есть достаточно измерительных цилиндров, то лучше отмеривать жидкости более точно.

б) ВЫТЭСНЕНИЕ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ УГОЛЬНОЙ

● **Опыт.** Разбавить растворимое стекло равным объемом воды. Взять $\frac{1}{2}$ пробирки раствора. Пропускать через раствор ток

углекислого газа (прибор см. стр. 440). Происходит постепенное выпадение осадка кремниевой кислоты.

в) ВЫДЕЛЕНИЕ КРЕМНЕВОЙ КИСЛОТЫ НАШАТЫРЕМ

● **Опыт.** Взять в пробирку около 1 мл концентрированного раствора кремнекислого натрия (жидкое стекло). Прибавить около 10 мл насыщенного раствора хлористого аммония. Размешать стеклянной палочкой.

Образование осадка объясняется реакцией гидролиза. Соль слабой кремниевой кислоты и слабого основания нацело разлагается водой.

Написать равенство реакции.

г) ВЫСУШИВАНИЕ КРЕМНЕВОЙ КИСЛОТЫ

● **Опыт.** Полученные в предыдущих опытах осадки кремниевой кислоты поместить в ступку и, прибавив воды, измельчить. Перенести осадок на фильтр и несколько раз промыть горячей водой. Оставить осадок на фильтре на несколько дней сушиться на воздухе.

д) ОТДЕЛЕНИЕ СОЛЕЙ КРЕМНЕВОЙ КИСЛОТЫ ДИАЛИЗОМ

В диализатор (стр. 177) наливается разбавленный раствор кремнекислого натрия (см. выше), в который прибавлен избыток соляной кислоты. Вода в чашке должна быть примерно на том же уровне, как и раствор в диализаторе. Вода меняется каждый день в течение многих дней (можно испытать под конец воду на хлор-ион азотнокислым серебром, с которым не должно получаться мути).

Если в диализаторе не получилось осадка кремниевой кислоты, то жидкость из диализатора перелить в химический стакан и нагреть. При нагревании происходит коагуляция кремниевой кислоты.

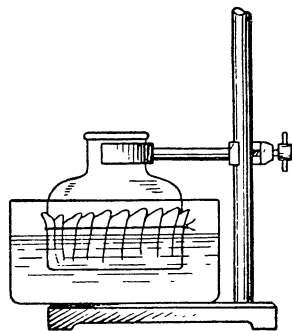


Рис. 360. Диализатор.

е) РАСТВОРИМЫЕ СОЛИ КРЕМНЕВОЙ КИСЛОТЫ ИМЕЮТ ЩЕЛОЧНУЮ РЕАКЦИЮ НА ЛАКМУС

●● **Опыт.** К раствору кремнекислого натрия прилить раствор лакмуса. Лакмус синее.

ж) РАСТВОРИМОСТЬ СТЕКЛА В ВОДЕ

●● **Опыт.** Нагреть трубку легкоплавкого стекла в пламени горелки до размягчения и быстро погрузить в стакан с водой.

Стекло растрескивается на мелкие кусочки. Слить большую часть воды, перенести мокрое стекло в **фарфоровую ступку** и растереть пестиком в порошок. Смыть порошок водой в стаканчик и прибавить несколько капель **фенолфталеина**. Получается ясно заметное малиновое окрашивание. Явление объясняется тем, что при растирании стекла происходит увеличение поверхности соприкосновения с водой и количество выщелачиваемого кремнекислого натрия оказывается достаточным для того, чтобы подействовать на фенолфталеин.

з) ПОЛУЧЕНИЕ СТЕКЛА ИЛИ ГЛАЗУРИ

○ 1. Процесс образования стекла можно иллюстрировать получением легкоплавкого свинцового стекла. Для опыта отвеживают в отдельных стаканчиках 2 г искусственного полученного **кремнезема** и 6 г **окси** свинца.

● **Опыт.** Тщательно смешать в **фарфоровой ступке** приготовленные порошки и пересыпать смесь в маленький **фарфоровый тигелек**. Нагреть тигелек (**треугольник**) на **паяльной горелке** до плавления смеси. Когда смесь расплавится, размешать **стеклянной палочкой** и продолжать нагревание, пока не получится на вид однородная масса. Взять тигелек **щипцами** и, продолжая нагревание, наклонить тигелек настолько, чтобы стекло вытекало отдельными каплями на помещенный под тигельком **кусоч жести**. Получаются прозрачные стеклышки светло-желтого цвета. Показать их учащимся.

Вместо паяльной горелки можно воспользоваться лампой Бартеля с большой горелкой или жаровней.

Можно стекло не выливать из тигля, а, захватив железной проволокой, нагревать непосредственно в пламени горелки, пока стекло не начнет капать.

Стекло не следует вносить в восстановительную часть пламени, так как в таком случае свинец восстанавливается и на стекле получается налет черного цвета со стальным блеском.

Тигелек при опыте портится, так как отделить от него приплавившееся стекло нельзя.

Вместо искусственного кремнезема можно воспользоваться природным продуктом — кизельгуром, или трепелом (трипель, terra tripolitana).

● 2. **Опыт.** Насыпать немного вышеуказанной смеси на плоский кусочек высушенной глины и, держа щипцами, накаливать на горелке или в жаровне. Получается обожженный черепок, покрытый глазурью.

и) ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА НА ПРАКТИКЕ

● **Опыт.** Погрузить в растворимое стекло лучинку и оставить в нем на несколько дней. Затем высушить ее. В пламени

спиртовой лампочки дерево только после продолжительного нагревания начнет тлеть, но не загорается.

Тот же опыт можно проделать с куском толстого холста (пропитка декораций). Холст достаточно пропитывать около часа. Пропитанный и высушенный холст вносится в пламя одновременно с непропитанным. Последний загорается гораздо легче.

ХVIII. МЕТАЛЛЫ

1. Физические свойства металлов

а) ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОЛЛЕКЦИЕЙ МЕТАЛЛОВ

Рассмотреть коллекцию имеющихся в лаборатории металлов и отметить в каждом отдельном случае цвет металла, блеск его. Обратить особое внимание на металлы в порошке.

б) ОБРАЩЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В ПАРЫ

●1. Обращение металлов в пары удобно наблюдать на калии (*kalium metallicum*), который легко испаряется и пары которого имеют красивый зеленый цвет. Для нагревания калия можно воспользоваться тугоплавкой **трубкой с шариком** посередине (см. т. I, стр. 376). К одному концу этой трубки присоединить **прибор для получения водорода**, в другой конец вставить на корковой пробке **трубочку**, лучше из тугоплавкого стекла, со слегка оттянутым и загнутым под прямым углом концом.

Трубочку с шариком укрепить в зажиме штатива горизонтально.

Опыт. Отрезать **ножом** и очистить от корки кусочек калия таких размеров, чтобы он мог свободно войти в отверстие шариковой трубки. Вложить кусочек калия в конец трубки и протолкнуть **стеклянной палочкой** или **лучинкой** в шарик. Вставить пробку и пустить ток водорода. *Испытать*, чистый ли идет водород (см. т. I, стр. 479). Когда весь воздух из шариковой трубки будет вытеснен (*испытать!*), зажечь водород у отверстия трубки. Затем, осторожно прогрев шарик, сильно нагреть калий. Шарик наполняется зелеными парами калия, хорошо видными издали, особенно если сзади трубки поставить **белый экран** (кусочек белого картона). Пламя водорода, горящего у конца трубки, окрашивается в фиолетовый цвет.

Ток водорода из прибора для его получения не должен быть очень сильным. Шариковая трубка может служить только один раз. Ее можно заменить пробиркой (см. ниже).

●2. Для лабораторного опыта удобно воспользоваться металлом кадмием, который перегоняется в атмосфере водорода

при температуре около 500° . Для опыта конец палочки кадмия (*cadmium metallicum in bacillis*) выскоблить ножом, чтобы удалить тонкий слой окиси, и затем отрезать острогубцами кусочек величиной с горошину. Кусочек кадмия поместить в обыкновенную чистую и сухую пробирку. Пробирку плотно закрыть пробкой с двумя отверстиями, в которые вставлены две стеклянные газоотводные трубки: одна — доходящая до половины пробирки, другая — оканчивающаяся у пробки. Длинную газоотводную трубку соединить с прибором для получения водорода (о получении водорода и обращении с ним следует прочесть указания, приведенные в томе I (стр. 57, 478)). Водород лучше осушать, пропустив через промывную склянку с концентрированной серной кислотой.

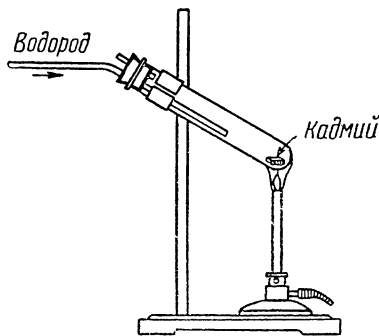


Рис. 361. Обращение в пары металла кадмия.

Пробирку укрепить в зажиме штатива наклонно, как на рисунке 361.

Опыт. Пустить из прибора несильный ток водорода. *Испытать*, вытеснен ли весь воздух (*испытание обязательно!* См. т. I, стр. 51). Нагреть кадмий на сильном огне. Кадмий плавится в каплю, затем начинает испаряться. Пары металла кадмия (светло-желтого цвета) сначала садятся на менее нагретых частях пробирки в виде металлического зеркала, а затем налет обращается в крупные блестящие капли.

Не прекращая тока водорода, дать пробирке остыть. Когда кадмий затвердеет, прекратить ток водорода, отделить пробирку от прибора для получения водорода и рассмотреть блестящие затвердевшие капли металла на стенках пробирки.

в) КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ЗАСТЫВАНИИ

●● Явление кристаллизации металлов при застывании удобно наблюдать на свинце и олове.

Опыт. Расплавить 300—500 г свинца в железной чашке (8—10 см диаметром) и, отставив горелку, дать ему медленно остывать. Когда при легком постукивании по чашке щипцами будет заметно, что на поверхности жидкого свинца образовался уже твердый слой на протяжении 1—1,5 см от краев чашки, быстро вылить незастывшую часть свинца во вторую железную чашку, на сковородку и т. п. На дне чашки остаются крупные

кристаллы свинца. Опыт после небольшой практики удается очень хорошо.

Таким же способом можно получить и кристаллы олова, но вместо обыкновенной железной чашки лучше взять кухонную круглую л у ж е н у ю **железную ложку**. Дело в том, что к обыкновенной железной чашке олово плохо пристает и кристаллы олова при выливании расплавленной части выливаются из чашки.

На луженой же железной ложке они держатся гораздо лучше. Можно также воспользоваться коробочкой из жести (см. т. I, стр. 237, рис. 260).

После того как олово расплавилось, с поверхности его необходимо снять железной пластинкой или проволокой слой окислов, так как иначе они при выливании садятся на кристаллы и затрудняют рассматривание их.

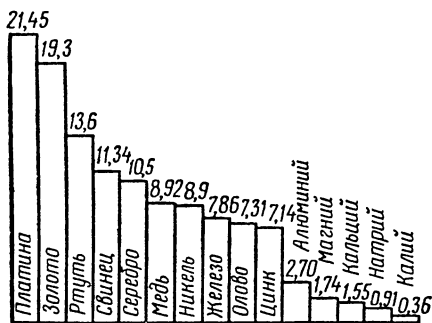


Рис. 362. Диаграмма удельных весов металлов.

Кристаллическое сложение хорошо видно на изломе **палочки цинка Zn**. Кроме того, можно демонстрировать кристаллы **сурьмы Sb** (antimonium regulinum) и **висмута Bi** (bismuthum metallicum).

●● 1. Различие в величинах удельного веса металлов. В пробирку, наполненную на $\frac{3}{4}$ объема **четырёххлористым углеродом** (уд. в. 1,58), бросить кусочек **медной ленты** и кусочек металлического **натрия** (*осторожно*; помнить правила обращения с металлическим натрием!).

Какие выводы можно сделать относительно удельного веса взятых металлов?

Пробирку с четырёххлористым углеродом и опущенными туда металлами сдать преподавателю.

○ 2. Для демонстрации различия в удельных весах металлов полезна прилагаемая таблица-диаграмма (рис. 362).

●● 3. Для наглядного сравнения удельных весов металлов можно также воспользоваться кусками разных металлов одинакового объема. Уравновешивая их водой, легко получить диаграмму удельных весов, которую учащиеся зарисовывают у себя в тетрадях.

Для опыта следует заказать одинаковых размеров **цилиндрики** или бруски из различных металлов, например: алюминия, цинка, олова, железа, меди и свинца.

До урока необходимо уравновесить на демонстрационных весах дробью измерительный цилиндр, могущий вместить столько воды, чтобы она уравнивала наиболее тяжелый из имеющихся металлических брусков или цилиндриков.

Опыт. Поместить на весы **алюминиевый цилиндрик** (или брусок) и уравновесить его водой, подкрашенной **индиго** или другой краской, приливая воду в измерительный цилиндр из кружки и т. п. Случайно прилитый избыток воды можно отнять **пипеткой**. Отметить уровень прилитой воды **карандашом** для писания по стеклу, наклеенной бумажкой и т. п. Снять **алюминиевый цилиндрик** (брусок), заменить его **цинковым**, снова долить воды до равновесия и т. д.

Сделанные на измерительном цилиндре пометки составят диаграмму весов взятых металлов. Если теперь записать числа миллилитров воды, соответствующие взятым металлам, и затем разделить каждое из этих чисел на объем цилиндрика (бруска), то получатся удельные веса металлов. Определить объем цилиндриков (брусков) можно тут же, погружая их в измерительный цилиндр с водой и отмечая, сколько миллилитров воды вытесняется.

Описанный опыт берет очень немного времени и дает числа, достаточно близкие к истинным.

За неимением подходящего измерительного цилиндра можно воспользоваться цилиндром для собирания газов и довольствоваться только получением «диаграммы» удельных весов.

Размеры металлических цилиндриков (брусков, кубиков, призм) могут быть различные. Удобны цилиндрики высотой 5 см и диаметром 3 см. Измерительный цилиндр следует брать на 500 мл.

Если желательно к вышеуказанным металлам прибавить еще и ртуть, то на чашку весов, куда помещаются металлы, следует поставить сначала **стаканчик**, уравновесить его дробью и уже затем прилить в него из измерительного цилиндра соответствующий объем **ртути**.

Кроме металлических цилиндриков (брусков), можно для сравнения сделать еще **деревянный**.

●● 4. Пользуясь металлическими цилиндриками, можно составить наглядную диаграмму удельных весов металлов.

Для этого следует заготовить **стеклянные трубки** равных размеров в количестве, соответствующем количеству цилиндриков. Наиболее подходящими будут трубки диаметром около 1 см, а высотой примерно 50 см. К каждой трубке подобрать по две **пробки**, которые плотно бы их закрывали. Одного размера пробки должны полностью входить в трубку, верхняя поверхность пробки и края трубки должны составлять одну плоскость. Один конец каждой трубки закрыть пробкой и залить ее парафином.

Приготовить для трубок **деревянный штатив**, подобный штативу для пробирок (рис. 363), и поставить туда трубки закрытыми концами вниз.

Подкрашенную воду, уравнивающую каждый из цилиндриков, аккуратно перелить в отдельную трубку. Чтобы не разлить при этом воду, можно пользоваться маленькими вороночками, приготовленными из пробирок.

Пробирку сильно нагреть в пламени горелки на расстоянии 1—1,5 см от ранта до размягчения стекла, оттянуть шейку вороночки и срезать лишнее стекло. Вороночка имеет вид, изображенный на рисунке 364. Для их изготовления вполне пригодны пробирки с дырявым дном.

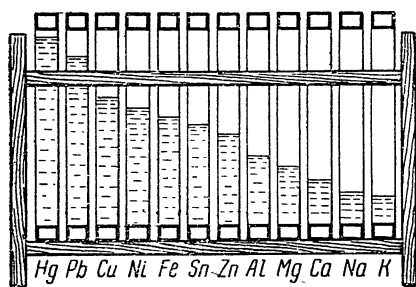


Рис. 363. Наглядная диаграмма удельных весов металлов.

Трубки с водой закрыть сверху пробками и залить парафином. На каждую трубку наклеить бумажку с названием металла, уравнивающего данный объем воды.

Поставленные в штатив с белым фоном в порядке увеличения веса воды трубки дают наглядную диаграмму удельного веса различных металлов.

Поставленные в штатив с белым фоном в порядке увеличения веса воды трубки дают наглядную диаграмму удельного веса различных металлов.

Удельный вес — это вес единицы объема. Наша единица (объем цилиндрика) условна, но это изменит только масштаб диаграммы.

●● 5. Для того чтобы демонстрировать, что ртуть тяжелее железа, меди, цинка, алюминия, олова и свинца, можно налить в чашку ртути и показать, что перечисленные металлы (гвозди, пластинки, кусочки проволоки) на ней плавают. Платиновая пластинка в ртути тонет.

○ 6. Для сравнения удельных весов воды и ртути полезно предложить учащимся сделать следующий простой опыт.

Опыт. Поставить на поднос с бортами две чистые склянки по 250 мл каждая. В первую склянку налить воду, во вторую — ртуть. Предложить учащимся поднять двумя пальцами сначала склянку с водой, а затем (*осторожно!*) склянку со ртутью. Склянки рекомендуется брать не за горло, а за широкую часть. При поднимании склянки со ртутью пальцы скользят по чистой и гладкой поверхности стекла, и только, как правило, за второй прием, зажав склянку сильнее, учащемуся удается поднять ее со стола.



Рис. 364. Вороночка, приготовленная из пробирки.

г) ОБЪЕМ ГРАММ-АТОМОВ МЕТАЛЛОВ

○ Приготовить круглую или квадратную форму (лучше 1 см^2 в сечении) из графита смешанного с глиной, формовочной земли, глины, железной формы, чугунной формы и др. Можно использовать пустотелый кирпич с круглыми отверстиями, которые не проходят насквозь.

Железную и чугунную формы следует изготавливать разборными из двух половинок.

Взвесить грамм-атом следующих металлов: Al, Zn, Sn, Sb, Pb, Cu и др. Металла следует брать больше на 1—3 г от теоретического расчета на угар при плавке и разливании его в форму.

Взвешенное количество металла поместить в графитовый тигель (можно плавить в железном, шамотовом и других сосудах). Для плавления пользуются любым видом нагревательных приборов.

Расплавленный металл осторожно вылить в форму и после остывания вынуть его. Иногда приходится разбивать форму. Если имеется избыток металла, то его следует подпилить напильником или карборундовым кругом и подогнать вес грамм-атома.

Эти образцы грамм-атомов будут служить все время хорошим демонстрационным материалом.

Таким же путем можно приготовить объем грамм-атома магния, но брать его следует в два раза больше по весу, так как при выливании расплавленного магния часть его сгорает ослепительно-белым светом, и плавить в закрытом тигле. Во время работы с магнием следует надеть защитные очки из синего стекла и предусмотреть пожарную профилактику (песок, но ни в коем случае не гасить водой).

Медь приходится плавить в индукционной печи или в других печах, где температура выше 1110° .

Грамм-атом ртути можно приготовить в измерительном цилиндре емкостью не менее 15 мл. Вылить в цилиндр 201 г ртути, что займет объем, равный $14,8 \text{ см}^3$, или в трубку от аппарата Гофмана. Этот цилиндр или трубку хранить в другом более широком цилиндре.

Обращаться с ртутью надо очень осторожно, так как пары ртути ядовиты. Если ртуть случайно пролилась, то необходимо подобрать всю ртуть и провести демеркуризацию помещения, для чего засыпать щели в полу порошком серы.

Отвесить 7—7,5 г металла и поместить его в пробирку, которую закрыть пробкой с двумя газоотводными трубками. Пробирку поместить в стакан с глицерином и закрепить в зажиме штатива. Через изогнутую газоотводную трубку пропускать водород и одновременно нагревать стакан с глицерином, поставив его на асбестовую сетку. Выходящий из пробирки водород можно поджечь, предварительно испытав его чистоту. Вместо глицерино-

вой можно воспользоваться вазелиновой, парафиновой или песчаной баней.

Нагреть баню до расплавления металла и затем вылить его в трубку от прибора Гофмана с запаянным концом или в другой измерительный сосуд емкостью не менее 13,2 мл, а затем запаять или залить вазелином, парафином и крепко прикрыть резиновой пробкой.

Так же плавят натрий и калий. Навески этих металлов следует брать с избытком и перед взвешиванием очищать кусочки от окисной пленки. Расплавленными металлами нужно заполнить предварительно вымеренный объем, равный для натрия 23,7 мл, а для калия 45,3 мл. Заполненные трубки нужно запаять или залить вазелином или другим веществом.

Эта работа кропотлива и требует внимания. Можно приготовить 0,5; 1,5; 2 и т. д. грамм-атома. После приготовления образцов полезно вычертить на миллиметровой бумаге график объемов грамм-атомов, имея частично экспериментальные данные, например, для Li, Na, K, Mg, Al, Zn, Sn, Sb, Bi, Cu, Pb и расчетные для остальных. Такой график можно использовать также при изучении периодического закона (Григориади).

д) ТВЕРДОСТЬ МЕТАЛЛОВ

● ● 1. *Опыт.* Самыми мягкими металлами являются **калий** и **натрий** (см. выше), которые легко можно мять и расплющивать между пальцами. При этом если с поверхности металлов не удалять слоя масла или керосина, в котором они хранятся,

то пальцы несколько не страдают.

● ● 2. Отметить твердость находящихся в коллекции металлов по сравнению с твердостью стального напильника.

● ● 3. Приготовить или заказать слесарю одинаковой толщины (около 1,5 мм) **пластинки из свинца, алюминия,**

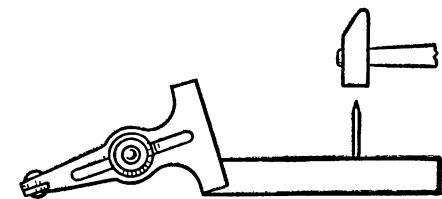


Рис. 365. Испытание твердости металлов.

красной меди и железа. Пластинки удобно сделать длиной около 10 см и шириной около 1,5 см, но можно взять и другие размеры.

Опыт. Укрепить конец свинцовой пластинки в **ручных тисках** (или в зажиме от штатива) таким образом, как показано на рисунке 365, и положить тиски с пластинкой на стол, подложив какую-нибудь **доску**. Держа в руках алюминиевую пластинку, наложить конец ее на конец свинцовой пластинки и ударить **молотком** по алюминиевой пластинке, пока она не врежется в

свинец до половины ширины пластинки. Затем вместо свинцовой пластинки взять алюминиевую и разрубить ее медной пластинкой и, наконец, медную — железной. При этом безразлично, которая пластинка сверху, все равно режется более мягкий металл, на более твердом же почти не остается следа.

При лабораторных опытах один из учащихся держит нижнюю пластинку рукой, другой учащийся — верхнюю и бьет по ней молотком.

Цинк по шкале твердости (рис. 366) мягче алюминия, но твердость его находится в большой зависимости от способа обработки. Поэтому при описанном опыте цинк может оказаться тверже алюминия.

В число металлов для данного опыта не включено олово, так как листовое олово указанной толщины достать трудно, но можно соответствующую пластинку отлить и опилить.

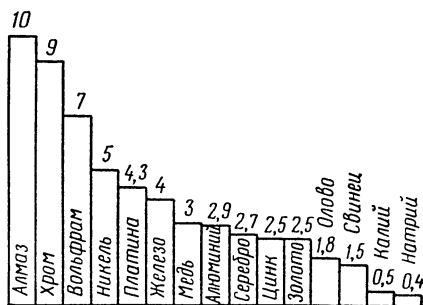


Рис. 366. Диаграмма твердости металлов по сравнению с твердостью алмаза.

е) МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ БЛЕСК

Металлический блеск значительной части металлов ясно виден и не требует доказательств. Многие металлы покрываются налетом продуктов окисления, и металлический блеск их незаметен.

●● 1. *Опыт.* Налить $\frac{1}{3}$ пробирки керосина, опустить туда кусочек натрия объемом приблизительно $\frac{1}{2} \text{ см}^3$ и нагреть, время от времени встряхивая пробирку, чтобы корка сходила с металлического натрия. На дне пробирки под керосином можно наблюдать блестящий шарик расплавленного металла.

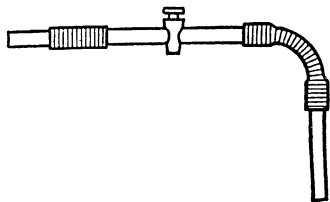


Рис. 367. Приспособление для отсасывания металла в трубочку.

Тот же опыт можно проделать с металлическим калием.

●● 2. Блеск различных металлов удобно демонстрировать, заготовив их в стеклянных трубках, залитых с концов парафином.

Опыт. В хорошо нагретой тигельной печи в фарфоровом тигле, закрытом крышкой, можно расплавить олово, свинец, кадмий,

цинк и другие металлы. **Металлической палочкой** снять с поверхности расплавленного металла окисную пленку.

Стеклянную трубку длиной 20—25 см и диаметром 0,5—1 см с помощью **резиновой трубки** соединить с другой трубкой, имеющей хорошо закрывающийся, довольно массивный кран, которую резиновой трубкой соединить с трубкой для отсасывания металла. Общая длина всех трубок должна быть несколько больше 50 см, чтобы не обжечься горячим воздухом при отсасывании металла.

Прогрев предварительно стеклянную трубку, опустить ее конец в расплавленный металл до дна тигля и при открытом кране засосать металл в трубку на высоту 15—20 см. Быстро закрыть кран, вынуть трубку из тигельной печи и некоторое время подержать ее в воздухе в вертикальном положении, чтобы металл застыл у открытого конца.

Когда остынет трубка с металлом, снять ее с резиновой трубки. Незаполненную металлом часть трубки отрезать таким образом, чтобы все трубки с металлами были одинаковой длины, и концы их залить парафином.

Такие же трубки можно заполнить калием и натрием; плавить эти металлы следует в маленьком стаканчике под керосином, подвешенном в большом стакане с кипящей водой или же в атмосфере водорода, как указано на странице 477 (рис. 361).

Металлы под стеклом прекрасно сохраняют свой блеск на длительное время.

ж) ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ

●● 1. Теплопроводность металлов можно иллюстрировать на металлических палочках в стеклянных трубках, которые использовались для наблюдения металлического блеска.

Опыт. Один конец палочек освободить от парафина и все одновременно опустить этим концом в горячую воду (исключая металлы, реагирующие с водой) и следить за последовательностью расплавления парафина на другом конце палочки, находящимся над водой.

Не забыть после опыта снова залить парафином второй конец палочки.

Вместо парафина можно на верхний конец металлической палочки нанести теплочувствительную краску $\text{Ag}_2[\text{HgJ}_4]$ и следить за последовательностью изменения ее окраски. После опыта краску снять и заменить парафином. (О приготовлении этой краски см. раздел «Физические и химические явления».)

Для опыта по теплопроводности можно воспользоваться кусками металлической проволоки (медной, железной, алюминиевой) по возможности равного диаметра. Один конец прово-

локи покрыть парафином, а концы, свободные от парафина, опустить одновременно в горячую воду.

э) ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ

Для наблюдения электропроводности металлов удобно пользоваться прибором, изображенным на рисунке 368.

●● 1. *Опыт.* Разомкнутые концы проводов опустить в небольшой стаканчик, на дне которого налит слой ртути. Вставить вилку в штепсель и наблюдать накал нити лампочки.

●● 2. *Опыт.* Опустить провода в сосуд, где под керосином находится металлический натрий (калий), не касаясь металла, и убедиться, что керосин не проводит электрического тока. Коснуться концами проводов кусочка металлического натрия (калия), очищенного от корки продуктов окисления, и убедиться, что щелочные металлы хорошо проводят электрический ток.

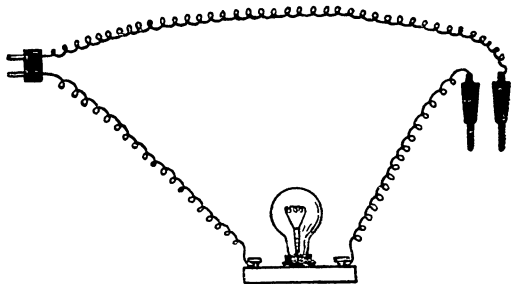


Рис. 368. Прибор для определения электропроводности металлов.

Электропроводность всех металлов можно испытать на металлических палочках, залитых в стекло. Разомкнутыми проводами, просверливая слой парафина, касаться металла с различных сторон и убедиться, что все металлы являются проводниками электрического тока.

и) МЕТАЛЛЫ КОВКИЕ И ХРУПКИЕ

●● *Опыт.* Расплющить молотком на наковальне (или утюге) концы стержней (проволок) из свинца, олова, алюминия, меди, железа и обратить внимание, какие металлы плющатся легче, какие труднее. Лучше, если взятые стержни одинакового размера, но необходимости в этом нет.

Куски сурьмы (*stibium metallicum totum*) и висмута (*bismuthum metallicum totum*) при ударах молотка рассыпаются в порошок

к) РАЗЛИЧИЕ В ТЕМПЕРАТУРАХ ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

●● Для опыта необходимо приготовить пластинки из олова, свинца, цинка, алюминия и меди. Пластинки из свинца, цинка и алюминия следует взять двух размеров — приблизительно 5×5 см и 2×2 см. Толщина большой свинцовой пластинки должна быть около 1 мм, цинковая же и алюминиевая могут быть

и тоньше. Оловянная пластинка нужна только малого размера. Ее не трудно приготовить, расплющив палочку олова на наковальне. Медная пластинка нужна только большого размера и может быть значительно тоньше 1 мм. Все пластинки должны быть по возможности ровные, выправлены на наковальне. Малые пластинки должны плотно прилегать к большим.

Опыт. Поместив на середину большой свинцовой пластинки малую оловянную, взять свинцовую пластинку щипцами и осторожно нагревать ее в пламени горелки, то внося в пламя, то снова вынимая.

Когда при легком покачивании пластинки будет заметно, что олово уже расплавилось, слить его на поставленную рядом **сковородку или лист жести и т. п.**

Таким же образом на цинковой пластинке расплавить свинцовую пластинку, на алюминиевой — цинковую и на медной — алюминиевую, каждый раз сливая расплавленный металл. Алюминиевую и медную пластинки можно нагревать значительно смелее, чем свинцовую и цинковую.

После небольшой практики опыт удается очень хорошо.

Для того чтобы показать, что и медь может быть расплавлена при температуре пламени газовой горелки (не спиртовой лампы), можно внести в пламя тонкую **медную проволоку 0,5 мм в диаметре.**

Если конец медной проволоки держать в самой жаркой части пламени (над внутренним конусом), то на конце проволоки образуется капля расплавленной меди; железо в тех же условиях не плавится (рис. 369).

●● Определить температуру плавления олова следующим образом: кусочек **олова** весом около 1 г положить в **пробирку**. Поместить пробирку в **стакан с глицерином** (температура кипения глицерина около 300°). Отметить температуру глицерина в момент расплавления олова.

● Определение температуры плавления легкоплавких металлов (количественный опыт).

Приготовить прибор, как показано на рисунке 370.

На кольцо штатива положить медную или асбестированную сетку, а в лапке закрепить термометр на 100—120°. На кольцо

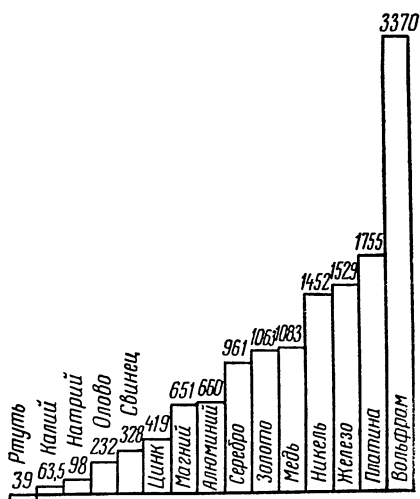


Рис. 369. Диаграмма температур плавления металлов.

с сеткой поставить тонкостенный стакан на 300—400 мл, а в него с помощью проволоки или картона поместить стакан на 50—100 мл (рис. 370).

В большой стакан налить воды столько, чтобы маленький стакан погрузился в нее бóльшей своей частью. В маленький стакан налить керосин, погрузить в него термометр и все нагревать на спиртовке, газовой горелке или электроплитке. Если пользоваться электроплиткой, то кольцо с сеткой не нужно. В этом случае на плитку положить кусок листового асбеста, на который поставить стакан.

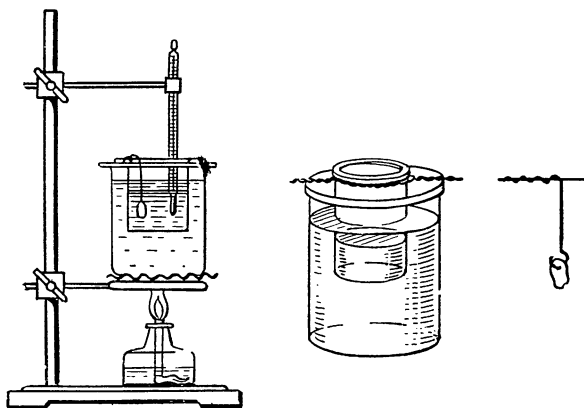


Рис. 370. Определение температуры плавления олова.

Под керосином в фарфоровой чашке тщательно очистить от продуктов коррозии кусочек щелочного металла, температуру плавления которого будем определять. Осторожно надеть его за самый край на тонкую стальную проволоку (рис. 370) и оставить в чашке под керосином.

Опыт. Когда температура керосина в стакане будет на 5—7° меньше температуры плавления взятого металла (температура плавления калия 62,3°, натрия 98°), опустить приготовленный кусочек металла в стакан с керосином. Следить за тем, чтобы металл и термометр находились на одном уровне, т. е. чтобы термометр измерял температуру того слоя, в котором находится металл.

Опускать металл в самом начале опыта не рекомендуется, так как имеющийся в керосине растворенный воздух способствует образованию коррозионной пленки, которая будет удерживать расплавленный металл на проволочке.

Когда температура керосина станет на 1—2° меньше температуры плавления взятого металла, прекратить нагревание.

Дальнейшее повышение температуры будет происходить за счет теплоотдачи воды, температура которой несколько выше, чем у керосина, и которая является своего рода регулятором тепла.

Когда термометр покажет температуру плавления взятого металла, отставляя и подставляя спиртовку, регулировать подачу тепла так, чтобы эта температура оставалась некоторое время постоянной. Расплавившийся металл стекает с проволоочки или, если его все же удерживает тугоплавкая пленка из продуктов коррозии, повисает в форме капли (Боряз).

л) ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Нагретое до красна железо становится мягким.

● 1. Для того чтобы показать, насколько легко сгибается нагретое до красна железо, можно воспользоваться железной проволокой такой длины, чтобы, будучи взята за один конец плоскогубцами, она в холодном состоянии не сгибалась под собственной тяжестью, в нагретом же сгибалась. Подходящая длина проволоки зависит от ее толщины.

Опыт. Держа проволоку за один конец плоскогубцами, нагреть ее около плоскогубцев на горелке до красна. Проволока под собственной тяжестью сгибается.

Если нет достаточно длинной проволоки, можно взять короткую, повесив на ее конец какой-нибудь груз.

● 2. При лабораторном опыте кусок проволоки держится за концы и нагревается на горелке посередине. Нагретое до красна железо легко сгибается.

Железо, накаленное до ярко-красного каления, не притягивается магнитом.

●● **Опыт.** Положить кусок железной проволоки на кольцо штатива, таган и т. п. и показать, что железо притягивается поднесенным к концу проволоки магнитом. Накалить конец проволоки до ярко-красного каления (выше 760°). Пока железо достаточно накалено, оно к магниту не притягивается. Как только температура железа понизится, конец проволоки снова начнет подниматься магнитом. Для того чтобы положение проволоки было хорошо видно издали, можно на конец ее, противоположный нагреваемому, приклеить бумажку-указатель.

Цинк при нагревании до $100 - 150^{\circ}$ делается мягким. Для опыта нужна палочка цинка (*zincum metallicum in bacillis*).

● 1. **Опыт.** Показать, что цинк при обыкновенной температуре хрупок и что при попытке согнуть конец палочки плоскогубцами от палочки отламываются кусочки. Затем, держа палочку за один конец плоскогубцами, нагревать ее в пламени по всей длине до тех пор, пока при быстром прикосновении к палочке мокрым пальцем не станет замечаться шипения. Тогда при помощи вто-

рых плоскогубцев, круглогубцев, клещей и т. п. палочку можно легко согнуть в кольцо или спираль. Если затем цинк охладить, опустив в **стакан с водой**, то при попытке разогнуть спираль цинк не гнется, а снова ломается.

Вместо того чтобы пользоваться вторыми плоскогубцами, можно ломать и сгибать цинк ударами молотка на наковальне, утюге и т. п.

● Для лабораторного опыта можно из экономии дать учащимся по $\frac{1}{2}$ палочки цинка и начать с опыта сгибания, а уже затем убедиться, что цинк в холодном состоянии ломок.

Опыт. Держа палочку цинка за один конец при помощи сложенной во много раз **куска бумаги**, нагревать цинк на горелке по всей длине до тех пор, пока при быстром прикосновении к нему мокрым пальцем не станет замечаться шипения (температура 100—150°).

Взять цинк за другой конец при помощи другого куска сложенной бумаги и убедиться, что цинк легко сгибается.

Опустить цинк в холодную воду и попробовать затем разогнуть палочку. Что наблюдается?

Олово при 200° делается хрупким. **Опыт.** Показать, что обычный «пруток» или палочка, отлитая из олова (*stannum metallicum anglicum* или *purum in bacillis*), при обыкновенной температуре легко гнется. Затем внести конец палочки в пламя горелки и нагревать до тех пор, пока олово не начнет легко ломаться при помощи плоскогубцев или щипцов. Нагреваемый конец можно сразу же захватить плоскогубцами, производя все время некоторое усилие, чтобы сломать олово. Как только олово сломается, вынуть палочку из пламени и отломить еще несколько кусочков. Когда олово достаточно остынет, оно перестает ломаться и снова начинает гнуться.

○ Учащимся раздают палочки олова длиной около 15 см.

Опыт. Убедиться, что **олово** легко гнется. Характерный хруст, который при этом слышится, зависит от скользяния отдельных кристаллов, из которых состоит кусочек отлитого олова, одного относительно другого. Взять палочку за концы кусками сложенной во много раз бумаги и, нагревая палочку посередине, продолжать слегка сгибать ее в ту и другую сторону.

Что наблюдается, когда палочка достаточно прогреется?

Отломанные кусочки следует собрать. Их можно потом расплавить и снова отлить в «пруток», вылив расплавленное олово в согнутый из полоски жести лоточек. Можно отлить олово и в виде палочки, вылив его в стеклянную трубку, туго обернутую полоской плотной бумаги и поставленную в чашку с сухим песком. Стеклообразную трубку затем можно разбить. Можно отливать и просто в форму из плотной бумаги, поставленную в песок,

2. Сплавы

Для учебных целей полезно иметь коллекцию сплавов. В таких коллекциях сплавы удобно иметь в виде палочек в 1 см толщиной и 8 см длиной. Сплавы в коллекциях бывают обыкновенно необработанные, прямо из отливок. Лучше, если половину каждой палочки опилить мелким напильником и отполировать наждачной бумагой.

Для демонстрации сплавы лучше всего вставить в высверленные в деревянном бруске отверстия. Против каждого сплава наклеить этикетку с названием и с указанием состава сплава. В таком виде на время изучения главы о металлах сплавы полезно выставить в классе, а затем снова убрать в коробку. Чтобы не перепутать сплавы, на каждой палочке следует поставить номер и тот же номер против соответствующего отверстия в бруске.

Число опытов, которые можно продемонстрировать и проделать при изучении сплавов в элементарном курсе химии, невелико.

а) СПЛАВ ВУДА

●● Для того чтобы показать, насколько значительно температура плавления сплава может отличаться от температур плавления входящих в сплав металлов, обыкновенно пользуются сплавом Вуда. Температура плавления его лежит около 70°. Сплав Вуда (Wood) можно купить готовый (в магазинах принадлежностей для радио), но можно легко приготовить и в школьной лаборатории. Для приготовления небольшого количества сплава, вполне достаточного для лекционного опыта, нужно отвесить 10 г олова (*stannum metallicum totum* или *granulatum*), 10 г свинца (*plumbum metallicum totum* или *granulatum*), 7 г кадмия (*cadmium metallicum totum* или *in bacillis*) и 40 г висмута (*bismuthum metallicum totum*). Так как при сплавлении металлы сильно окисляются и пропорция при этом нарушается, то сплавление следует производить под слоем парафина (*paraffinum album*) или канифоли (*colophonium*), если можно, под тягой.

Поместив в железный тигель или чашку отвешенное олово, прибавить столько расплавленного парафина, чтобы он покрыл положенный кусочек олова слоем в 1 см. Нагреть железный тигель (чашку) до плавления олова, а затем прибавлять остальные металлы в том порядке, в каком они перечислены, все время размешивая железной проволокой и время от времени подогревая, пока не получится однородный сплав. Дать сплаву застыть и затем, слив парафин, вынуть сплав из тигля и вытереть тряпкой оставшийся на нем парафин. После этого сплав можно снова расплавить в фарфоровой чашке и отлить в палочки при помощи

формы, свернутой из плотной бумаги (навернуть бумагу на стеклянную палочку или трубку, обвязать ниткой, вынуть стеклянную палочку или трубку и закрыть один конец формы деревянной палочкой).

Опыт. Нагреть воду в стакане или пробирке до кипения и опустить в воду конец палочки из сплава Вуда. Сплав плавится и каплями стекает на дно стакана.

По окончании урока сплав расплавить и снова отлить из него палочку для следующего раза.

Для лабораторного опыта небольшие кусочки сплава раздаются учащимся, и они опускают их в пробирки с кипящей водой.

Опыт. Температуру плавления сплава Вуда можно определить, пользуясь прибором, изображенным на рисунке 370. В маленький стаканчик наливают воду. Температура плавления сплава Вуда $68,5^{\circ}$.

Можно определять не температуру плавления сплава Вуда, а температуру его затвердевания.

Опыт. Взять 40—50 г сплава Вуда и поместить его в пробирку, которую закрепить отвесно в стакане с кипящей водой. Поместить термометр (на 100°) в сплав Вуда и осторожно помешивать сплав до плавления. Когда сплав окончательно расплавится и термометр покажет температуру около 90° , погасить пламя. Оставить термометр в расплавленном металле и отмечать температуру каждые 30 сек, пока сплав не затвердеет. Записать время и температуру в два параллельных столбца. Температура при отсчете должна упасть приблизительно от 90 до 60° .

Не следует вынимать термометр из затвердевшей массы, а расплавить ее в кипящей воде и тогда вынуть термометр. Тщательно отделить приставший к нему металл. Пока сплав жидкий, вылить его в стакан с холодной водой. Если к пробирке пристал металл, отделить его стеклянной палочкой.

Нанести на график, как указано на рисунке 371, кривую охлаждения сплава Вуда. Провести линию через полученные точки и отметить точку плавления (затвердевания) сплава.

Сравнить со средним значением, полученным из точки плавления, компонентов. Вспомнить, что подразумевается под термином «теплота плавления», и объяснить причину остановки кривой остывания плавящегося сплава.



Рис. 371. Кривая охлаждения сплава Вуда.

Сплав Вуда находит применение в пожарной технике.

●● *Опыт.* Взять большую хлоркальциевую трубку, узкий конец ее (примерно в $\frac{1}{2}$ см диаметром) залить расплавленным сплавом Вуда и дать остыть. Налить воду в хлоркальциевую трубку и посмотреть, хорошо ли запаян конец, т. е. не протекает ли вода (рис. 372).

Наломать лучинки маленькими кусочками и, сложив их ко- стром, зажечь на асбестовом картоне или в фарфоровой чашке.

Держать над пламенем хлоркальциевую трубку с водой запаянным концом вниз. Сплав Вуда расплавится, и вода залет горящие лучинки.

Подобные автоматические противопожарные приспособления устраиваются в стенах и потолках зданий. Вся система такого способа тушения пожара называется спринклерной.



б) СПЛАВ КАЛИЯ И НАТРИЯ

○ Температура плавления сплава калия и натрия лежит значительно ниже температур плавления самих металлов; сплав этих металлов при комнатной температуре находится в жидком состоянии.

Приготовить сплав калия и натрия очень просто, так что получение его можно произвести на уроке.

До урока следует отрезать под слоем парафинового масла или керосина кусок **натрия** (*натрий metallicum totum*) и кусок **калия** (*калий metallicum totum*), каждый в поперечнике около 1 см и больше.

И тот и другой металлы должны быть хорошо очищены от покрывающей их корки.

Опыт. При помощи **пинцета** или **щипцов** перенести куски калия и натрия в **стакан с бензином** и, держа их пальцами, прижать один к другому и слегка потереть. На дно стакана сейчас же начинают падать капли сплава.

Опыт. Расплавить под **керосином** в отдельных пробирках металлы **натрий** и **калий**. Слить избыток керосина. Пробирку с металлическим калием опустить в **стакан** с горячей водой, осторожно перелить в нее расплавленный натрий и перемешать расплавы металлов встряхиванием или же длинной стеклянной палочкой.

После урока перелить сплав в **фарфоровую чашку** и оставить где-нибудь на воздухе на долгое время. Когда металлы окислятся, вымыть чашку. При окислении металлов сначала получается раствор едких щелочей в притянутой ими из воздуха влаги, а затем углекислые соли. Иногда окисление металлов идет так энергично, что сплав сам собой загорается. Это необходимо иметь в

Рис. 372. Демонстрация применения сплава Вуда в пожарной технике.

виду, и чашку со сплавом калия и натрия следует оставлять в безопасном месте.

в) ПРИГОТОВЛЕНИЕ СПЛАВА ОЛОВА И СВИНЦА (ПРИПОЯ)

●● *Опыт.* Отвесить на весах 20 г свинца (*plumbum metallicum totum*) и 40 г олова (*stannum metallicum totum*). Навески металлов поместить в железный тигель, который поставить на кольцо штатива и нагревать в пламени спиртовой лампочки или другой горелки. Расплавленные металлы перемешивать железной проволокой.

Приготовить для сплава бумажную форму. Для этого толстый карандаш или стеклянную трубку длиной около 15 см обернуть несколькими слоями бумаги так, чтобы получилась бумажная трубочка длиной 20 см и остался свободный конец карандаша длиной 2—3 см. Свободный конец бумажной трубочки загнуть и привязать к карандашу ниткой, которой обмотать всю трубочку, и после этого вытащить карандаш за свободный конец.

Расплавленную смесь металлов вылить в приготовленную бумажную форму через вороночку, свернутую из куска жести. Когда сплав застынет, освободить его от бумаги (С. Ф. Силин).

Подержать щипцами кусочек медной пластинки в пламени горелки, пока он не потеряет свой блеск. Положить кусочек припоя на окисленную медь и нагреть. Припой не пристает к окисленной меди.

Положить на пластинку вместе с припоем немного хлористого аммония и повторить опыт. Вместо хлористого аммония можно взять соляную кислоту или раствор хлористого цинка. Эти вещества растворяют окислы металлов.

г) ЛАТУНЬ ТВЕРЖЕ МЕДИ И ЦИНКА

●● *Опыт.* Способом, указанным выше (стр. 482, опыт 1), легко можно показать, что латунь, т. е. сплав меди с цинком, значительно тверже меди и цинка. Для опыта требуются одинаковых размеров пластинки меди, цинка и латуни. Латунная пластинка врезается и в медную и в цинковую пластинки. На латунной же пластинке получается лишь небольшая вмятина.

д) БРОНЗА ЗВЕНИТ ПРИ УДАРЕ ГОРАЗДО СИЛЬНЕЕ, ЧЕМ МЕДЬ И ОЛОВО

●● Для опыта можно воспользоваться палочкой бронзы из коллекции (см. стр. 490), медную же и оловянную палочки легко приготовить по образцу бронзовой. Все три палочки при помощи ниток подвесить к укрепленной горизонтально палке, стеклянной трубке и т. п.

Опыт. При ударе по палочкам **молотком** или каким-либо другим твердым предметом заметна резкая разница в издаваемом палочками звуке.

е) ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВА СВИНЦА И НАТРИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ТВЕРДОСТИ

● **Опыт.** Взять 5—6 г **свинца**, положить его в **фарфоровый тигель** и, поставив на кольцо штатива в **фарфоровый треугольник**, расплавить в пламени спиртовки. Нагретой **стеклянной палочкой** снять с поверхности металла окисную пленку.

Очистить под керосином от окисной пленки кусочек металлического **натрия**, примерно 0,5 г, высушить **фильтровальной бумагой** и опустить в расплавленный **свинец**. Погрузить с помощью палочки в расплав и перемешивать 1—2 *мин.*

Взять тигель щипцами и быстро опрокинуть его содержимое на фарфоровую пластинку.

Сплав свинца и натрия тверже, чем каждый из компонентов в отдельности.

● **Опыт.** Погнуть и поковать **свинцовую пластинку**, поцарапать ее ногтем и убедиться, что свинец **пластичный металл**.

То же самое проделать с приготовленным сплавом и убедиться, что он не пластичен, но значительно тверже свинца и, конечно, тверже натрия.

ж) ПОЛУЧЕНИЕ АМАЛЬГАМЫ МЕДИ

● ● **Опыт.** На **медную** предварительно обработанную **азотной кислотой** монету капнуть каплю **ртути**. Протереть монету тряпочкой или **фильтровальной бумагой**. Ртуть быстро **диффундирует** в медь. После работы хорошо **вымыть руки**.

з) АМАЛЬГАМА НАТРИЯ

● ● При реакции между **натрием** и **ртутью** происходит **сильная вспышка** и выделяются **ядовитые пары ртути**. Поэтому амальгаму следует получать *под тягой* или перед **топящейся печью**.

В **ступку** налить около 7 *мл* ртути. Затем от куска натрия, очищенного от корки, отрезать кубик со сторонами около 1—1,5 *см* (**правила обращения с натрием!** см. т. I, стр. 54).

От приготовленного кубика натрия отрезать кусочки величиной с горошину или немного больше и погружать один за другим в налитую в ступку ртуть при помощи **щипцов**. Во избежание отравления парами ртути щипцы следует держать в вытянутой руке и не наклоняться над чашкой. Погрузив кусочек натрия в ртуть, следует **сжать его щипцами**, чтобы нарушить быстро образующуюся корку перекиси, препятствующую реакции. После этого происходит **вспышка**. Если брать кусочки натрия **бóльших размеров**, чем указано выше, вследствие **сильной**

вспышки натрий разбрасывается в стороны, и *возможны ожоги*.

Опустить кусочек амальгамы в **пробирку с водой** и наблюдать ее разложение. Испытать выделяющийся водород зажженной лучинкой. На дне пробирки под водой остается металлическая ртуть.

Оставшуюся амальгаму положить в банку и хорошо закрыть ее пробкой.

и) АМАЛЬГАМА СЕРЕБРА

Амальгаму серебра можно купить в аптеке.

● **Опыт.** Взять щипцами кусочек **амальгамы серебра**, слегка нагреть на пламени **спиртовки** до появления «росы ртути» и опустить в раствор **едкого аммония**; через некоторое время вынуть из раствора, размять пальцами и оставить кусочек на несколько часов лежать, не притрагиваясь к нему. Попробовать размять пальцами амальгаму. На этом принципе основано применение серебряных сплавов для пломбирования зубов.

к) СПЛАВ СВИНЦА И БАРИЯ

Опыт рекомендуется проводить в вытяжном шкафу или же демонстрационный стол покрыть листом асбеста.

15 г **оксида свинца** и 20 г **азотнокислого бария** хорошо высушить отдельно друг от друга в **сушильном шкафу** при 110°. Сухие вещества и 20 г **алюминия** в крупинках положить в объемистую **материальную банку** и встряхиванием хорошо перемешать их (не растирать в ступке!). Этой смесью заполнить керамиковый тигель высотой 10 см и диаметром 6 см в верхней части.

Приготовить зажигательную смесь из 18 г **перекиси бария** и порошка **магния**, смешав их встряхиванием в объемистой банке (*не растирать в ступке!*). Смесью высыпать поверх реакционной массы в тигель и в середину вставить очищенную шкуркой магниевую ленту. Тигель поставить в железное ведро или большой цветочный горшок с сухим песком таким образом, чтобы тигель не высовывался из сосуда.

● **Опыт.** Длинной лучинкой поджечь ленту магния и закрыть дверцу вытяжного шкафа или отойти от реакционного сосуда. Если реакция задержится, ни в коем случае не заглядывать в тигель, а *терпеливо ждать!*

По охлаждении тигель разбить и вынуть металлические комочки. Часть сплава бросить в стакан с водой и наблюдать выделение пузырьков водорода. По окончании реакции в две пробирки отлить из стакана жидкость; на одну подействовать раствором фенолфталеина, на другую — разбавленной серной кислотой (Рейнбольдт).

л) ХРУПКОСТЬ ЧУГУНА

●● **Опыт.** Показать, что **чугунная сковорода** легко разбивается при ударе **молотком**. Для лабораторного опыта раздать учащимся куски (обломки) **чугунной сковородки**.

м) ОТПУСК И ЗАКАЛКА СТАЛИ

При изучении явлений отпуска и закалки стали необходимо сообщить учащимся, что современная теория закалки стали создана трудами выдающихся русских ученых — металлурга профессора **Дмитрия Константиновича Чернова** (род. 20 октября 1839 г., умер 2 января 1921 г.), Героя Социалистического Труда академика **Александра Александровича Байкова** (род. 6 августа 1870 г., умер 6 апреля 1946 г.) и др.

●● Для опыта можно воспользоваться небольшим **кухонным ножом** с острым концом, обломком пилы, вязальной спицей и т. д.

Опыт. Нагреть конец кухонного ножа в пламени горелки до красна и дать ему медленно остыть. При помощи **плоскогубцев** загнуть конец ножа под прямым углом и снова выпрямить, чтобы показать, что при отпуске сталь делается мягкой.

Снова нагреть нож до красного каления и быстро погрузить его в **стакан** с холодной водой. Отломить плоскогубцами конец ножа, чтобы показать, что сталь сделалась очень хрупкой. Провести острым краем ножа черту по **стеклу**, чтобы показать большую твердость закаленной стали.

Для демонстрации постепенного отпуска стали следует вычистить закаленную часть кухонного ножа **наждачной бумагой** до блеска и затем, нагревая нож осторожно и постепенно в пламени горелки, обратить внимание учащихся на то, как поверхность металла сначала желтеет, затем синееет и, наконец, делается серой. Между этими основными цветами наблюдается ряд переходных. По цвету поверхности металла (стали) судят о степени отпуска. Инструменты, служащие для обработки твердых металлов, отпускаются до желтого цвета; ножи, косы, топоры и т. д. — до синего.

н) ВЫДЕЛЕНИЕ МЕДИ И СЕРЕБРА ИЗ ИХ СПЛАВОВ

● Полезно предложить учащимся следующий опыт для практических занятий на уроке или во внеурочное время.

Опыт. Сплав меди с серебром растворить в концентрированной **азотной кислоте** (*под тягой!*). Из полученного раствора осадить серебро в виде хлористого серебра **AgCl** **соляной кислотой**. Разбавить раствор вдвое. Отфильтровать (**фильтр, воронка, стакан**) осадок хлористого серебра, отставить стакан с фильтратом

в сторону и сохранить его для дальнейшей работы. Осадок хлористого серебра промыть водой на фильтре.

Часть осадка хлористого серебра поместить в **пробирку**, высушить и восстановить в струе **водорода** при нагревании в пламени спиртовой лампочки или другой горелки (см. т. I, рис. 607, стр. 508). Восстановление вести до прекращения выделения хлористого водорода, для чего время от времени к отверстию пробирки подносить влажную **лакмусовую бумажку**. После охлаждения пробирки получившееся серебро извлечь на чистый лист бумаги, рассмотреть, попробовать расплющить **молотком** на **наковальне** и сохранить его в лаборатории.

Из фильтрата осадить медь в виде гидрата окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ раствором едкой щелочи. Осадок гидрата окиси меди отфильтровать, промыть на фильтре, собрать и прокалить в **железном тигле** на пламени спиртовой лампочки или другой горелки. Полученную окись меди поместить в **пробирку** и восстановить в струе **водорода** при нагревании (см. т. I, рис. 607, стр. 508).

При работе с водородом проверять его чистоту!

Предложить учащимся написать равенства реакций.

о) ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПЛАВА

Приготовить образцы сплава цинка с алюминием следующего состава:

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1) Zn — 20% — Al — 80%; | 2) Zn — 40% — Al — 60%; |
| 3) Zn — 60% — Al — 40%; | 4) Zn — 80% — Al — 20%. |

● **Опыт.** Пользуясь аптекарскими весами, приготовить такие навески исходных металлов, чтобы сумма их была равна 10 г (например, 2 г Zn и 8 г Al). Металлы брать в виде мелких кусочков. Бóльшую навеску поместить в фарфоровый тигель, закрыть крышкой и сильно нагреть на газовой или бензиновой горелке. Когда металл расплавится, всыпать меньшую навеску и закрыть тигель, не прекращая нагревания. Через некоторое время перемешать полученный сплав тонкой стеклянной палочкой, предварительно нагретой до красного каления, и вылить сплав в приготовленную форму. Форму можно сделать из полоски жести длиной 15—20 см, согнув ее по продольной линии в виде конуса.

Полученный образец должен быть не толще карандаша. В противном случае он не войдет в измерительный цилиндр, приготовленный из сломанной бюретки, для измерения объема образца по объему вытесненной им воды.

Измерительные цилиндры можно приготовить следующим образом: бюретку с отломанным краном разрезать на части, имеющие объем около 10—12 мл, острые края оплавить или отшлифовать наждачной бумагой. Одно из отверстий плотно закрыть резиновой пробкой (или корковой со слоем менделеевской

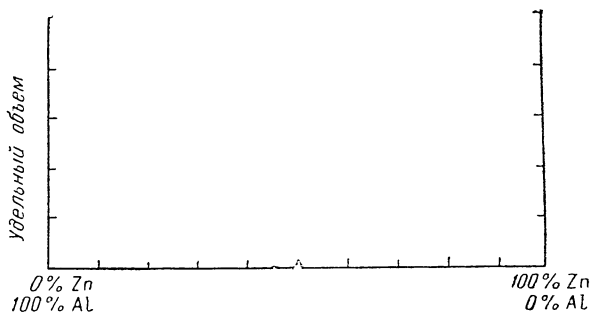
замаски или сургуча) и вставить в пробку большого размера для придания ей устойчивости.

После охлаждения полученный образец сплава взвесить и осторожно опустить в измерительный цилиндр с водой, уровень которой предварительно записать. Разность уровней даст объем воды, вытесненной образцом сплава. Объем, деленный на вес, даст удельный объем сплава данного состава.

Свести данные эксперимента в таблицу по форме:

Состав сплава		Вес образца	Объем	Удельный объем
% Zn	% Al			

На основании экспериментальных данных построить кривую зависимости удельного объема сплава от его состава, откладывая по оси абсцисс слева направо содержание Zn, а справа налево — Al, а по оси ординат — удельный объем по следующей форме:



Пользуясь вычерченной кривой и установленной закономерностью, определить состав неизвестного образца сплава Zn — Al. (Образец для исследования готовится заранее и состав его известен учителю.)

Если приготовление сплавов распределить между группами учащихся, то при условии хорошего нагрева эксперимент может быть проведен в течение 40 мин (Федорова).

3. Химические свойства металлов

а) ГОРЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В ВОЗДУХЕ

Все металлы, за исключением серебра, золота и платины, непосредственно соединяются с кислородом, образуя окислы. Не-

которые металлы, будучи накалены, горят в кислороде и в воздухе. Для ознакомления с горением металлов полезно проделать следующие общедоступные опыты.

●● 1. Над пламенем горелки растирать между пальцами небольшое количество порошка цинка (*zincum metallicum pulvis*). Крупинки цинка ярко сгорают в пламени горелки с образованием окиси цинка ZnO .

Повторить опыт с порошками железа (*ferrum metallicum pulvis*), алюминия (*aluminium metallicum pulvis*), магния (*magnesium metallicum pulvis*), а при наличии тяги и с порошком сурьмы (*stibium metallicum pulvis*).

● 2. На кирпич или битую тарелку насыпать стружек кальция (*calcium metallicum tornatum*) слоем толщиной около 1 см. В стружки кальция вставить ленту магния (*magnesium metallicum in laminis*) длиной 5—6 см. При помощи длинной горящей лучинки зажечь магний и отойти в сторону. Наблюдать яркое горение кальция через темное или закопченное стекло.

Образовавшуюся окись кальция CaO рассмотреть, собрать и сохранить для следующих опытов.

● 3. На кирпич или битую фарфоровую тарелку насыпать 1—2 столовые ложки смеси из 2 в. ч. порошка магния (*magnesium metallicum pulvis*) и 3 в. ч. бертолетовой соли (*kalium chloricum pulvis*). Смесь составлять на чистом листе бумаги стеклянной палочкой или тонкой лучинкой (*осторожно, не нажимать!*). В смесь вставить ленту магния (*magnesium metallicum in laminis*) длиной 5—6 см. Зажечь магний длинной горящей лучинкой и отойти в сторону. Наблюдать яркое горение магния через темные очки или через кусок темного стекла.

Опыт производить на расстоянии не ближе 4—5 м от учащихся.

б) СОЕДИНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ С ГАЛОГЕНАМИ

Все металлы без исключения могут соединяться с галогенами непосредственно. В реакциях соединения металлов с галогенами, как и в реакциях соединения их с кислородом и с серой, наблюдается тот же порядок активности. Наиболее активно, с большим выделением тепла, соединяются щелочные и щелочноземельные металлы, а наименее активно — благородные металлы. В дополнение к опытам, описанным выше, полезно проделать следующие опыты.

● 1. Фарфоровый тигель поставить на лист асбестового картона и осторожно налить в него пипеткой около 2 мл брома, бросить туда предварительно приготовленных несколько стружек алюминия и закрыть тигель стеклянным колоколом. Выждать некоторое время и наблюдать красивое сгорание алюминия в бrome. После опыта, когда колокол остынет и сконденсировавшийся

бром стечет вниз, на стенках колокола наблюдать блестящие образовавшихся кристаллов бромистого алюминия $AlBr_3$.

Сжигание алюминия в бrome можно производить в пробирке. В этом случае **брома** брать не больше 1 мл, пробирку закрыть хлоркальциевой трубкой с натронной известью, а под пробирку поставить чашку с водой или песком, как указано на рисунке 373.

○ 2. Приготовить прибор по рисунку 374.

В материальную банку емкостью 200—250 мл налить 2—3 капли **брома** и закрыть банку пробкой, в которую вставлена пробирка. Когда бром испарится, положить в пробирку очищенный от корочки небольшой кусочек металлического **натрия** и закрыть пробирку пробкой. Сильным толчком по верхней части

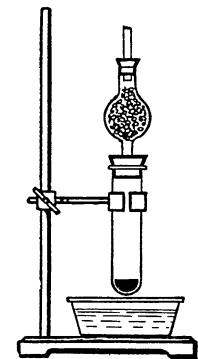


Рис. 373. Сжигание алюминия в бrome.

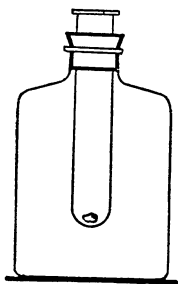


Рис. 374. Сжигание натрия в бrome.

пробирки стукнуть ее доньшко о дно банки так, чтобы пробирка разбилась. Металлический натрий реагирует с парами брома со вспышкой и окраска брома в пробирке исчезает (Верещагин).

○ 3. Порошок алюминия с порошком **йода** поместить на **асбестовый картон** и тщательно перемешать, собрать смесь в одну кучку, прилить 2—3 капли **воды** и наблюдать энергичную вспышку смеси. Вода в этой реакции является катализатором. Этот же опыт можно провести на фильтровальной бумаге. Для того чтобы реакция

произошла, нужно смочить края фильтровальной бумаги, свободные от смеси. Как только вода по бумаге просочится к смеси, последняя сейчас же вспыхнет. За счет теплоты реакции происходит испарение избытка йода. Написать равенство реакции.

○ 4. В колбу емкостью в 250 мл положить несколько кристалликов **йода**, нагреть колбу до появления фиолетовых паров и сейчас же внести в нее на **ложечке для сжигания** горящий металлический **натрий**. Натрий продолжает гореть и фиолетовые пары йода исчезают.

Этот опыт можно произвести в ступке. Для этого йод следует предварительно тщательно растереть, добавить к нему небольшой кусочек металлического натрия и осторожно растереть его в ступке вместе с порошком йода. Происходит сильная вспышка.

○ 5. В вытяжном шкафу укрепить пробирку в штативе и налить в нее капельку **ртути** (*пары ртути ядовиты и работать с ней*

следует осторожно). Туда же поместить несколько кристалликов йода и нагреть. Дать пробирке остыть. В верхней части пробирки на холодных стенках оседают красивые оранжевые кристаллы йодистой ртути HgJ_2 . Написать равенство реакции взаимодействия ртути с йодом.

Хлориды металлов получают не только непосредственным соединением, но и другими реакциями.

○ 6. Приготовить прибор по рисунку 375.

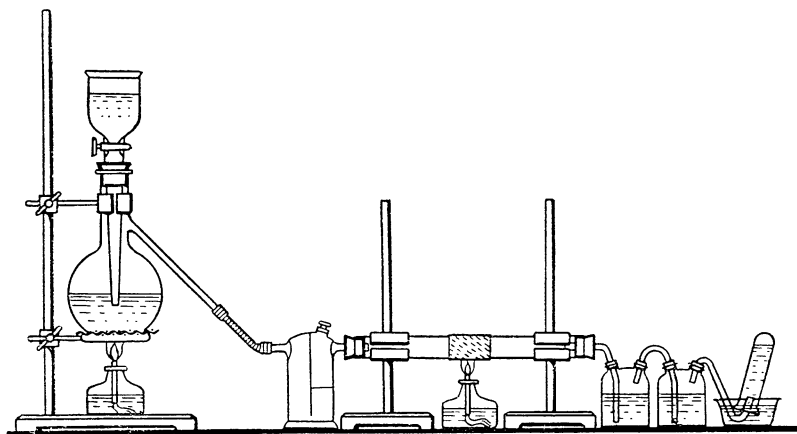


Рис. 375. Прибор для получения хлоридов.

Опыт производить под тягой.

В колбу Вюрца насыпать на $\frac{1}{3}$ ее объема перманганат калия, а в воронку налить концентрированной соляной кислоты для получения хлора. Хлор высушить серной кислотой, которая находится в склянке Тищенко. В тугоплавкую трубку длиной 30 см и диаметром 1,5 см поместить свежеприготовленную окись кальция, перемешанную со стеклянной ватой, а сверху эту часть трубки обернуть асбестом.

Для поглощения избытка хлора трубку соединить с двумя склянками Вульфа, в которых на $\frac{1}{3}$ налить раствор щелочи. Изогнутую трубку опустить в простоквашницу с водой и перевернуть туда большую пробирку с водой.

Опыт. По вытеснении воздуха хлором окись кальция сильно нагреть на газовой или бензиновой горелке в умеренном токе хлора до свечения. Когда в пробирке соберется кислород, прекратить нагревание и дать трубке остыть.

Испытать кислород тлеющей лучинкой.

Хлористый кальций выщелочить из трубки водой и испытать раствором азотнокислого серебра.

Написать равенство реакции и сделать вывод об окислительных свойствах хлора и кислорода.

● 7. В том же приборе можно провести реакцию взаимодействия окиси свинца с хлором. В этом случае опыт проходит при меньшем нагревании. Трубка может быть короче (20 см). Об окончании опыта судят по изменению окраски вещества в трубке, отодвигая время от времени асбестовую обмотку. Хлорид свинца растворить в горячей воде и испытать раствором азотнокислого серебра.

● 8. Такой же опыт можно проделать с окисью ртути (*соблюдать предосторожности!*). Опыт не требует нагрева и может быть проделан в трубке обыкновенного стекла. В конец трубки перед пробкой поместить комок стеклянной ваты. Наблюдать изменение цвета вещества, испытать кислород.

Трубку с полученной в ней сулемой немедленно сдать учителю.

Сделать вывод о сравнительной прочности хлоридов кальция, свинца и ртути.

○ 9. Для опыта приготовить **сернистый кобальт** осаждением нитрата или сульфата кобальта сернистым аммонием. Осадок промыть дистиллированной водой с сернистым аммонием до чисто черного цвета (не серого) и высушить при 110° в сушильном шкафу.

Собрать прибор по рисунку 376.

В **тугоплавкую трубку** поместить небольшое количество сернистого кобальта и трубку обернуть в этой части куском **асбеста**. Хлор сушится в склянках **Тищенко серной кислотой**, а в склянку **Вульфа** налить раствор **щелочи** для поглощения избытка хлора.

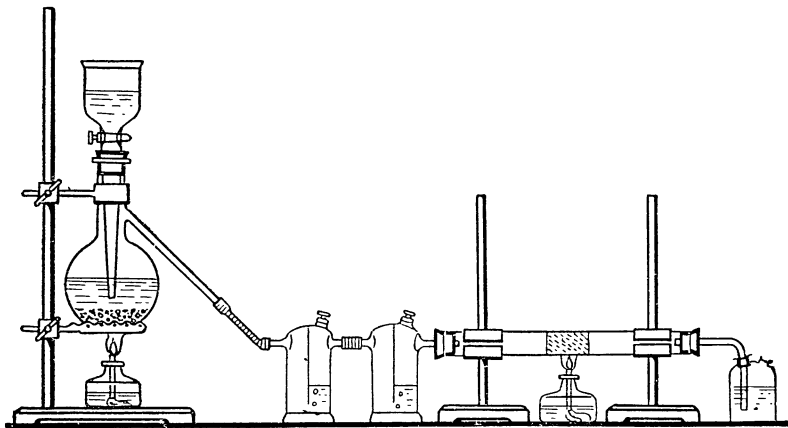


Рис. 376. Получение хлористого кобальта.

Опыт. По вытеснении воздуха хлором трубку сильно нагреть на газовой или бензиновой горелке. Наблюдать изменение цвета вещества. В склянку Вульфа отгоняется хлористая сера.

По окончании реакции сплав вынуть из трубки и разломать. На изломе блестят красивые темно-синие кристаллы хлористого кобальта. Растворить сплав в воде и отфильтровать. Фильтрат имеет красную окраску, характерную для водного раствора хлористого кобальта. Написать равенства реакций получения сернистого кобальта и его взаимодействия с хлором (Рейнбольдт).

в) СОЕДИНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ С СЕРОЙ

Все металлы, за исключением золота, могут непосредственно соединяться с серой. (Описание опытов соединения железа, цинка, алюминия и меди с серой см. выше, т. I, стр. 422.)

○ 1. Взять **стеклянную трубку** длиной 10 см, диаметром 0,5 см, поместить в нее на расстоянии 1 см от конца трубки металлический **натрий**, покрытый **серным цветом** (порошком серы); нагреть трубку в том месте, где лежит натрий. При реакции происходит вспышка, но это не опасно, если взять металлического натрия примерно 1 мм³. На полученное вещество подействовать одной каплей серной или соляной кислоты и понюхать выделяющийся сероводород. Написать равенства реакций получения сульфида натрия и его взаимодействия с серной (соляной) кислотой.

Опыт взаимодействия натрия с серой можно произвести в ступке без нагревания.

Положить в ступку на кончике ножа серного цвета и кусочек металлического натрия размером 2 мм³, очищенный от корки, и осторожно растереть. Вещества при взаимодействии искрят и потрескивают.

○ 2. Взять порошок **магния** и **серы** в отношениях 3 : 4 по весу, тщательно перемешать, поместить на **кусочек жести** и поджечь горящей длинной **лучинкой**. Происходит быстрое сгорание с ослепительным светом. На полученное вещество подействовать несколькими каплями **серной** или **соляной кислоты** и убедиться, что при взаимодействии получился сульфид магния. Написать соответствующие равенства реакций.

○ 3. Так же, как в опыте 3, произвести взаимодействие **серы** с **алюминием**, взяв их в отношении 2 : 1 по весу. Слегка увлажнить полученное вещество водой, понюхать и убедиться в выделении сероводорода, который образуется в результате гидролиза соли. Написать соответствующие равенства реакций.

○ 4. Расплавить в пробирке и довести до кипения **серу**. Внести в пары кипящей серы тонкую **медную пластинку** или **елочный «дождик»** и наблюдать, как медь раскаляется. Вынуть пластинку и обратить внимание на ее цвет.

Особенно хорошо протекает реакция при нагревании смеси порошка меди с серным цветом в пробирке или стеклянной трубке.

Порошок меди легко получить восстановлением окиси меди водородом, а мелкие опилки напилить напильником. Написать равенство реакции взаимодействия меди с серой.

○ 5. В **фарфоровую ступку** поместить капелечку ртути, туда же всыпать немного порошка **серы** и тщательно растереть пестиком. Получается сульфид ртути черного цвета.

○ 6. На мокрую **тряпочку** взять **серный цвет** и сильно натереть им **серебряную пластинку**. Серебро темнеет, превращаясь в сульфид. Написать равенство реакции.

○ 7. Прилить к раствору **азотнокислого свинца сероводородной воды** и получить сульфид свинца черного цвета. Написать равенство реакции.

○ 8. Взять в пробирку немного **глета** (окиси свинца) и подействовать на него **сероводородной водой**. Желтый глет превращается в черный сульфид. Написать равенство реакции.

○ 9. В сухую **пробирку** поместить немного порошка **окиси ртути** (на кончике ножа) и пропустить над ней **сероводород**. Желтая окись ртути превращается в черный сульфид. Написать равенство реакции.

г) СОЕДИНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ С ВОДОРОДОМ

Щелочные и щелочноземельные металлы непосредственно соединяются с водородом и образуют твердые гидриды.

○ Собрать прибор по рисунку 377. Аппарат Киппа должен быть большим, чтобы обеспечить подачу водорода под давле-

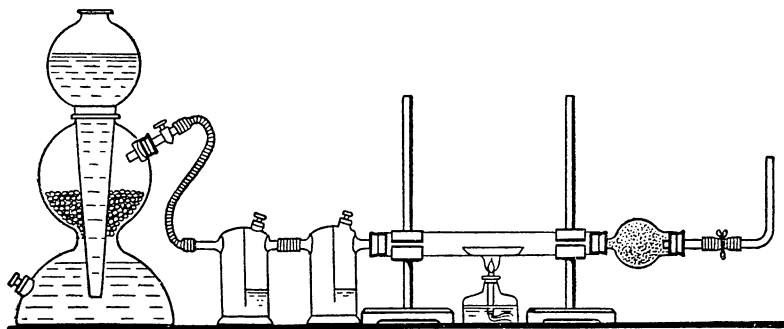


Рис. 377. Прибор для получения гидридов щелочноземельных металлов.

нием, и в нем должно быть достаточно кислоты. В одну из склянок Тищенко налить раствор перманганата, а в другую концентрированную серную кислоту. Склянки соединить на корковой

пробке с тугоплавкой трубкой длиной 25 см, а диаметром 1,5 см. Трубку в средней части обмотать асбестом. В хлоркальциевую трубку между стеклянной ватой поместить обезвоженный хлористый кальций. Резиновую трубку закрыть винтовым зажимом. Прибор должен очень хорошо держаться.

Опыт. В фарфоровую лодочку поместить несколько только что отрезанных кусочков металлического лития, хорошо отжатых между листами фильтровальной бумаги, и вдвинуть лодочку в среднюю часть трубки. Соединить все части прибора.

Открыть винтовой зажим и пропустить через прибор сильный ток водорода. Кислота должна оставаться в верхнем шаре прибора Киппа даже тогда, когда она поднимется в среднем шаре выше цинка.

Испытать чистоту водорода, закрыть зажим и нагреть среднюю часть трубки до красного каления. Приблизительно при 500° через промывные склянки начинает пробулькивать водород, ток которого постепенно увеличивается. При этой температуре литий поглощает водород и превращается в гидрид. Когда поглощение водорода прекратится, прекратить нагревание, открыть зажим и остудить прибор в струе водорода.

В небольшой химический стакан налить воды и закрыть его воронкой, на носик которой надеть опрокинутую вверх дном пробирку.

По охлаждению прибора вынуть лодочку из трубки и серую твердую массу гидрида лития вытряхнуть в бюкс с пришлифованной крышкой. Часть гидрида бросить в приготовленный стакан с водой, приподняв закрывающую его воронку. Наблюдать бурное выделение газа и нагревание воды в стакане. Испытать собранный в пробирке водород. На воду в стакане подействовать фенолфталеином. Написать равенства происходящих реакций.

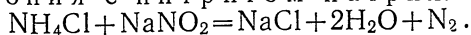
○ В этом же приборе можно получить гидрид кальция. В лодочку загрузить кальциевые стружки. После испытания водорода на чистоту нагреть трубку. Приблизительно при температуре 350° кальций воспламеняется и начинает поглощать водород.

Нагревание необходимо прекратить, так как реакция экзотермична.

Для испытания гидрида собрать прибор по рисунку 378. Отвесить 1 г гидрида и поместить в одну из колбочек собранного прибора, а в другую 1 г металлического кальция и прилить из воронки с краном одинаковое количество воды. По количеству водорода в цилиндрах видно, что там, где с водой реагировал гидрид, водорода получается в два раза больше и реакция протекает быстрее. Растворы после реакций испытать фенолфталеином. Написать равенства реакций получения гидрида, его взаимодействие с водой и взаимодействие с водой металлического кальция (Рейнбольдт).

д) СОЕДИНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ С АЗОТОМ

● 1. Получить азот взаимодействием хлористого аммония с нитритом натрия:



В колбу Вюрца налить насыщенный раствор нашатыря и из воронки с краном по каплям приливать к нему насыщенный раствор нитрита натрия. Для начала реакции колбу следует немного подогреть на спиртовке. Если реакция пойдет очень бурно,

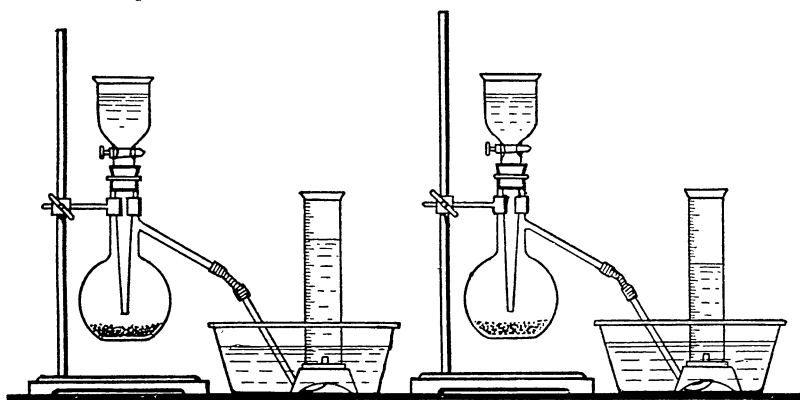


Рис. 378. Прибор для анализа гидрида кальция.

то колбу нужно охлаждать, подводя под нее простоквашницу с холодной водой.

Наполнить азотом газометр.

Собрать прибор по рисунку 379.

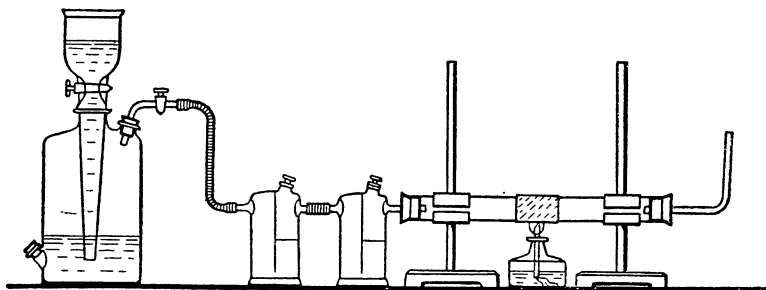


Рис. 379. Прибор для получения нитрида лития.

В склянки Тищенко налить концентрированной серной кислоты. Тугоплавкую трубку длиной 20 см соединить с остальными частями прибора через корковые пробки и в средней части обернуть асбестом.

Опыт. В фарфоровую лодочку поместить кусочек лития, высушенный фильтровальной бумагой, и лодочку поместить в среднюю часть трубки. Пропустить через прибор азот из газометра до вытеснения воздуха, для чего выделяющийся из газоотводной трубки газ собирать в пробирку и испытывать горячей лучинкой. При вытеснении воздуха трубку сильно нагреть газовой или бензиновой горелкой до раскаливания расплавленного металла. Удалить горелку. Металл сгорает в токе азота. Реакция сильно экзотермична.

После окончания реакции трубку снова недолго нагреть, а затем охладить в токе азота.

Полученный нитрид имеет темно-серый цвет.

Часть нитрида поместить в небольшой стакан и опрыснуть из промывалки водой. Выделяющийся газ определить влажной красной лакмусовой бумажкой. Написать равенства реакций получения нитрида лития (Li_3N) и его взаимодействия с водой.

● 2. Нитрид лития может быть получен без нагревания, но для этого медленный ток азота нужно пропускать несколько часов.

● 3. В этом же приборе непосредственным соединением можно получить нитрид магния. В среднюю часть тугоплавкой трубки поместить порошок магния слоем около 7 см длиной и оставить над ним свободный канал для прохождения азота. В трубку с обеих сторон заложить по рыхлому клочку стеклянной ваты и продвинуть до магния.

Реакцию проводить так же, как с литием. Зеленовато-серый нитрид магния вытолкнуть из трубки. Часть его поместить в стаканчик и облить небольшим количеством воды. При взаимодействии выделится большое количество тепла. Образующийся газ испытать влажной красной лакмусовой бумажкой и палочкой, смоченной концентрированной соляной кислотой.

○ 4. Нитрид магния можно получить взаимодействием магния с аммиаком. Собрать прибор по рисунку 380.

В колбе Вюрца получить аммиак, приливая по каплям концентрированный раствор аммиака к твердой щелочи (NaOH или KOH). Колонку заполнить негашеной известью, в склянку Вульфа налить парафиновое или машинное масло, в хлоркальциевую трубку поместить натронную известь и стеклянную вату. Тугоплавкую трубку длиной 20 см и диаметром 1, 2 см загрузить магнием, как в предыдущем опыте. С другой стороны трубку соединить с небольшой хлоркальциевой трубкой с натронной известью.

В склянку Вульфа на $\frac{1}{3}$ налить воды. Газоотводную трубку с оттянутым концом заполнить рыхлыми комочками стеклянной ваты. Все соединения в приборе делать с корковыми пробками.

Пропустить через прибор ток аммиака до полного вытеснения

воздуха, о чем судят по полноте поглощения газа водой в склянке Вульфа.

Осторожно обогреть всю трубку и сильно нагреть газовой или бензиновой горелкой магний. Как только магний загорится, убрать огонь и зажечь выделяющийся из газоотводной трубки водород.

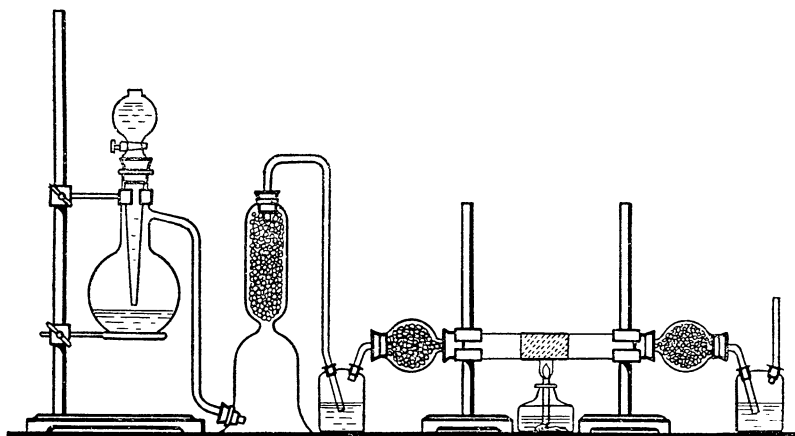


Рис. 380. Прибор для получения нитрида магния.

По окончании реакции охладить трубку в слабом токе аммиака. Отключить от прибора склянку Вульфа с водой, прекратить подачу аммиака и разобрать прибор.

При реакции происходит частичное восстановление кремнезема стеклянной трубки и она местами окрашивается в темно-коричневый цвет от осадка кремния.

Испытание нитрида производить, как в предыдущем опыте.

● 5. Нитриды можно получить при взаимодействии хлоридов металлов с аммиаком. Собрать прибор по рисунку 381.

В круглодонную колбу налить концентрированный раствор аммиака. Сушильную колонку наполнить негашеной известью. В стеклянную трубку длиной 20 см поместить хлорный хром, перемешанный со стеклянной ватой, а в U-образную трубку — негашеную известь. Коническую колбу налить на $\frac{1}{3}$ водой и прикрыть комочком ваты.

Колбу с аммиаком умеренно нагреть и, когда аппаратура наполнится аммиаком (поглощение водой), нагреть трубку. Хлорный хром темнеет и в трубке появляются густые клубы хлористого аммония. Когда хлорный хром полностью превратится в черный нитрид, прекратить пропускание аммиака и нагревание трубки.

Жидкость из конической колбы испытать раствором азотно-кислого серебра. Нитрид хрома сильно нагреть газовой горелкой на крышке фарфорового тигля до его превращения в серовато-зеленую окись хрома. Вода и раствор щелочи не разлагают его даже при кипячении (Рейнбольдт).

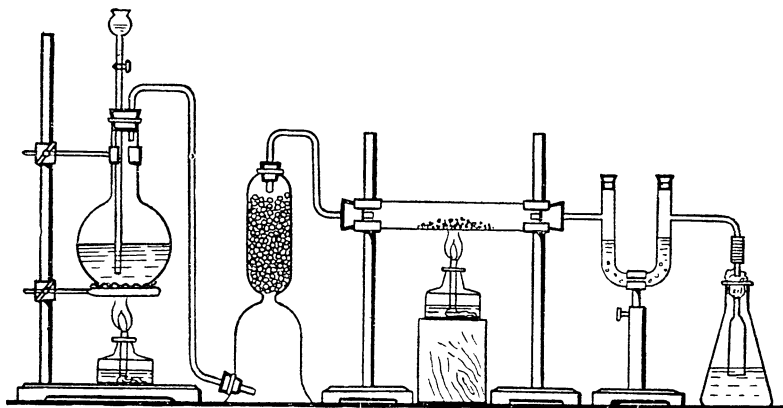


Рис. 381. Прибор для получения нитрида хрома.

е) СОЕДИНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ С УГЛЕРОДОМ

○ 1. Карбид кальция можно получить непосредственным соединением металла с углеродом.

Прокалить в закрытом тигле и охладить в эксикаторе **древесный уголь** (сажу, обугленный сахар). Приготовить смесь из 3 г порошка **угля** и 5 г **кальция** (в крупинках). До выполнения опыта смесь хранить в хорошо закрытой банке.

Опыт производить под тягой.

Смесь поместить в **железный тигель**, закрыть его крышкой и поставить на кольцо штатива в керамический треугольник. Нагреть тигель газовой или бензиновой горелкой 5—7 мин. После охлаждения вынуть из тигля серо-черный карбид кальция и испытать его свойства (см. раздел «Углерод») (Рейнбольдт).

ж) ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

● 1. Активность металлов по отношению к ионам водорода. В пять пробирок налить по 5 мл 12-процентного раствора соляной кислоты. В каждую из **пробирок** опустить по кусочку следующих металлов: **магния, алюминия, цинка, железа, меди** (металлы в кусочках, примерно одинаковых, лучше в стружках). Алюминиевую проволоку необходимо предварительно промыть спиртом или бензином для очистки от жира.

Наблюдать интенсивность выделения водорода при взаимодействии с кислотой различных металлов. Отметить, в каком случае взаимодействие не происходит. Сделать сравнительную оценку активности данных металлов по отношению к ионам водорода. Найти в таблицах численные значения нормальных потенциалов, взятых для опыта металлов.

● 2. Подобрать 7 пробирок одинакового диаметра, для чего пробкой, подогнанной под одну пробирку, закрыть поочередно все другие пробирки. Если пробка не входит или входит слабо, то диаметр пробирки подобран неправильно. В любую пробирку пробка должна входить с небольшим усилием. Пробирки закрыть корковыми пробками. В середине корковой пробки стальной остро отточенной проволокой диаметром 1,5 мм проколоть сквозное отверстие или вырезать угловое отверстие ножом сбоку пробки.

Пробирки поставить в штатив, наполнить доверху 12-процентным раствором соляной кислоты и опустить туда подогретые металлы: алюминий (промытый спиртом), цинк, железо, свинец, медь, кальций (в последнюю очередь). Закрывать пробирки пробками и перевернуть вниз отверстиями в подставленную ванночку. Металлы вытесняют из кислоты водород, количество которого зависит от активности металла.

Через 2—2,5 мин в пробирках, где реагировали кальций и алюминий, водород полностью вытесняет всю воду. Меньше водорода в пробирках, где реагировали цинк и железо. Олово и свинец выделяют несколько пузырьков газа, а медь совсем не реагирует с кислотой. Сравнить отношения металлов к кислоте с рядом их окислительно-восстановительных потенциалов (Фирсов).

3) ВЫТЕСНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ДРУГ ДРУГОМ

По химической активности металлы располагаются в следующем порядке:

K, Na, Ca, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

В этом ряду металлов каждый предыдущий металл вытесняет все последующие металлы из их соединений. В дополнение к эксперименту, иллюстрирующему сравнительную активность металлов и описанному выше (см. стр. 509), полезно сделать следующий опыт.

● 1. *Опыт.* В четыре чистые пробирки налить по 2 мл растворов солей: в первую — азотнокислого свинца или уксуснокислого свинца, во вторую — медного купороса, в третью — азотнокислого серебра и в четвертую — еще медного купороса.

В первую пробирку, в раствор азотнокислого свинца или уксуснокислого свинца, опустить кусочек **цинка** (*zincum metalli-*

sum totum). Во вторую пробирку, в раствор медного купороса, прилить одну каплю концентрированной серной кислоты и затем опустить несколько свежеприготовленных **свинцовых стружек** (*plumbum metallicum tornatum*)¹. В третью пробирку, в раствор азотнокислого серебра, опустить кусочек **красной меди** или тонкую медную проволочку (*cirgum metallicum totum* или *in filis*), вычищенную тряпочкой с мелом или наждачной бумагой. В четвертую пробирку, в раствор медного купороса, сыпать **железные опилки** (*ferrum metallicum limatum*) и взбалтывать до обесцвечивания раствора. Наблюдать за реакциями в пробирках.

Во всех пробирках отчетливо видны вытесненные из солей металлы. Во второй пробирке хорошо виден образовавшийся белый сернистый свинец $PbSO_4$ на покрасневших от выделившейся меди свинцовых стружках. В третьей пробирке раствор принял синий цвет от образовавшейся азотнокислой меди. В четвертой пробирке раствор обесцветился, так как вместо синего медного купороса получилось сернистое (закисное) железо $FeSO_4$.

В слегка подогретый раствор железного купороса опустить несколько кусочков чистого цинка.

В раствор медного купороса поместить очищенный от ржавчины железный гвоздь.

Очистить поверхность толстой **медной** проволоки или пластинки от слоя окислов и грязи, опустив ее на 1—2 *сек* в концентрированную **азотную кислоту**. Смыть остаток кислоты с поверхности пластинки водой и опустить ее на 3—4 *сек* в раствор **азотнокислой ртути**. Снова промыть пластинку водой и вытереть фильтровальной бумагой.

В пробирку налить 1 *мл* **ртути** (не ронять капли ртути на пол). Поверх слоя ртути налить 15—20 *мл* раствора **азотнокислого серебра** (около 5 %). Оставить спокойно стоять до следующего занятия. На следующем занятии посмотреть красивые кристаллы серебра на поверхности ртути.

○ 2. Тепловой эффект реакции взаимодействия железа с раствором сернистой меди. Приготовить прибор по рисунку 382.

В широкую **пробирку** с боковым отростком вставить на пробирке обычную пробирку. К боковому отростку широкой пробирки присоединить на резиновой трубке изогнутую узенькую (капилляр) стеклянную трубочку, в низкое колено которой предварительно опустить капельку окрашенной жидкости (фуксин, берлинская лазурь и т. д.).

Опыт. Во внутреннюю пробирку налить 10-процентный раствор **сернистой меди** и опустить в него хорошо вычищенную

¹ Стружки нарезать ножом от свинцового листа или от свинцовой трубы.

полоску **железной жести** таких размеров, чтобы по длине и ширине она заняла всю пробирку.

Наблюдать передвижение окрашенной капельки по капилляру за счет теплового расширения воздуха в широкой пробирке.

Опыт может быть видоизменен. Из маленькой пробирки приготовить термоскоп. Налить в нее 2—3 мл окрашенной жидкости. Через резиновую пробку пропустить капиллярную трубку длиной

40—50 см. Пробку плотно вставить в пробирочку таким образом, чтобы окрашенная жидкость поднялась по капилляру выше пробки.

Опыт. В стакан налить насыщенный раствор **медного купороса**, высыпать в него немного **железных опилок** и размешивать **термоскопом**. Наблюдать поднятие окрашенной жидкости в капилляре термоскопа.

Выделяющаяся при реакции теплота может быть измерена термометром.

В широкую пробирку всыпать 13—15 г восстановленного водородом **порошка железа**,

прилить к нему 7—8 мл насыщенного раствора **сернокислой меди**, опустить в жидкость термометр и содержимое пробирки перемешивать. Смесь разогревается и через 10—15 сек температура поднимается до 60—70°. Если взять строго эквивалентные количества реагирующих веществ, то температура может повыситься до 90—95°.

Из проведенных опытов следует сделать вывод, что вытеснение одного металла другим из раствора его соли, как и все самопроизвольные процессы, происходит с выделением теплоты.

●● 3. Металлические пары.

Опыт. В две пробирки налить одинаковые количества разбавленной **серной кислоты** (1:5) и опустить туда несколько (4—5) кусочков **цинка** приблизительно одинаковых размеров. Дождавшись равномерного выделения водорода, в одну из пробирок прилить 3—4 мл насыщенного раствора **медного купороса**. Отметить, что прибавление медного купороса ускоряет реакцию выделения водорода.

Опыт. Поместить **цинковую** и **медную** пластинки (не в контакте) на дне плоского **стакана** и покрыть их разбавленной **серной кислотой**. Наблюдать, что происходит.

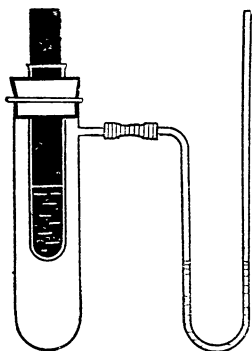


Рис. 382. Демонстрация теплового эффекта при взаимодействии железа с раствором сернокислой меди.

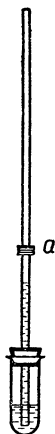


Рис. 383. Термоскоп.

Привести оба металла в контакт и объяснить выделение газа с поверхности медной пластинки. Растворяется ли медь? Вынуть медную пластинку, заменить ее платиновой проволокой и исследовать реакцию. Происходит ли преобразование энергии при реакциях?

Видоизменить опыт. К концам медной и цинковой пластинок присоединить провода и подключить их к проводам лампочки, которой пользовались при изучении электропроводности металлов, и наблюдать накаливание нити лампочки. В каком виде теперь выделяется энергия?

Вместо лампочки провода от пластинок можно подключить к гальванометру и по отклонению стрелки измерить количество выделившейся электрической энергии.

В этих опытах мы воспроизвели работу медно-цинкового элемента.

4. Получение металлов

а) ОБОГАЩЕНИЕ РУД ФЛОТАЦИЕЙ

○ 1. Взять с наперсток обычного песка (кремнезема), опустить в пробирку с водой, взболтать и наблюдать, что происходит с кремнеземом.

Такой же опыт проделать с **сернистым железом**.

Смешать равные объемы песка и сернистого железа, опустить в пробирку с водой, взболтать и наблюдать, что происходит со смесью.

Добавить к этой смеси немного скипидара или растительного масла и продувать через пробирку воздух с помощью стеклянной трубки или резиновой груши. Результаты сравнить с предыдущим опытом.

По мере удаления пены с рудой добавить еще масла и продолжать продувание воздуха до тех пор, пока большая часть руды не будет извлечена из «пустой» (не содержащей металла) породы.

Такой способ обогащения называется флотацией. По этому же принципу обогащают руды на производстве.

Вместо сернистого железа можно взять двуокись марганца. Воздух продувать не всегда обязательно.

Известны два основных типа флотации: флотация, основанная на различной смачиваемости руды и пустой породы, и пенная флотация, основанная на концентрации измельченной руды на поверхности раздела жидкость — газ. Руда всплывает вместе с пузырьками воздуха, продуваемого через сосуды с измельченной рудой (пустая порода остается). И тот и другой тип флотации может быть легко продемонстрирован на уроке.

В качестве пустой породы при демонстрации опыта удобнее всего пользоваться не естественными примесями руды, а более отчетливо заметным белым порошком измельченного в ступке **фарфора**. Для этого куски фарфора (битые фарфоровые чашки, тигли, ступки, штепселя, ролики и другие электротехнические принадлежности, но не фаянсовые тарелки) разбиваются в фарфоровой ступке и затем истираются в мелкий порошок.

В качестве руды можно взять **графит** из карандаша (флотация без применения масла), **серный колчедан** или, за неимением его, обычное продажное **сернистое железо** (*ferrum sulfuratum*). Для флотации с применением масла можно взять обычное **подсолнечное** или **иное жидкое растительное масло**. Для пенной флотации в качестве пенообразователя (вместо соснового масла) — **неочищенный скипидар**.

б) ФЛОТАЦИЯ ГРАФИТА

●● Для опыта надо приготовить порошок **графита**. Для этого берется мягкий графитовый карандаш (№ 1 или № 2), дерево раскалывается и графит растирается в фарфоровой ступке в мелкий порошок.

Опыт. Смешать на куске бумаги примерно 2 объема порошка фосфора с 1 объемом порошка графита. Общий объем порошков около 1 *мл*. Всыпать смесь в **пробирку**.

Влить в пробирку воды на $\frac{2}{3}$ и, закрыв пальцем, сильно взболтать. После отстаивания плохо смачиваемый графит почти нацело всплывает. На дно пробирки садится белый слой фарфора.

Удельные веса фарфора (2,2—2,5) и графита (2,3) очень близки между собой.

в) ФЛОТАЦИЯ СЕРНИСТОГО МЕТАЛЛА

●● **Опыт.** Смешать на куске бумаги примерно 2 объема порошка **фарфора** и 1 объем порошка **сернистого металла** (FeS_2 или FeS). Общий объем около 1 *мл*. Всыпать смесь в **пробирку**.

Прилить около $\frac{1}{4}$ пробирки воды и примерно столько же **подсолнечного** или **другого растительного масла**. Закрывать пробирку пальцем и взболтать (не слишком сильно). Дать отстояться. Окрашенное в черный цвет масло всплывает. На дно садится почти белый осадок порошка фарфора.

Для опыта берется преувеличенно большое количество масла по сравнению с тем, что практикуется на обогатительных установках. Это приходится делать потому, что при малом количестве масла отдельные капли плохо сливаются между собой и

часть масла, отяжеленного осадком, остается на дне. При указанном же количестве масла оно почти полностью собирается в верхнем слое.

Следует помнить, что полного отделения руды от пустой породы достигнуть нельзя.

За неимением серного колчедана и сернистого железа тот же опыт можно проделать с мелким порошком меди, полученным восстановлением окиси меди водородом. К воде полезно прибавить несколько капель раствора серной кислоты.

Вместо порошка фарфора можно взять мелкий песок, лучше белый.

г) ПЕННАЯ ФЛОТАЦИЯ

Для опыта пенной флотации пользуются **воронкой** с паянной фильтровальной пластинкой из пористого стекла. Воронка должна быть цилиндрической формы, высокая (рис. 384), с малым диаметром пор (20—25 м).

Если воронка достаточно высокая (8—10 см выше пластинки), можно сделать у нее носик для стока жидкости, размягчив стекло в пламени паяльной горелки. Если воронка небольшой высоты, можно сделать у нее бортик с носиком из воска или пластилина, как показано на рисунке 384.

К воронке для продувания воздуха присоединяется **резиновый баллон** (рис. 384). Его можно заменить одним из приспособлений, указанных в томе I (стр. 133), велосипедным или футбольным насосом со склянкой-регулятором и с бунзеновским клапаном (см. там же).

Опыт. Смешать на куске бумаги около 2 объемов порошка фарфора и 1 объем порошка сернистого металла. Общий объем около 1 мл. Всыпать порошки в воронку. Влить в воронку почти доверху воду и ввести в нее ничтожное количество скипидара для образования пены. Вводить скипидар можно при помощи куска проволоки (вязальной спицы, толстой иглы); проволоку сначала обмакнуть в скипидар, а затем погрузить в воду воронки.

После этого сейчас же начать вдвухание воздуха в воронку. Поднимающиеся со дна мелкие пузырьки воздуха образуют

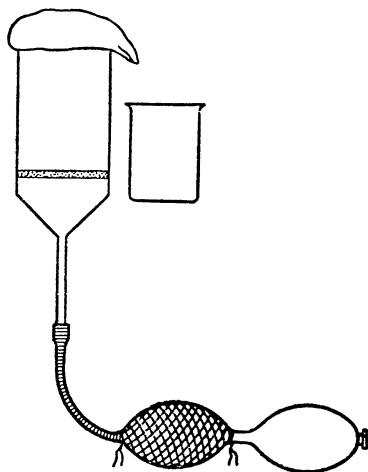


Рис. 384. Прибор для флотации (I).

обильную пену, которая перетекает в подставленный стакан. Ясно видно, что пена почти черная от порошка сернистого металла.

Можно добавлять в воронку воду, продолжая вдвигание воздуха, пока пена не делается менее темной.

После отстаивания на пластинке оседает серый осадок фарфорового порошка, смешанного с сернистым металлом.

Для того чтобы осадок был яснее заметен, фарфоровый порошок следует брать не слишком тонко истертый.

● ● Опыт по флотации можно провести в приборе, изображенном на рисунке 385. В большую воронку вставить изогну-

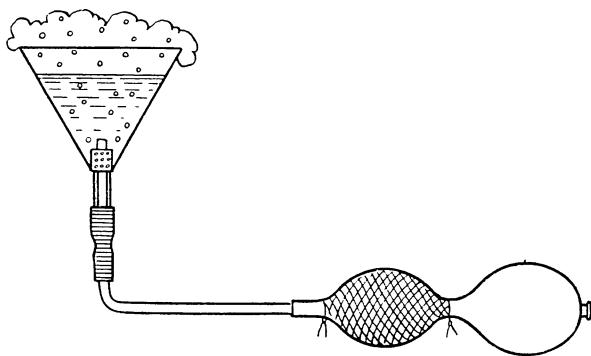


Рис. 385. Прибор для флотации (2).

тую **стеклянную трубку** соответствующего диаметра. Один конец ее вдвинуть в воронку до того места, где она расширяется, а к другому присоединить резиновую грушу для накачивания воздуха. Нижний конец воронки плотно соединить с изогнутой частью резиновой трубкой. На верхний конец вставленной трубки также надеть небольшой кусочек резиновой трубки, в котором предварительно проделать острым предметом большое количество отверстий. Верхний конец резиновой трубки плотно закрыть коротенькой стеклянной палочкой, а нижний должен плотно закрывать отверстие между трубкой воронки и вставленной в нее трубкой.

В воронку поместить **песок, трехсернистую сурьму, воду, немного льняного масла и скипидара**. При накачивании воздуха резиновой грушей он будет поступать в воронку через отверстия в резиновой трубке и равномерно перемешивать, ее содержимое. Концентрат руды вместе с пеной перельется через края воронки в подставленную посуду.

д) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКИСЛОВ МЕТАЛЛОВ УГЛЕМ

● 1. Взять кусок **древесного угля** величиной с кулак, посередине его сделать небольшое углубление, поместить туда порошок **оксида свинца** (глета) и **паяльной трубкой** направлять восстановительное пламя спиртовки на окис свинца до тех пор, пока в углублении угля не появится блестящая капелька металла. Ее называют «**корольком**». Восстановительным является светящееся пламя.

Написать уравнение реакции восстановления свинца из его окиси углем.

● 2. Собрать прибор по рисунку 386. Насыпать в **пробирку А** немного **угольного порошка**. Туда же поместить немного зерновой **оксида меди** и поверх нее снова угольного порошка. Закрывать пробирку пробкой с газоотводной трубкой и укрепить в зажиме штатива. Свободный конец газоотводной трубки опустить в пробирку **В** с прозрачным раствором **известковой воды**. Пробирку **А** нагреть и обратить внимание на изменения в пробирке **В**.

Через 6—7 мин отставить известковую воду, прекратить нагревание и дать пробирке остыть. После охлаждения содержимое пробирки высыпать на бумагу, осторожно сдуть угольный порошок и обратить внимание на изменение, происшедшее с окисью меди.

Написать уравнение реакции.

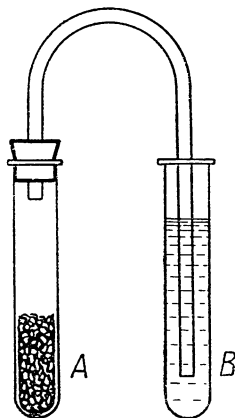


Рис. 386. Восстановление окиси меди углем.

е) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКИСИ МЕДИ ОКИСЬЮ УГЛЕРОДА

● ● Опыт производить под тягой. В лаборатории восстановление окисью углерода можно наблюдать на следующем опыте (рис. 387). В трубку насыпать **древесный уголь** и небольшую

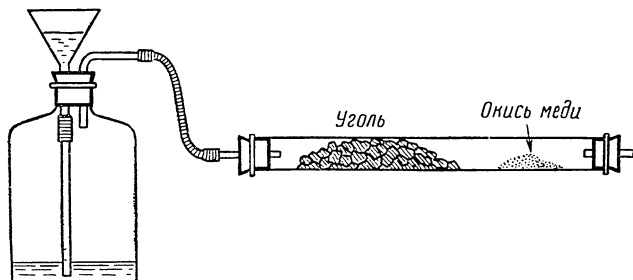


Рис. 387. Восстановление окиси меди окисью углерода.

кучку зерновой окиси меди так, чтобы она не соприкасалась с углем.

Уголь и окись меди накалывать на двух горелках и из бутылки, в которую через воронку вливают воду, пропускать в трубку ток кислорода. Уголь сгорает в кислороде в углекислый газ CO_2 . Углекислый газ, проходя через накаленный уголь, превращается в окись углерода CO . Окись углерода отнимает кислород от накаленной окиси меди и восстанавливает ее до металлической меди, а сама снова окисляется в углекислый газ: мы видим, как окись меди быстро краснеет.

ж) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКИСЛОВ МЕТАЛЛОВ ВОДОРОДОМ

●● 1. Собрать прибор по рисунку 388. Налить в склянку до $\frac{1}{3}$ серной кислоты (1 : 5), опустить туда же цинк и закрыть пробкой с изогнутой газоотводной трубкой. Испытать чистоту водорода и, когда он пойдет чистый, на конец газоотводной трубки повесить сухую пробирку с небольшим количеством окиси меди (зерновой или порошком).

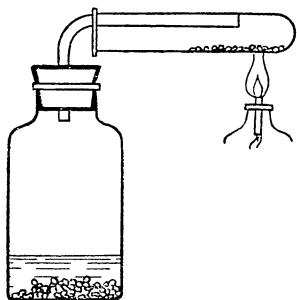


Рис. 388. Восстановление окислов металлов водородом.

Нагреть ту часть пробирки, где находится окись меди. Наблюдать образование капелек воды на стенках пробирки и изменения, происходящие с окисью меди. Прекратить нагревание пробирки и дать ей остыть в токе водорода. После охлаждения содержимое пробирки высыпать на бумажку и передать преподавателю или лаборанту.

Написать уравнение реакции восстановления меди из окиси меди водородом.

●● 2. В том же приборе произвести опыт восстановления свинца из окиси свинца водородом.

●● 3. Водородом можно восстанавливать металлы из хлоридов.

Для опыта можно воспользоваться хлористым кобальтом $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Это кристаллы красно-вишневого цвета стойкие при комнатной температуре. Их следует обезвоживать, для чего насыпать немного кристаллогидрата в фарфоровый тигель, и прокалить на газовой или бензиновой горелке. После 3—5 мин прокалывания вещество плавится и цвет вещества изменяется сначала в черный, а потом в синий.

Безводный хлористый кобальт (CoCl_2) — светло-синий поро-

шок, жадно поглощающий воду, поэтому его следует до опыта держать в эксикаторе.

Собрать прибор по рисунку 389.

Большой аппарат Киппа зарядить для получения водорода. В одну из склянок Тищенко налить раствор марганцовокислого калия, а в другую концентрированной серной кислоты. В туго-

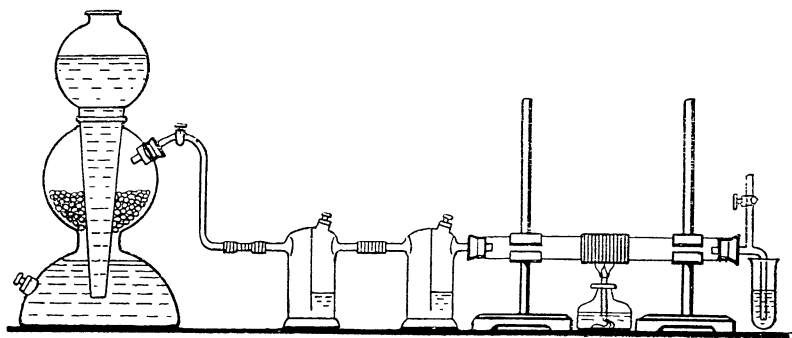


Рис. 389. Восстановление хлоридов металлов.

плавкую трубку длиной 20 см и диаметром 1,5 см поместить обезвоженный хлористый кобальт, в следующую за ней склянку Вульфа раствор технической едкой щелочи.

Опыт. Из аппарата Киппа пропустить через прибор сильный ток водорода. Убедившись в том, что в аппарате нет взрывчатой смеси, нагреть хлористый кобальт на бензиновой или газовой горелке до тех пор, пока он не превратится в совершенно черное твердое вещество.

Прекратить нагревание трубки и охладить прибор в токе водорода. После охлаждения высыпать содержимое трубки на фарфоровую или стеклянную пластинку и испытать его магнитом. Жидкость из склянки Вульфа испытать раствором азотнокисло-го серебра. Написать равенства реакций взаимодействия водорода с хлористым кобальтом и поглощения образующегося при реакции газа щелочью.

●● 4. В том же приборе можно восстановить хлорид никеля. Исходным веществом может быть $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — кристаллы травянисто-зеленого цвета, расплывающиеся во влажном воздухе. Для обезвоживания его следует прокалить на газовой или бензиновой горелке.

Через 5—7 мин прокаливания хлорид никеля плавится и цвет становится сначала грязно-желтым, а потом переходит в золотисто-желтый. При охлаждении в эксикаторе безводный хлорид застывает в красивые золотисто-желтые пластинки очень гигроскопичные.

Восстановление водородом проводится так же, как описано в предыдущем опыте. Восстановленный металл испытывается магнитом.

а) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОДНИХ МЕТАЛЛОВ ДРУГИМИ

●● 1. Нагреть в пробирке несколько крупинок **окси ртути** до полного ее разложения и обратить внимание на длительность протекания опыта.

Нагреть в пробирке небольшую щепотку порошка **меди**, восстановленной водородом, и обратить внимание на изменение ее цвета.

Приготовить смесь **окси ртути** и порошка **меди** в отношении 11 : 4, поместить в пробирку и слегка нагреть. Сравнить скорость процессов, происходящих при раздельном нагревании меди и окиси ртути и при одновременном протекании обоих процессов. Какова роль каждого из этих веществ в данной реакции? Написать уравнение реакции.

●● 2. Получить окись меди прокаливанием основной **углемедной соли** и дать ей остыть. Кусочек металлического **натрия** (величиной с пшеничное зерно) обсыпать со всех сторон **окисью меди**, поместить в небольшую пробирку или стеклянную трубку и нагреть в пламени **спиртовки**. Как только произойдет вспышка (не опасно), прекратить нагревание. По охлаждении пробирки высыпать на бумагу ее содержимое и рассмотреть красный порошок меди. Написать равенство реакции. С окисью меди, приобретенной в магазине, этот опыт не дает хороших результатов.

Вместо натрия можно взять металлический **калий** и обратить внимание на то, что с ним восстановление окиси меди протекает быстрее и энергичнее.

●● 3. Приготовить смесь порошков **окси меди** и **магния** в отношении 10 : 3, поместить в **наперсток** и нагреть. Лучше и безопаснее опыт производить на **асбестовом картоне**, но ни в коем случае не в пробирке (*реакция протекает очень бурно, часто со взрывом и осколки пробирки могут поранить*). На дне наперстка остается красный порошок металлической меди. Написать уравнение реакции.

● 4. Приготовить **хлористое серебро**, для чего слить 10 мл 1-молярного раствора **поваренной соли** и раствора **азотнокислого серебра** в таком же объеме и такой же концентрации. Осадок отфильтровать, хорошенько промыть и разделить на две порции. Одну половину поместить в пробирку, туда же прилить 2—3 мл **серной кислоты** (1 : 5) и опустить небольшой кусочек чистого **цинка**. Наблюдать за опытом. Обратить внимание на изменение цвета осадка. Чтобы убедиться, что черный осадок — серебро,

после окончания реакции отфильтровать его и промыть до нейтральной реакции фильтрата на **лакмус**. Промытый осадок поместить в пробирку, подействовать на него **азотной кислотой** и наблюдать медленное растворение осадка в азотной кислоте. К образовавшемуся раствору прилить несколько капель **соляной кислоты**. Написать равенства реакций: образования хлористого серебра при действии азотнокислого серебра на раствор поваренной соли, восстановления серебра из хлористого серебра цинком, получения азотнокислого серебра растворением серебра в азотной кислоте.

Вторую порцию хлористого серебра высушить в темном месте, тщательно перемешать сухое хлористое серебро с цинковой пылью, поместить в тигель и подействовать 1—2 каплями воды. Происходит вспышка. Вода в этом опыте является катализатором. С полученным серебром проделать опыты, указанные в первой части работы.

○ 5. Произвести обезвоживание **железного купороса**. Обезвоженный порошок высыпать на бумагу, испытать **магнитом** и убедиться, что магнит его не притягивает. Поместить порошок в **пробирку** с металлическим **натрием** так, чтобы металл со всех сторон был покрыт порошком, и нагреть. После вспышки прекратить нагревание и дать пробирке остыть. Содержимое пробирки высыпать на белую бумагу и обратить внимание на изменение цвета порошка. Испытать его магнитом. Какой можно сделать вывод? Написать уравнения реакций обезвоживания железного купороса и восстановления железа из FeSO_4 .

Такой же опыт можно произвести с обезвоженным медным купоросом. Восстанавливается часть сульфата, но на белой бумаге ясно различимы блестящие крупинки металлической меди.

○ 6. Тщательно растереть в ступке **2,5 г киновари** (HgS) с **1 г железа** в порошок. Проявить *осторожность*, необходимую при опыте со ртутью. Поместить смесь в изогнутую **тугоплавкую пробирку**, как на рисунке 390. Открытый конец трубки закрыть рыхлым комком **стеклянной ваты**. Осторожно прогреть всю пробирку и сильно накаливать конец ее с реакционной смесью. Восстановленная ртуть при этом перегоняется в седлообразную часть пробирки. После опыта пробирку со ртутью передать преподавателю или лаборанту. Написать уравнение реакции (Рейн-больдт).

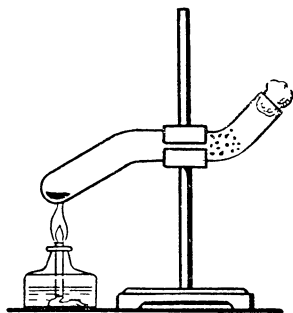


Рис. 390. Восстановление киновари железом при нагревании.

5. Восстановление окислов металлов алюминием

При изучении алюминотермии необходимо сообщить учащимся, что реакции восстановления окислов металлов металлическим алюминием, имеющие весьма важное практическое значение и применяющиеся в промышленности, впервые были подробно изучены и предложены в 1865 г. выдающимся русским ученым академиком Николаем Николаевичем Бекетовым (род. 1 января 1827 г., умер 30 ноября 1911 г.).

Производство опытов восстановления окислов металлов алюминием в больших размерах, как их показывают обыкновенно в высших учебных заведениях, обходится дорого и без особых мер предосторожности небезопасно в пожарном отношении. Поэтому ниже приводятся только описания упрощенных постановок опытов, при которых учащиеся получают ясное и наглядное представление о громадном количестве тепла, выделяющемся при этих реакциях.

а) ОПЫТ С ТЕРМИТОМ

Смесь окиси железа с порошком алюминия лучше всего взять готовую. Эта смесь применяется в технике под названием **термит**. Ее можно покупать в специальных технических магазинах.

Одного килограмма термита достаточно для нескольких опытов.

Кроме термита, необходимо купить еще 50—100 г смеси для **зажигания термита** (смесь порошка алюминия с перекисью бария BaO_2).

Около 50 мл порошка термита насыпать кучкой на небольшую **чугунную сковородку**. Сковородку поместить на **таган**, таган же поставить на **большую сковороду** (жестяной ящик, противень и т. п.) с **сухим песком**. Песок расположить так, чтобы под серединой сковородки образовалось углубление. Слой песку в середине сковороды должен быть не менее 3—4 см.

На вершине кучки термита сделать осторожно углубление дном сухой пробирки. В углубление всыпать 1—2 чайные ложки зажигательной смеси.

Для зажигания этой смеси требуется довольно сильное нагревание. Это нагревание проще всего достигнуть, поместив на смесь кучкой головки, отрезанные от **10 спичек**.

Сковороду с таганом полезно поместить на большой лист **асбестового картона**, чтобы брызги расплавленного металла и шлаков не могли попортить стол.

Опыт. Горящей **лучинкой** зажечь помещенные на смесь спичечные головки и отойти немного в сторону. В массе начинается бурная реакция, причем сковородка проплавляется, и расплав-

ленные (нагретые до белого каления) металл и шлаки стекают вниз на песок.

Очень важно, чтобы песок был *сухой*, так как иначе расплавленная масса может разбрызгиваться в стороны.

За неимением зажигательной смеси, для того чтобы вызвать реакцию в термите, можно воспользоваться **стружками кальция** (*calcium metallicum tornatum*). Насыпав одну чайную ложку стружек кальция на термит, зажечь кальций при помощи вставленной в кучку **ленты магния** (*magnesium metallicum in laminis*).

В такой постановке опыт вполне безопасен.

Чтобы показать, что при реакции горения термита образуется железо, необходимо для опыта иметь **специальный тигель**, состоящий из железного кожуха с огнеупорной футеровкой. Обыкновенные глиняные тигли не выдерживают большой жары, но за неимением специального тигля можно воспользоваться и обыкновенным тиглем, покрыв его изнутри слоем **магнезии** (*magnesia usta* или *magnesium oxydatum*). В **большой тигель** (17—20 см высоты) следует насыпать некоторое количество *сухой* магнезии и плотно утрамбовать концом **палки**, чтобы получился слой в несколько сантиметров толщиной. Затем в тигель вставить такой же **маленький тигель** высотой около 10 см. Насыпав между стенками тиглей **магнезии**, также плотно ее утрамбовать и затем вынуть внутренний тигель. Так как, несмотря на слой магнезии, тигель во время опыта все же иногда **лопается**, его следует поставить в **банку с сухим песком**.

Банку с тиглем поставить на большой **кусочек асбестового картона**.

Насыпав в тигель одну столовую ложку термита, вызвать в нем реакцию, как было указано выше, и затем прибавлять термит понемногу длинной **железной ложкой**; 3—4 столовые ложки термита будет достаточно для того, чтобы получился порядочный слиток железа.

Когда тигель остынет, раздробить **молотком** шлаки и отделить от них выплавленное железо.

6) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВУОКСИ МАРГАНЦА АЛЮМИНИЕМ

Реакция восстановления двуокиси марганца алюминием идет обычно очень бурно, и опыт имеет целый ряд неудобств. Поэтому рекомендуется предварительно переводить **двуокись марганца** MnO_2 (*manganum hyperoxydatum*) в **окись марганца** Mn_2O_3 . Этого можно избежать, если пользоваться не порошок и не опилками, а **стружками алюминия** (А. Н. Коковин).

Двуокись марганца должна быть *сухой*, для чего ее прокаливают в **железной чашке** на **пламени сильной горелки** в течение 20 мин.

Стружки алюминия нарезаются кусками около 1 см длиной слесарными ножницами. Если алюминий в небольших кусках, то их следует размельчить в железной ступке пестиком.

● **Опыт.** Составить смесь из 500 г прокаленной сухой порошкообразной двуокиси марганца (*manganum hyperoxydatum pulvis*) и 185 г стружек алюминия (*aluminium metallicum tornatum*). Смесь поместить в глиняный тигель (или цветочный горшок), установленный в ведре с сухим песком.

Зажигательную смесь приготовить из 10 г перекиси бария (*baryum hyperoxydatum*) и 1 г порошка алюминия (*aluminium metallicum pulvis*).

Половину зажигательной смеси перемешать с заполняющей тигель массой на пространстве около 5 см диаметром в середине сосуда и на глубину около 2 см. Остальное количество зажигательной смеси всыпать в ямку глубиной в 2 см, выдавленную в массе посередине дном сухой пробирки.

В зажигательную смесь вставить нижний конец запала, состоящего из фунтика, свернутого из папиросной бумаги, в который всыпано 0,25 г порошкообразного магния (*magnesium metallicum pulvis*). Такой запал лучше действует и легче зажигается, чем лента магния.

Поджечь запал горячей лучинкой. Зажигательная смесь вызывает энергичную реакцию восстановления двуокиси марганца алюминием. Реакция сопровождается раскаливанием массы (смеси) и протекает быстро.

После того как содержимое тигля остынет, тигель разбивается молотком и из массы извлекается слиток металла весом 70—100 г. Часть металла марганца остается в виде мелких включений в шлаке.

Если взять избыток алюминия (100 г стружек алюминия на 250 г двуокиси марганца), то получается сплав марганца с алюминием, который образует лучший слиток.

Опыт удобнее производить на дворе, хотя, при соблюдении вышеизложенных указаний, реакция идет сравнительно спокойно и содержимое тигля не выбрасывается наружу.

в) ВОССТАНОВЛЕНИЕ НИКЕЛЯ ИЗ ОКСИ АЛЮМИНИЕМ

● Опыт производить в тигле (под тягой) возможно дальше от двери. При сухой погоде можно на улице, на песчаной площадке.

Смешать в эквивалентных количествах окись никеля и алюминий в крупинках (не в порошке) с таким расчетом, чтобы смесь заняла $\frac{1}{3}$ часть тигля. В середину смеси поместить пробирку и уплотнить вокруг нее содержимое тигля. Осторожно вынуть пробирку, в образовавшееся пространство поместить сначала ленту

магния, а затем **зажигательную смесь**, засыпав ею всю поверхность реакционной массы. В середину вставить ленту магния.

Опыт. Поставить тигель с загрузкой в железное ведро или большой цветочный горшок с песком и свободное пространство также засыпать песком. Тигель не должен высываться из сосуда.

Лучинкой поджечь ленту магния и опустить дверцу тяги или отойти от реакционного сосуда. Если реакция задерживается, ни в коем случае не заглядывать в тигель.

После реакции остудить тигель, высыпать его содержимое на бумагу, найти там кусочек никеля и испытать его магнитом.

Точно так же можно восстановить алюминием свинец из окиси, окись хрома, окись меди. Окислы и алюминий берутся в эквивалентных количествах.

Процесс восстановления алюминием различных окислов протекает не одинаково энергично, это зависит от теплот образования окислов.

6. Получение металлов электролизом

В дополнение к опытам, рассмотренным в разделе «Электролитическая диссоциация» (см. стр. 204), можно провести опыты по получению металлов из расплавов их солей.

а) ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВА НИТРАТА КАЛЬЦИЯ

Для электролиза лучше пользоваться не чистым $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, а с примесью KNO_3 (25%) для понижения температуры плавления соли. Смесь высушить при 110° и растереть в тонкий порошок.

Опыт проводить в вытяжном шкафу, так как на аноде образуется двуокись азота.

Загрузить смесь в фарфоровую выпарительную чашку емкостью примерно 75 мл, разделенную асбестовым картоном на анодное и катодное пространства. Графитовый стержень (анод) диаметром 1,5—2 см неподвижно закрепить в лапке штатива таким образом, чтобы поверхность соприкосновения его с расплавом была 5—6 см². Катод — заостренный гвоздь — приводить в соприкосновение с поверхностью расплава с помощью тигельных щипцов. Таким приемом дости-

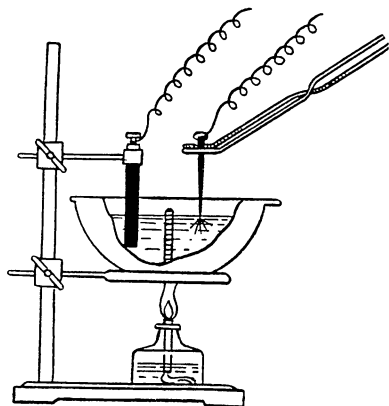


Рис. 391. Прибор для электролиза расплава нитрата кальция.

гается большая плотность тока (50—70 а) на катоде, большое местное разогревание и плавление кальция.

Присоединить электроды электролитической ванны к источнику тока, которым может быть ток электросети, выпрямленный газотроном, или батарея аккумуляторов с силой тока 5—7 а и напряжением на зажимах 10—20 в.

Опыт. Нагреть соль на спиртовке до плавления. Держа катод щипцами, слегка касаться его острым концом расплава на расстоянии 2—3 см от анода и плавным движением приподнимать его вверх вместе с застывшими нитями (дендриты) кальция. После обрыва пучка дендритов пинцетом перенести их в керосин. Повторить их наращивание на катоде столько раз, сколько потребуется получить кальция (Афанасьев и Васильев).

б) ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ РАСПЛАВЛЕННОГО КАРНАЛИТА

● Опыт производить под тягой. Приготовить искусственный карналит ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) совместным растворением 40 г хлористого магния, 15 г хлористого калия и 6 г хлористого аммония в возможно меньшем количестве воды и упариванием полученного раствора при помешивании досуха.

Собрать прибор по рисунку 392. Над верхней частью большого фарфорового тигля (верхний диаметр 5 см) закрепить проволокой цилиндр из асбестового картона высотой около 8 см. Посередине тигля сделать асбестовую перегородку, плотно примыкающую к стенкам тигля и цилиндра и имеющую внизу ряд небольших отверстий. Назначение перегородки — разделить электролизер на анодное и катодное пространства. Над электролизером на корковой пробке укрепить угольный стержень (анод) и железный гвоздь (катод), которые присоединить к источнику тока. Подача тока такая же, как в предыдущем опыте.

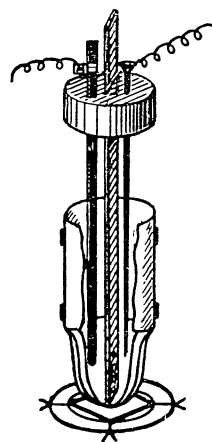


Рис. 392. Прибор для электролиза карналита.

Опыт. Наполненный смесью тигель сильно нагреть газовой или бензиновой горелкой при помешивании железной проволокой до расплавления всей массы. Тотчас же включить ток и отрегулировать горелку так, чтобы сплав все время поддерживался в жидком состоянии.

Приблизительно через 20 мин прекратить нагревание и подачу тока и дать массе охладиться, сильно перемешивая ее проволокой. Застывшую массу выломать из тигля и обнаружить там небольшие шарики магния. Взять их пинцетом и на несколько

мгновений погрузить в сильно разбавленную соляную кислоту для растворения с поверхности металла примесей, а затем перенести в пробирку с этиловым спиртом (Рейнбольдт).

7. Коррозия металлов

●● 1. Нагреть чистую **железную пластинку** или гвоздь с одного конца на окислительном верхнем пламени **спиртовки** до красного каления. Дать пластинке или гвоздю остыть и обратить внимание на различные цвета побежалости. Они расположены в порядке спектра белого света. На каждый участок побежалости капнуть раствором **азотнокислой меди** и убедиться, что раствор реагирует железом на разных участках по-разному. Объясняется это явление тем, что каждому цвету отвечает окисная пленка определенной толщины с определенными защитными свойствами.

●● 2. Взять **алюминиевую полоску** толщиной не больше 0,5 мм и укрепить ее в зажиме **штатива**. Конец полоски нагревать пламенем **спиртовки**. Алюминий плавится и провисает в виде капли, которую удерживает пленка окиси алюминия.

● 3. Вода и водяные пары являются факторами, ускоряющими коррозию металлов. В две **пробирки** поместить согнутую спиралью вычищенную **железную проволоку** таким образом, чтобы она плотно держалась в пробирке (рис. 394). Одну пробирку опустить отверстием вниз в **стакан**, где налита вода, а другую — в такой же стакан без воды. На другой день посмотреть внимательно на проволоку и убедиться, что при совместном действии кислорода и водяных паров коррозия железа протекает интенсивнее и быстрее.

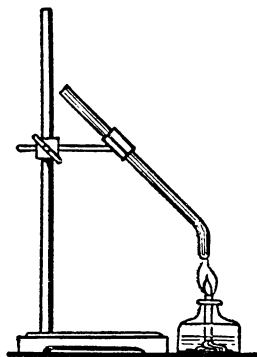


Рис. 393. Провисание нагретого алюминия.

Такой же опыт можно проделать с обыкновенным кухонным ножом, положив два ножа рядом — один влажный, а другой сухой. Через 2—3 ч на влажном ноже появляются пятна ржавчины, а сухой остается чистым.

● 4. Для показа участия кислорода в коррозии можно провести следующий опыт.

Сполоснуть **пробирку** водой и влажные стенки ее посыпать **железным порошком** таким образом, чтобы порошок покрыл по возможности всю внутреннюю поверхность пробирки. Опустить пробирку в **стакан** с водой отверстием вниз, а рядом также опустить в воду пустую пробирку (рис. 395). Обратите внимание, что вода в обе пробирки вошла на одинаковую высоту. Через 2—3 ч

убедиться, что в пробирке с железом вода поднялась заметно выше, а в пустой осталась на прежнем уровне.

● 5. Вычистить наждачной бумагой **железную пластинку** и положить на пробку в **блюдечко** с небольшим количеством воды (рис. 396). На один конец пластинки капнуть каплю раствора

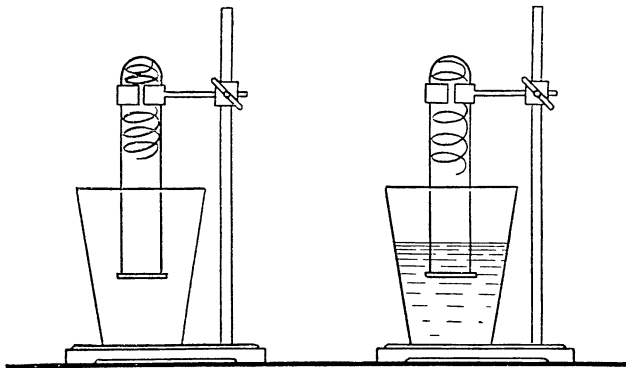


Рис. 394. Влияние влажности на коррозию металлов.

поваренной соли, а на другой — каплю **сульфата натрия**. Прикрыть все **стаканом** и оставить на несколько часов. Вода в блюдечке и стакан служат для того, чтобы создать вокруг каплей атмосферу, насыщенную водяными парами, в которой не испарились бы капли.

Через 1—2 ч убедиться, что под каплей поваренной соли ржавчина появляется раньше и в большем количестве.

● ○ 6. Особенно энергично происходит коррозия, когда в **контакте** находятся различные металлы.

В расщеп стального пера вставить листочек **металлического цинка**, а в другое такое же перо — кусочек **олова**. Оба контакта погрузить в разные стаканы с раствором **ферроцианида калия** $K_4[Fe(CN)_6]$. Через несколько минут железо в контакте с оловом начинает

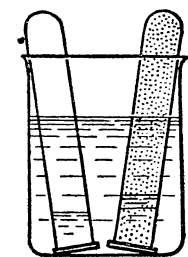


Рис. 395. Участие кислорода в коррозии металлов.

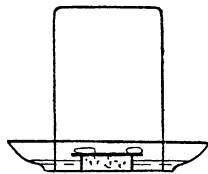


Рис. 396. Коррозия железа в капле электролита.

переходить в раствор (корродировать); ионы железа образуют с раствором берлинскую лазурь, которая синими струйками стекает со стального пера. В контакте с цинком железо не корродирует и цвет раствора в стакане не изменяется. Коррозии подвергается более активный металл, в данном случае цинк.

Такой же опыт можно поставить с оцинкованным железом и с луженой жестию, сделав на каждой пластинке глубокую царапину напильником, открывающую железо из-под покрытия.

● ○ 7. В две **пробирки** налить равные количества **соляной кислоты** (уд. в. 1,12) и опустить в каждую из них по **гвоздю**, предварительно хорошо вычистив их.

Когда начнется энергичная реакция, в одну из пробирок прилить 1 мл раствора **формалина** и наблюдать резкое замедление, а потом и прекращение реакции в этой пробирке. Формалин является ингибитором (замедлителем) кислотной коррозии.

● ○ 8. Некоторые летучие вещества являются ингибиторами атмосферной коррозии. Взять два **эксикатора** с небольшим коли-

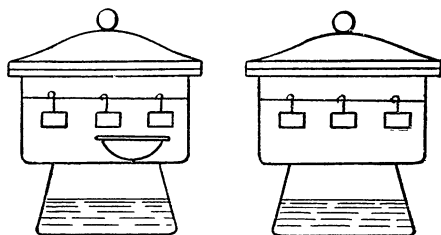


Рис. 397. Ингибиторы атмосферной коррозии.

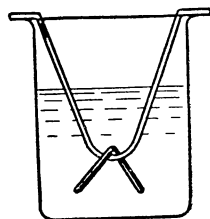


Рис. 398. Растворение железа в азотной кислоте.

чеством воды в каждом. В широкую часть вставить подставку, а в верхней части укрепить стеклянную палочку с пробками на концах (рис. 397). На палочку подвесить хорошо вычищенные **стальные пластинки**, для чего в каждой пробить отверстие, за которое зацепить стеклянным крючком или привязать небольшой прядью конского волоса. В один из эксикаторов поставить на подставку **фарфоровую** или **стеклянную чашечку** со смесью 1 г **углекислого аммония** $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и 1 г **нитрита натрия** NaNO_2 (ингибиторы), а второй оставить без ингибиторов. Через 3—4 дня можно наблюдать появление пятен коррозии на пластинках в эксикаторе без ингибитора, а пластинки в другом эксикаторе долгое время не изменяются (С. А. Балезин).

● 9. Приготовить растворы **азотной кислоты** различной нормальности от 1 до 10 *N*. В небольшие **стаканчики** (на 50 мл) налить приготовленные растворы.

Приготовить образцы **железа** («армко», фортепьянная струна или другое) приблизительно одинакового объема, хорошо вычистить их и подвесить в кислоте на изогнутой стеклянной палочке, как показано на рисунке 398. Заметить время погружения образца в раствор каждой отдельной концентрации и через лупу наблюдать за происходящим процессом. Получающийся нитрат

железа окрашенными струйками стекает с образца. При концентрациях 5—7 *N* растворение происходит с пульсацией. Для железа «армко» в 9-нормальном растворе происходит пассивация, и образец не растворяется. Следя за скоростью растворения образца в азотной кислоте в зависимости от ее концентрации, можно отметить условия наиболее активного состояния железа и условия, обеспечивающие его сохранность в данной среде.

Если параллельно поставить опыт с другим сортом железа, то можно убедиться, что скорость растворения металла зависит как от внешних факторов (в данном случае концентрация кислоты), так и от природы металла. Фортепьянная струна растворяется быстрее, чем железо «армко». Опыт можно производить целой группой, поручив каждому учащемуся (или двум) проделать опыт с какой-то одной определенной концентрацией кислоты, а результаты и выводы обсудить всей группой (Павловская).

8. Щелочные металлы

а) ПОЛУЧЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ КАЛИЯ И НАТРИЯ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ НА УРОКАХ

Куски калия и натрия, хранящиеся в керосине, не удобны для демонстрации на уроках, так как они бывают покрыты слоем веществ, маскирующих их металлический блеск.

В школе можно приготовить запаянные ампулы с калием и натрием, которые могут служить очень удобными учебными пособиями.

Для этой цели монтируется следующий простой прибор (рис. 399).

У обыкновенной пробирки из легкоплавкого стекла на расстоянии $\frac{1}{3}$ от дна делается перетяжка с внутренним диаметром $1\frac{1}{2}$ —2 мм. К отверстию пробирки подбирается резиновая пробка, в которую вставляется тройник, на концы которого надеваются резиновые трубки с винтовыми зажимами. Резиновая трубка с зажимом *a* присоединяется к прибору для получения сухого аммиака, резиновая трубка с зажимом *b* (толстостенная) — к водоструйному или другому разрезающему насосу.

Когда прибор собран, извлекают из реактивной банки кусок металла, калия или натрия, и помещают его в фарфоровую чашку с сухим керосином или толуолом. Фарфоровую чашку нагревают до плавления металла (*осторожно!* Не перегревать, чтобы жидкость не вспыхнула; иметь наготове картон, чтобы прикрыть чашку в случае вспышки). Металл плавится, поверхность его освобождается от посторонних веществ и принимает металлический блеск. Нагревание прекращают и дают чашке охладиться.

Металл застывает в форме шариков. Шарики металла берут щипцами, обтирают фильтровальной бумагой, быстро переносят в приготовленную пробирку и последнюю закрывают пробкой, с тройником; открывают зажим *б* (зажим *а* закрыт) и насосом откачивают воздух. Закрыв зажим *б*, пробирку в наклонном положении осторожно нагревают до плавления металла. На поверхности расплавленного металла всплывает слой окислов и других посторонних веществ. Пробирке быстро придают вертикальное положение, на момент открывают зажим *а* и дают чистому расплавленному металлу пройти через перетяжку в нижнюю часть пробирки. В это время металл можно слегка нагревать сбоку, чтобы он не затвердел раньше времени. Как только уровень слоя посторонних веществ дойдет до перетяжки, пробирке придают горизонтальное положение и отплавляют нижнюю часть пробирки в остром пламени паяльной горелки.

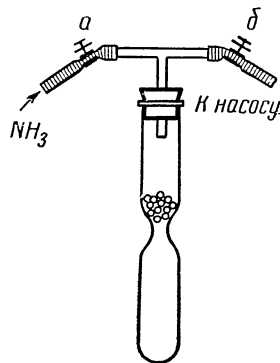


Рис. 399. Приготовление ампулы с натрием и калием.

В изготовленной ампуле удобно наблюдать внешний вид металла. Кроме того, ее можно опустить в стакан с кипящей водой. Металл при этом плавится, и, таким образом, удобно показать легкоплавкость калия и натрия.

Таким же способом можно изготовить ампулу с жидким сплавом калия с натрием. При изготовлении такой ампулы в верхнюю часть пробирки помещают калий и натрий приблизительно в равных количествах (Коковин).

Правила безопасности при работе

1) Щелочные металлы надо **держат** щипцами, не касаться их влажными пальцами.

2) Если реакционный сосуд недостаточно хорошо промыт и натрий пристал к стенке, то вследствие сильного местного разогревания натрий вспыхивает и разбрасывается с легким взрывом. **Не следует низко наклоняться над сосудом**, так как брызги могут попасть в лицо.

3) Обрезки натрия надо тщательно собрать обратно в сосуд с керосином. Руки после работы с натрием хорошо вымыть водой.

4) **Нельзя допускать падения кусочков натрия на пол**. Если же это по тем или иным причинам произошло и кусочек натрия не удалось найти, следует немедленно заявить об этом преподавателю. Забытый кусочек натрия может быть причиной пожара.

6) ОКРАСКА ПЛАМЕНИ ПАРАМИ КАЛИЯ И НАТРИЯ

1. Получить у лаборанта **железную проволоку** и нагревать ее на пламени до тех пор, пока она не перестанет окрашивать пламя. Для получения бесцветного пламени можно поджечь **спирт**, налитый в тигелек.

Коснуться накалившимся концом проволоки **едкого натра** (на часовом стеклышке) и внести его в пламя. Взять два других натриевых соединения и проделать с ними то же самое.

Такой же опыт проделать с соединениями калия и лития.

Посмотреть на пламя в спектроскоп.

● 2. Вместо железной проволоки можно воспользоваться **графитовым карандашом**. Очинить графитовый карандаш так, чтобы длина грифеля была 1—1,5 см. Графит погрузить в концентрированную **азотную кислоту** и после этого хорошо прокалить; опустить кончик графита в раствор какой-нибудь **соли натрия** (калия, лития) и внести в бесцветное пламя.

Отметить, что натрий окрашивает пламя в желтый цвет, калий — в фиолетовый, а литий — в малиновый. Это свойство металлов используется в спектральном анализе.

в, СВОЙСТВА ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Взять сухое **часовое стеклышко** и получить от лаборанта кусочек металлического **натрия** (*предосторожность!*). Снять керосин с кусочка натрия, обтерев его со всех сторон **фильтровальной бумагой**. Срезать с одной стороны натрия корочку перочинным ножом, чтобы обнаружить свежую поверхность металла.

Таким же образом рассмотреть калий.

Литий хранят под вазелином, газOLIном и реже в керосине. Отрезать ножом небольшой кусочек лития. Прилить в пробирку 2—3 мл авиационного бензина (уд. в. 0,7), его можно заменить автомобильным бензином, керосином, диэтиловым эфиром и, опуская литий поочередно в эти жидкости, убедиться, что литий в них всплывает. Его удельный вес 0,534. Опустить кусочек лития в пробирку с бензином, закрыть пробирку пальцем и встряхивать 3—5 раз, чтобы растворить вазелин.

Срезать корочку с куска лития и убедиться, что серебристо-белый цвет сохраняется довольно долго.

Описать металлы, характеризуя их твердость, удельный вес, цвет, блеск, склонность к окислению.

г) СЖИГАНИЕ НАТРИЯ В СТРУЕ КИСЛОРОДА

●● 1. Приготовить газометр с кислородом.

Положить в сухую **пробирку** хорошо вычищенный небольшой кусочек (0,5 см³) **натрия** и укрепить ее в штативе в наклонном положении. Под пробирку поставить **сосуд с песком** и нагреть ее

на **спиртовке** до плавления натрия. Открыть кран газометра, внести газоотводную трубку в пробирку с расплавленным металлом и убрать спиртовку. В струе кислорода натрий сгорает ярким пламенем и на стенках пробирки остается желтоватый налет перекиси натрия. Лучинкой аккуратно собрать перекись со стенок на дно пробирки, прилить к ней несколько капель воды и тлеющей лучинкой испытать выделяющийся кислород (Верещагин).

д) ГОРЕНИЕ ЛИТИЯ НА ВОЗДУХЕ

● Опыт лучше производить в затемненном помещении. С кусочка **лития** (величиной с горошину) снять **фильтровальной бумагой** лишний слой вазелина (газолина). Положить его в чистую сухую **ложечку** для сжигания веществ в кислороде и направить **паяльной трубкой** язык окислительно-восстановительного пламени на кусочек лития. Вскоре (несколько секунд) литий загорается малиновым пламенем. Погасить свет. Убрать ложечку с литием от спиртовки на вытянутую руку, не смотреть долго на пламя лития и не дышать воздухом вблизи пламени, так как мельчайшие частицы окиси лития раздражают дыхательные пути (Григориади).

е) ГОРЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ХЛОРЕ

●● 1. В дополнение к опытам, описанным ранее (раздел «Галогены», стр. 223), можно проделать следующие.

Опыт производить под тягой.

В шариковую трубку протолкнуть стеклянной палочкой вычищенный кусочек **натрия** в середину шарика (рис. 401), нагреть его до плавления и пропустить из прибора хлор.

● 2. **Натрий** можно сжечь в **пробирке**,

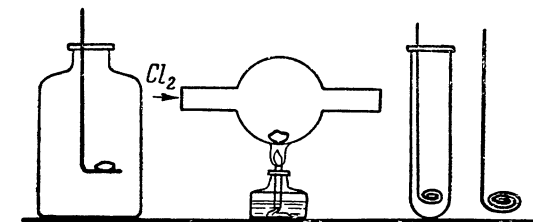


Рис. 401. Сжигание щелочных металлов в хлоре.

наполненной **хлором**. Для этого рекомендуется приготовить маленькую **ложечку** из проволоки, свивая ее спиралью, положить туда **асбест** (рис. 401), а на него натрий, поджечь и внести в пробирку с хлором.

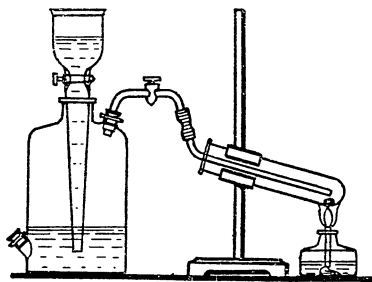


Рис. 400. Горение натрия в струе кислорода.

В таком оформлении опыт может проделать каждый учащийся на своем столе, набрав пробирку хлора из прибора общего пользования и закрыв ее пробкой в вытяжном шкафу.

ж) РАЗЛОЖЕНИЕ ВОДЫ ЩЕЛОЧНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

В дополнение к опытам разложения воды металлами, описанным выше (см., стр. 462, 470), можно рекомендовать следующие.

●● 1. Разложение воды металлическим натрием просто и удобно производить в пробирке (С. Ф. Силин).

Опыт. В пробирку налить 3—4 мл воды. Взять маленький очищенный кусочек натрия (*натрий metallicum totum*, величиной со спичечную головку) и бросить в пробирку с водой. Наблюдать происходящую реакцию разложения воды сбоку, через стенку пробирки, но ни в коем случае не через отверстие ее (*опасно!*).

К отверстию пробирки поднести зажженную **лучинку** и наблюдать вспышку водорода.

После прекращения реакции испытать раствор в пробирке **лакмусом** или фенолфталеином.

Предложить учащимся написать равенство реакции.

●● 2. Налить в **простоквашницу** до половины воды, предварительно хорошо промыв ее раствором соды, так как шарик натрия хорошо пристает к стеклу, если оно недостаточно чистое.

С кусочка **натрия**, обсушенного **фильтровальной бумагой** от керосина, тщательно срезать ножом корочку. Употребление для этого опыта недостаточно очищенного металла может послужить причиной опасного взрыва.

Взять очищенный указанным способом кусочек натрия не больше горошины и пинцетом положить¹ на поверхность воды. Наблюдать моментальное образование шарика расплавленного натрия, который быстро бежит по поверхности воды. Отметить удельный вес натрия. Объяснить быстрое перемещение шарика по поверхности воды.

По окончании реакции прилить в реакционный сосуд несколько капель раствора фенолфталеина.

●● 3. Обнаружение водорода, выделяющегося при взаимодействии натрия с водой. **Пробирку с продырявленным дном** поставить вертикально в стакан с водой, пользуясь держалкой для пробирки. Осторожно опустить в пробирку маленький кусочек (не больше горошины) тщательно очищенного металлического натрия. Через 2—3 сек поднести к отверстию пробирки зажженную лучинку. Выделяющийся водород вспыхивает с легким звуком и продолжает гореть, пока весь натрий не прореагирует с водой.

¹ Ни в коем случае не бросать!

●● 4. Взаимодействие калия с водой. Стакан емкостью на 0,5 л наполнить водой на три четверти объема. Получить у лаборанта маленький кусочек металлического калия, положить его пинцетом на поверхность воды и сразу же накрыть стакан воронкой (см. рис. 402).

Наблюдать фиолетовое пламя горящего калия. В конце реакции всегда происходит небольшой взрыв, поэтому снимать воронку до полного окончания реакции нельзя. Полученный раствор щелочи испытать фенолфталеином.

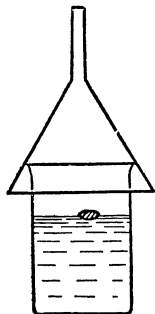


Рис. 402. Разложение воды калием.

● 5. Взаимодействие лития с водой. Опыт лучше производить в затемненном помещении. С небольшого кусочка лития (с горошину) смыть вазелин и высушить его фильтровальной бумагой. Налить в пробирку 5—10 мл воды и бросить в нее литий. Пробирку можно держать в руке. Поджечь выделяющийся водород и погасить свет.

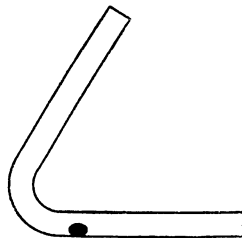


Рис. 403. Взаимодействие натрия с каплей воды.

Реакция экзотермична, часть лития испаряется и пламя водорода окрашивается в ярко-красный цвет (Григориади).

●● 6. Положить в **стеклянную трубку**, изогнутую под углом в 60° (рис. 403), кусочек **металлического натрия** (объемом в 1 мм^3). Осторожно капнуть в трубку только одну **каплю воды**. Как только капля воды соприкоснется с металлическим натрием, один конец трубки закрыть пальцем, а другой конец поднести к пламени спиртовки и наблюдать вспышку водорода.

Трубку ополоснуть небольшим количеством воды и на полученный раствор подействовать каплей спиртового раствора фенолфталеина или раствором лакмуса. Обратит внимание на изменение цвета индикатора.

В таких же трубках произвести опыты взаимодействия с водой калия и лития и сравнить их активность.

Написать соответствующие равенства реакций.

●● 7. Теплота реакции взаимодействия натрия с водой. На поверхность воды в **стакане** положить кусочек фильтровальной бумаги и на нее с соблюдением всех предосторожностей поместить маленький кусочек **металлического натрия**. Стакан сразу же покрыть воронкой. Наблюдать взаимодействие с водой натрия в этих условиях.

Объяснить причину различного поведения натрия в этом опыте по сравнению с опытом 4.

з) ГОРЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

Наполнить **цилиндр** (колбу) углекислым газом и закрыть стеклянной пластинкой. На железной ложечке зажечь **металлический натрий** и внести в цилиндр (колбу). Натрий продолжает гореть в углекислом газе, и в ложечке остается белая окись натрия.

По окончании опыта сполоснуть цилиндр водой и обратить внимание на черные нерастворимые кусочки угля, плавающие в воде.

Таким же путем можно сжечь в углекислом газе калий. Написать соответствующие равенства реакций.

и) ГОРЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В СЕРНИСТОМ ГАЗЕ

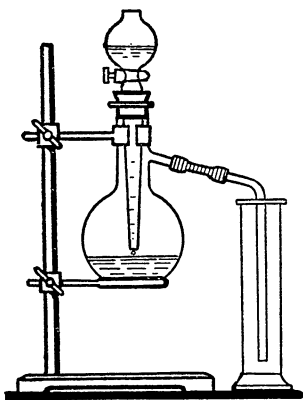


Рис. 404. Горение натрия в сернистом газе.

Получить сернистый газ действием серной кислоты на сернистоокислый натрий в приборе, изображенном на рисунке 404. Наполнить сернистым газом **цилиндр** емкостью 200 мл или поллитровую колбу и закрыть его стеклянной пластинкой. Положить в **железную ложечку** для сжигания **металлический натрий** (величиной с горошину), зажечь его пламенем спиртовки и внести в цилиндр (колбу) с сернистым газом. Натрий продолжает гореть и стенки цилиндра (колбы) покрываются желтым налетом серы.

Точно так же можно сжечь в сернистом газе **металлический калий**. Указать сходство и различие в протекании процесса. Написать соответствующие равенства реакций.

к) ВЫТЕСНЕНИЕ ИОНА АММОНИЯ НАТРИЕМ И КАЛИЕМ

Положить в фарфоровую **ступку** кусочек **металлического натрия** (величиной с зерно пшена), всыпать туда около чайной ложки азотнокислого аммония и осторожно растирать эту смесь пестиком. Обратить внимание на частое проскакивание искр и разогревание дна ступки. Понюхать вещество в ступке и убедиться, что выделяется аммиак.

Для вытеснения группы аммония металлическим натрием можно воспользоваться и другими солями, например углекислым или хлористым аммонием.

Опыт можно повторить с металлическим калием. Калий и соли аммония надо брать в меньшем количестве. Обратить внимание на различную активность этих металлов. Написать равенства реакций.

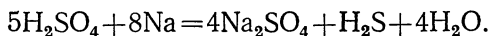
л) ВОССТАНОВЛЕНИЕ КРЕМНЕЗЕМА НАТРИЕМ

На дне маленького тигля поместить слой кремнезема толщиной в 2 мм, положить туда же небольшое количество металлического натрия, снова покрыть его кремнеземом и прокалить на пламени спиртовки. Обратит внимание на изменение окраски вещества. Отмыть водой кремний от окиси натрия и декантировать. Осевший кремний высушить между листами фильтровальной бумаги и сдать преподавателю. Написать равенство реакции.

м) ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

●● 1. Очистить от корочки небольшой кусочек (0,5 см³) натрия и положить его в тигель. В батарейный стакан емкостью 2—3 л насыпать на дно слой песка и поставить туда тигель с натрием. Набрать длинной пипеткой несколько миллилитров (4—5) концентрированной серной кислоты и на вытянутой руке спустить ее в тигель с натрием. Наблюдать энергичное взаимодействие натрия с кислотой, сопровождающееся вспышкой и небольшим взрывом.

После реакции подержать над тиглем фильтровальную бумажку, смоченную раствором свинцовой соли; она чернеет от образовавшегося при реакции сероводорода. Реакция протекает по следующему равенству:



● 2. Закрепить пробирку в зажиме штатива. Под пробирку поставить ступку или другой сосуд с песком, а над пробиркой на расстоянии 20—30 см от нее подвесить воронку или другой колпак, предохраняющий от брызг. Налить в пробирку приблизительно 1 мл концентрированной серной кислоты и бросить в нее небольшой кусочек лития, отмытого от вазелина и высушенного фильтровальной бумагой. Стеклопалочкой затопить литий в серную кислоту и подержать так с полминуты, затем убрать палочку и отойти на 1,5—2 м. Происходит самовоспламенение лития и слабый взрыв, вблизи чувствуется запах сернистого газа и сероводорода (Григориади).

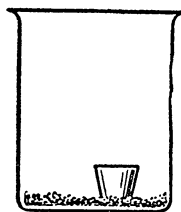


Рис. 405. Взаимодействие натрия с концентрированной серной кислотой.

н) ПОЛУЧЕНИЕ ОКИСИ НАТРИЯ

●● Собрать прибор по рисунку 407. В пробирку примерно на высоту 1 см поместить твердый едкий натр и расплавить его в пламени спиртовки. В расплавленный едкий натр опустить

небольшой кусочек (с горошину) металлического **натрия**, закрыть пробирку пробкой и испытать выделяющийся водород. Наблюдать образование рыхлого белого налета окиси натрия на стенках пробирки. Написать равенство реакции.

о) СВОЙСТВА ПЕРЕКИСИ НАТРИЯ

●● 1. Собрать в **широкую пробирку** углекислый газ и испытать его зажженной лучинкой. Поместить в пробирку немного **перекиси натрия**, сейчас же закрыть пробирку пробкой и тщательно встряхивать. Через несколько минут вынуть пробку и содержимое испытать тлеющей лучинкой. Написать равенство реакции взаимодействия перекиси натрия с углекислым газом.

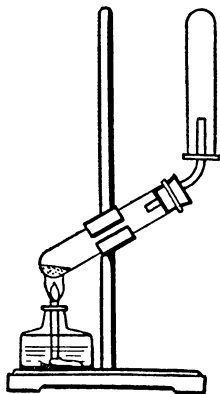


Рис. 406. Получение окиси натрия.

●● 2. Собрать в **цилиндр** сернистый газ и внести туда на железной **ложечке** немного **перекиси натрия**. Через несколько минут начинается реакция: ложечка накаляется и образуется вещество белого цвета. Сравнить скорость и энергичность этой реакции с реакцией взаимодействия перекиси натрия с углекислым газом и объяснить разницу. Написать равенство реакции.

●● 3. На кирпич положить **железную пластинку** и тщательно перемешать на ней **сухие древесные опилки** и **перекись натрия**. На смесь подействовать водой (1—2 капли из пипетки). Вся масса сгорает, образуя большое и яркое пламя. Смыть водой продукт реакции с пластинки и испытать жидкость индикатором (лакмусом).

Этот же опыт можно произвести на железной ложечке.

Очень эффектно можно проделать его в большом железном ковше, поставленном на кирпич. Ковш раскаляется докрасна. Написать равенство реакции взаимодействия воды с перекисью натрия.

п) ПОЛУЧЕНИЕ ЩЕЛОЧЕЙ

Едкий натр NaOH или едкое кали KOH может быть получен при кипячении раствора соды — углекислого натрия Na_2CO_3 или поташа K_2CO_3 с гашеной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ¹.

●● Опыт. В химический **стакан** (или жестянку) налить 150—200 мл 20-процентного раствора углекислого натрия Na_2CO_3 или поташа K_2CO_3 (*kalium carbonicum*), поставить на кольцо

¹ Описание опыта получения едкого натра путем электролиза раствора поваренной соли см. выше (стр. 240).

штатива (подложить **асбестированную сетку**) и нагреть до кипения. В кипящий раствор соды (поташа) влить понемногу равный объем **известкового молока**. Смесь кипятить 20—30 мин.

Взять пробу 5 мл смеси в пробирку и дать отстояться осадку. Стеклой трубкой, применяемой как пипетка, осторожно по стенке пробирки прилить в пробу одну каплю раствора **соляной кислоты** (2-нормальный). Если реакция с соляной кислотой в верхних слоях пробы идет без выделения пузырьков углекислого газа, можно считать реакцию получения щелочи законченной. Прекратить нагревание и дать жидкости остыть.

При помощи **сифона из резиновой трубки** слить жидкость с осадка в чистый стакан (рис. 407). Для приведения сифона в действие сначала резиновую трубку заполнить чистой водой.

Часть осадка (углекислого кальция) промыть на фильтре водой и поместить в **пробирку** или в стаканчик. Прилить к осадку в пробирку (или в стаканчик) раствор **соляной кислоты**, и выделяющийся углекислый газ испытать **горящей лучинкой**.

Предложить учащимся написать равенства происшедших реакций.

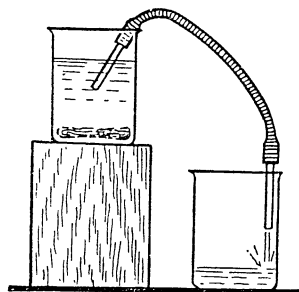


Рис. 407. Сливание жидкости с осадка при помощи сифона.

р) ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТ РАСТВОРЕНИЯ ЕДКОГО НАТРА

● ● В маленький **стаканчик** налить около 10 мл воды и внести туда около 5 г твердого **едкого натра**, помешивать. Наблюдать выделение большого количества тепла, хорошо заметного на ощупь.

Полученный раствор щелочи сдать лаборанту.

е) СВОЙСТВА КАРБОНАТА И БИКАРБОНАТА НАТРИЯ

● ● 1. В одну **пробирку** налить раствор **углекислого натрия**, в другую — **кислого углекислого натрия**. Прибавить в обе пробирки по несколько капель раствора **фенолфталеина** и сравнить окраску в той и другой пробирке.

Налить снова в чистую пробирку раствор двууглекислой соды, прокипятить в течение нескольких минут и по охлаждении испытать **фенолфталеином**.

● ● 2. Растворить около 0,5 г **бикарбоната натрия** в 20 мл воды, разлить раствор поровну в две **пробирки**: в одну прибавить 2 капли **фенолфталеина**, в другую — 2 капли **метилоранжа**.

Заготовить в качестве эталона две пробирки с 10 мл дистиллированной воды и двумя каплями индикатора в каждой пробирке.

Из пипетки прибавлять по каплям разбавленную **соляную кислоту** в каждую из пробирок до получения окраски эталона.

Сколько понадобилось капель кислоты в том и другом случае?

Установить связь изменения окраски различными индикаторами с концентрацией водородных ионов и сделать вывод о характере индикаторов.

7) РАЗЛОЖЕНИЕ КИСЛЫХ СОЛЕЙ УГОЛЬНОЙ КИСЛОТЫ И ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ НАГРЕВАНИИ

●● Поместить в пробирку немного кислого углекислого натрия NaHCO_3 (*natrium bicarbonicum*) или кислого углекислого калия KHCO_3 (*kalium bicarbonicum*). Вставить в пробирку **пробку с изогнутой стеклянной газоотводной трубкой**, укрепить пробирку в зажиме штатива и погрузить конец трубки в **стакан с известковой водой** (*calcariae*).

Нагреть соль в пробирке. Выделяющийся углекислый газ мутит известковую воду в стакане.

Когда выделение углекислого газа прекратится, отставить горелку и дать пробирке охладиться. При помощи стеклянной трубки, применяемой как пипетка, подействовать на остаток соли в пробирке одной-двумя каплями раствора соляной кислоты и наблюдать выделение углекислого газа.

Предложить учащимся написать равенства происшедших реакций.

9. Медь

В дополнение к опытам с медью и ее соединениями, описанным выше, полезно проделать следующие.

● 1. Гидрат окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ очень легко разлагается даже при нагревании под водой.

Опыт. Налить в чистую пробирку 1—2 мл 2-нормального раствора сернокислой меди CuSO_4 (*sulfuricum*) и прибавить такой же объем 2-нормального раствора **едкого натра** NaOH (*natrium oxydatum hydricum*). Наблюдать выпадение голубого студенистого осадка гидрата окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Нагреть пробирку с осадком в пламени **спиртовой лампочки**. Осадок чернеет вследствие разложения гидрата окиси меди и образования окиси меди CuO .

Написать равенства происшедших реакций.

●● 2. Гидрат окиси меди растворяется в избытке щелочи. Для опыта следует брать КОН, не содержащий карбонатов.

Опыт. Получить гидрат окиси меди действием щелочи на раствор сульфата меди и растворить его в избытке щелочи. Получается куприт меди синего цвета.

●● 3. Окраска и она меди. В трех пробирках с несколькими каплями воды растворить понемногу **медного купороса, хлорной меди и бромной меди**. Обратит внимание на цвет кристаллов и цвет полученных растворов.

Постепенно все более разбавлять растворы и затем снова сравнить их цвет. Чем объясняется наблюдаемое явление?

○ 4. **Опыт.** Испытать раствор **серноокислой меди синей лакмусовой бумажкой**. Лакмусовая бумажка краснеет вследствие гидролиза серноокислой меди. Написать равенство реакции.

● 5. Соль — углекислая медь — не получена, но широко известны основные соли двувалентной меди и угольной кислоты.

Опыт. Налить в чистую пробирку 1—2 мл раствора **серноокислой меди** и прибавить немного раствора **углекислого натрия**. Образуется зеленый осадок основной углекислой меди и выделяется углекислый газ.

● 6. **Опыт.** Налить в чистую пробирку 1—2 мл раствора **серноокислой меди** и прибавить *раствор аммиака*, до растворения образовавшегося осадка. Жидкость в пробирке окрашивается в темно-синий цвет вследствие образования комплексных соединений состава от $\text{CuSO}_4 \cdot \text{NH}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ до $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{NH}_3$.

● 7. Образование комплексных соединений двувалентной меди с аммиаком полезно дополнительно показать на следующем опыте.

Опыт. На листе бумаги (лучше светло-синей или голубоватой) сделать надпись или рисунок сильно разбавленным раствором **серноокислой меди**. Осторожно над пламенем горелки высушить надпись, после чего она будет незаметна.

Подержать бумагу сначала над стаканом с горячей водой, а потом над открытой склянкой с **раствором аммиака** NH_4OH (ammonium causticum), — проявляется отчетливая темно-синяя надпись вследствие образования вышеупомянутых комплексных соединений меди с аммиаком.

○ 8. Из растворов солей двувалентной меди сероводород H_2S осаждает сернистую медь CuS , нерастворимую в воде и в разбавленных кислотах.

Опыт. Налить в чистую пробирку 1—2 мл раствора **серноокислой меди** CuSO_4 (cuprum sulfuricum). Прилить в пробирку сначала одну каплю раствора **серной кислоты**, а потом **немного сероводородной воды** (aqua hydrosulfurata). Выпадает черный осадок сернистой меди CuS .

Написать равенство реакции.

● 9. Образование сернистой меди при взаимодействии рас-

творов солей двувалентной меди с сероводородом можно дополнительно показать на следующем опыте.

Опыт. На листе бумаги (лучше светло-синей или голубоватой) сделать надпись или рисунок разбавленным раствором сернокислой меди CuSO_4 (сиргум sulfuricum). Осторожно над пламенем горелки высушить надпись, после чего она будет незаметна.

Подержать бумагу сначала над стаканом с горячей водой, а потом над открытой склянкой с сероводородной водой (аqua hydrosulfurata). Проявляется отчетливая черная надпись (или рисунок) вследствие образования сернистой меди CuS .

○ 10. Соединения меди окрашивают пламя горелки в зеленоватый цвет.

Опыт. На петельке из медной проволоки внести в несветящее пламя горелки каплю раствора азотнокислой меди (сиргум nitricum) или хлорной меди CuCl_2 (сиргум bichloratum). Пламя горелки окрашивается в зеленый цвет.

10. Магний

○ ● 1. Горение магния в воздухе. Зажечь ленту магния (не смотреть на пламя, так как это портит зрение) и держать зажженную ленту над стаканом для собирания твердых веществ.

Считая, что горящий магний соединяется с двумя основными составными частями воздуха, написать равенства для обеих реакций. Прибавить к продуктам 1—2 мл воды, нагреть до кипения и испытать раствор фенолфталеином. Вывод.

Написать равенства реакций взаимодействия воды с обоими полученными при горении магния веществами.

○ ● 2. Горение магния в углекислом газе. Ленту магния длиной около 10 см вставить под прямым углом в расщепленную лучину. Наполнить пол-литровый стакан углекислым газом из прибора общего пользования.

Зажечь пламенем спиртовки ленту магния и, как только он загорится, быстро опустить в стакан с углекислым газом. (Не касаться горящим магнием дна и стенок стакана, иначе стакан может треснуть.)

По окончании горения рассмотреть упавшие на дно стакана продукты реакции; затем обработать их разбавленной кислотой. Какой из продуктов реакции не растворяется в кислоте? Написать равенства происходящих реакций.

○ ● 3. Горение магния в сернистом газе. Собрать в цилиндр (или склянку) сернистый газ и прикрыть его стеклянной пластинкой или картоном. Зажечь магний, снять кар-

тон с цилиндра и внести в него горящий магний. Наблюдать горение магния в сернистом газе, обратить внимание на образование чуть желтоватого налета на стенках цилиндра. Написать соответствующее равенство реакции.

●● 4. Взаимодействие магния с водой. Взять $\frac{1}{4}$ пробирки воды и опустить туда магний ленточкой или порошком. Обратить внимание на удельный вес магния. При комнатной температуре магний не взаимодействует с водой. Нагреть пробирку с водой до кипения, отставить спиртовку и наблюдать выделение пузырьков газа. Реакция прекращается при охлаждении воды, снова нагреть ее до кипения, проделать так несколько раз. Дать жидкости отстояться, слить ее и испытать фенолфталеином (лакмусом). Изменение окраски индикатора свидетельствует о растворимости гидроокиси магния и его химической природе.

Опыт. Коническую колбу на 250—500 мл наполнить на $\frac{1}{3}$ водой, нагретой до 25—30°. Взять полную ложечку для сжигания веществ в кислороде мелких пластинок или стружек магния (*magnesium metallicum in lamellis* или *tornatum*) и зажечь их пламенем спиртовой лампочки или другой горелки. Усилить горение магния, осторожно покачивая ложечку по воздуху, держа ее за ручку. Осторожно опустить ложечку с горящим магнием в приготовленную воду почти до дна, но не касаясь дна и стенок колбы. Магний продолжает гореть под водой белым пламенем за счет кислорода разлагающейся воды. Водород, выделяющийся при реакции, собирается в колбе над водой и загорается от пламени горящего магния.

Таким образом, в колбе наблюдается два пламени: яркое белое пламя магния под водой и бледное пламя водорода над водой.

Иногда воспламенение водорода сопровождается довольно громким звуком (совершенно безопасно) (Викторов).

Предложить учащимся написать равенства реакций.

Опыт. В коническую колбу на 500 мл с широким горлом налить 25—30 мл воды и кипятить в течение 2—3 мин. Зажечь ленту магния (10—15 см), вставленную под прямым углом в расщепленный кончик лучины, и опустить ее в пары воды, не прекращая ее нагревания. Наблюдать горение магния в парах воды. Обратить внимание на язык пламени водорода синего цвета, который появляется у отверстия колбы.

●● 5. Взаимодействие магния с йодом. Тщательно перемешать порошки магния и йода в эквивалентных количествах, поместить смесь на огнеупорную пластинку и подействовать только одной каплей воды. Наблюдать интенсивное

сгорание смеси. Вода в данной реакции является катализатором. Написать равенство реакции получения йодистого магния.

●● 6. Восстановление свинца из окиси свинца магнием. Приготовить смесь **окиси свинца** с порошком **магния** в отношении 10 : 1, поместить ее в **железный тигель** или наперсток (ни в коем случае не в пробирку), нагреть его на спиртовке и наблюдать вспышку. По охлаждении тигля сдуть порошок окиси магния и посмотреть на стенках образовавшийся металл. Написать равенство реакции восстановления свинца из окиси свинца магнием.

●● 7. Горение смеси перманганата калия и магния. Приготовить смесь **марганцовокислого калия** и порошка **магния**, тщательно перемешать ее, поместить на **железную пластинку** и зажечь длинной лучинкой. Наблюдать сильную вспышку смеси. Эта реакция используется в фотографии.

●● 8. Прокаливание смеси порошков мела и магния. Тщательно перемешать равные количества порошков **магния** и **мела**, чтобы смеси получилось около четверти пробирки. Укрепить **пробирку** в штативе и осторожно нагреть; как только смесь раскалится, прекратить нагревание. Дать пробирке остыть и к ее содержимому прибавлять понемногу разбавленной соляной кислоты, пока она не перестанет реагировать с полученными веществами. Дать отстояться жидкости в пробирке и посмотреть, какое твердое вещество там осталось. Отфильтровать его, высушить, внести в пламя спиртовки и наблюдать его полное сгорание. Написать равенство реакции образования угля из мела.

●● 9. Свойства солей магния. Поместить на **часовое стекло** несколько кристаллов **хлористого магния** и оставить их на воздухе на день и больше. Хлористый магний гигроскопичен, и кристаллы его расплываются, притягивая влагу из воздуха.

Испытать раствор хлористого магния **лакмусовой бумажкой**. Объяснить изменение ее цвета, написать соответствующее равенство реакции.

Поместить в фарфоровую чашку около 1 г кристаллов хлористого магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) и нагреть их. Испытать выделяющиеся пары **лакмусовой бумажкой**. При нагревании хлорид магния подвергается гидролизу и образуется основная соль $Mg(OH)Cl$, которая входит в состав магнезиального цемента.

К раствору серноокислого магния в пробирке прилить раствор углекислого натрия. Написать равенство реакции.

Проделать ту же реакцию, предварительно прибавив к раствору сульфата магния хлористого аммония и аммиака.

Основной карбонат магния растворим в аммонийных солях.

11. Щелочноземельные металлы

●● 1. **Окрашивание пламени.** Слегка прокалить в пламени горелки железную проволоку с колечком на конце. Смочить колечко раствором какой-либо соли кальция и внести проволоку в несветящуюся часть пламени горелки. Наблюдать характерное окрашивание пламени.

Проделать аналогичные опыты с солями стронция и бария. Для каждой соли брать новую проволочку.

Рассмотреть окрашенное пламя в ручной спектроскоп.

●● 2. **Окись и гидрокись кальция.** Прокалить в пламени спиртовки тоненький кусочек мрамора или мела, в течение 2—3 мин. Обратит внимание на изменение, происходящее с мрамором.

Поместить в фарфоровую чашку кусочек негашеной извести. Прилить на него несколько капель воды, давая каждый раз впитаться воде. Наблюдать увеличение объема куса негашеной извести, сопровождающееся выделением тепла. Написать равенство реакции.

Получить раствор гашеной извести в воде и подействовать на него индикатором.

Подействовать на раствор хлористого кальция или азотно-кислого кальция баритовой водой.

Сопоставить растворимость гидратов кальция и бария с положением этих металлов в периодической системе Д. И. Менделеева.

●● 3. **Получение кремнекислого кальция.** Взять $\frac{1}{4}$ пробирки прозрачного жидкого стекла и прибавить к

нему небольшое количество концентрированного раствора хлористого кальция. Обратит внимание на изменение, происходящее в пробирке, образование прозрачной стекловидной массы. Написать равенство реакции взаимодействия хлористого кальция с жидким стеклом.

●● 4. **Гидратация гипса.** 2—3 ложечки жженого гипса смешать в фарфоровой чашке с небольшим количеством воды, чтобы получить кашичу такой густоты, как сметана. Кашичу вылить на лист промасленной бумаги. Наблюдать затвердевание гипса.

●● 5. **Жесткость воды.** К 20 мл дистиллированной воды в пробирке или в цилиндре прибавлять каплю за каплей мыльного раствора из бюретки. Сильно встряхивать после прибавления каждой капли, чтобы определить объем мыльного раствора, дающего пену, держащуюся 10 сек. Записать количество пошедшего на это мыльного раствора.

Взять 20 мл воды из-под крана и тем же способом определить,

имеет ли она какую-нибудь жесткость по сравнению с дистиллированной водой.

Приготовить жесткую воду, пропуская в 20 мл известковой воды углекислый газ из прибора общего пользования до тех пор, пока образовавшийся вначале осадок не растворится. Определить объем мыльного раствора, пошедшего на образование пены в половине этого раствора.

Прокипятить вторую половину этого раствора и наблюдать происходящие изменения. Сделать мыльную пробу с этим раствором и сравнить затраченные объемы мыльного раствора в обоих случаях.

Кислые карбонаты вызывают временную жесткость воды. Ее можно устранить кипячением или смягчить прибавлением рассчитанного количества известковой воды. Написать равенства реакций.

Определить количество мыльного раствора, нужного для получения пены в насыщенном растворе сульфата кальция, и сравнить его с таковым для дистиллированной воды.

К 20 мл раствора сульфата кальция прибавить 1 г твердой соды, хорошо смешать, потряхивая пробирку. Написать равенство реакции.

Слить раствор с осадка и сделать мыльную пробу с этим раствором. Сравнить объемы мыльного раствора, который был затрачен на образование пены в первом и во втором случаях. Гипс вызывает постоянную жесткость воды.

Объяснить образование накипи в паровых котлах.

● ● б. Строительные материалы (известка и цемент). Растереть 3 г гашеной известки с водой, взять воды столько, чтобы получилась паста. Растереть ее приблизительно с 9 г песка шпателем. Оставить состав высохнуть на часовом стекле. Поместить другую пробу в фарфоровую чашку и покрыть ее смазочным маслом, чтобы предохранить известку от доступа воздуха. Рассмотреть обе пробы на следующей лабораторной работе. Дать объяснение различному затвердеванию известки.

Поместить в пробирку высохшую известку и сделать пробу на присутствие карбоната. Написать равенство реакции «твердения» известки. Поместить другой кусочек в плоскодонную колбу, прилить 100 мл воды и насытить углекислым газом. Закрывать колбу и оставить стоять до следующей лабораторной работы. Растворилась ли известка? Дать объяснение реакции.

Смешать 10 г портланд-цемента с двойным количеством чистого песка, придать этой смеси определенную форму и оставить сохнуть. Поместить другую пробу в чашку и покрыть смазочным маслом.

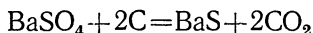
Посмотреть оба образца на следующей лабораторной работе.

Объяснить различие в поведении извести и цемента. Можно ли употреблять цемент под водой? Почему?

● 7. Получение литопона. **Литопон** — белая краска, представляющая собой молекулярную смесь сульфата бария (BaSO_4) и сульфида цинца (ZnS).

На внеклассных занятиях можно получить литопон, проведя учащихся через все этапы получения этой краски в производстве. Желательна предварительная экскурсия на завод. Работа содержит ряд длительных операций.

Получение сульфида бария (черное отделение). Исходные порошкообразные вещества **сульфат бария** (BaSO_4) и уголь. По равенству реакции:



уголь брать в избытке и перемешать с сульфатом.

Сложить самодельную печь из кирпича и глины, как показано на рисунке 408. Железной трубой (самоварной) можно выводить продукты реакции в дымовую трубу, в форточку или вентиляционное отверстие.

Приготовленную смесь насыпать в большой **фарфоровый тигель** и открытым поместить его в печи в таком положении, чтобы пламя горелки было направлено на смесь (пламенная печь). Накаливать паяльной или газовой горелкой часов 5—6. Полученный сплав растворить в горячей воде, а непрореагировавший уголь снять с поверхности фильтровальной бумагой. После долгого стояния (больше суток) раствор слить с осадка и промыть деконтацией раза 2—3. Обратит внимание учащихся на то, что при длительном стоянии сульфид бария разъедает стекло.

Получение сульфата цинка (цинковое отделение). Порошкообразную **окись цинка** растворить в **серной кислоте**, прибавляя последнюю небольшими порциями до полного растворения окисла. Случайную взвесь отфильтровать. Написать равенство реакции.

Получение литопона (белое отделение). Получение литопона можно провести разными способами.

1-й способ. Выпарить растворы **сульфида бария** и **сульфата цинка** и приготовить навески сухих веществ по равенству реакции:

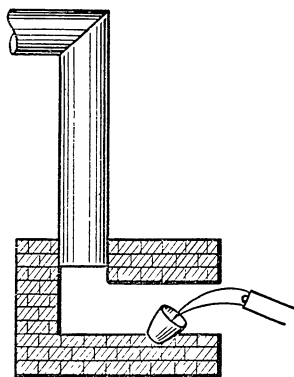
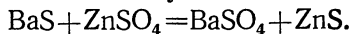


Рис. 408. Самодельная печь для получения сульфида бария.

Навески снова растворить в воде и слить растворы при помешивании.

2-й способ значительно быстрее первого. **Ареометром** определить плотность исходных растворов. Если есть таблицы концентрации по плотности, то рассчитать концентрации растворов и слить нужные количества.

Работая без таблиц, можно пользоваться следующими нормами, установленными опытным путем.

	Плотность по ареометру (в г/см ³)	Количество раствора (в объемах)
1) ZnSO ₄	1,15	1
BaS	1,05	2
2) ZnSO ₄	1,175	2
BaS	1,05	5
3) ZnSO ₄	22	} по Боме
BaS	7,5	

3-й способ. Сливать растворы без предварительных измерений концентраций и без расчетов до полноты осаждения сульфата бария и сульфида цинка. Избыток первого вещества определять серной кислотой, а второго — хлористым барием.

Полученный литопон отфильтровать с отсасыванием. Можно воспользоваться колбой Бунзена или же применить приспособление, изображенное на рисунке 409, применяя водоструйный насос. Все пробки залить менделеевской замазкой. В **воронку** вставить фарфоровый кружочек с отверстиями (не брать железный: он ржавеет и портит краску), обернуть его куском полотна, а сверху положить кружочек фильтровальной бумаги.

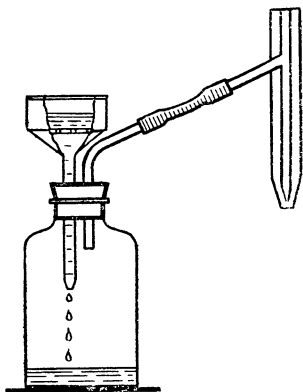


Рис. 409. Упрощенное фильтрование с отсасыванием.

При отсутствии в лаборатории возможности воспользоваться водоструйным насосом можно фильтровать проще, но дольше. Обвязать простоквашицу сверху холстом (не натягивая), а на холст положить фильтровальную бумагу. Слить с литопона отстоявшуюся воду, взмутить осадок в небольшом количестве оставшейся воды, поместить эту массу на фильтр и окончательное стекание воды предоставить времени.

Фильтрат испытать на присутствие сульфида бария и сульфата цинка и, если таковые окажутся, сделать дополнительное

осаждение, действуя каплями осадителя при помешивании, и полученный осадок также отфильтровать.

Сушить литопон быстрее в вакуум-эксикаторе. Его можно приготовить силами учащихся по рисунку 410 из разрезанной бутылки.

Полученный литопон является полуфабрикатом. Для улучшения его структуры и цвета он нуждается в дополнительной обработке.

Сухой литопон прокалить в той же печи в тигле, закрытом крышкой и замазанном глиной, часов 5—6 (муфельная печь). Горячий продукт бросить в ступку с холодной водой и растирать.

Снова фильтровать и сушить теми же способами.

Сухой продукт измельчить в ступке, развести с маслом, олифой или клеем и покрасить подоконники и рамы в своей лаборатории.

На заводе все процессы механизированы и автоматизированы, но их суть остается та же и становится понятной учащимся после проведенного эксперимента.

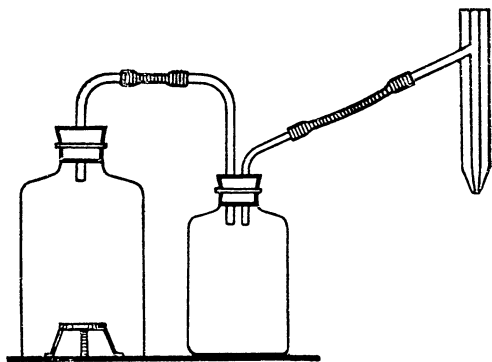


Рис. 410. Упрощенный вакуум-эксикатор.

12. Цинк

●● 1. Взаимодействие цинка с кислотами. Подействовать в пробирках цинком на разбавленную соляную и серную кислоты и написать равенства реакций.

Подействовать цинком на 2—3 мл **концентрированной серной кислоты**. Если не растворяется, подогреть. Понюхать выделяющиеся газы и написать равенства реакций взаимодействия цинка с концентрированной серной кислотой.

Взаимодействие **цинка** с разбавленной азотной кислотой идет до образования соли аммония. К цинковой пыли в пробирке прилить **разбавленной азотной кислоты**. Подождать до окончания реакции. Наличие в растворе аммонийной группы можно доказать прибавлением концентрированной щелочи и подогрешением. Выделяющийся аммиак может быть обнаружен по запаху или влажной красной лакмусовой бумажкой.

Подействовать на цинк **концентрированной азотной кислотой**. Написать равенства реакций, учтя окраску выделяющегося газа.

●● 2. Взаимодействие цинка со щелочами. На кусочек цинка в пробирке (лучше цинковая пыль) подействовать **концентрированным раствором щелочи**. Нагреть. Выделяющийся газ испытать зажженной лучинкой. Написать уравнение реакции получения цинката.

Взять **гашеную известь**, тщательно перемешать ее с **цинковой пылью** и хорошенько прокалить в тугоплавкой **пробирке**. Выделяющийся газ испытать зажженной лучинкой. Написать равенство реакции образования цинката кальция.

●● 3. Гидроокись цинка и ее свойства. На растворимую **соль цинка** подействовать раствором **щелочи**, приливая последнюю по каплям и взбалтывая раствор, пока не получится студенистый осадок гидрата. Разделить гидрат на две порции; одну из них растворить в **кислоте**, а другую — в избытке **щелочи**. Написать равенства всех произведенных реакций.

●● 4. Гидролиз солей цинка. Испытать **лакмусовой** бумажкой растворы солей цинка и написать реакции взаимодействия этих солей с водой.

На раствор серноокислого цинка подействовать раствором **соды** и подогреть. Написать равенство реакции гидролиза с образованием основной соли.

●● 5. Амальгамирование цинка. В фарфоровое **блюдечко** налить 25—30 мл разбавленной (1 : 10) **серной кислоты** и несколько капель **ртути**. Под слоем кислоты подвести цинковую пластинку под каплю ртути и, не вынимая пластинку из кислоты, растереть на ее поверхности каплю ртути с помощью марли, намотанной на лучинку. Таким же образом потереть и вторую сторону пластинки.

В раствор серной кислоты (1 : 5) опустить амальгамированную цинковую пластинку и туда же поместить неамальгамированную пластинку. Отметить различие в отношении к кислоте той и другой пластинки и объяснить его.

13. Алюминий

●● 1. Алюминий сгорает в струе кислорода особенно ярким пламенем. В пробирку насыпать 0,1 г алюминиевой пыли или мелкого порошка алюминия (больше 0,1 г не следует брать, так как возможно оплавление пробирки и побочная реакция восстановления кремнезема).

Опыт. Приготовить газометр с кислородом. В газоотводную трубку положить рыхлый комочек ваты. Пробирку с порошком закрепить горизонтально в зажиме штатива, под пробирку поставить сосуд с песком. Прогреть металл в пламени спиртовки,

убрать спиртовку и пропустить в пробирку струю кислорода. При горении алюминия иногда проплавляется пробирка и разбрасываются брызги горящего металла (Верещагин).

●● 2. На воздухе алюминий быстро покрывается тонкой и плотной пленкой окиси, предохраняющей его от дальнейшего окисления и придающей ему тусклый блеск. Если нарушить цельность пленки окиси, то алюминий начинает быстро окисляться, покрываясь рыхлым слоем окиси.

Опыт. Алюминиевую пластинку или ложку промыть разбавленным раствором соляной кислоты, а затем опустить на 3—4 сек в раствор сулемы HgCl_2 (hydrargyrum bichloratum; осторожно! Сулема — сильный яд). Промыть пластинку водой, вытереть фильтровальной бумагой и положить на сухую доску или бумагу. Тотчас же пластинка начинает покрываться рыхлым слоем окиси алюминия.

Написать равенства реакций.

●● 3. Если нарушить цельность пленки окиси, то алюминий разлагает воду при обыкновенной температуре.

Опыт. Чистую алюминиевую пластинку или проволоку опустить в горячий раствор едкого натра NaOH . Затем, сполоснув водой, опустить на 3—4 сек в раствор азотнокислой ртути $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (hydrargyrum nitricum; осторожно! Азотнокислая ртуть ядовита), снова сполоснуть водой и вытереть насухо фильтровальной бумагой.

Алюминий вытесняет ртуть из растворов ее солей и образует сплав с ртутью — амальгаму.

Наполнить пробирку или небольшой цилиндр для собирания газов водой и опустить только что приготовленный и насухо протертый фильтровальной бумагой амальгамированный алюминий. Тотчас же начинают появляться пузырьки водорода. Закрывать пробирку пальцем (цилиндр закрыть ладонью) и опрокинуть в чашку с водой. За 20—30 мин можно собрать 3—4 мл водорода. Поджечь водород горящей лучинкой.

То же можно проделать с фольгой.

Опыт. Два листочка алюминиевой фольги опустить в ртуть и, придерживая лучинкой, продержать их там минут 5—6. Потом один листочек оставить на воздухе, а другой опустить в пробирку с водой. Наблюдать за изменением фольги на воздухе и в воде. Потрогать руками листочек, лежащий на воздухе, чтобы убедиться, что это экзотермическая реакция. Написать соответствующие равенства реакций.

Опыт. В пробирку, к которой подобрана пробка с оттянутой газоотводной трубкой, налить воды примерно $\frac{1}{3}$ пробирки. Нагреть воду до кипения, опустить туда щепотку порошка алюминия и, не прекращая нагревания, прибавить туда же несколько

капель (3—4) раствора **перманганата** и закрыть пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Наблюдать за происходящей реакцией. Испытать выделяющийся газ зажженной лучинкой, убирая в это время пробирку из пламени спиртовки. Когда прекратится реакция, раствор обесцвечивается, но жидкость делается мутной.

●● 4. Алюминий вытесняет водород из растворов серной и соляной кислот. С азотной кислотой алюминий не реагирует благодаря защитным свойствам покрывающей его тонкой и плотной пленки окиси.

Опыт. В пробирки, содержащие по 1—2 мл раствора **серной** H_2SO_4 , **соляной** HCl и **азотной** HNO_3 **кислот**, опустить по небольшому кусочку **алюминия** и наблюдать за происходящими реакциями. Хорошо реагирует алюминий с соляной кислотой, медленнее — с серной, а в азотной кислоте остается без изменения.

Испытать выделяющийся водород горящей **лучинкой**.

Написать равенства реакций.

Концентрированная азотная кислота делает алюминий пассивным.

Опыт. Опустить пластинку или проволоку алюминия в разбавленную **соляную кислоту**. Когда начнет выделяться водород, вынуть алюминий из кислоты, обмыть водой и погрузить на короткое время в концентрированную **азотную кислоту**; снова обмыть его водой и снова опустить в соляную кислоту. Наблюдать, что теперь алюминий не реагирует с соляной кислотой.

●● 5. При взаимодействии алюминия с едкими щелочами выделяется водород и образуется соответствующий алюминат.

Опыт. Налить в чистую пробирку 2—3 мл **2-нормального** раствора **едкого натра** NaOH (*natrium oxydatum hydricum*) или **едкого кали** KOH (*kalium oxydatum hydricum*). Опустить в пробирку 2—3 небольших кусочка **алюминиевой проволоки** (*aluminium metallicum in filis*) или жести¹. Слегка нагреть пробирку и наблюдать происходящую реакцию. Испытать выделяющийся водород горящей **лучинкой**.

Написать равенство реакции.

●● 6. Хорошо перемешать перекись натрия с алюминиевым порошком, смесь поместить на железную пластинку и подействовать на нее 1—2 каплями воды. Наблюдать интенсивную вспышку смеси. Написать равенство реакции между перекисью натрия, алюминиевым порошком и водой.

●● 7. Гидрат окиси алюминия получается при взаимодействии солей алюминия с едкими щелочами. Гидрат окиси алюминия является амфотерным соединением: при взаимодействии с едкими щелочами образует соли алюминиевой кислоты — алю-

¹ С порошком алюминия эта реакция идет слишком бурно.

минаты, а при взаимодействии с кислотами образует соли алюминия.

Опыт. Взять в пробирку немного раствора сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$ (aluminium sulfuricum) и приливать к нему по каплям раствор едкого натра $NaOH$ (natrium oxydatum hydricum) или едкого кали KOH (kalium oxydatum hydricum). Выпадает белый студенистый осадок гидрата окиси алюминия $Al(OH)_3$. Разлить осадок поровну в две чистые пробирки. В одну пробирку прилить раствор соляной, серной или азотной кислоты. Осадок растворяется, так как получается растворимая соль алюминия. Во вторую пробирку прилить избыток раствора едкого натра или едкого кали. Осадок тоже растворяется, так как образуется растворимый алюминат натрия $NaAlO_2$ (или калия $KAlO_2$). Оставить его для следующего опыта. Написать равенства реакций.

Опыт. К полученному алюминату приливать постепенно раствор хлористого аммония (нашатыря) и обратить внимание на изменения, происходящие с раствором. Этой реакцией открывают ион алюминия в качественном анализе. Написать соответствующие равенства реакций, учтя, что полученный алюминат аммония подвергается полному гидролизу.

●● 8. Испытать лакмусом растворы алюминиевых солей, образованных сильными кислотами, объяснить наблюдаемые изменения и написать равенства реакций.

●● 9. Ко агулянт. Написать равенство реакции взаимодействия между сернокислым алюминием и бикарбонатом натрия с выделением углекислого газа, принимая во внимание, что полученный бикарбонат алюминия сразу гидролизуеться.

Рассчитать количество сернокислого алюминия (или алюминиевых квасцов) для реакции с 2 г бикарбоната натрия. Отвесить оба эти вещества и смешать. Поместить смесь в маленький стаканчик и залить водой. Когда реакция кончится, установить состав осадка, взвешенного в растворе. Эта реакция используется при очистке питьевой воды.

●● 10. Сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$ с солями серной кислоты и одновалентных металлов образует двойные соли, известные под названием «квасцов».

Опыт. В чистую колбу или стакан слить равные объемы концентрированных растворов сернокислого алюминия и сернокислого калия и хорошо перемешать смесь стеклянной палочкой.

Через 2—3 мин осаждается много мелких правильных кристаллов образовавшихся алюминиевых квасцов $KAl(SO_4)_2$. Написать равенство реакции.

Квасцы употребляются как протрава при крашении.

Опыт. Растворить около 1 г квасцов или сульфата алюминия в 15 мл воды. Разбавить 15 мл метилоранжа равным объемом

воды. Взять 2 кусочка хлопчатобумажной ткани 5×10 см. Один кусочек наполовину опустить в раствор метилоранжа и высушить его. Второй кусочек опустить в раствор квасцов, потом карбоната натрия. Отжать избыток жидкости и затем опустить его в раствор метилоранжа и высушить ткань. Когда кусочки совсем высохнут, вымыть оба кусочка водой и сравнить их окраску. Объяснить происходящие изменения.

14. Свинец

●● 1. Отношение свинца к кислотам (работать в вытяжном шкафу).

Опыт. В три пробирки поместить небольшие кусочки свинца. В каждую налить по 5—6 мл разбавленных кислот: соляной (12%), серной (1 : 5), азотной (32%). Наблюдать отношение свинца к разбавленным кислотам при комнатной температуре. Если реакция не идет при комнатной температуре, подогреть. Из пробирки, в которой реакция не идет, слить кислоту и использовать свинец для следующей реакции. Написать равенства происходящих реакций.

Опыт. В три пробирки поместить небольшие количества свинца, прилить по 2—3 мл концентрированных кислот: соляной, серной, азотной (пробирки поставить в штатив, в руках не держать!). Наблюдать отношение свинца к концентрированным кислотам, сначала при комнатной температуре, а где реакция не идет, подогреть (держалка!).

По цвету и запаху (осторожно!) определить состав выделяющихся газов. Написать равенства происходящих реакций.

●● 2. Гидроокись свинца.

Опыт. Прибавлять к 5 мл раствора нитрата свинца раствор едкого натра каплю за каплей до тех пор, пока не образуется значительное количество осадка. Написать равенство реакции.

Встряхнув пробирку, разделить осадок на три порции. Растворить осадок:

- 1) в избытке раствора едкого натра,
- 2) в растворе аммиака,
- 3) в азотной кислоте.

Написать равенства происходящих реакций и сделать вывод о свойствах гидрата окиси свинца.

Справиться в таблице растворимости и ответить на вопрос, что образуется, если на осадок гидрата окиси свинца подействовать серной и соляной кислотой. Ответ проверьте экспериментом.

●● 3. Окислы свинца. (Работать в вытяжном шкафу.)

Взять небольшие количества окиси свинца, двуокиси свинца и сурика. Дать формулы и краткое описание этих трех окислов.

Испытать растворимость каждого окисла в азотной кислоте (32%), нагревая кислоту, если это необходимо. Дать объяснение наблюдаемому явлению и сделать вывод о вероятном составе сурика.

Опыт. Подействовать на каждый из трех окислов концентрированной **соляной кислотой**, подогреть. Осторожно устанавливать запах выделяющегося газа. Сделать вывод об окислительных свойствах окислов свинца и написать соответствующие равенства реакций.

Опыт. Взять около 1 мл концентрированной **серной кислоты** в пробирку, опустить туда немного **двуокиси свинца** (на кончике ножа) и слегка нагреть. Выделившийся газ испытать тлеющей лучинкой. Написать равенство реакции, установить валентность свинца до и после реакции и выяснить, окислился или восстановился свинец.

Какой еще элемент изменил свою валентность в этом опыте?

Как изменилось количество электронов на внешнем энергетическом уровне у элементов, валентность которых изменилась?

Опыт. Получить в стеклянном цилиндре **сернистый газ** действием серной кислоты на сернистокислый натрий. Слегка нагреть на **железной ложечке** небольшое количество **двуокиси свинца** и опустить в цилиндр с сернистым газом. Наблюдать изменение цвета вещества в железной ложечке. Получается серноокислый свинец. Написать равенство реакции, установить валентность свинца и серы до и после опыта и определить, что здесь окислилось и что восстановилось.

Сделать вывод об окислительных свойствах окислов свинца.

Опыт. В пробирку поместить небольшое количество безводного **азотнокислого свинца** и сильно нагреть пробирку. Состав выделяющихся газов определить по цвету и испытанием тлеющей лучинкой. После окончания реакции в пробирке остается окись свинца. Написать равенство реакции разложения азотнокислого свинца.

Опыт. Около 0,5 г **двуокиси свинца** смешать с 10 мл 2,5-нормального раствора едкого кали и осторожно нагреть на спиртовке, помешивая стеклянной палочкой. Наблюдать растворение двуокиси свинца и образование раствора плюмбата калия (K_2PbO_3). Написать равенство реакции.

●● 4. Получение труднорастворимых солей свинца и их свойства.

Опыт. В пробирки налить по 5 мл растворов **йодистого калия, хлористого калия, сульфата калия, сернистого аммония, хромата калия**. Прилить в каждую пробирку немного раствора

азотнокислого свинца. Наблюдать образование осадков. Написать равенства реакций.

В пробирку с образовавшимся осадком **хлористого свинца** добавить 4—5 мл воды, нагреть до кипения. Если полного растворения не произойдет, прибавить еще немного воды. При охлаждении раствора наблюдать выпадение кристаллов **хлористого свинца**. Сделать вывод о влиянии температуры на растворимость этой соли.

Опыт. Половину желтого осадка **йодистого свинца** перенести в колбочку с 100—150 мл воды. Нагреть до кипения. Если только растворения не наступило, добавить еще воды. Обратит внимание на отсутствие окраски раствора. При охлаждении наблюдать выпадение золотистых кристаллов **йодистого свинца**.

Опыт. Получить в пробирке осадок **йодистого свинца** сливанием раствора **азотнокислого свинца** и **йодистого калия**. Дать осадку отстояться и слить с него жидкость. Осторожно прилить к осадку раствор **сернокислого калия**. Наблюдать изменение цвета осадка с поверхности. Перемешать содержимое пробирки. По цвету осадка судить, какое вещество находится теперь в осадке. Охарактеризуйте сравнительную растворимость сульфата и йодида свинца.

●● 5. Свинцовый цемент.

Опыт. Смешать **свинцовый глет** с **глицерином** до образования крепкой пасты. Положить пасту в форму и дать постоять. Этим цементом можно приклеить стекло к металлу и т. д.

15. Хром

●● 1. В лаборатории окись хрома Cr_2O_3 получается при разложении двуххромовокислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Описание опыта см. выше (т. I, стр. 418).

●● 2. Гидрат окиси хрома $\text{Cr}(\text{OH})_3$ получается при взаимодействии солей окиси хрома с едкими щелочами. Гидрат окиси хрома — соединение амфотерное: при взаимодействии с кислотами образует соли окиси хрома, а при взаимодействии с едкими щелочами — соли хромистой кислоты HCrO_2 — хромиты.

Опыт. В две чистые пробирки налить по 1—2 мл раствора **сернокислого хрома** $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (chromium sulfuricum) и приливать понемногу раствора **едкого натра** NaOH (natrium oxydatum hydricum) или **едкого кали** KOH (kalium oxydatum hydricum) до образования осадка **гидрата окиси хрома** $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

В одну из пробирок прилить избыток едкого натра или едкого кали и наблюдать растворение осадка вследствие образования растворимого в воде хромита натрия или хромита калия. В другую пробирку прилить соляной кислоты до растворения осадка вследствие образования растворимого хлорного хрома CrCl_3 .

Написать равенства реакций.

●● 3. Хромовый ангидрид CrO_3 — кристаллическое вещество темно-малинового цвета, может быть получен при взаимодействии насыщенного раствора двуххромовокислого калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (хромпика) с концентрированной серной кислотой. Хромовый ангидрид является сильным окислителем.

Опыт. В чистую пробирку налить 1—2 мл насыщенного раствора двуххромовокислого калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (kalium bichromicum). Поставить пробирку в стакан с холодной водой и осторожно прилить 1,5—3 мл концентрированной серной кислоты. После охлаждения смеси профильтровать ее через стеклянную или асбестовую вату и рассмотреть на фильтре образовавшиеся темно-малиновые кристаллы хромового ангидрида CrO_3 .

Поместить несколько кристалликов хромового ангидрида в фарфоровую чашку и прилить несколько капель денатурированного спирта. Происходит энергичное окисление и воспламенение спирта.

Написать равенства реакций.

●● 4. Соли хромовой кислоты H_2CrO_4 и щелочных металлов растворимы в воде. Растворы солей хромовой кислоты (хроматов) имеют желтый цвет. Нерастворимыми солями хромовой кислоты являются соли бария, свинца и серебра.

Опыт. В три чистые пробирки налить по 1—2 мл раствора хромовокислого калия. В первую пробирку прилить немного раствора хлористого бария, во вторую — азотнокислого свинца и в третью пробирку — азотнокислого серебра. Выпадают осадки труднорастворимых солей: хромовокислого бария BaCrO_4 (желтого цвета), хромовокислого свинца PbCrO_4 (желтого цвета) и хромовокислого серебра Ag_2CrO_4 (темно-красного цвета).

Написать равенства реакций.

●● 5. Двуххромовокислый калий $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (или хромпик) является окислителем. Смесь хромпика $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с серной кислотой, называемая хромовой смесью, применяется для окисления органических и неорганических веществ.

Опыт. К концентрированному раствору двуххромовокислого калия прибавить немного разбавленной серной кислоты, несколько капель спирта $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и смесь нагреть. Цвет раствора делается зеленым, и чувствуется характерный запах уксусного альдегида $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, образующегося при окислении этилового, или винного спирта.

Написать равенства реакции.

●● 6. Предыдущий опыт можно видоизменить, взяв в качестве восстановителя сернистокислый натрий Na_2SO_3 .

Опыт. В чистую пробирку налить 1—2 мл подкисленного серной кислотой раствора двуххромовокислого калия. Прилить 1—2 мл раствора сернистокислого натрия и встряхнуть содержи-

мое пробирки. Оранжевый цвет раствора переходит в зеленый вследствие образования серноокислого хрома. Сернистокислый натрий окисляется в серноокислый натрий. Написать равенство реакции.

●● 7. Двуххромовокислым калием можно окислять соляную кислоту. При этом водород соляной кислоты окисляется в воду, хлор же выделяется в свободном виде. Эта реакция идет только при нагревании, а поэтому удобна для получения хлора в небольших количествах. С прекращением нагревания выделение хлора прекращается.

Опыт. Налить в пробирку 1—2 мл концентрированного раствора двуххромовокислого калия, прилить 1 мл соляной кислоты и смесь нагреть.

Обратить внимание на запах выделяющегося хлора.

Окисление соляной кислоты двуххромовокислым калием сопровождается образованием соли окиси хрома — хлорного хрома CrCl_3 и хлористого калия KCl .

Написать равенство реакции.

●● 8. Переход солей хромовой кислоты H_2CrO_4 в соли двуххромовой кислоты $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и обратно можно наблюдать на следующем опыте.

Опыт. В чистую пробирку налить 1—2 мл хромовокислого калия K_2CrO_4 (kalium chromicum). Прилить по каплям раствор серной кислоты до перехода желтого цвета раствора в красно-желтый (оранжевый) цвет вследствие образования двуххромовокислого калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Затем прилить по каплям раствор едкого кали KOH (kalium oxudatum hydricum) до перехода красно-желтого цвета раствора в желтый вследствие образования хромовокислого калия K_2CrO_4 .

Удобно для сравнения цвета растворов иметь еще две пробирки: одну с раствором хромовокислого калия K_2CrO_4 , другую с раствором двуххромовокислого калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Написать равенства реакций.

●● 9. Соли хромовой и двуххромовой кислот можно получить из окиси хрома Cr_2O_3^1 путем следующей реакции.

Опыт. Осторожно растереть по 0,25—0,5 г бертолетовой соли KClO_3 (kalium chloricum), окиси хрома Cr_2O_3 (chromium oxudatum) и сухого едкого кали KOH (kalium oxudatum hydricum) или едкого натра NaOH (natrium oxudatum hydricum). Растертые вещества смешать и сплавить в сухой чистой пробирке, нагревая в пламени горелки.

По охлаждении пробирки содержимое ее растворить в воде и отфильтровать через бумажный фильтр. Получается раствор,

¹ Окись хрома можно получить путем разложения $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при нагревании (см. т. I. стр. 418).

² Бертолетову соль растирать осторожно (см. стр. 55—57).

окрашенный в желтый цвет, вследствие образования хромовокислого калия K_2CrO_4 (или хромовокислого натрия Na_2CrO_4).

Если к полученному желтому раствору хромовокислого калия K_2CrO_4 (или хромовокислого натрия Na_2CrO_4) прилить **серной кислоты** H_2SO_4 , раствор принимает красно-желтую окраску (оранжевую), так как получается двуххромовокислый калий $K_2Cr_2O_7$ (или двуххромовокислый натрий $Na_2Cr_2O_7$).

Раствор вылить в фарфоровую чашку и выпарить. Получаются кристаллы соли двуххромовой кислоты.

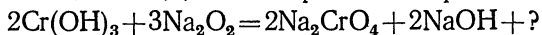
Написать равенства реакций.

●● 10. *Опыт.* К 5—6 мл раствора хромовых квасцов приливать раствор щелочи до образования прозрачного зеленого раствора хромита. Прибавить 2—3 мл бромной воды, перемешать и осторожно нагреть на спиртовке. Отметить изменение цвета раствора. Сравнить цвет полученного раствора с раствором хромата. Написать равенство реакции.

●● 11. *Опыт.* Получить указанным в предыдущей работе способом хромит и вместо бромной воды взять для окисления 3-процентный раствор перекиси водорода. Отметить наблюдаемый эффект.

●● 12. *Опыт.* Получить гидрат окиси хрома и подействовать на него перекисью натрия. Наблюдать изменение цвета раствора.

Доказать на основании предыдущих опытов, какое при этом образовалось вещество. Дописать равенство реакции:



16. Марганец

Металлический марганец может быть получен путем восстановления двуокиси марганца MnO_2 алюминием (см. стр. 523).

●● 1. Марганец легко вытесняет водород из кислот, образуя соли как дивалентный металл.

Опыт. Налить в пробирку 2 мл раствора разбавленной серной (или соляной) кислоты и опустить 1—2 небольших кусочка марганца (*manganum metallicum totum*). Тотчас же начинается энергичная реакция с выделением водорода. Зажечь выделяющийся водород горячей лучинкой. После окончания реакции отфильтровать раствор и выпарить в фарфоровой чашке. Получается бледно-розовый мелкокристаллический порошок серноокислого марганца $MnSO_4$ (или хлористый марганец $MnCl_2$).

Написать равенство реакции.

●● 2. Гидрат закиси марганца $Mn(OH)_2$ получается при взаимодействии растворов солей дивалентного марганца с едкими щелочами.

Опыт. Налить в пробирку 1—2 мл раствора сернокислого марганца $MnSO_4$ (manganum sulfuricum) или хлористого марганца $MnCl_2$ (manganum chloratum) и прилить несколько капель раствора **едкого натра** $NaOH$ (natrium oxudatum hydricum) или **едкого кали** KOH (kalium oxudatum hydricum). Выпадает белый осадок гидрата закиси марганца $Mn(OH)_2$, постепенно бурющий на воздухе, вследствие окисления, с образованием нерастворимого темно-бурого гидрата двуокиси марганца $Mn(OH)_4$.

Написать равенства реакций.

●● 3. Взаимодействие двуокиси марганца с серной кислотой. (Работать под тягой.)

Налить в пробирку не более 2 мл концентрированной **серной кислоты** и всыпать туда около 1—1,5 г **двуокиси марганца**. Укрепить вертикально в штативе и нагревать на спиртовке. Через некоторое время испытать выделяющийся газ тлеющей лучинкой. Написать равенство реакции.

●● 4. При сплавлении двуокиси марганца MnO_2 с бертолетовой солью $KClO_3$ и с едкой щелочью получается соль марганцовистой кислоты H_2MnO_4 .

Опыт. Растереть отдельно по 0,25—0,5 г **бертолетовой соли** $KClO_3$ (kalium chloricum) (*растирать осторожно!* См. стр. 55—57), **двуокиси марганца** MnO_2 (manganum hyperoxydatum pulvis) и **сухого едкого кали** KOH (kalium oxudatum hydricum) или **едкого натра** $NaOH$ (natrium oxudatum hydricum). Приготовленные вещества смешать и сплавить в **сухой чистой пробирке**, нагревая в пламени горелки.

После охлаждения пробирки растворить содержимое ее в воде. Получается зеленый раствор марганцовистокислого калия K_2MnO_4 . Прилить в раствор несколько капель серной кислоты H_2SO_4 . Зеленый цвет раствора переходит в малиновый вследствие образования марганцовокислого калия $KMnO_4$ (или марганцовокислого натрия $NaMnO_4$).

Написать равенства реакций.

●● 5. Марганцовокислый калий $KMnO_4$ соответствует марганцовой кислоте $HMnO_4$, известной только в водных растворах. Ангидрид марганцовой кислоты Mn_2O_7 может быть получен при взаимодействии концентрированной серной кислоты H_2SO_4 с марганцовокислым калием $KMnO_4$. Марганцовый ангидрид Mn_2O_7 — вещество непрочное, являющееся сильным окислителем.

Опыт. В чистую **фарфоровую чашку** поместить небольшое количество мелкого порошка **марганцовокислого калия** $KMnO_4$ и прилить к нему несколько капель концентрированной (уд. в. 1,84) серной кислоты. Получается темно-зеленая жидкость — раствор марганцового ангидрида Mn_2O_7 в серной кислоте.

Прилить в чашку несколько капель **спирта** C_2H_5OH (alcohol vini) или эфира $(C_2H_5)_2O$ (aether sulfuricus). Вследствие энер-

гичного окисления спирта происходит вспышка. Не следует брать для опыта много соли KMnO_4 , так как может произойти взрыв.

Написать равенства реакций.

○ 6. Непрочность марганцового ангидрида Mn_2O_7 можно показать на следующем опыте.

Опыт. На кирпич или асбестовый картон насыпать немного мелкого порошка соли KMnO_4 (kalium hypermanganicum) и уронить на порошок из пипетки несколько капель концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . Происходит бурная реакция с выделением темно-бурых хлопьев двуокиси марганца MnO_2 — продукта разложения марганцового ангидрида.

Написать равенства реакций.

Опыт лучше производить под тягой.

○ 7. Для ознакомления учащихся с окислительными свойствами марганцового ангидрида Mn_2O_7 полезно поставить следующий демонстрационный опыт.

Опыт. В узкий химический стакан или цилиндр для собирания газов налить концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (acidum sulfuricum) слоем в 3—4 см. Осторожно, по стенке сосуда, прилить несколько миллилитров спирта $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (alcohol vini) так, чтобы образовался слой его в несколько сантиметров. Опустить в сосуд немного мелкого порошка марганцовокислого калия KMnO_4 (kalium hypermanganicum). Вскоре в месте соприкосновения спирта с серной кислотой начинается реакция окисления спирта и наблюдается сгорание его отдельными эффектными вспышками.

Написать равенство реакции.

○ 8. Соли марганцовой кислоты являются сильными окислителями, что можно показать на следующем опыте.

Опыт. Растереть марганцовокислый калий KMnO_4 (kalium hypermanganicum) в ступке в мелкий порошок. Высыпать порошок кучкой в фарфоровую чашку, на кирпич или на асбестовый картон. Наверху кучки сделать углубление сухим дном пробирки и налить в него несколько капель глицерина $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ (glycerinum). Благодаря быстрому окислению через 1—2 мин происходит вспышка и глицерин сгорает.

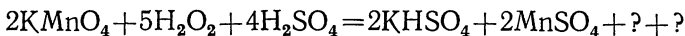
9. Разложение перманганата калия при нагревании.

Опыт. В пробирку положить немного кристаллов перманганата калия (примерно на высоту 0,5 см от дна пробирки). Нагреть пробирку с веществом на пламени спиртовки. Выделяющийся газ испытывать тлеющей лучинкой. По окончании реакции дать пробирке охладиться и прилить туда немного воды.

Часть получаемого раствора отлить в чистую пробирку и разбавить большим количеством воды. Зеленый цвет раствора

указывает, какое вещество еще образовалось в пробирке в качестве продукта разложения перманганата. Написать равенство реакции разложения перманганата.

● ● 10. Приготовить молярный раствор **марганцовокислого калия**. Взять 0,5 мл этого раствора в **пробирку**, подкислить серной кислотой и прилить **перекиси водорода**. Выделяющийся газ испытать тлеющей лучинкой. Наблюдать изменение цвета раствора. Дописать равенство реакции:



● ● 11. Зависимость окисления марганцовокислым калием от среды, в которой это окисление происходит, можно показать на следующих опытах.

Опыт а. Налить в чистую пробирку 2—3 мл нейтрального раствора **марганцовокислого калия** и приливать понемногу, осторожно встряхивая пробирку, 2-нормальный раствор **сернистокислого натрия**. Выпадает бурый осадок гидрата двуокиси марганца $\text{Mn}(\text{OH})_4$.

Написать равенство реакции.

Опыт б. Налить в чистую пробирку 2—3 мл раствора **марганцовокислого калия**, прилить равный объем 2-нормального раствора **едкого кали** KOH и добавлять, осторожно встряхивая пробирку, 2-нормальный раствор **сернистокислого натрия** до появления зеленой окраски раствора вследствие образования марганцовистокислого калия K_2MnO_4 . Написать равенство реакции.

Опыт в. Налить в чистую пробирку 2—3 мл раствора **марганцовокислого калия**, прилить двойной объем 2-нормального раствора **серной кислоты** и добавлять, осторожно встряхивая пробирку, раствор **сернистокислого натрия** до полного обесцвечивания раствора. Написать равенство реакции.

О применении марганцовокислого калия для получения кислорода и хлора см. выше (соответственно стр. 54 и 211).

● ● 12. Влияние кислотности среды на скорость окисления перманганатом.

Опыт. В две пробирки налить до $\frac{1}{3}$ объема раствора **бромистого калия**. В первую пробирку прилить 0,1 *N* раствор **серной кислоты**, во вторую — такой же объем 0,1 *N* **укусной кислоты**. В обе пробирки прилить одновременно по 1 мл разбавленного раствора перманганата калия.

Одновременно ли исчезает окраска перманганата в той и другой пробирке?

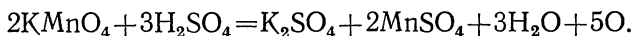
● 13. Окисляемость водопроводной воды. Чтобы в пробу не попала застоявшаяся в трубах вода, в течение 10 мин спускать воду из крана в раковину и только после этого

набирать в сосуд для анализа. Сосуд для пробы емкостью около 300 мл должен быть предварительно вымыт соляной кислотой, ополоснут раствором перманганата и после этого несколько раз сполоснут дистиллированной водой. Пробка для сосуда может быть притертая стеклянная, резиновая и корковая. Последнюю перед употреблением проварить в парафине или обернуть пергаментной бумагой. Любая пробка должна быть тщательно промыта в испытуемой воде. Анализ воды на окисляемость удобнее проводить в конических колбочках емкостью 250—300 мл. Их предварительно мыть так же тщательно, как и сосуд для пробы, а также мензурки, пипетки, бюретки и другую посуду, которой пользуются при анализе.

Опыт. В коническую колбу отмерить 100 мл исследуемой воды, 5 мл серной кислоты (1 : 3) и нагревать до кипения. Из бюретки прилить к пробе по каплям 0,01 N раствор перманганата, взбалтывая жидкость после каждой прилитой капли до тех пор, пока последняя капля не перестанет обесцвечиваться. Для контроля окраски следует иметь такую колбу с 100 мл дистиллированной воды. Слегка розоватый раствор пробы снова нагреть до кипения и кипятить ровно 10 мин. Если раствор обесцветится, то прибавлять еще по каплям раствор перманганата, не прекращая кипячения до необесцвечивающейся капли.

По количеству истраченного перманганата (объем раствора и его концентрация) рассчитать количество активного кислорода, необходимого для окисления 1 л исследуемой воды.

Расчет проводить по равенству реакции:



Окислителем является атомарный кислород. Его количество и будет мерой окисляемости воды или показателем содержания в ней органических примесей.

17. Железо

●● 1. В свободном состоянии железо может быть получено путем восстановления из его соединений, например сернистого железа FeS, окиси железа Fe₂O₃ и др., водородом. Наиболее просто и легко можно получить железо в чистом виде при разложении шавелевокислого железа Fe(COO)₂.

Опыт. В чистой и сухой пробирке нагреть на сильной горелке 1—2 г сухого шавелевокислого железа Fe(COO)₂ (ferrum oxalicum) до полного почернения порошка и до прекращения выделения углекислого газа. Прогреть всю пробирку для удаления осевших на ее стенках капелек воды. Плотнo закрыть пробирку хорошей пробкой и выждать до полного ее охлаждения.

Полученное железо обладает пирофорными свойствами: на воздухе оно самовоспламеняется при обыкновенной температуре.

Когда пробирка остынет, открыть пробку и выбросить полученное пирофорное железо в затемненной комнате в сторону от учащихся. Железо самовоспламеняется и сгорает красивым искристым пламенем.

Написать равенства реакций.

Для ознакомления учащихся с пассивностью железа следует поставить опыт, описанный выше (см. стр. 389).

○ 2. Железо имеет три аллотропные модификации (α , γ , δ), которые существуют при различных температурах. Аллотропное превращение железа можно продемонстрировать следующим опытом. Опыт лучше проводить в полутемном помещении.

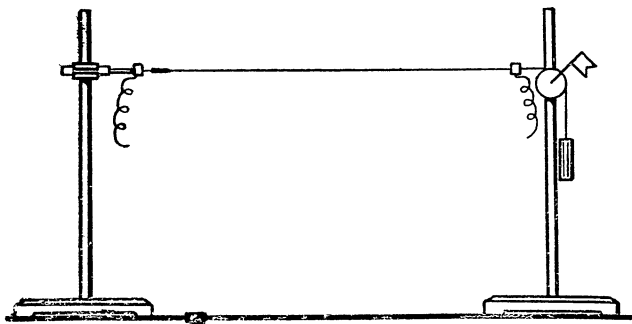


Рис. 411. Аллотропия железа.

Опыт. Железную проволоку диаметром около 1 мм и длиной 2—2,5 м натянуть между двумя штативами таким образом, чтобы один конец был закреплен неподвижно, а другой имел на конце груз и скользил по блоку (рис. 411). Концы проволоки соединить с источником тока (от распределительного щита), регулируя силу тока реостатом. Увеличивая постепенно ток, довести проволоку до красного каления. Не следует резко поднимать температуру: проволока может оборваться и горячими концами ударить экспериментатора. Проволока расширяется, груз не дает ей провисать, и флажок опускается вниз. Выключить ток. Проволока сжимается, укорачивается, флажок поднимается. В какой-то момент подъема флажок возвращается обратно вниз, делает «кивок» и после этого окончательно возвращается вверх. Если опыт повторить несколько раз, то можно одновременно с «кивком» флажка заметить покраснение (раскалывание) проволоки. Это выделение энергии при переходе из одной модификации в другую.

● 3. Приготовить коллекцию стального проката. Коллекция должна явиться итогом ознакомления учащихся с работой прокатного стана. Если школа не имеет возможности провести хотя бы экскурсию на подобное производство, то следует по крайней мере ознакомить учащихся со схемой профилей наиболее часто употребляемого проката.

○ ● 4. Железо при обыкновенной температуре реагирует с разбавленными серной и соляной кислотами, вытесняя из них водород и образуя соли этих кислот и закиси железа.

Опыт. Облить в пробирках кусочек железа растворами серной и соляной кислот. Испытать выделяющийся водород горящей лучинкой. Соли — сернокислое железо (закисное) FeSO_4 и хлористое железо FeCl_2 — остаются в растворе.

Написать равенства реакций.

○ ● 5. В концентрированной серной кислоте железо становится пассивным.

Опыт. Хорошо вычистить железный гвоздь наждачной бумагой, к шляпке гвоздя привязать нитку и аккуратно, чтобы острым концом не пробить дно пробирки, опустить его в пробирку с концентрированной (уд. в. 1,84) серной кислотой. Гвоздь должен погрузиться в кислоту до половины. Подержать там гвоздь 1—2 мин, чтобы убедиться, что реакции не происходит. Вынуть за нитку гвоздь из кислоты, промыть в воде и опустить в разбавленную серную (или соляную) кислоту, взяв ее в таком количестве, чтобы граница пассивного слоя гвоздя была над кислотой. Убедиться, что теперь гвоздь не реагирует с разбавленной кислотой. Снова вынуть гвоздь из кислоты, удалить наждачной бумагой слой пассивного окисла и, опустив в разбавленную кислоту, убедиться, что реакция происходит.

○ ● 6. При взаимодействии солей закиси железа с едкими щелочами получается гидрат закиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$, который легко окисляется на воздухе в гидрат окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Опыт. Взять в пробирку 2 мл свежеприготовленного на кипяченой воде раствора железного купороса (*ferrum sulfuricum oxudulatum*) и прилить немного раствора едкого натра NaOH (*natrium oxudatum hydricum*). Выпадает студенистый белый осадок гидрата закиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$, который быстро окисляется кислородом воздуха в гидрат окиси $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Осадок сначала зеленеет, затем становится грязно-зеленым и, наконец, красно-бурным.

Написать равенства реакций.

○ ● 7. Углекислое железо закисное FeCO_3 не растворяется в воде. Его можно осадить из растворов солей двухвалентного железа растворами солей угольной кислоты и щелочных металлов.

Опыт. Налить в пробирку 2 мл свежеприготовленного раствора железного купороса FeSO_4 (*ferrum sulfuricum oxudulatum*

cryst. purum) и прилить немного раствора соды Na_2CO_3 (natrium carbonicum) или поташа K_2CO_3 (kalium carbonicum). Выпадает белый осадок углекислого закисного железа.

Через раствор вместе с осадком пропустить **углекислый газ** из прибора общего пользования до растворения осадка. Получается **гидрокарбонат**, растворимый в воде.

Раствор прокипятить до полного удаления углекислого газа и наблюдать снова выпадение осадка карбоната.

Написать следующие равенства реакций:

1) Взаимодействие сернокислого закисного железа с раствором углекислого натрия.

2) Получение бикарбоната железа.

3) Разложение бикарбоната железа при нагревании.

●● 8. Гидрат окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ осаждается из растворов солей трехвалентного железа едкими щелочами.

Опыт. Взять в пробирку 2 мл раствора хлорного железа FeCl_3 (ferrum sesquichloratum purum) и прилить немного гидрата окиси аммония NH_4OH (ammonium causticum) или едкого натра NaOH (natrium oxydatum hydricum). Немедленно выпадает студенистый красно-бурый осадок гидрата окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Написать равенство реакции.

●● 9. Гидролиз солей железа удобно показать на следующем опыте.

Опыт. Налить в пробирку 2 мл раствора хлорного железа FeCl_3 (ferrum sesquichloratum purum) и прилить избыток раствора соды Na_2CO_3 (natrium carbonicum) или поташа K_2CO_3 (kalium carbonicum). Выпадает студенистый красно-бурый осадок гидрата окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и выделяется углекислый газ CO_2 .

Написать равенство реакции.

●● 10. При взаимодействии роданистых солей с солями трехвалентного железа получается родановое железо $\text{Fe}(\text{CNS})_3$, растворы которого окрашены в характерный кроваво-красный цвет. Соли роданистой кислоты HCNS являются реактивами для открытия солей трехвалентного железа.

Опыт. Взять в пробирку 2—3 мл слабого раствора роданистого калия KCNS (kalium rhodanatum purum) или роданистого аммония NH_4CNS (ammonium rhodanatum purum), подкисленного соляной кислотой, и прибавить по каплям слабый раствор хлорного железа FeCl_3 (ferrum sesquichloratum purum). Появляется яркое кроваво-красное окрашивание раствора вследствие образования роданового железа $\text{Fe}(\text{CNS})_3$.

Написать равенство реакции.

●● 11. Пользуясь солью трехвалентного железа, можно открыть следы роданистоводородной кислоты HCNS и ее солей, роданистых металлов, или роданидов.

Опыт. Взять в пробирку немного слюны, подкислить ее каплей соляной кислоты и прибавить 2—3 капли сильно разбавленного раствора хлорного железа FeCl_3 (ferrum sesquichloratum rigitum). Содержимое пробирки окрашивается в кроваво-красный цвет вследствие образования роданового железа $\text{Fe}(\text{CNS})_3$.

Опыт можно проделать проще. На кусок фильтровальной бумаги, пропитанной разбавленным раствором хлорного железа FeCl_3 и высушенной при комнатной температуре, поместить каплю слюны. На бумаге появляется кроваво-красное пятно от образовавшегося роданового железа $\text{Fe}(\text{CNS})_3$.

Исследования показали, что в слюне курильщиков роданистых солей содержится больше, чем в слюне некурящих.

●● 12. Получение берлинской лазури.

Опыт. В пробирку с раствором хлорного железа прилить раствор железистосинеродистого калия ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) и наблюдать образование красивой синей краски берлинской лазури, имеющей состав $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. Эта реакция характерна для ионов трехвалентного железа.

●● 13. Получение турнбулевой сини.

Опыт. Налить в пробирку свежеприготовленный раствор сернокислого железа FeSO_4 и прилить к нему раствор железосинеродистого калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Наблюдать образование турнбулевой сини $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$. Эта реакция характерна для ионов двухвалентного железа и позволяет отличать их от ионов трехвалентного железа.

●● 14. Двухвалентное железо можно окислить в трехвалентное.

Опыт. Раствор железного купороса подкислить серной кислотой, прилить к нему хлорную воду и наблюдать за изменением цвета раствора. Сравнить окраску полученного вещества с окраской раствора хлорного железа. Испытать полученный раствор роданистым калием (аммонием).

Написать соответствующее равенство реакции.

Опыт. Раствор железного купороса подкислить серной кислотой и прибавить к нему перекиси водорода (3-процентного раствора). Обратит внимание на изменение окраски раствора. Написать равенство реакции.

Поддействовать перекисью водорода на железный купорос без предварительного подкисления и сравнить результаты с предыдущим опытом. В нейтральной среде, кроме сульфата окиси железа, получается также и гидрат окиси. Написать соответствующие равенства реакций.

Опыт. Получить гидрат закиси железа взаимодействием едкого натра с сернокислым закисным железом. Полученный осадок налить в две пробирки. Одну оставить для сравнения, а в другую прилить бромной воды и наблюдать изменение окраски

осадка. Написать равенство реакции окисления гидрата закиси железа бромной водой.

Окисление гидрата закиси железа в гидрат окиси протекает на воздухе менее энергично, чем бромной водой.

●● 15. Трехвалентное железо может быть восстановлено в двухвалентное.

Опыт. Положить в пробирку небольшой кусочек цинка, прилить немного соляной кислоты и раствора хлорного железа. Обратить внимание на изменение цвета раствора и объяснить его. Написать равенство реакции восстановления железа. Что здесь могло быть восстановителем?

●● 16. Соли трехвалентного железа в водном растворе подвергаются гидролизу.

Опыт. Взять разбавленный раствор хлорного железа в пробирку и прокипятить. Наблюдать изменение цвета раствора. Написать равенство реакции между хлорным железом и водой.

Опыт. В разбавленный раствор хлорного железа опустить щепотку порошка магнезия. Осторожно потрогать рукой пробирку, чтобы судить о теплоте реакции. Написать соответствующее равенство реакции, вспомнив, что хлорное железо подвергается гидролизу, а магний смещает равновесие реакции гидролиза.

●● 17. Обезвоживание железного купороса.

Опыт. Растертый в ступке железный купорос поместить в сухую взвешенную пробирку и снова взвесить. Нагреть его в пламени спиртовки, держа пробирку горизонтально с легким наклоном к отверстию пробирки. Наблюдать появление капелек воды на стенках пробирки и изменение цвета соли. Прогреть всю пробирку для удаления влаги и после охлаждения снова взвесить пробирку с содержимым. Рассчитать количество кристаллизационной воды в железном купоросе и написать равенство реакции его обезвоживания.

В сухое безводное серноокисное (закисное) железо прибавить одну каплю воды и наблюдать изменение цвета соли. Написать равенство реакции гидратации серноокислого железа (закисного).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму тому	3
I. Количественные соотношения при химических реакциях	
Весовой состав воды	4
1. Синтез воды в эвдиометре	—
2. Синтез воды по Дюма (качественный опыт)	12
3. Синтез воды по Дюма (количественный опыт)	15
4. Термическая диссоциация водяного пара	19
II. Перекись водорода. Закон кратных отношений. Нахождение химических формул	
1. Получение перекиси водорода	22
2. Свойства перекиси водорода	23
3. Количественный состав различных окислов металлов	26
4. Установление химической формулы соединения меди с серой	31
5. Сжигание серы и установление формулы полученного сернистого газа	32
III. Объемные соотношения газов при химических реакциях	
1. Объемный состав хлористого водорода	36
2. Объемные соотношения газов при синтезе воды (см. стр. 4)	39
IV. Атомный и молекулярный вес. Эквиваленты	
1. Определение молекулярного веса газа	—
2. Определение химических эквивалентов цинка и магния	40
3. Определение химического эквивалента олова по кислороду	50
4. Определение химического эквивалента свинца по цинку	—
5. Определение химического эквивалента меди по кислороду	51
6. Закон Дюлонга и Пти. Определение атомного веса олова или свинца	—
V. Кислород. Озон. Горение	
Кислород	55
1. Получение и свойства кислорода	—
2. Сжигание различных веществ в кислороде	62
3. Окисление меди в струе кислорода	70
4. Белящее действие кислорода в момент выделения	71
Озон	—
1. Получение и свойства озона	—
2. Образование озона при химических реакциях	77
Горение и окисление	78
1. Воспламенение различных веществ	—
2. Зависимость воспламеняемости вещества от степени его раздробления	79
3. Огнеопасность бензина	80

4. Температура воспламенения	81
5. Рудничная лампа	84
6. Самовоспламенение фосфора	90

VI. Окислы, основания, кислоты и соли

1. Основные окислы и основания	93
2. Ангидриды кислот	95
3. Реакции между окислами металлов и кислотами	97
4. Реакции между гидратами окислов металлов и кислотами	98
5. Взаимодействие ангидридов кислот с гидратами окислов металлов	99
6. Вытеснение металлов друг другом	100
7. Реакции обмена	105
8. Получение нерастворимых в воде гидратов окислов металлов. Амфотерные основания	106
9. Реакция нейтрализации	108
10. Гидролиз солей. Кислые, двойные и основные соли	117

VII. Скорость химических реакций и химическое равновесие

1. Скорость химических реакций	122
2. Факторы, влияющие на скорость реакции	—
3. Обратимость химических реакций	127
4. Химическое равновесие и влияние на него различных факторов	128

VIII. Дисперсные системы

Диффузия. Растворы	132
1. Диффузия и осмос	—
2. Процесс растворения и явления его сопровождающие	143
3. Понижение и повышение температуры при растворении различных веществ	144
4. Существенные признаки раствора	148
5. Растворимость твердых веществ в воде	149
6. Растворимость жидкостей в жидкостях	156
7. Растворимость газов в жидкостях	159
8. Пересыщенные растворы	163
Коллоидные растворы	168
1. Получение коллоидных растворов	—
2. Свойства коллоидных растворов	172

IX. Кристаллы

1. Образование кристаллов	179
2. Кристаллизационная вода	184
3. Спайность кристаллов	186
4. Выращивание кристаллов	187

X. Электролитическая диссоциация и процесс электролиза

1. Особенности реакций растворов кислот, солей и оснований	192
2. Обнаружение иона хлора в продуктах разложения бертолетовой соли	193
3. Влияние природы растворенного вещества и его концентрации на температуру замерзания раствора	—
4. Электропроводность веществ и их растворов	196
5. Электропроводность расплава селитры	199

6. Движение ионов	199
7. Цвета ионов	202
8. Степень диссоциации и разбавление раствора	203
9. Изменение электропроводности при реакции нейтрализации гидрата окиси бария серной кислотой в растворе	204
10. Электролиз раствора хлорной меди	—
11. Электролиз раствора медного купороса	205
12. Электролиз раствора йодистого калия	—
13. Электролиз раствора сульфата натрия	206

XI. Галогены

Хлор	207
1. Обращение с хлором	—
2. Способы получения хлора и наполнение им сосудов	208
3. Демонстрация различных опытов с хлором	219
4. Лабораторные опыты с хлором	229
5. Взрыв смеси хлора с водородом	234
6. Взаимодействие хлора с водой под влиянием света	237
7. Получение хлора электролизом раствора поваренной соли	239
8. Получение и свойства хлористого водорода	244
9. Получение соляной кислоты сульфатным способом	255
10. Получение соляной кислоты синтетическим способом	260
11. Реакции соляной кислоты	261
12. Получение белильных солей	263
13. Получение хлорной (белильной) извести	264
14. Окисляющее действие хлорной извести	—
15. Получение бертолетовой соли	265
16. Свойства бертолетовой соли	266

XII. Бром, йод, фтор

1. Бром, его получение и свойства	269
2. Бромистый водород и его свойства	273
3. Йод и его свойства	278
4. Йодистый водород	284
5. Фтористый водород и плавиковая кислота	286

XIII. Сера и ее соединения

1. Кристаллы серы	290
2. Плавление серы и получение пластической серы	292
3. Перегонка серы	295
4. Образование сероводорода при соединении серы с водородом	297
5. Получение сероводорода. Опыты с сероводородом	298
6. Восстановление сернистой меди водородом в момент выделения	305
7. Получение сернистого газа, растворение его в воде и сжижение	—
8. Свойства сернистого газа и сернистой кислоты	312
9. Обжигание пирита	315
10. Получение серного ангидрида контактным способом. Свойства серного ангидрида	316
11. Получение серной кислоты контактным способом	328
12. Получение серной кислоты башенным (камерным) способом	331
13. Получение серной кислоты прокаливанием железного купороса	341
14. Свойства серной кислоты	342
15. Опыт, демонстрирующий действие аппарата Коттреля	348

XIV. Азот и его соединения

1. Содержание азота в воздухе	351
2. Получение азота	358
3. Аммиак, его получение и свойства	360
4. Соли аммония	366
5. Получение окислов азота из воздуха	372
6. Получение азотной кислоты	373
7. Свойства азотной кислоты	383
8. Соли азотной кислоты	390
9. Получение окиси азота	392
10. Получение и свойства двуокиси азота	394
11. Получение закиси азота	397
12. Получение азотистого ангидрида	399

XV. Фосфор, мышьяк, сурьма

1. Хранение фосфора и обращение с ним	401
2. Получение небольших количеств белого фосфора для опытов	404
3. Физические свойства белого фосфора	406
4. Переход белого фосфора в красный и красного в белый	409
5. Температура воспламенения белого и красного фосфора	411
6. Самовоспламенение фосфористого водорода	412
7. Фосфорный ангидрид и фосфорные кислоты	—
8. Возгонка и горение мышьяка	415
9. Получение и разложение мышьяковистого водорода	416
10. Свойства сурьмы	419
11. Восстановление сурьмы и ее соединений водородом в момент выделения	—

XVI. Углерод

1. Сухая перегонка дерева	421
2. Свойства древесного угля	424
3. Получение карбида кальция	431
4. Получение ацетилена действием воды на карбид кальция и опыты с ацетиленом	434
5. Получение болотного газа	437
6. Получение углекислого газа	439
7. Свойства углекислого газа	440
8. Соли угольной кислоты	446
9. Получение окиси углерода	448
10. Окись углерода как восстановитель	455
11. Строение пламени газовой горелки	457
12. Обращенное пламя светильного газа	459
13. Строение пламени свечи	461
14. Строение пламени спиртовой лампы	462
15. Светимость и температура пламени	—
16. Сжигание жидкого и распыленного твердого топлива	466

XVII. Кремний

1. Получение аморфного кремния и водородистого кремния	469
2. Метакремниевая кислота и ее соли	471

XVIII. Металлы

1. Физические свойства металлов	476
2. Сплавы	490
3. Химические свойства металлов	498

4. Получение металлов	513
5. Восстановление окислов металлов алюминием	522
6. Получение металлов электролизом	525
7. Коррозия металлов	527
8. Щелочные металлы	530
9. Медь	540
10. Магний	542
11. Щелочноземельные металлы	545
12. Цинк	549
13. Алюминий	550
14. Свинец	554
15. Хром	556
16. Марганец	559
17. Железо	563

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Агар-агар 176
Агаханянц В. А. 3, 207, 214
Адсорбция углем газов 425
— растворенных веществ 430
— хлора 207
Адсорбционный фильтр 430
Азот 128, 351
— двуокись 129, 337, 385, 393, 426
— — жидкая 396
— — как катализатор 333
— — получение 394
— — реакция с водой 397
— закись 397
— отличие от кислорода 398
— окислы 372, 381, 386
— окись 384, 392, 397
— определение в воздухе 351
— отличие от углекислого газа 353
— получение 358, 506
— трехокись 396
— четырехокись 396
Азотистый ангидрид 399
Азотная кислота 49, 104, 107, 262, 335, 367, 521
— действие на металлы 387
— дымящая 338, 383
— обесцвечивающее действие 385
— получение из аммиака 377
— — воздуха 382
Азотная кислота
— получение из селитры 373
— разложение 384
— свойства 383
— смесь с серной 386
— соли 390
Аккумулятор 12, 70, 305, 348, 420
Активированный уголь 426, 429
Аллонж 265
Аллотропия 564
Алюминат 553
Алюминий 480, 550
— взаимодействие со щелочами 551
— восстановление им окислов 522
— вытеснение им ртути 551
— горение 550
— плавление 481
— порошок 499
— серноокислый 107, 120, 553
— соединение с бромом 272
— — йодом 283, 500
— — серой 503
— твердость 482
— хлористый 121, 245
Алюминиевая фольга 9
Алюминотермия 522
Амальгама аммония 369
— меди 494
— натрия 36, 38, 369, 494
— серебра 495
Амиловый спирт 82
Аммиак 128, 134, 349, 507
— горение в кислороде 364
— диффузия 132, 138
— каталитическое окисление 377
— образование при гниении 366
— осушка 360
— получение 360, 370
— раствор 139, 364, 541
— растворение в воде 361
— собиране 361
Аммиачный фонтан 363
Аммоний
— азотистоокислый 358
— азотноокислый 146, 397, 536
— амальгама 369
— вытеснение натрием 536
— — двухромовоокислый 379
— натрий фосфорноокислый 414
— сернистый 430, 502
— серноокислый 177
— соли его 366
— углекислый 121, 521

- хлористый 121, 259, 359, см. нашатырь
- Амперметр 170
- Амфотерные основания 106
- Анализ воздуха 355
- Ангидрид
 - азотистый 396
 - ванадиевый 326
 - кремниевый 97
 - мышьяковистый 172, 416
 - сернистый 32, 305, 312
 - серный 96, 316, 320
 - — получение 316
 - угольный, см. углекислый газ
 - фосфорный 70, 95, 352, 412
 - хромовый 100, 557
- Ангидриды кислот 95, 99
- Анод 241, 305, 419, 525
- Аппарат Киппа 260, 405, 440
- Коттреля 348
- Ареометр 148
- Асбест
 - вата 13, 296, 316
 - волокно 316, 371
 - картон 65, 243, 404, 470
 - платинированный 316
- Аспиратор 427
- Атомный вес 38, 51
- определение 51
- А ф а н а с ь е в М. А. 3, 366
- Ацетилен 431
- Ацетиленистая медь 436
- Ацетиленовая горелка 435

Б

- Б а й к о в А. А. 496
- Баллон резиновый, см. груша резиновая
- Банка Лейденская 6
- материальная 500
- Баня вазелиновая 482
- парафиновая 482
- песочная 374, 482
- Барий азотнокислый 193, 495
- гидрат окиси 26, 100
- перекись 22, 26, 495
- сернокислый 151
- сплав со свинцом 495
- сульфид 547
- хлористый 105, 193, 331, 336, 348
- хромовокислый 557
- Барит едкий, см. едкий барит
- Барометр 40, 43
- Бартеля лампа 447
- Батарейный стакан 44, 86
- Б е к е т о в Н. Н. 522
- Беление сернистым газом 314
- хлором 226
- Белила свинцовые 122
- Белильная известь 212, 264
- Белильные соли 263
- Белый фосфор, см. фосфор
- Бенгальские огни 268
- Бензин 80, 84, 88, 178, 273
- тушение углекислым газом 443
- Бензол 102, 169, 272, 279
- Берлинская лазурь 178, 567
- Бертело озонатор 73, 323
- Бертолетова соль 499, 558
- взрыв с серой 267
- — фосфором 267
- использование для получения хлора 233
- каталитическое разложение 59, 266
- обращение 56
- перекристаллизация и очистка 58
- получение 265
- свойства 56, 59, 266
- смесь с двуокисью марганца 59, 378
- Болотный газ 437
- Бром 141, 269, 425, 499
- вытеснение им йода 280
- — хлором 271
- обращение 269
- получение 270
- растворимость 272
- соединение с алюминием 272
- — магнием 272
- — сурьмой 272
- — фосфором 273
- хранение 269
- Бромистоводородная кислота 275
- Бромистое серебро 278
- Бромистый водород 273
- получение 275
- Бромная вода 272
- приготовление 282
- Бронза 493
- Бумага йодокрахмальная 75, 77
- лакмусовая 114, 121, 263, 299, 369, 422
- миллиметровая 114
- наждачная 101
- стеклянная 162
- фенолфталеиновая 134

Бунзена горелка 436
 — клапан 252
 — эвдиометр 5, 8
 Бура 121, 168
 Бутылка парафиновая 288

Бюкс 426
 Бюретка 43, 48, 109, 356
 — правила пользования 111
 — упрощенная 113

В

Вальков Ф. А. 449
 Ванадиевый ангидрид 327
 Ванна пневматическая 393, 422, 449
 — для ртути 7
 — для собирания газа 20, 238
 Вата 13, 56, 89, 139, 165, 358, 411, 427
 — асбестовая 13, 376, 274, 296
 — стеклянная 13, 507, 521
 Верещак П. В. 3, 153, 158
 Весовой состав воды 4
 Весы (взвешивание) 15, 26, 32, 38, 50
 Взвеси 148
 Взрыв в эвдиометре 8
 — — над водой 8
 — — ртутью 8
 — смеси газа с воздухом 85, 89, 438
 — — хлора с водородом 234
 Висмута окись 371
 Вода 333
 — бромная 272, 567
 — весовой состав 4
 — взаимодействие с хлором 237
 — дистиллированная 169
 — жавелевая 264
 — жесткая 545
 — замораживание 147
 — известковая 120, 347, 353, 414, 517, 546
 — как катализатор 210, 301
 — кристаллизационная 183
 — — количественное определение 185
 — лабораторная 264
 — обнаружение при реакциях 98, 100
 — окисляемость 563
 — разложение щелочными металлами 534
 — сероводородная 172, 430, 541
 — — приготовление 303
 — синтез, см. опыты с эвдиометром
 — — по Дюма 12, 15
 — термическая диссоциация 19
 — хлорная 271
 Водород 9, 14, 128
 — атомарный 420
 — бромистый, см. бромистый водород
 — в момент выделения 305
 — восстановление им окислов 26, 518
 — — сернистой меди 305

— — хлоридов 518
 — вытеснение металлами 509
 — горение в хлоре 224, 231, 234
 — йодистый 128, см. йодистый водород
 — истечение через узкое отверстие 136
 — кремнистый 469
 — мышьяковистый 416
 — соединение с металлами 504
 — сурьмянистый 419
 — фосфористый 412
 — хлористый, см. хлористый водород
 Водорода перекись, см. перекись водорода
 Водородный прибор 13, 15, 135
 Водяное число калориметра 52
 Водяной пар 19
 — — термическая диссоциация 19
 Водяной газ 453
 Воздух 333
 — использование для окисления 379
 — — при флотации 513
 — карбюрированный 457
 — оптически пустой 174
 — осушка 17
 — состав 351, 357
 Воронка 45
 — Бюхнера 58
 — делительная 135, 158
 — длинная 140
 — от аппарата Киппа 86
 — предохранительная 209, 276
 — с краном 211, 276, 312
 Воск 165
 Воспламенение веществ 78, 80, 81
 — светильного газа 78
 — сероуглерода 78
 — фосфора 90
 Восстановление
 — алюминием 522
 — одних металлов другими 520
 — окислов меди 16, 18, 26, 517
 — — свинца 31, 430
 — хлоридов 518
 Вуда сплав 490
 — охлаждение 490
 — плавление 490

— приготовление 490
 — применение 492
 Выведение газа за окно 217, 252
 Выжигание известняка 93

Выпрямитель газотронный 200
 Высокое напряжение 9
 Вытеснение галогенов 281

Г

Газометр 17, 33, 70, 364, 396, 410
 — наполнение 60
 Газотронный выпрямитель 200
 Галогены 3, 207
 Гальванический элемент 12
 Гальванометр 197
 Гаркунов В. П. 380
 Гашение извести 93
 Гель 176
 — набухание 177
 — старение 178
 Гей-Люссака объемный закон 36
 Гидрат закиси железа 565
 — — марганца 559
 — окиси алюминия 553
 — — бария 26
 — — железа 95, 565
 — — кальция 93, 545
 — — меди 95
 — — свинца 554
 — — хрома 556
 — — цинка 550
 — перекиси бария 22
 Гидратация гипса 545
 Гидраты окислов 95, 98
 — нерастворимые 106
 Гидриды 504
 Гидролиз солей 118, 120, 550, 566

Гипс жженный 186, 545
 — растворимость 149
 Глазурь 474
 Глауберова соль 163
 Глет свинцовый 556
 Глина 168, 479, 481
 Глицерин 164, 173, 285, 372, 561
 Глюкоза 194
 Гипосульфит 166
 — пересыщенный раствор 167
 Горение 3, 55, 78
 Горелка ацетиленовая 435
 — Бартеля 447
 — Бунзена 436, 464
 — паяльная 447
 — Теклу 452, 457
 — ученическая 463
 Гостев М. М. 9, 370
 Гофмана эвдиометр 5
 Грамм-атом 53, 481
 Грамм-молекула 115
 Графит 514
 Графитовый тигель 432
 Гремучий газ 9, 19
 Григориади П. К. 482
 Груша резиновая (баллон) 17, 84, 280,
 368, 457
 Грэма закон 136

Д

Давление осмотическое 142
 Движение ионов 193
 Двоокись азота 130, 333, 340, 378, 381,
 385
 — марганца 24, 56, 59, 209, 270, 560
 — — восстановление алюминием 523
 — — как катализатор 24, 56
 — свинца 31, 555
 Двуххромовокалиевая соль 211, см.
 также бихромат калия и калий дву-
 хромовокислый
 Деготь 421, 424
 Дерево —
 — сухая перегонка 421
 Диализ 174, 473
 Диализатор 176, 178
 Дисперсные системы 3, 132
 Диссоциация электролитическая 3, 192

— термическая 19
 Дифениламин 381
 Диффузия 132
 — аммиака 133, 138
 — веществ в воде 140
 — водорода 134
 — паров брома 132
 — сернистого газа 133
 — скорость 138
 — углекислого газа 443
 — уксусной кислоты 133
 Дрекселя склянка 49
 Дробь для тарирования 114
 «Дымящие угли» 367
 Дюлонга и Пти закон 51
 Дюма 12
 Дэви лампа 86, 89

Е

- Едкий барит 23, 94
 Едкая щелочь 301
 Едкое кали 60, 107, 146, 356
 — свойства 94
 Едкий натр 15, 70, 107, 146, 283, 378
 — — использование для поглощения хлора 215
 — — использование для получения аммиака 363
 — — получение 94
 — — свойства 94, 98

Ж

- Жаровня 452
 Желатина 176, 178
 Желатинизация коллоидов 177
 Железисто-синеродистый калий 178
 Железный купорос 185, 371, 303, 521
 — тигель 317
 Железо 80, 480, 563
 — аллотропия 564
 — бикарбонат 566
 — взаимодействие с серной кислотой 346
 — восстановление 80, 126
 — как катализатор 325, 371
 — вытеснение им меди 100
 — гидрат закиси 565
 — — окиси 95, 99, 177, 565
 — зависимость свойств от температуры 488
 — образцы для изучения коррозии 529
 — — окись 371
 — — как катализатор 316
 — опилки 101, 126, 273, 358
 — пассивность 389
 — пиррофорное 564
 — порошок 222, 521
 — родановое 127, 566
 — растворение в азотной кислоте 529
 — сернистое 298, 465, 513
 — сжигание в кислороде 65
 — — в хлоре 222
 — скорость реакции с кислородом 126
 — хлорное 99, 107, 121, 171, 178, 567
 — шавелевокислое 563
 Железный колчедан 315
 Желтая соль 178
 Жесткость воды 545
 Жидкая углекислота 444
 Жидкое топливо 466

З

- Зажигательная смесь 470, 495, 499, 522
 Зажимы 8
 Закалка и отпуск стали 496
 Закись азота 397
 — меди 26
 — ртути 74
 Закон Гей-Люссака 36
 — Дюлонга и Пти 51
 — кратных отношений 22, 30
 Замазка менделеевская 10, 188, 241, 255
 Защита пробок от обгорания 318
 Защитные коллоиды 169, 176
 Зола костяная 413
 Золь 176

И

- Игла (сжигание в кислороде) 65
 — для шприца 130
 Известковая вода 120, 347, 353, 414, 517, 546
 Известковое молоко 223
 Известняк 93, 439
 Известь 66, 93, 354, 463
 — белильная 212, 264
 — выжигание 447
 — гашеная 93, 99, 360, 546
 — натронная 33, 360, 437, 451, 500
 — негашеная 61, 93
 — — хлорная 264
 Ингибиторы 529
 Индиго 74, 141, 157, 374, 385, 430
 Индикатор атмосферы 87
 Индикаторы химические 108, 113, 201, см. лакмус, фенолфталеин, метилоранж, кошениль
 Индуктор 5, 6, 72, 348, 372
 Йод 25, 278
 — взаимодействие с сернистым газом 310, 347
 — вытеснение бромом и хлором 280

- действие на крахмал 282
- как катализатор 410
- очистка 183
- пары 278
- раствор в йодистом калии 169, 347
- растворение 279
- соединение с алюминием 283
- — с магнием 543

- Йодистый водород 284
- Йодокрахмальная бумага, см. бумага
- Ионы
- движение 199
- цвет 202
- Испытание прибора 16, 217
- Источник постоянного тока 242

К

- Кадмий 477
- азотнокислый 303
- плавление 483
- сернистый 303
- сернокислый 107
- Кали едкое, см. едкое кали
- Калий 520
- азотистокислый 359
- азотнокислый 105, 107
- бромистый 270, 274
- взаимодействие с водой 535
- двухромовокислый 141, 211, 557
- железистосинеродистый 567
- йодистый 25, 75, 124, 179, 264
- — электролиз 205
- кремнекислый 545
- марганцовокислый 15, 55, 60, 77, 134, 141, 378, 281, 560
- пары 477
- плавление 482
- приготовление препарата 530
- роданистый 127, 145
- сернокислый 120
- сплав с натрием 492, 531
- углекислый 121
- ферроцианид 528
- хлористый 127
- хромовокислый 105
- Калориметр 52
- Кальций 67, 523
- гидрат окиси 93
- гидрид 505
- гидроокись 545
- дигидрофосфорный 414
- карбид 431, 434, 509
- карбонат, см. известняк, мел
- кислый углекислый 118, 446
- окись 501, 545
- ортофосфорнокислый 414
- получение электролизом 525
- сернокислый 151
- сжигание в кислороде 67
- фосфористый 412
- фтористый 286, 289
- хлористый 15, 33, 107, 145, 301, 502
- Каменная соль 186

- Каменный уголь 466
- Камерные кристаллы 335, 340
- Камерный процесс 333
- Канифоль 12
- раствор в спирте 168
- Капилляры стеклянные 363
- Карандаш для стекла 351
- Карбид кальция 431, 509
- Карбонаты 93, см. соли угольной кислоты
- Карналит 526
- Картофельная мука 169, 282, см. крахмал
- Катализ 24, 56
- Катализатор 126, 371, 377, 380
- Катод 241, 305, 419
- Катушка индукционная, см. индуктор
- Кварц 470
- Квасцы алюмокалиевые 107, 151, 189, 553
- кристаллические 145
- хромовые 99, 559
- Керосин 82, 272, 467, 483
- Киноварь 351, 521
- К и р ю ш к и н Д. М. 200
- Кисея 143
- Кислород 3, 19, 24, 33, 81, 378
- белящее действие 89
- истечение через узкое отверстие 137
- озонированный 73
- получение 55
- сжигание веществ 62
- собирание 61
- Кислородная подушка 56, 63
- Кислота абietиновая 298
- азотная, см. азотная кислота
- бромистоводородная 275
- карболовая 158
- кремниевая 177, 471
- — вытеснение из солей 472
- — диализ 473
- метафосфорная 413
- муравьиная 448
- мышьяковистая 417
- нитрозилсерная 334
- олеиновая 98

- оловянная 388
- ортосвинцовая 31
- ортофосфорная 120, 413
- плавиковая 286, см. плавиковая кислота
- пимаровая 298
- серная, см. серная кислота
- сернистая, см. сернистая кислота
- соляная, см. соляная кислота
- стеариновая 98
- угольная, см. угольная кислота
- уксусная 103, 262, 367, 423
- щавелевая 119
- Кислотные окислы 95
- Кислоты, реакции их с другими веществами 97, 108, 439
- Кислые соли 118
- Клапан Бунзена 252
- Клей декстриновый 187
- Клейстер крахмальный 75, 124
- приготовление 282
- Коагулянт 553
- Коагуляция 176
- Кобальт
- окись 371, 414
- сернистый 502
- хлористый 144
- раствор в спирте 203
- Ковкость металлов 485
- Колба Бунзена 383
- Вюрца 359
- двугорлая 159
- для сжигания фосфора 68
- измерительная 115
- тубулированная 296, 337, 373
- Кокс 434
- Количественные отношения при химических реакциях 3, 4
- Коллекция сплавов 490
- образцов проката 565
- Коллоиды 175
- Коллоидные растворы 168
- диализ 174
- коагуляция 176
- получение восстановлением 171
- — гидролизом 171
- — распылением 169
- Коллоиды защитные 169
- Колокол стеклянный 175, 241, 351, 499
- Колонка поглотительная 257, 334, 508
- Контакт металлов 513, 528
- Копоть 463
- Королев Д. П. 3, 357
- Коррозия металлов 527
- Кость обожженная 414
- Костяная зола 413
- Коттрель 348
- Кошениль 109
- Коэффициент растворимости 155
- Кран трехходовой 4
- Крахмал 25, 124, 178, 399
- взаимодействие с йодом 282
- Кремний 97, 469
- аморфный 470
- кристаллический 470
- Кремниевая кислота 471
- Кремниевый ангидрид 97
- Кремнистый водород 79, 469
- магний 79
- Кривая охлаждения 491
- Кристаллизатор 170, 187, 352, 361
- Кристаллиты 183
- Кристаллы 178
- выветривание 185
- выращивание 186
- камерные 335, 340
- образование 178
- — из паров 183
- — из расплавов 179, 200, 477
- — из растворов 178, 200
- — при химических реакциях 179
- Купорос железный 102, 185, 303, 521, 565
- медный 97, 102, 303
- Кухонная соль 307

Л

- Лаборракова вода, см. вода лабораторная
- Лак асфальтовый 351
- этикеточный 351
- Лакмус 63, 109, 242, 275
- нейтральный 26, 64, 94, 131, 206
- синий 259
- Лампа Бартеля 82, 457
- керосиновая 466
- рудничная (Дэви) 84, 86, 88
- скипидарная 463
- Латунь 432, 493
- Лед 20, 23, 306
- Лейденская банка 6, 10
- Ликоподий 468
- Литий
- взаимодействие с водой 535
- гидрид 505
- горение 533
- нитрид 507
- Литопон 541
- Лодочки фарфоровые 26, 32

Ложечки для сжигания в кислороде
62, 70
— для выпаривания 150

Ложка деревянная 307
Ляпис, см. серебро азотнокислое

М

Магнезит 439
Магнезия 445
Магний 41, 122
— взаимодействие с водой 542
— — с йодом 543
— воспламенение с перманганатом 544
— горение в кислороде 70, 542
— — в сернистом газе 542
— — в углекислом газе 445, 542
— лента 470
— нитрид 507
— окись 371
— определение эквивалента 41
— плавление 481
— получение электролизом 526
— порошок 236, 470, 495
— сернистый 303, 503
— серноокислый 107, 303
— соединение с бромом 272
— — с серой 503
М а л ь ч е в с к и й 421
Манометр 76, 136
Марганец 559
— двуокись, см. двуокись марганца
— сернистый 303
— серноокислый 303
Марганцовоокислый калий, см. калий марганцовоокислый
Марля 45
Марша аппарат 417
Масло парафиновое 141
— растительное 169, 514
Машина электрическая 6
Медная сетка, см. сетка
Медный купорос 97, 101, 172, 347
— гидратация 311
— диффузия 141
— обезвоживание 183
— электролиз 205
Медь 357, 540
— азотнокислая 388
— амальгама 494
— ацетиленистая 436
— бромная 541
— восстановление 16, 18, 26
— вытеснение железом 100, 511
— — свинцом 511
— — цинком 103
— гидрат окиси 95, 98, 497, 540

— как катализатор 378
— обнаружение в сплавах 390, 496
— окись 13, 15, 61, 71, 97
— окисление 19, 70, 346
— определение эквивалента 51
— основная углекислая 97 121
— плавление 481
— полухлористая 436
— реакция с азотной кислотой 374
— — с серной кислотой 346
— сернистая 303, 503, 541
— — восстановление 305
— серноокислая 107, 121, 135
— сжигание в хлоре 220
— сплав с серебром 390
— стружки 306, 310, 335
— твердость 482
— хлорная 202, 220
— — электролиз 204
Мел 66, 439, 446
Менделеевская замазка 10, 351, 497
Мензурка 48, 114, 153, 265
Металлы 3, 476
— блеск 483
— вытеснение друг друга 100, 509
— горение в воздухе 498
— зависимость свойств от температуры 485
— ковкость 485
— объем грамм-атома 481
— обращение в пары 476
— получение 513
— ряд напряжений 509
— соединение с азотом 506
— — с водородом 504
— — с галогенами 499
— — с серой 503
— — с углеродом 509
— твердость 482
— температура плавления 485
— теплопроводность 484
— удельные веса 478
— физические свойства 476
— химические свойства 498
— щелочноземельные 545
— щелочные 530
— электропроводность 485
Метилоранж 553
Метроном 124, 126, 137
Молекулярный вес 38

- Молоток деревянный 306
 Мочевина 194, 200
 Мрамор 123, 439, 545
 — анализ его 447
 Мыло 169
 Мыльный спирт 545
 Мытье посуды 293
 Мышьяк 415
 — возгонка 416
 — горение 416
 — определение по Маршу 417
 — — с азотнокислым серебром 418
 Мышьяковистый ангидрид 416
 — водород 416
 Мышьяковое зеркало 418

Н

- Напильник, применение для сверления стекла 258
 Насадка для плоского пламени 452
 Насос разрежающий 161, 382, 427
 Натр едкий, см. едкий натр
 Натрий 36, 66, 158, 369, 478, 520
 — амальгама 36, 369, 494
 — азотистокислый 359, 371
 — азотнокислый 145
 — аммоний фосфорнокислый 414
 — бикарбонат 118, 539
 — борнокислый 121
 — бромистый 273, 427
 — восстановление им кремнезема 537
 — взаимодействие с серной кислотой 537
 — гидрат окиси 108
 — горение в кислороде 66, 532
 — — в хлоре 223
 — карбонат 539, 553
 — кислый сернокислый 118
 — кремнекислый 471
 — муравьинокислый 449
 — нитрат 145
 — нитрит 359, 371, 529
 — окись 537
 — перекись 538, 552
 — плавление 482
 — приготовление препарата 530
 — сернистокислый 121, 300, 311, 337
 — сернистый 298
 — серноватистокислый 124, 260, 311
 — сернокислый 61, 71, 119, 121, 163
 — — электролиз 206
 — соединение с йодом 500
 — — с серой 503
 — сплав с калием 492
 — — со свинцом 494
 — тиосульфат 124, 260, 311
 — углекислый 105, 121, 539
 — — кислый 118, 539
 — уксуснокислый 121, 145
 — — безводный 437
 — — гидролиз 128
 — — пересыщенный раствор 165
 — хлористый 121, 151
 — щавелевокислый 179
 Натронная известь 33, см. известь
 Нашатырь 139, 145, 174, 246, 349, 360, 473, 506
 — возгонка и диссоциация 368
 Нашатырный спирт 364, 378
 Нафталин 183
 Нейтрализация 112, 115, 117, 204, 361
 Никель
 — восстановление алюминием 524
 — сернокислый 107
 Нитраты, см. соли азотной кислоты, селитра
 Нитриды металлов 506
 Нитрозилсерная кислота 334
 Нормальные условия 40, 42

О

- Обесцвечивание веществ хлором 226, 232
 — сернистым газом 311
 Обжиг пирита 315
 Обогащение руд 513
 Обратимость реакций 127
 Объемные отношения газов 36
 Опасность 80
 Огни бенгальские 268
 Ожоги фосфором 404
 Озон 55
 — обнаружение 76, 77
 — образование при реакциях 77
 — окислительное действие 74
 — получение 71
 — разрушение при нагревании 76
 — растворение в воде 74
 — уменьшение объема при образовании 76
 Озонатор 69, 350
 — Бертелло 74, 323
 — Верховского 72
 — Парменова 73
 — Сименса 73

- Окисление 78
 — индиго 25
 — йодистого водорода 25
 — меди 19, 70
 — ртути 74
 — сернистого свинца 24
 Окислители 331
 Окислы 3, 93, 95, 386
 — азота 372
 Окись азота 372
 — железа 57, 316
 — магния 97
 — меди 13, 18, 61, 71, 97, 357, 455, 520
 — ртути 61, 520
 — свинца 31, 544
 — серебра 25, 61
 — углерода 347, 448, 517
 — — получение 448
 — — восстановительные свойства 455, 517
 — хрома 556
 — — как катализатор 327, 379
 Окраска пламени 532, 542
 Олеиновая кислота 98
 — медная соль ее 98
 Олово 50, 182, 478
 — зависимость свойств от температуры 489
 — определение атомного веса 51
 — — эквивалента 50
 — плавление 483
 — сжигание в хлоре 221
 — сплав со свинцом 493
 — фольга 50
 Оловянная кислота 388
 Определение атомных весов 51
 — эквивалентов 41—54
 — мышьяка по Маршу 418
 Оптически пустая жидкость 173
 Опыты
 — без бюреток 117
 — с бюретками 109
 — с бытовым газом 84
 — количественные 15, 26, 31, 38
 — с огнеопасными веществами 78—81
 — с паяльной трубкой 465
 — Пелиго 164
 — с серным ангидридом 320
 — с серой 294
 — с фонтаном 248, 363
 — с хлором 219, 229
 — с эвдиометром 8, 10, 12
 Ортофосфорная кислота 414
 Осмос 132
 Осмотическое давление 142
 Основания 93
 — амфотерные 106
 Основные окислы 93
 Основные соли 120
 Офорт 388
 Охладительные смеси 145, 194, 307, 319, 395
 Очки предохранительные 66, 435
 Ошибки при опытах 117

П

- Парафин 80, 93, 119, 286, 298
 Парафиновое масло 141
 Парменов К. Я. 20, 174, 373
 Пары металлические (гальванические) 512
 Паяльная трубка 66
 Пелиго опыт 165
 Пенообразователь 514
 Перекись бария 22, 26
 — гидрат ее 22
 Перекись водорода 22, 124, 567
 — восстановительные свойства 25
 — действие на кожу 22
 — кислотные свойства 26
 — окислительные свойства 24
 — пергидроль (30-процентная) 24
 — получение 22
 — разложение нагреванием 23
 — — каталитическое 24
 — хранение 22
 Перекись натрия 26, 538
 Перепонка полупроницаемая 175
 Пересыщенные растворы 162
 Перманганат, см. калий марганцово-кислый
 Песок (использование для опытов) 57, 90, 99, 220, 385
 Пирит 315
 Пирогаллол 354
 Плавиковая кислота 286
 — обращение 288
 — получение 289
 Плавиковый шпат, см. кальций фтористый
 Пламя 457
 — восстановительное 465
 — обращенное 459
 — окислительное 465
 — окраска 532, 542
 — повышение температуры 464
 — светимость 462
 — строение 457
 Платина металлическая 480
 — хлорная 316

- Плюмбаты 107
 Плюмбиты 107
 Поваренная соль 106, 145, 151, 245, 267
 Повышение температуры при растворении 146
 Подушка кислородная 56, 63
 Полосин В. С. 197, 205, 426
 Понижение температуры при растворении 145
 Порох черный 390
 Поршень самодельный для опытов 129, 162
 Поталь 220
 Поташ 439
 Правила безопасности 531
 Предохранение металлов от коррозии 228
 Прибор для анализа воздуха 355
 — восстановления окислов металлов 28
 — иллюстрации принципа противотока 257
 Прибор Киппа 13, 38, 118, 135
 — Марша 417
 — для наблюдения движения ионов 200
 — — осмотического давления 142
 — — получения хлора 209
 — — растворения углекислого газа 162
 — — синтеза воды по Дюма 16
 — Сент-Клер Девиля 13, 38, 135, 451
 — для флотации 516
 — электролиза 205, 240, 526
 Приведение объема газа к нормальным условиям 40, 42, 357
 Проволока звонковая 171
 — железная 10, 12, 65, 101, 223, 348
 — — омеднение ее 102
 — медная 10, 12, 45, 230, 348, 432, 486
 — никромовая 19
 — серебряная 169
 — стальная 63
 Продувание прибора воздухом 17
 Прокат стальной 565
 Противогаз 427
 Пузырь животный 175
 Пульверизатор 466

P

- Равновесие химическое 3, 128
 Распылитель 467
 Раствор
 — маточный 153
 — молярный 115, 123
 — нормальный 117, 191
 — фосфора в сероуглероде 90
 Растворение 143
 — изменение окраски 143
 — — температуры 143
 Растворимость
 — воздуха в воде 160
 — газов 159
 — жидкостей 156
 — зависимость от температуры 150
 — селитры 153
 — твердых веществ 149
 — — коэффициент 155
 Растворы 3, 132
 — концентрация 149
 — насыщенные 189
 — пересыщенные 163
 — существенные признаки 148
 Ратч Е. Ф. 3
 Рвотный камень 172
 Реакции обмена 105
 — — между солями 105
 — — и кислотами 106
 — — и основаниями 106
 Реакции
 — нейтрализации 108, 127, 204
 — обратимые 127
 — скорость 122
 Рейнбольдт 196, 505
 Реостат 12, 19, 325, 348, 432
 Реторта 55, 60, 296, 373, 398
 Роданистый калий 127, 145
 Ртуть 4, 7, 36, 74, 369, 479
 — азотнокислая 104, 105
 — вытеснение алюминием 551
 — — медью 104
 — окись 61
 Руды металлов 513
 Румкорфа катушка, см. индуктор
 Ряд напряжений 509

C

- Сажа 351
 Самовоспламенение
 — кремнистого водорода 79
 — свечи 92

- фосфора 90
- Сатурново дерево 104
- Сахар 142
- обугливание серной кислотой 345
- Сверление стекла 258
- Светильный газ 459
- Свеча 232, 352, 358, 441
- горение в хлоре 225
- Свинец 31, 182, 477, 554
- азотнокислый 105, 121, 179, 348
- — обезвоживание и разложение 394, 426
- взаимодействие с кислотами 554
- вытеснение цинком 103, 510
- двуокись 31, 555
- йодистый 556
- окись 31, 544
- определение атомного веса 51
- — эквивалента 50
- плавление 483
- сернистый 24, 303, 305
- сернокислый 348
- сплав с оловом 493
- соли 555
- твердость 482
- углекислый основной 122
- уксуснокислый 103, 105, 348
- Свинцовое стекло 97
- Свинцовые белила 122
- Селитра 358, 373, 377
- калийная 60, 145, 152, 390
- — электропроводность расплава 199
- Сера 3, 12, 31, 55, 200, 339
- взаимодействие с серной кислотой 347
- взрыв с бертолетовой солью 268
- кристаллы 200
- окисление 312
- перегонка 295
- плавление 292
- пластическая 292
- призматическая 293
- растворение в сероуглероде 291
- — в спирте 168
- — в трлуоле 290
- ромбическая 291
- сжигание 32
- — в кислороде 64
- — в селитре 390
- соединение с металлами 503
- черенковая 180, 291
- «Серебрение» (ртутью) 104
- Серебро
- азотнокислое 25, 69, 90, 104, 171, 193, 259, 413
- амальгама 495
- ацетиленистое 436
- бромистое 278
- вытеснение ртутью 104, 511
- йодистое 286
- коллоидное 171
- метафосфорнокислое 414
- обнаружение в сплавах 389, 496
- ортофосфорнокислое 414
- сплав с медью 389
- хлористое 262, 390, 520
- Серная кислота 13, 15, 23, 25, 33, 37, 71, 97, 106, 257, 268
- восстановление 273
- гигроскопичность 344
- обращение 345
- обугливание органических веществ 345
- окислительные свойства 346
- получение контактным способом 328
- — башенным способом 331
- — из железного купороса 341
- разведение водой 343
- реакции с другими веществами 261, 346
- смесь с азотной 386
- соли 348
- удельный вес 342
- Сернистая кислота 133, 313, 325
- окисление 313, 325
- окисление двуокисью азота 331
- получение 311
- реакция с сероводородом 313
- свойства 312
- восстановление 305
- установление формулы 31
- Сернистое железо 298
- серебро 504
- Сернистокислый натрий 311
- Сернистые металлы 303
- Сернистый алюминий 503
- ангидрид, см. сернистый газ
- газ 133, 301
- — обесцвечивающее действие 313
- — обнаружение 314, 347
- — получение 305, 311
- — растворение в воде 305
- — свойства 312
- — сжижение 307
- — смесь с воздухом 326
- — установление формулы 32
- кадмий 303
- магний 503
- марганец 303
- свинец 24, 303, 305
- — окисление 24

- цинк 303
- Серный ангидрид 95, 316
- — получение 316
- — растворение в серной кислоте 320
- — реакции 321
- колчедан 514
- цвет 470, 504, 526
- Сероводород 172, 305, 470
- взаимодействие с сернистым газом 299
- горение 298
- образование 297
- осушка 301
- получение 298
- Сероуглерод 31, 78, 90, 92, 279, 282, 291
- Сетка асбестированная 82
- латунная 83
- медная 44, 83, 85, 88, 360, 378
- Сжигание веществ в кислороде 64
- в хлоре 220
- топлива 446
- Сжижение газов 307, 395, 399
- Сила тока 171
- Синтез воды в эвдиометре 4
- по Дюма 12, 15
- Сифон 160, 442, 444
- Скипидар 82, 463
- вспышка в азотной кислоте 386
- горение в хлоре 226, 232, 234
- использование при флотации 513
- Склянка двугорлая 50
- для сжигания вещества 62, 100
- Дрекселя 49
- промывная 13, 70, 84, 209
- с тубулусом 257, 353
- Тищенко 347, 367, 428
- Скорость реакции 122
- Слюда 186
- Смесь для получения аммиака 360
- — метана 438
- — карбида кальция 433
- Смирнов А. Д. 3, 367, 381
- Сода 105, 439
- кислая 118
- кристаллическая 121
- Соли азотной кислоты 390
- аммония 366
- белильные 263
- двойные 118
- кислые 118
- основные 118
- серной кислоты 348
- соляной кислоты 262
- угольной кислоты 446, 546
- — разложение 540
- фосфорной кислоты 414
- хромовой кислоты 557
- Соль комплексная 202
- кухонная 307
- поваренная, приготовление 117
- Соляная кислота 22, 41, 79, 106, 262, 366
- получение 255, 257, 260
- реакции 261
- Состав воздуха 353, 357
- Сосуд для наблюдения явления Тиндаля 172
- опытов с углекислым газом 441
- — с хлором 212
- Спираль для эвдиометра 11
- нихромовая 19, 328
- Спирт амиловый 82
- денатурированный 354
- нашатырный 364
- этиловый 194, 279
- — растворимость в воде 158
- Сплавы 490
- анализ 497
- Вуда 490
- калия с натрием 492, 531
- натрия со свинцом 494
- олова со свинцом 493
- цинка с алюминием 497
- удельный объем 498
- Стаканы батарейные 68, 136, 353, 395
- Сталь 496
- Станноль 221
- Старение коллоидов 178
- Стеарин 98
- Стеариновая кислота 98
- — медная соль ее 98
- Стекло
- жидкое 474, 545
- — получение 474
- ламповое 446
- растворение в плавиковой кислоте 287
- растворимость в воде 473
- сверление 258
- свинцовое 97
- травление 287
- Степень диссоциации 203
- Стержень угольный 305
- Строительные материалы 546
- Струна балалаечная 12
- Студень кремнекислоты 177
- Суботин Б. И. 449
- Сулема 418, 551
- Сурик свинцовый 31, 61, 555
- Суспензия 168
- Сурьма 180, 419, 478
- восстановление водородом 419

- плавление 419
- сернистая 57, 177, 303, 516
- сжигание в броме 272
- — в хлоре 221, 231
- — на угле 419

- трехокись 420
- Сурьмянистый водород 419
- Сурьянное зеркало 420
- Сухая перегонка дерева 421

Т

- Таннин 171
- Твердая углекислота 444
- Температура воспламенения 81
- замерзания 194
- — электролитов 193, 195
- плавления 485
- Тепловой эффект реакции 512, 535, 539
- Теплоемкость 51
- Теплопроводность 484
- Термит 522
- Термическая диссоциация 19
- Термометр 42, 82, 125, 144, 154
- Термоскоп 144, 147, 194, 368, 512
- Тигель глиняный 180
- графитовый 481
- железный 82, 317
- — замена его 83
- свинцовый 286
- фарфоровый 352
- шамотовый 481
- Тиндаль 172
- Тиосульфат натрия 124
- Тихий разряд 72
- Тищенко 13, 216, 246, 347

- Ток осветительный 19
- Толуол 200
- Топливо жидкое 466
- Травление металла кислотой 388
- Травление стекла 287
- Треножник 27
- Труба железная 348
- Трубка для опыта диффузии 138
- для получения кислорода 55, 60
- для синтеза воды 12, 15
- измерительная 42, 47
- кварцевая 384
- контактная 371
- паяльная 66
- резиновая 348
- реакционная 379
- с платинированным асбестом 317
- с шариком 280
- тугоплавкая 12, 417
- U-образная 9, 16, 17, 33, 204
- — правила обращения 16
- Тулякова Г. М. 3
- Турбулиева синь 567
- Тяга 266, 397, 386

У

- Углекислота жидкая 444
- Углекислый газ 38, 99, 123, 163, 297, 357, 405, 410
- восстановление углем 450
- диффузия 443
- опыты с ним 441
- получение 439
- растворение в воде 444
- свойства 440
- Углерод 3, 421
- сернистый, см. сероуглерод
- четыреххлористый 91, 272, 478
- Углерода окись 448
- Уголь 55, 422, 449
- активированный 426, 429
- горение в азотной кислоте 385

- — в двуокиси азота 393
- — в кислороде 64
- — на расплавленной селитре 390
- использование для хранения газов 426
- поглощение им газов 367, 424
- реакция с серной кислотой 347
- Угольная кислота 128, 131, 444
- разложение солей 540
- Угольные электроды, см. электроды
- Угольный порошок 347, 463
- Удельная теплоемкость 51, 53
- Указатель тока 198
- Уксусная кислота 103, 134
- U-образная трубка, см. трубка U-образная

Ф

Фаерштейн М. Г. 124, 126
 Фарфор
 — неглазурованный 363
 — использование при опытах флотации 514
 Федорова Е. Н. 3
 Фенол 159
 Фенолфталеин 109, 127, 204, 242, 363
 Физико-химический анализ 497
 Фильтр 390
 — адсорбционный 430
 Флотация 513
 — графита 514
 — пенная 515
 — сернистых металлов 514
 Флуоресцеин 141
 Фольга алюминиевая 9, 201, 221, 551
 — медная 220
 — оловянная 221
 — свинцовая 221
 Фон белый 127, 213, 270, 281, 334
 — темный 139, 429
 Фонарь проекционный 172
 Фонтан в бутылке 248
 — в колбе 363
 — в пробирке 251
 Формалин 172, 529
 Формовочная земля 481

Формула для вычисления атомного веса 51
 — для приведения объема к норм. усл. 40, 42
 Формулы установление 31
 Форсунка 446
 Фосфор 55, 82
 — белый 67, 79, 401
 — — воспламенение 79, 81, 411
 — — получение из красного 404, 410
 — — правила обращения и хранения 401
 — — превращение в красный 409
 — — раствор в сероуглероде 90, 92, 408.
 — — свечение 408
 — красный 69, 285, 352, 401
 — — взрыв с бертолетовой солью 267
 — — превращение в белый 404, 410
 — — сжигание в бrome 273
 — — — в кислороде 67, 69
 — — — в хлоре 223, 231
 — — — под колоколом 352
 — — свойства 406
 Фосфористый водород 412
 — кальций 412
 Фосфорный ангидрид 70, 96, 352, 412
 Фосфорные кислоты 412
 Фтористый водород 286
 — кальций 286, 289

Х

Химическое равновесие 3, 122, 128
 «Химия в школе» 3, 357
 Хлор 207, 261
 — взаимодействие с водой 237
 — — с окисью кальция 501
 — — свинца 502
 — — с сернистым кобальтом 502
 — вытеснение им брома 271
 — — йода 280
 — демонстрация опытов 219
 — — без тяги 227
 — — под тягой 220
 — лабораторные опыты 229
 — наполнение сосудов 213
 — обращение 207
 — обнаружение в бертолетовой соли 193
 — получение электролизом 239
 — предохранение металлов 228
 — сжигание веществ 220
 — способы получения 208
 Хлориды металлов 499
 — получение из окислов 501

Хлористый водород 36, 244, 349
 — опыты с ним 246
 — — без тяги 252
 — осушка 37, 245
 — получение 37, 244, 257
 — растворение в воде 248, 251
 — состав 36
 Хлорная вода 271, 273, 282
 — известь 264
 — платина 316
 Хлороформ 272, 279
 Холодильник 201, 376
 Хром 556
 — гидрат окиси 99, 559
 — нитрид 508
 — окись 556
 — — как катализатор 327, 379
 — серноокислый 107
 — хлорный 508
 Хроматы 107
 Хромиты 107
 Хромовые квасцы 99, 107

Ц

- Цвет серный 295
 Цвета ионов 202
 Цветные стекла 414
 Целлофан 142
 Целлулоид 79
 Цемент свинцовый 556
 Цилиндр для собирания газов 24, 140, 398, 274
 — измерительный 48, 110, 161, 497
 Цинк 50, 122, 182, 478, 520, 549
 — взаимодействие с кислотами 549
 — — с щелочами 550
 — вытеснение им меди 103
 — — свинца 103
 — гидрат окиси 550
 — гидролиз солей 550
 — зависимость свойств от температуры 488
 — окись 97
 — определение эквивалента 41
 — плавление 484
 — порошок 499
 — сернистый 303
 — серноокислый 105, 107, 303, 547
 — соединение с бромом 272
 — хлористый 121
 Цинкаты 107

Ч

- Часовое стекло 110, 291
 Чашечки для сжигания веществ в кислороде 66
 — — в хлоре 223
 Чашка железная 150, 374, 477
 — кристаллизационная 153, 185
 — свинцовая 286
 — фарфоровая 275
 Черенковая сера 180, 390
 Чернов Д. К. 496
 Черный порошок 390
 Четыреххлористый углерод 272, 279
 Чугун 496

Ш

- Швейнфуртская зелень 418
 Шприц медицинский 179
 Штатив для коллекций 479

Щ

- Щавелевая кислота 119
 Щелочи 107, 128, 347, 301
 — получение 538, см. едкий натр. едкое кали
 Щелочные металлы 530
 — горение в углекислом газе 536
 — — в сернистом газе 536
 — — в хлоре 533
 — разложение воды 534
 — свойства 532

Э

- Эвдиометр 3, 5
 — Бунзена 5, 6, 7, 8
 — видоизмененный Гостевым 9
 — Гофмана 5
 — градуировка 11
 — наполнение 8, 9, 11
 — приспособления к нему 8
 — самодельный 10
 — со спиралью 11
 — упрощенный 10
 Эквиваленты 38, 52, 54, 115
 — определение 41—57
 Экран для опытов 127, 373, 476
 Эксикатор 26, 529
 Экстракты растительные 314
 Электрическая искра 7
 — машина 6, 7, 10
 Электрический ток 169, 431
 — расчет силы тока и сопротивления 431
 Электроды 196, 239
 — проволочные 197, 382, 328
 — угольные 71, 420, 472, 305
 Электролампа
 — использование для опытов 196, 203
 Электролиз 191, 204, 239, 266
 — расплавов 525
 Электролизер 136
 Электрическая диссоциация 3, 191
 Электролиты 195, 203

— диссоциация 203
Электронагрев 327
Электропроводность металлов 485
— при нейтрализации 204
— расплава 199
— растворов 197
Электрофор 6, 10

Электрохимический ряд напряжений
509
Элемент гальванический 12
Эмульсии 168
Этикеточный лак 351
Эфир 102, 157

Я

Явление Тиндаля 172
Якобсон 421

Ящик для наблюдения явления Тин-
даля 174.

Вадим Никандрович Верховский

ТЕХНИКА И МЕТОДИКА
ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ШКОЛЕ

Редактор *Г. Л. Гемборек*
Художественный редактор *А. В. Мақсаев*
Технический редактор *Т. В. Карпова*
Корректоры *В. М. Антонова* и
М. В. Голубева

* * *

Сдано в набор 23/IV 1960 г. Подписано к печати
14/XI 1960 г. 60×92¹/₁₆. Печ. л. 37. Уч.-изд. л. 37,26.

Тираж 17 тыс. экз. А 09659. Заказ 867.

Цена без переплета 10 р. 05 к., переплет 1 р. 50 к.

* * *

Учпедгиз. Москва, 3-й проезд
Марьиной роши, 41.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа, г. Минск,
Красная, 23.

