

ПРОФ. В.Н. ВЕРХОВСКИЙ

ТЕХНИКА И МЕТОДИКА
ХИМИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА
В ШКОЛЕ

ТОМ
II

УЧПЕДГИЗ

Проф. В. Н. ВЕРХОВСКИЙ
Заслуженный деятель науки РСФСР,
действительный член Академии педагогических наук

ТЕХНИКА И МЕТОДИКА ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ШКОЛЕ

*Пособие для преподавателей
и студентов педвузов*

ТОМ ВТОРОЙ
ОПИСАНИЕ ОПЫТОВ

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

~~12759~~
6114

**БИБЛИОТЕКА
ШКОЛЫ № 11**

~~БИБЛИОТЕКА
ШКОЛЫ № 54~~

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ · ЛЕНИНГРАД · 1949

Настоящее четвертое, посмертное издание книги проф. В. Н. Верховского — „Техника и методика химического эксперимента в школе“ исправил, дополнил и подготовил к печати А. Н. Коковин.

Для четвертого издания книги написана новая глава XVII — „Металлы“, а также добавлены новые параграфы и описания опытов в следующие главы: I — „Весовой состав воды“, III — „Кислород“, XII — „Сера“, XIII — „Азот“, XIV — „Фосфор, мышьяк, сурьма“ и XV — „Углерод“.

I. 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 наполняет 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 (см. ниже). В обычном эвдиометре Бунзена (рис. 1 и 2) 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.

3. Опыт производится над ртутью или над водой, но газы берутся не в отношении 1:2, а в отношении 2:2 или 1:3 (один объем кислорода и три объема водорода). 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 газов, всегда смущающем учащихся. Кроме того, пользуясь нанесенными на эвдиометр грубыми делениями, сделанными краской и видимыми издали, можно сделать опыт более демонстративным. Грубые деления имеют еще такое преимущество: благодаря таким делениям скрадывается неизбежная небольшая 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, приводи их к атмосферному давлению.

При опытах с водой приведение к атмосферному давлению несущественно (см. I, стр. 496, 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. I, стр. 317). Доста-

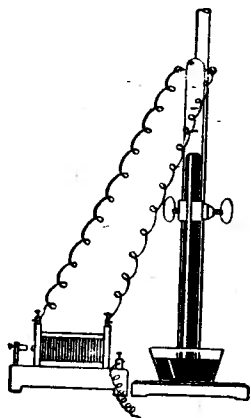


Рис. 1. Эвдиометр Бунзена с индуктором.

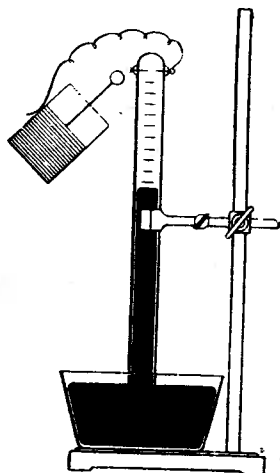


Рис. 2. Эвдиометр Бунзена с лейденской банкой.

точно, если индуктор даст искру 0,5—1 см длиной. Вполне пригодна, например, маленькая катушка Румкорфа с простым молоточным прерывателем.

Клеммы вторичной обмотки индуктора соединяются кусками проволоки с ушками эвдиометра (рис. 1). Проволока может быть совсем тонкая и не 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.

Нег надобности заботиться о хорошем контакте. Достаточно загнуть концы проволоки крючками и зацепить один конец за ушко эвдиометра, другой — за клемму 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. 317—321).

Вместо индуктора можно воспользоваться обычно имеющейся в физическом кабинете электрической машиной. Взрыв можно вызвать, или непосредственно соединя эвдиометр с кондукторами машины или зарядив при помощи электрической машины лейденскую банку (рис. 2).

Наконец, можно зарядить лейденскую банку при помощи электрофора. За неимением готового электрофора, можно приготовить его следующим образом. На чугунной сковородке расплавляется канифоль, которой дать 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 проволоки или цепочки; противоположный конец ее прижимается рукой к обкладке лейденской банки, и шарик лейденской банки подносится ко второму платиновому ушку эвдиометра (рис. 2). 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 собою толстостенную градуированную трубку, в верхний запаянный конец которой вплавлены две платиновые проволочки, изогнутые или прямые (рис. 3). Вместо обычного эвдиометра Бунзена можно воспользоваться предложенным мною школьным эвдиометром типа эвдиометра Бунзена (см. I, стр. 293).

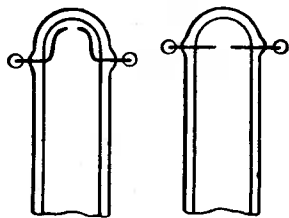


Рис. 3. Проволочки, впаянные в эвдиометр.

Эвдиометр наполняется над ртутью гремучим газом (правила обращения со ртутью см. I, стр. 36 и стр. 270). Между проволочками пропускается электрическая искра. Происходит взрыв, газы соединяются, образуя воду, и ртуть в трубке поднимается доверху.

В качестве ванны для наполнения эвдиометра ртутью, а также и для самого опыта лучше всего воспользоваться цилиндром с расширением наверху (рис. 4) или бокалом, но, если ртути мало, можно обойтись и с небольшой ванной в виде толстостенной стеклянной чашки диаметром 9—10 см, обрезанной склянки и т. п. (см. I, стр. 270—274).

Прежде чем наполнять эвдиометр ртутью, его следует тщательно вымыть и протереть фильтровальной бумагой, наверхнутой на палочку (см. I, стр. 168), или лучше сполоснуть спиртом и продуть через трубочку с ватой воздух (см. I, стр. 168), лучше без нагревания. Протирать эвдиометр в том месте, где проволочки, следует осторожно, чтобы не соединить их и не раздвинуть их концы. К нижнему концу эвдиометра можно притереть стеклянную пластинку (см. I, стр. 184).

Наполнив эвдиометр ртутью (см. I, стр. 270), закрыть его конец притертой пластинкой, пальцем или пробкой и перенести в ванну. Наполнение следует производить на подносе (см. I, стр. 270).

Ртуть, как служащая для наполнения эвдиометра, так и в ванне, должна быть чистая (см. I, стр. 272). Наливать ртуть следует осторожно, держа эвдиометр наклонно, чтобы ртуть лилась спокойной струей и не увлекала с собой много воздуха.

Укрепить эвдиометр на штативе, в хорошем зажиме с пробками так, чтобы нижний конец эвдиометра был недалеко от поверхности ртути в ванне.

Опыт. Подвести под эвдиометр газоотводную трубку прибора Бунзена (см. I, стр. 322) или упрощенного прибора для получения



Рис. 4. Ванна для эвдиометра Бунзена.

гремучего газа (см. I, стр. 502) 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. 4), то, прежде чем взрывать гремучий газ, достаточно опустить эвдиометр настолько, чтобы он на 4—5 см не доходил до дна цилиндра, и затем хорошо укрепить его в основательном 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 разряженное пространство. Для этого под конец эвдиометра подводится каучуковая пробка большего диаметра, чем эвдиометр. В пробке следует сделать по диаметру прорез, как показано на рис. 5, чтобы отверстие эвдиометра не было закрыто пробкой вполне. Иначе после взрыва, пока над ртутью остается разряженное пространство, из пробки успеет подняться в эвдиометр несколько пузырьков воздуха, всегда остающегося на поверхности пробки. Если же в пробке сделаны прорезы, то ртуть хотя и не моментально, но быстро поднимается наверх, 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.

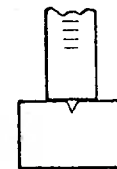


Рис. 5. Пробка для упора конца эвдиометра.

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 ничтожное количество влаги от образовавшейся воды. Обыкновенно, несмотря на все предосторожности, остается 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 не градуированный. Тогда он обходится значительно дешевле.

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 довольно глубокую банку, которая может заменить цилиндр с распирением.

○ 5. Опыт с эвдиометром Гофмана. Эвдиометр Гофмана (рис. 6) представляет U-образную трубку. Одно колено ее имеет кран наверху и впаянные проволочки; это колено и служит собственно эвдиометром. Другое колено — открытое и заменяет сосуд со ртутью. В нижней части открытого колена имеется кран. Обращение с этим эвдиометром следующее. Открыть верхний кран и наполнить оба колена ртутью. Закрыть верхний кран и открыть нижний. Вся ртуть из открытого колена выливается в подставленный стакан. В открытое колено ввести длинную стеклянную трубку, один конец которой соединен с аппаратом для получения гремучего газа, а на другой надет кусочек толстостенной резиновой трубки. Эта трубка должна быть такой длины, чтобы при надавливании на стеклянную трубку резинка загибалась и доходила до закрытого колена эвдиометра (рис. 6). При впускании газа избыток ртути вытекает через нижний кран. Перед взрывом, закрыв нижний кран, прилить в открытое колено несколько миллилитров ртути и закрыть открытый конец пробкой.



Рис. 6. Эвдиометр Гофмана.

Удобнее эвдиометр с трехходовым краном, который можно наполнять через кран. С таким эвдиометром, как уже сказано, можно проделать опыт соединения двух объемов водорода и одного объема кислорода, отмеривая каждый газ в отдельности. Кислород можно брать из газометра, водород — из прибора Киппа. Газы должны быть чистые и сухие, для чего кислород пропускают через раствор едкого натра, через хлористый кальций и через серную кислоту, водород — через щелочный раствор марганцовокалиевой соли, через раствор азотносвинцовой соли, через хлористый кальций и серную кислоту.

Трехходовый кран устанавливается сначала таким образом, чтобы газ выходил на воздух, а затем, когда воздух из крана будет вытеснен, кран поворачивается так, чтобы газ медленно поступал в эвдиометр. Одновременно из нижнего крана выпускается ртуть с такой скоростью, чтобы уровень ртути в обоих коленах стоял примерно на одной высоте, т. е. чтобы газ находился под атмосферным давлением. Это особенно важно в тот момент, когда точно устанавливается намеченный объем газа.

После того как оба газа собраны, ртуть из нижнего крана выпускается почти до уровня этого крана, открытое колено закрывается пробкой и производится взрыв.

Как уже сказано, в данном эвдиометре опыт можно производить и при отношении объемов газов 1:2, и при иных отношениях.

В последнем случае, испытывая оставшийся после взрыва избыток одного из газов, можно пользоваться приемами, указанными при опыте разложения воды (см. I, стр. 490).

○● 6. Опыт с упрощенным эвдиометром. За неимением продажного эвдиометра можно сделать упрощенный эвдиометр из стеклянной трубки (рис. 7). Трубку следует взять не широкую — с наружным диаметром около 1 см и не тонкостенную (обыкновенную). К трубке подобрать хорошую корковую пробку. Пробку резать так, чтобы ее можно было вдвинуть в трубку целиком. В пробку вставить две тонкие железные или медные проволочки, которые изогнуть так, как на рис. 8.

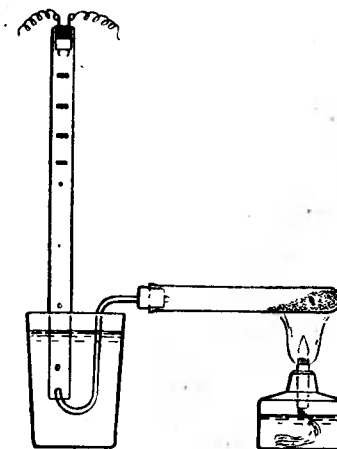


Рис. 7. Упрощенный эвдиометр.

Чтобы потом проволочки не могли поворачиваться в пробке, у них полезно сделать резкий перегиб, как показано на отдельно изображенной на рис. 8 проволочке. После того как проволочки вставлены в пробку, пробка углубляется внутрь трубки, как показано на рис. 8, проволочки устанавливаются, и сверху пробки наливается слой менделеевской замазки (см. I, стр. 226 и 378), изображенной на рис. 8 черным. Благодаря перегибам, окруженным замазкой, проволочки прочно держатся на своем месте.

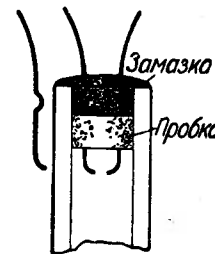


Рис. 8. Укрепление проволочек в пробке упрощенного эвдиометра.

Благодаря небольшому диаметру трубки, она легко выдерживает взрыв. Не нужно, конечно, впускать в нее много гремучего газа (на 7—8 см по длине трубки).

Преимущество такого эвдиометра в том, что он не требует много ртути. Его можно сделать длиной 15—20 см. Пользуясь для опыта вместо ртути водой, последнюю следует предварительно

прокипятить (стр. 8).

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 рис. 7. 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 каучуковой 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. 7) водой и опрокинуть в стакан или лучше в более глубокую банку с водой.

Поместить в пробирку немного марганцовокалиевой соли, 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 испытать его на чистоту, см. I, стр. 466).

Получить от преподавателя заряженную лейденскую банку, соединить ее обкладку с одной проволочкой эвдиометра и поднести шарик к другой (рис. 2). Наблюдать взрыв.

Заткнуть конец эвдиометра под воду пальцем, перевернуть и при помощи тлеющей лучинки 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 небольшой спирали Румкорфа.

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), вставленных в пробку эвдиометра (рис. 9). 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 рис. 9, нижние концы оставляются прямыми. Пробка с проволоками загоняется в трубку, как показано на рис. 9, а. Затем пробка заливается менделеевской замазкой, которая накладывается в трубку кусочками и затем расплавляется при помощи пламени спиртовки или горелки, отклоняемого вниз при помощи паяльной трубки (см. I, стр. 226). После того как замазка застынет, конец трубки нагревается до начала плавления замазки и пробка вместе с замазкой выталкивается из трубки деревянной палочкой. Теперь проволочки 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. 9, б), и концы толстой проволоки плотно прижимаются к ней плоскогубцами.

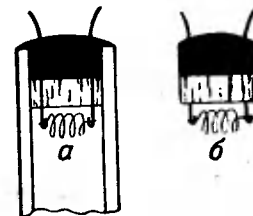


Рис. 9. Верх эвдиометра, по Петрову.

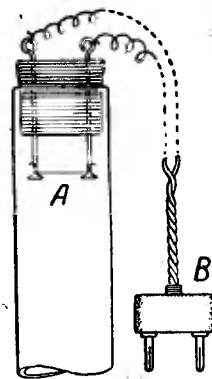


Рис. 10. Верх эвдиометра с медным волюсом.

После этого конец трубки эвдиометра нагревается, и в него вставляется „пыж“ с проволочками, и замазка снова нагревается. Она должна хорошо припаяться 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 элемента (см. I, стр. 313). Полезно включить спираль через реостат. Для взрыва достаточно красного каления. После взрыва ток сейчас же выключается.

Н. И. Корниенко производит взрыв смеси водорода с кислородом в эвдиометре следующего простого устройства (рис. 10).

К толстой стеклянной трубке длиной 15—20 см с наружным диаметром около 1,5 см подбирается хорошая резиновая пробка (не очень мягкая). Пробка прокалывается двумя кусочками твердой проволоки или булавок (гвоздями) на расстоянии около 1 см

друг от друга. К наружным концам проволок присоединяется электрический провод со штепсельной вилкой *B*, а противоположные концы соединяются тонким медным волоском *A*, взятым из многожильного медного электрического шнура (такие медные проволочки иногда применяются в быту под названием „жучков“ для замены предохранительных электрических пробок). Воду в эвдиометр следует наливать сначала осторожно, по стенке, чтобы не оборвать соединительный волосок. Нанесение делений на трубке и наполнение эвдиометра смесью водорода с кислородом производится так, как указано выше. Для взрыва газовой смеси, штепсельная вилка (*B*) эвдиометра вставляется в штепсель осветительной электросети. После взрыва ток выключается.

Перед каждым опытом соединительный волосок (*A*) эвдиометра ваменяется новым.

2. Синтез воды по Дюма (качественный опыт).

○ ● 1. Для опыта следует приготовить или заказать тугоплавкую трубку *A*, оттянутую и изогнутую, как на рис. 11. Длина трубки 17—18 см, наружный диаметр — около 1,5—2 см, наружный диаметр оттянутого кончика 0,3—0,4 см. Таковую трубку может приготовить любой стеклотюв.

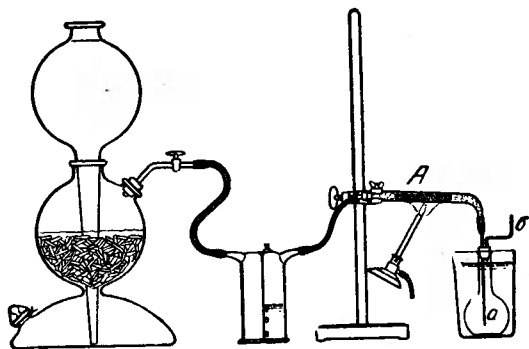


Рис. 11. Восстановление окиси меди водородом с собираньем воды.

В изогнутый конец трубки вложить клочок асбестовой или стеклянной ваты и насыпать зернистой окиси меди (*sirgum oxudatum granulatum pro analysi*). Затем вложить еще клочок асбестовой или стеклянной ваты и заткнуть 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 Сен-Клер-Девилля).

При качественном опыте нет необходимости очищать водород. Поэтому достаточно поставить только одну склянку Тищенко или какую-либо другую промывную склянку (см. I, стр. 252) с концентри-

рованной серной кислотой уд. в. 1,84, чтобы следить за током газа и осушать его.

Для собиранья образующейся воды присоединить к изогнутому концу трубки с окисью меди маленькую (на 50—60 мл) колбочку или пробирку (рис. 12), баночку и т. п. с двумя вставленными в пробку трубочками. Одна из них *a* (рис. 11), опущенная почти до дна колбы, соединяется с трубкой для восстановления, другая, изогнутая, *b* служит для отвода избытка водорода. Колбочка ставится в стакан с водой и присоединяется на каучуке к трубке для восстановления. Соединяемые трубки должны упираться друг в друга, чтобы колбочка не всплывала.

Собрав прибор, и спытать, держит ли он (см. I, стр. 258).

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. 36). 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 мало пригодна. 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.

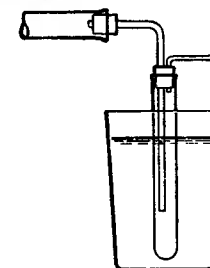


Рис. 12. Пробирка, заменяющая колбу в приборе, изображенном на рис. 11.

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 блюдечко. 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 (см. рис. 12). 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. I, стр. 150).

За неимением зернистой окиси меди можно воспользоваться и порошковой, но полученная медь не будет иметь такого харак-

терного металлического вида, как в первом случае. Порошковатую окись меди не следует насыпать в трубку плотно. Над слоем порошка должен оставаться свободный проход для газа. Этого легко достигнуть, если, держа трубку горизонтально, ударить по ней сбоку рукой.

Полезно иметь вторую запасную снаряженную трубку с окисью меди, на случай, если первая лопнет. Эта запасная трубка может

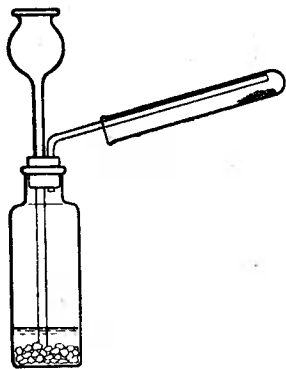


Рис. 13. Восстановление окиси меди водородом в пробирке.

служить для демонстрации окиси меди до опыта.

● 2. Наиболее простая постановка опыта для лабораторного урока изображена на рис. 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. I, стр. 466).

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.

Нагревать 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. I, стр. 286).

Водород берется из сильного автоматического прибора (см. I, стр. 242—251). Водород должен быть чистый и сухой, для чего его пропускают через ряд промывных склянок (см. I, стр. 252). На рис. 14 изображены склянки Тищенко. Их можно заменить любыми другими.

В первую склянку наливается раствор марганцовокалиевой соли (*kalium hypermanganicum*) 1:10, подкисленный несколькими

миллилитрами серной кислоты 1:5. Во вторую — раствор едкого натра (*natrium oxudatum hydricum*). В третью — концентрированная серная кислота 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. I, стр. 254). Можно воспользоваться бусами, смоченными серной кислотой (см. I, стр. 255).

Хлористый кальций можно взять крупнозернистый, какой поступает в продажу, но лучше отсееь и взять с зерном среднего размера (см. I, стр. 256).

Трубка для окиси меди берется такая же, как для предыдущего опыта (стр. 12).

Для собиранья и поглощения воды служат две дугообразные трубки высотой около 12 см. К трубкам следует подобрать очень

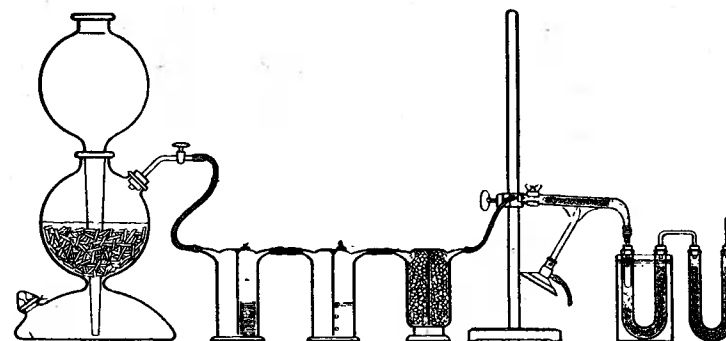


Рис. 14. Синтез воды по Дюма.

хорошие корковые или, лучше, каучуковые пробки, в которые вставить грубочки, как на рис. 14.

В первую трубку вкладывается сначала клочок 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 (см. I, стр. 256) хлористым кальцием, поверх которого опять кладется клочок ваты. Вторая трубка нацело заполняется хлористым кальцием, который прикрывается сверху клочками ваты. По наполнении хлористым кальцием поглотительный прибор, состоящий из двух дугообразных трубок, сейчас же собирается, и на концы трубок надеваются обрезки каучука, которые затыкаются 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 встав-

ленную 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 (см. I, стр. 258).

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 испытания 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 **каучуковым баллоном** (см. I, стр. 118, рис. 87) или газометром с воздухом. Присоединив баллон или газометр к промывной склянке, соединить последнюю сначала с поглотительными трубками. Пропускать несколько минут небыстрый ток воздуха (с такою 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 разнимая их). Лучше всего подвесить их на проволочном крючке (правила взвешивания см. I, стр. 286—291). 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. I, стр. 466), 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 каучук) 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, насухо 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. 50), и та же трубка без переснаряжения опять может служить для опыта восстановления.

4. Термическая диссоциация водяного пара.

○ Опыт состоит в том, что в колбу над кипящей водой помещают платиновую проволоку, накаливаемую добела электрическим током. Пары воды, соприкасаясь с накаленной проволокой, диссоциируют на водород и кислород. Благодаря резкому переходу от температуры белого каления к 100° обратная реакция проходит не вполне, и вместе с парами воды из колбы выделяется некоторое количество гремучего газа.

Для опыта требуется более или менее сильный источник электрического тока. Ток может быть постоянный (аккумуляторы, динамомашинка) или переменный (от осветительной сети). Кроме того, необходим реостат.

К колбе на 400—500 мл (лучше, но не обязательно короткогорлой) подогнать хорошую корковую пробку, в которую вставить газоотводную трубку *г* (рис. 15) и две медные проволоки *а* и *б* (толщ. около 0,5 мм). Внутренние концы проволоки слегка расплющить на наковальне (утюге) и вычистить наждачной бумагой. Затем обернуть вокруг расплющенных частей концы спирали *в* из тонкой (0,1—0,2 мм толщ.) платиновой проволоки длиной 15—20 см. Загнуть концы медной проволоки и зажать в них концы спирали плоскогубцами. Налить в колбу до $\frac{1}{2}$ воды, укрепить ее на штативе (см. рисунок) и вставить пробку со спиралью и газоотводной трубкой. Конец трубки поместить в большую ванну с водой. Приготовить очень маленький цилиндр для собирания гремучего газа или небольшую толстостенную пробирку (12—15 см длиной).

Нагреть воду в колбе до кипения и, когда весь воздух будет вытеснен (от конца газоотводной трубки перестанут подниматься пузырьки воздуха), соединить медные проволоки с источником электрического тока. Начинать нужно с самого слабого тока. При помощи реостата довести силу тока до такой величины, чтобы проволока накалилась почти до белого каления. Увеличивать силу

тока нужно очень осторожно, так как проволока легко может расплавиться. На всякий случай полезно иметь запасную проволоку такой же длины, как и первая. Нужная сила тока зависит, конечно, от размеров проволоки, и ее проще всего найти эмпирически.¹ При достаточно сильном накаливании проволоки 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 или лекции.

Не следует включать проволоку в цепь, пока не кипит вода, так как на воздухе проволока плавится при меньшей силе тока, чем в парах воды.

Опыт. Зажечь горелку под колбой и, когда весь воздух из колбы будет вытеснен парами воды, замкнуть 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 (см. I, стр. 485).

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 (см. стр. 216 и 298).

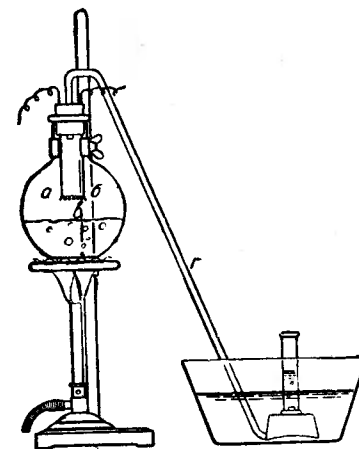


Рис. 15. Термическая диссоциация водяного пара.

¹ В моих опытах для накаливания проволоки 0,15 мм толщиной и 15 см длиной требовался ток от 10 аккумуляторов. Если аккумуляторов мало, нужно взять проволоку короче или толще. Если взять 20 см проволоки толщиной 0,5 мм, достаточно 2—3 аккумуляторов.

Брать проволочку тоньше 0,1 мм не следует, так как слишком тонкая проволочка в нагретом состоянии сильно провисает, спираль расходитя, причем иногда происходит короткое замыкание, и проволочка „перегорает“.

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

Опыт должен быть хорошо налажен.

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

1. Получение перекиси водорода.

○ Опыт получения перекиси водорода может быть проделан только для того, чтобы познакомиться учащихся с методом, для дальнейших же опытов проще пользоваться готовой аптечной 3% перекисью водорода (*hydrogenium peroxidatum medicinale*) или 30% перекисью 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.

В последнее время 30% перекись водорода отпускается обыкновенно в склянках особого стекла, не покрытых парафином.

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.

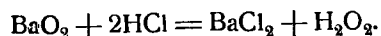
Если имеется 30% перекись водорода, то в 3% надобности нет, так как ее легко приготовить разбавлением концентрированной.

За исимением 30% перекиси водорода некоторые опыты из описанных ниже можно показать и с разбавленной.

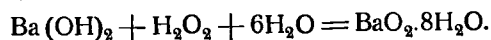
Перекись водорода при продолжительном хранении постепенно разлагается, и перед употреблением имеющийся раствор необходимо испытать.

Для опыта получения перекиси водорода следует лучше всего заранее приготовить гидрат перекиси бария ($\text{BaO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). 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 oxudatum hydricum*) до щелочной реакции:



Полученный осадок гидрата перекиси бария отфильтровывают и сохраняют влажным 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 внести 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 hyperoxudatum 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 кашу, 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 образовавшейся сернобариевой соли и затем слить прозрачную жидкость, представляющую 3—5% 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% раствора перекиси водорода. Заткнуть колбу пробкой с изогнутой, как на рис. 16, газоотводной трубкой, конец которой погрузить в ванну с водой.

Нагреть колбу и собрать некоторое количество кислорода в небольшой цилиндр для собирания 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 кусочках (*manganum hyperoxudatum pulvcratum* или *granulatum*). Происходит бурное разложение. Затем бросить немного двуокиси марганца в небольшую колбочку с полученным в классе или продажным 3% раствором перекиси водорода и через некоторое время внести в горло колбочки тлеющую лучинку, которая вспыхивает в выделяющемся кислороде.

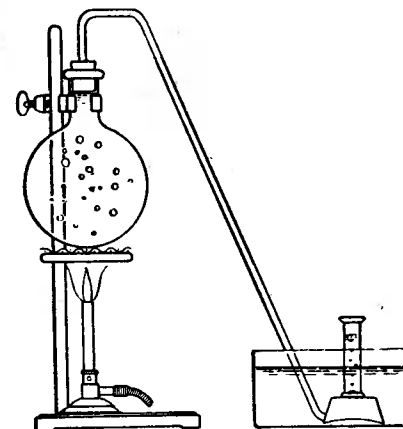


Рис. 16. Разложение перекиси водорода нагреванием.

Если в лаборатории есть концентрированный раствор перекиси водорода, то для второго опыта лучше разбавлением его приготовить раствор более концентрированный, чем продажный 3% 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 — и влажная действует весьма энергично.

○● 3. Окисление сернистого свинца.

Опыт. К налитому в бокал раствору свинцовой соли (например, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, *plumbum nitricum*) прилить немного сероводородной воды (см. ниже). Слив жидкость и слегка промыв осадок PbS декантацией, прилить к осадку 3% раствора перекиси водорода. Осадок белеет (PbS окисляется в PbSO_4). Опыт иллюстрирует применение перекиси водорода для реставрации картин.

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

Лодочка помещается в трубку (рис. 17), 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 имеющихся 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.



Рис. 18. Простейший эксикатор.

Эксикаторы для учащихся за неимением продажных могут быть приготовлены из обрезанных (см. I, стр. 176) склянок или банок (см. рис. 18). Пробку лучше залить парафином или менделеевской замазкой. Место разреза смазать вазелиновой мазью (см. I, стр. 229) 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 (см. I, стр. 331). Снимая „крышку“ эксикатора, ее следует класть боком, чтобы на смазанный разрез не налипал сор.

Без эксикаторов 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 рис. 17. Присоединить к нему прибор для получения водорода со склянками для очистки и сушения, как при опыте 3, стр. 15, рис. 14. Испытать, держит ли прибор (см. I, стр. 258).

Получить от руководителя эксикатор с двумя лодочками или только лодочки. Взвесить лодочки на точных весах (правила взвешивания см. I, стр. 286—291). Записать вес. В одну из лодочек насыпать до половины черного окисла меди, в другую столько же красного окисла меди.¹ Снова взвесить обе лодочки и записать их вес. Вынуть из прибора пробку *a*. Вдвинуть обе лодочки в трубку (запомнить, которая с каким окислом меди). Вставить пробку и проверить, держит ли прибор.

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

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. *Испытывать, весь ли воздух вытеснен* (см. I, стр. 466).

Когда пойдет чистый водород (*не раньше!*), зажечь его (*правила!* См. I, стр. 36) 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 удается хорошо.

Когда восстановление окончится (в обеих лодочках получится медь, и порошки изменят свой цвет), прекратить нагревание и, осла-

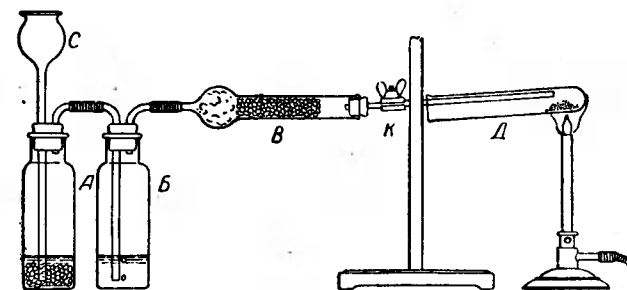


Рис. 19. Восстановление окислов металлов в пробирке со взвешиванием.

бив 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.

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

Найти отношение между полученными величинами.

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

Лодочки по окончании опыта моются концентрированной 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 стр. 14 (опыт 2, 2), с той лишь разницей, что водород лучше брать непосредственно из прибора, как на рис. 13, а пропускать через склянки для очистки и сушения. Для упрощения можно ограничиться одной промывалкой (банка или склянка Тищенко) со щелочным раствором марганцовокалиевой соли и трубкой с хлористым кальцием (рис. 19).

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

Для того чтобы сыпаемый 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 и, держа как на рис. 20, сильно прогреть в пламени горелки или лампочки (для того чтобы удалить с поверхности стекла гигроскопическую воду) и дать вполне остыть, укрепив стеклянную палочку в зажиме штатива.

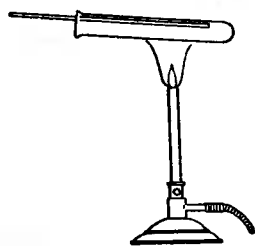


Рис. 20. Прогревание пробирки.

Пока пробирка остывает, собрать прибор, как на рис. 19. Здесь *A* — приборчик с воронкой *C* служит для получения водорода, склянка *B* — со щелочным раствором марганцовокалиевой соли — для очистки водорода и трубка *B* с хлористым кальцием — для осушения водорода. Трубка *K* должна быть укреплена в пробке и зажата в лапке штатива в таком положении, как на рисунке, чтобы надетая на нее пробирка *D* имела небольшой наклон. Если дать большой наклон — порошок окисла меди может сползть вниз, если меньший — трубка не будет наполнена во время опыта водородом.

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 доньшком 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 доньшку (если начать нагревать с доньшка, порошок может сползть 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 пробирки всю осевшую на стенках пробирки 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 пробирке, снять ее с трубки *K*. Пламя появится на конце трубки. Тогда, зажав на секунду каучук, задуть пламя, 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).

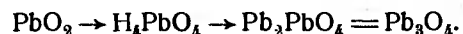
Менее точный, но достаточно убедительный результат получается и в том случае, если водород не очищать и не сушить.

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

б) Восстановление окиси и двуокиси свинца.

● 1. Восстановление в лодочках. Окись свинца PbO для опыта можно взять готовую, чистую (*plumbum oxudatum purissimum*), двуокись свинца PbO_2 либо тоже готовую, чистую (*plumbum hyperoxudatum 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 двувалентного свинца, образующаяся 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. 26). Окись свинца (глёт) перед отвешиванием также полезно прогреть до 150° и охладить в эксикаторе.

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

● 2. Восстановление в пробирках. И с окислами свинца можно проделать опыт в пробирках, как и с окислами меди. Только навески следует взять побольше — около 1,5 г. Трубочке 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 lamina*) и чистая кристаллическая сера, кристаллизованная из сероуглерода (*sulfur purissimum crystallisatum*). Взвешивание должно 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 точно взвесить его на точных весах (правила взвешивания см. I, стр. 286—291).

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

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 взвешенный кусочек меди, сейчас же закрыть тигель и продолжать нагревание.

Когда горение паров серы совершенно прекратится, погасить горелку и дать тиглю вполне остыть.

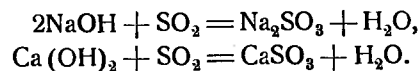
Взвесить тигель (без крышки) на точных весах.

Зная вес меди и вес полученного соединения меди с серой, а также атомный вес меди $\text{Cu} = 63$ 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 (см. I, стр. 286).

Для опыта требуется фарфоровая лодочка, как при опыте 3, а, 1, стр. 25.

В лодочке отвешивается сера (можно взять черенковую серу или серный цвет), и лодочка помещается в стеклянную трубку (рис. 21), 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 (получение см. стр. 34), который очищается пропусканием через промывную склянку с раствором едкого натра (*natrium oxydatum hydricum depuratum*) концентрации 1:5 и затем осушается концентрированной серной кислотой уд. в. 1,84.

Вместо газометра можно воспользоваться склянкой на 2—3 л, как на рис. 21, которую можно наполнить кислородом по способу вытеснения воздуха (см. стр. 44) 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. 21).

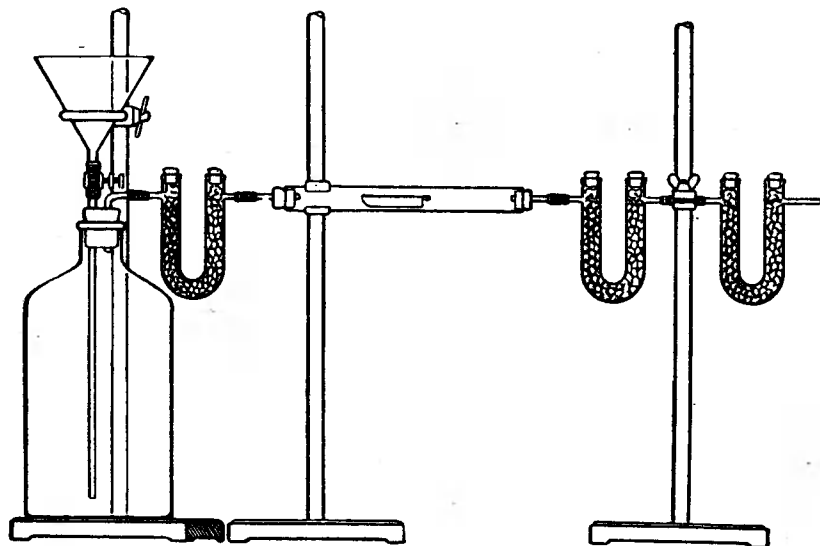


Рис. 21. Прибор для установления формулы сернистого газа.

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

С другой стороны к трубке для сжигания серы присоединяются две дугообразные трубки (высотой около 12 см), наполненные наполовину мелкой натронной известью (измельченной и отсеянной, см. I, стр. 256), наполовину — хлористым кальцием (см. I, стр. 256). Наполнение дугообразных трубок и обращение с ними см. стр. 16. Пробки должны быть каучуковые (рис. 21) или залиты менделеевской замазкой (см. I, стр. 225 и 378).

Опыт. Собрать прибор, как на рис. 21, состоящий из: 1) склянки (или газометра) с кислородом, 2) дугообразной трубки для очистки и сушения кислорода, наполненной наполовину натронной известью и смеси 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 (см. I, стр. 258). Пропускать некоторое время кислород, слегка прогревая трубку, и, когда тлеющая лучинка, поднесенная к последней дугообразной трубке, начнет всыхивать, отнять дугообразные трубки от прибора, разнять их и сейчас же закрыть их концы заранее приготовленными колпачками из куска каучуковой трубки, заткнутой стеклянной палочкой. Колпачки должны быть как-нибудь 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 порошок и точно взвесить на точных весах. Записать вес.

Поместить лодочку в трубку, как на рис. 21, 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 произведен 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. КИСЛОРОД.

1. Получение кислорода.

а) Бертолетова соль.

Для получения кислорода обычно пользуются бертолетовой солью. 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. I, стр. 40)*, 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 негодна (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 тугоплавкой хлорнокалиевой соли, 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 отношении. 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. I, стр. 40*).

Если чистота двуокиси марганца вызывает сомнение, то, прежде чем готовить большое количество смеси, двуокись марганца *следует испытать*, для чего несколько ложек смеси нагревается в открытой 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 получается 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 бертолетовой 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 бертолетовой 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 бертолетовой соли *kalium chlorat* (в некоторых школах до сих пор еще сохранились реактивы немецких фирм).

Мне известен случай отравления со смертельным исходом в результате перепутывания названий. Больной в лекарстве вместо хлористого калия была дана бертолетова соль.

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

б) Каталитическое действие двуокиси марганца на бертолетову соль.

○● *Опыт*. Насыпать в пробирку бертолетовой 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, не опускать ее глубже, 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 присыпания 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. Горпечников).

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 нехватит 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.

в) Наполнение газометра.

●● **Опыт.** Поместить смесь в реторту на 250—500 мл. Реторту укрепить в зажиме штатива таким образом, чтобы шейка реторты была направлена несколько книзу. На конец реторты надеть **каучуковую трубку**. Трубка должна быть достаточной длины, чтобы конец ее можно было ввести в газометр. Можно каучуковую трубку надставить стеклянной.

Наполнить **газометр** свежей водой. Воду необходимо брать, безусловно, свежую, если неизвестно совершенно определено, каким газом был наполнен газометр раньше, и если, кроме лица, наполняющего газометр, последний никто не мог пользоваться. Бывали случаи страшных взрывов, когда кислород собирался в газометр после ацетилен 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. 22). Закрывать все краны и открыть нижний тубулус (относительно различных газометров и подробности о наполнении их см. I, стр. 263—270).

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.

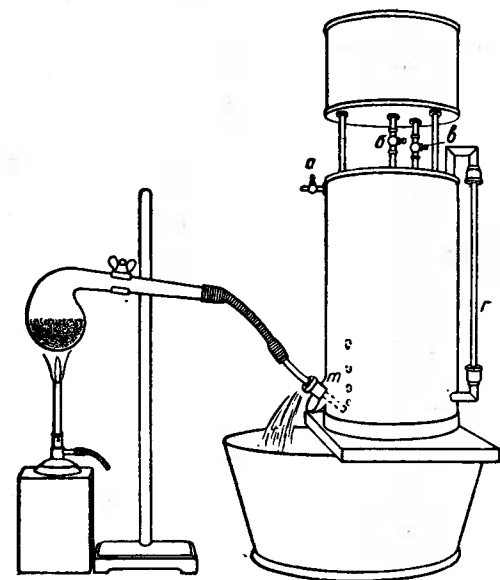


Рис. 22. Наполнение газометра кислородом.

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 нисколько 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. 44).

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

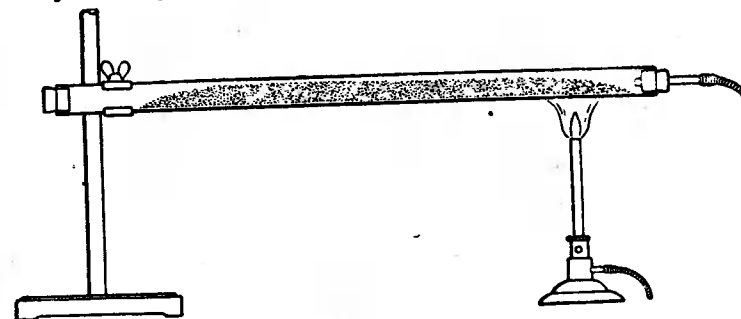


Рис. 23. Трубка для получения кислорода.

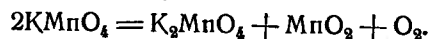
воды, так как вода, конденсируясь, будет во время опыта стекать обратно, и колба легко может лопнуть (см I, стр. 235).

Для лабораторного опыта можно воспользоваться пробиркой. Смесь можно также поместить в длинную трубку (рис. 23). Трубка укрепляется в горизонтальном положении. Нагревание следует начинать с того конца, к которому присоединяется газоотводная трубка. Смесь не должна заполнять трубку вполне, над порошком во всю длину трубки должен оставаться проход. Для этого по наполненной трубке, держа ее горизонтально, следует поколачивать сбоку рукой.

г) Кислород из марганцовокалиевой соли.

Вместо бертолетовой соли для получения кислорода можно пользоваться **марганцовокалиевой солью** $KMnO_4$ (kalium hypermanganicum), которую теперь часто применяют в школьной практике как менее опасное вещество. Следует, однако, заметить, что с серой, углем, фосфором и другими горючими веществами марганцовокалиевая соль тоже дает взрывчатые смеси.

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



100 г марганцовокалиевой соли дают около 7 л кислорода. Разложение можно вести в реторте или в пробирке, как и разложение бертолетовой соли.

Благодаря значительной стоимости марганцовокалиевой соли, она, конечно, не может иметь практического применения для получения больших количеств кислорода, в школьном же деле стоимость того количества, которое нужно для школьных опытов, сравнительно невелика.

Марганцовокалиевую соль можно рекомендовать для получения кислорода в начальной школе, где она рассматривается просто как „порошок для получения кислорода“, в курсе же химии бертолетова соль имеет преимущество в методическом отношении, так как и формула и равенство реакции для учащихся гораздо понятнее. Как уже указано, при соблюдении нужных предосторожностей разложение бертолетовой соли совершенно безопасно. Бояться этой реакции преподавателю химии приходится не более, чем целого ряда других обычно показываемых опытов, которые, будучи совершенно безопасными, при упущениях со стороны экспериментатора могут окончиться неблагоприятно.

Во время нагревания марганцовокалиевой соли она несколько распыляется. Пыль летит вместе с кислородом и может окрасить воду в пневматической ванне. Во избежание этого полезно пропускать кислород через трубку с неплотно положенной ватой. Если реакция ведется в пробирке, можно вложить клочок ваты в передний конец пробирки.

д) Получение кислорода из двуокиси марганца.

○ С. Ф. Силин и О. Н. Дятлова рекомендуют следующий простой способ получения кислорода из дешевого и широко доступного материала — двуокиси марганца MnO_2 (manganum hyperoxydatum).

Двуокись марганца разлагается лишь при температуре выше 530° , а потому обычная стеклянная посуда для опыта не пригодна.

Разложение двуокиси марганца следует проводить в **железной трубке**. Для нагревания требуется жаровня, примус или другая достаточно сильная горелка.

Опыт. В среднюю часть железной трубки длиной 20 см (рис. 24) поместить двуокись марганца. Порошок не должен заполнять всю трубку, а над ним во всю длину должен оставаться проход. Для того чтобы двуокись марганца не рассыпалась по трубке, через концы ее следует вставить рыхлые пробки из асбестовой ваты и, при помощи палочки или карандаша,

протолкнуть их до самого порошка. Один конец трубки закрыть наглухо хорошей корковой пробкой, другой — пробкой с отверстием, в которое вставлена газоотводная трубка (рис. 24). Трубку поместить с небольшим наклоном на жаровне, укрепив в зажиме штатива. Сильно нагревать ту часть трубки, в которой находится двуокись марганца. Испытать выделяющийся кислород

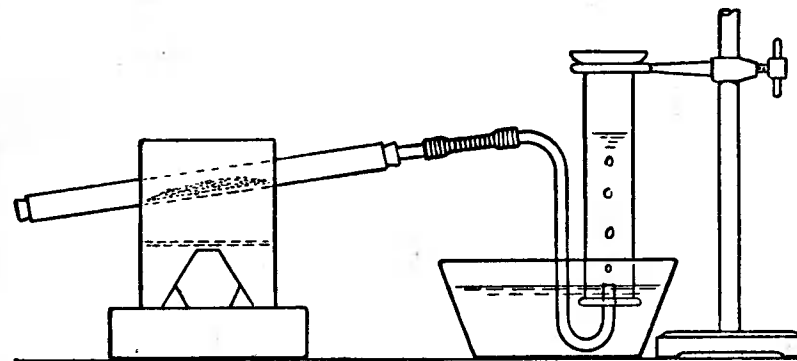


Рис. 24. Получение кислорода из двуокиси марганца.

глюющей лучинкой и собрать его в цилиндры над водой или в газометр.

Выделение кислорода идет спокойно и, при сильном нагревании, достаточно быстро.

е) 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), марганцовокалиевую соль 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 , сернонатриевая соль Na_2SO_4 (natrum 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.

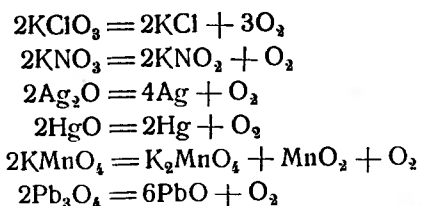
Составить список выданных веществ в определенном порядке, начиная от наиболее легко выделяющих кислород и кончая веществами, которые кислород не выделяют.

Полезным упражнением для учащихся будет, если в связи с проделанными опытами дать им такую задачу: рассчитать по равенствам реакций, сколько каждого из веществ нужно взять для получения того же самого количества (например, 32 г) кислорода и затем, зная цены веществ, рассчитать, какое из них самое выгодное для получения кислорода (при расчете стоимости смеси бертолетовой соли с двуокисью марганца можно считать, что по весу последней нужно брать вдвое меньше, чем бертолетовой соли).

Стоимость (примерная) 100 г вышеуказанных веществ при составлении нами этой работы была следующая:

бертолетовой соли	30 коп.
селитры	42 "
окиси серебра	12 р. 00 "
окиси ртути	62 "
марганцовокалиевой соли	82 "
двуокиси марганца	5 "
сурьки	20 "

Равенства реакций:



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. 26). 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. I, стр. 158), банками,

большими стаканами и т. п. Широкогорлые сосуды и стаканы прикрываются кусками картона с вырезом для трубки (рис. 25). 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. 25) и т. п.

Сосуды для сжигания веществ в кислороде должны быть чистые. Автору известен случай, когда по небрежности для наполнения кислородом была взята склянка, служившая раньше для бензина и не вымытая. Когда в склянку была внесена тлеющая лучинка, произошел сильный взрыв смеси паров бензина с кислородом, причем было ранено несколько человек.

Кислород для наполнения можно получать в пробирке (рис. 25). 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.

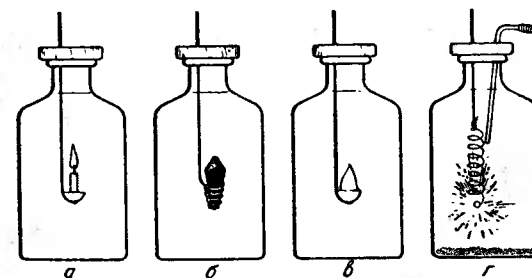


Рис. 26. Сжигание различных веществ в кислороде.

При сжигании одни вещества помещаются на особые ложечки (см. I, стр. 361), другие укрепляются на проволоках. Ложечки и проволоки вставляются в широкие корковые пробки, которые не должны плотно входить в отверстия склянок, а берутся обыкновенно большего диаметра, чем эти отверстия (рис. 26), 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 вместо склянок пользуются банками или стаканами. Ложечки и проволоки должны в пробках держаться плотно, не опускаясь

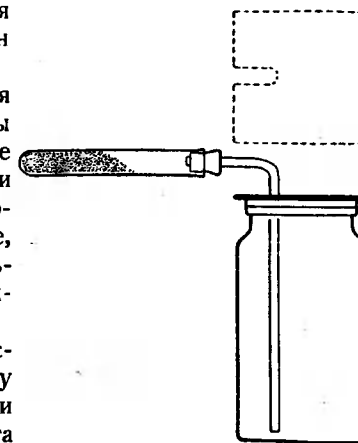


Рис. 25. Наполнение банки кислородом.

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. I, стр. 362, рис. 445).

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. I, стр. 185), которые пригодятся для опытов с хлором.

Кислород для опытов удобнее всего брать из баллона (см. I, стр. 277) или газометра, но необходимости в них нет: можно приготовить большую (на 300—500 мл) реторту со смесью (см. стр. 37) и наполнять сосуды прямо из реторты. Если смеси взято много, то наполнение идет достаточно быстро.

Наполнение лучше всего производить на уроке непосредственно перед каждым опытом по способу вытеснения воздуха. Конец 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. I, стр. 375).

○● 1. Сжигание свечи. Обыкновенно берут восковую свечу, но, конечно, можно воспользоваться и парафиновой. Свеча длиной 3—4 см прилепляется к ложечке (рис. 26, 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 проволокой к концу толстой проволоки, загнутой крючком сверху, или, лучше, вставляется в сделанную на конце проволоки коническую спираль (рис. 26, б) Уголь во время горения часто растрескивается и раз-

валивается. 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 отожженной 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 порошок 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. 26, 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. 26, г), для чего сталь сначала нужно „отпустить“, т. е. нагреть почти докрасна и дать медленно остыть. Затем проволока наматывается на толстую проволоку, гвоздь или на деревянную палочку: Так как сталь и после „отпуска“ сохраняет отчасти свою упругость, то спираль потом несколько расходится. 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. 27) или спичку, при помощи которой железо зажигается в кислороде. 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.

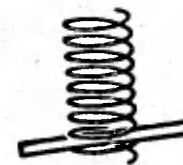


Рис. 27. Стальная спираль с лучинкой для зажигания.



Рис. 28. Игладлясжигания в кислороде.

На дно склянки следует насыпать слой песка, 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. 28).

Можно сжигать и порошок железный, поместив его кучкой на выгнутый в виде скамеечки с наклоном к учащимся кусок асбестового картона (рис. 29). Вместо склянки тогда нужен батарейный стакан, банка для варенья и т. п. Зажигается порошок накаленной проволокой или лучинкой.



Рис. 29. Асбестовая подставка для сжигания железа в кислороде.

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

○ 5: Сжигание натрия. При горении натрия (см. I, стр. 453; правила! См. I, стр. 40) 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 oxudatum rigidum* или *calcaria caustica e magno*). Мел должен быть природный; классный пресованный 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).

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. 30).

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 воспользо-

ваться паяльной трубкой. Если есть газ, то проще всего нагревать натрий при помощи газовой паяльной трубки. Можно также обойтись и с обыкновенной паяльной трубкой или даже с оттянутой стеклянной трубкой, при помощи которой направить на натрий пламя горелки, спиртовой лампочки или свечи (рис. 31).

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. I, стр. 32).

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

Опыт. Наполнить склянку кислородом и заткнуть ее пробкой. Отрезать (пинцет, нож) от высушенного **фильтровальной бумаги** куска натрия (см. I, стр. 453) кусочек величиной немного 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. 31), 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 от времени до времени нарушать корку, хотя бы той же паяльной трубкой, при помощи которой производится нагревание.

По окончании горения плотно закрыть склянку приготовленной пробкой.

○● 6. Сжигание кальция. Для опыта нужен кальций в виде стружек (см. I, стр. 451). 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. 46).

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. 32).



Рис. 30. Чашечка из мела для сжигания натрия в кислороде.



Рис. 31. Зажигание натрия.

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



Рис. 32. Спичка для зажигания кальция в кислороде.

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 бартелевской горелкой, наклонив ее пламя над ложечкой.

○ 7. Сжигание белого фосфора. Для сжигания белого фосфора (*phosphorus albus*. *Правила*/См. I, стр. 34) необходимо 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.

Для зажигания 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. 33, а).

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

В качестве сосуда для сжигания фосфора принято пользоваться широко- и короткогорлой колбой (рис. 33) 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 вполне возможно воспользоваться и большой склянкой для сжигания веществ в кислороде. Рекомендуется также большой батарейный стакан и т. п. В него можно поместить опрокинутый большой тигель и т. п. На дно его поставить чашечку или крышку от тигля с отбитым ушком, жестяную коробочку и т. п. В чашку кладется фосфор. Стакан прикрывается куском стекла, жести и т. п. Под сосуд, на случай, если бы он лопнул во время опыта, следует подложить сковородку, кусок асбестового картона, жести и т. п.

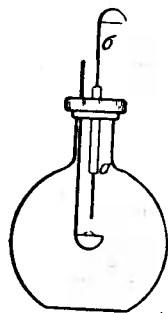


Рис. 33. Колба для сжигания фосфора в кислороде.

Для опыта следует отрезать кусочек фосфора, величиной не больше горошины (кубик, стороны которого равны 4—5 мм). При обращении с фосфором наблюдать 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, лежавший в воде комнатной температуры, легче загорается при высушивании (*правила*/См. I, стр. 34, подробнее стр. 357—360).

Во время подготовки фосфора и во время опыта на уроке следует иметь под руками концентрированный (1:10) раствор 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 опасен, поэтому 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 фос-

фором. Красный фосфор должен быть сухой. Если он отсырел, его следует промыть и высушить (см. ниже, стр. 357).

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. 34) 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 с ослепительным пламенем. Сосуд наполняется белым дымом фосфорного ангидрида P_2O_5 .

Сосуд можно оставить закрытым той пробкой, в которой укреплен 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. 45) и привязать одним концом к вставленной в пробку проволоке.

Рис. 34. Зажигание красного фосфора в кислороде.



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

Магний сгорает с 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. 12) или 3 (стр. 14), укрепить в зажиме штатива на такой высоте, чтобы ее можно было легко нагревать.

Газометр, наполненный кислородом (стр. 37), соединить с двумя промывными склянками: с одной с раствором едкого натра (стр. 39), чтобы отнять от кислорода примеси, обыкновенно сопровождающие этот газ, когда он получается из бертолетовой соли; с другой 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 каучуковой трубки с промывными склянками. Открыть кран в воронке газометра и повернуть кран отводной трубки 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. 12).

● 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 укрепена слегка наклонно, отверстием кверху.

4. Белящее действие кислорода в момент выделения.

○ **Опыт.** В стакан с раствором сернонатриевой соли Na_2SO_4 (*sodium sulfuricum purum*) опускают угольные электроды, укрепленные в куске картона (рис. 35). 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 прилегающий к электроду, обесцвечивается атомарным кислородом, выделяющимся в результате вторичной реакции при электролизе сернонатриевой соли.

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

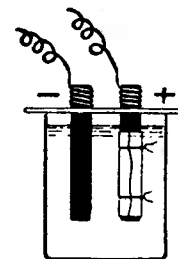


Рис. 35. Белевание ткани кислородом в момент выделения.

IV. ОКИСЛЫ, КИСЛОТЫ, СОЛИ.

1. Основные окислы.

●● 1. Гашение извести. Для опыта лучше всего пользоваться чистой жженой известью, получаемой из мрамора (*calcaria caustica e marmore* или *calcium oxudatum rigrum*). Можно удовольствоваться и обыкновенной нечистой, — употребляемой для постройки, но с нею обыкновенно приходится гораздо дольше ожидать начала реакции.

Хранить известь следует в банках с корковыми пробками, залитыми парафином (см. I, стр. 224).

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

Для опыта следует взять возможно большие куски (6—8 см и более в поперечнике), так как с мелкими кусками реакция начинается позже.

Если известь плохо гасится, можно ее предварительно прокалить в пламени паяльной горелки или в печке, чтобы разложить образовавшийся гидрат.

Выжигание извести из известняка в сколько-нибудь значительных количествах в лабораторной обстановке не удается (обжигание мрамора см. ниже).

Опыт. Поместить несколько больших кусков извести CaO на сковородку, в фарфоровую чашку или на тарелку. Поливать известь понемногу водой, давая каждый раз впитаться прилитой воде и стараясь не проливать мимо куска. Когда известь перестанет впитывать воду, прекратить поливание. Через некоторое время начинается сильное разогревание, от извести поднимается пар, и она постепенно рассыпается в порошок.

Взболтать некоторое количество порошка в воде. Профильтровать.

Прибавить к фильтрату фиолетовый раствор лакмуса.

Написать равенство реакции соединения жженой извести с водой.

Если известь при предварительном испытании гасится очень плохо, то можно попробовать взять теплую или горячую воду.

Полученную гашеную известь следует сохранить (в банке с залитой парафином пробкой) для получения известковой воды, для опыта, 5 (стр. 56) и др.

● 2. Гашение извести в пробирке.

Опыт. Если нет возможности раздать учащимся большие куски извести, можно погасить небольшой кусочек извести в пробирке, 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. ниже, в главе „Углерод“ (стр. 408).

● 3. Едкие свойства извести.

Опыт. Несколько ложек влажной гашеной извести завернуть в бумагу или в тряпку и оставить на несколько дней, хорошо прикрыв, чтобы известь не высыхала. (Известь их разъедает.)

● 4. Свойства едкого натра и едкого кали.

Опыт. Познакомиться с едким натром NaOH (*natrium oxudatum hydricum*). Получить от преподавателя кусочек едкого натра (кусочек палочки в $\frac{1}{2}$ —1 см длиной). Растворить в пробирке в небольшом количестве воды (1—2 мл). Прикоснуться ко дну пробирки рукой. Что замечается? (Разогревание.) Несколько капель раствора перенести палочкой на бумагу или на тряпку и оставить на несколько дней. Что произошло с бумагой? (Бумага разъедается щелочью.)

Одну каплю взять на палец так, чтобы жидкость не попала под ноготь, и *сейчас же* вымыть. Что наблюдается 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. Сейчас же хорошо выполоскать рот (если в данной местности нельзя пить сырую воду, как, например, в Ленинграде, то для полоскания рта нужно заготовить кипяченую воду).

Прилить к раствору лакмус. Что наблюдается? (Лакмус синее.)

Проделать то же с едким кали KOH (*kalium oxudatum hydricum*).

● 5. Свойства едкого барита.

Опыт. Познакомиться с едким баритом Ba(OH)₂ (*barium oxudatum hydricum rigrum crystallisatum*). Растворить небольшое количество в воде, испытать на лакмус, действие на кожу. Ни в коем случае нельзя пробовать едкий барит на-вкус, так как *соединения бария сильно ядовиты*.

● 6. Окислы, нерастворимые в воде.

Опыт. Попробовать растворить в воде следующие окислы: окись железа Fe₂O₃ (*ferrum oxudatum rigrum*), окись алюминия Al₂O₃ (*aluminium oxudatum anhydricum*), окись меди CuO (см. опыт 10, I, стр. 414) и другие имеющиеся окислы.

Работы 4—6 можно дать учащимся без определенного порядка, чтобы они сами отметили едкие щелочи.

2. Реакции между кислотными оксидами и водой.

○● 1. Для опыта требуется фосфорный ангидрид P_2O_5 в виде порошка (acidum phosphoricum anhydricum). Хранить его следует всегда плотно закрытым. Если пробка корковая, то ее необходимо залить (см. I, стр. 224).

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

Взяв по капле серной и азотной кислоты на стакан воды, также попробовать на-вкус.

Угольный и сернистый ангидриды см. стр. 44 и 45.

○● 2. В качестве примера ангидрида кислоты, образованного окислом металла (высшие окислы некоторых металлов, дающих несколько окислов), может служить хромовый ангидрид CrO_3 (acidum chromicum). Желательно иметь чистый, сухой хромовый ангидрид (purissimum) в виде малиново-красных кристаллов, но можно удовлетвориться и темными кристаллами технического продукта (technicum). Хранить хромовый ангидрид следует в банке с залитой парафином пробкой (см. I, стр. 224), так как он притягивает влагу из воздуха и расплывается.

Опыт. Показать учащимся хромовый ангидрид. Всыпать в бокал (или пробирку) ложку кристаллов (ложку сейчас же вымыть и вытереть) и растворить в воде. Из малиново-красных кристаллов получается желтый раствор хромовой кислоты H_2CrO_4 .

3. Реакции между оксидами металлов и кислотами.¹

○ 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 углемедной соли (см. I, стр. 414). Можно приготовить некоторое количество окиси меди прокаливанием углемедной соли 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.

¹ Взаимодействие металлов с кислотами см. выше, I, стр. 463.

● 2. опыты с оксидами меди, цинка и магния. При лабораторном опыте, кроме окиси меди, можно воспользоваться окисью цинка ZnO (zincum oxidatum) 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 порошковатую окись меди, оставшуюся от разложения углемедной соли (см. I, стр. 414), окись цинка или окись магния, наблюдая, как идет реакция. Не всыпать следующей порции, пока не прореагирует предыдущая. Не кипятить, а только нагревать.

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 охлаждению 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 кислоты и нагревать с ними окись меди, то выделяющаяся вода садится на холодных стенках пробирки в виде капель, хорошо заметных на „жирных“ от кислоты стенках пробирки.

Кислота от образовавшейся соли зеленеет.

Опыт. Взять в пробирку немного олеиновой кислоты $H(C_{18}H_{35}O_2)$ (acidum oleicum), всыпать очень небольшое количество окиси меди, оставшейся от работы 10 (см. I, стр. 414), и нагреть. Что наблюдается?

Написать равенство реакции.

Повторить то же самое со стеариновой кислотой $H(C_{18}H_{35}O_2)$ (acidum stearicum, 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 про-

бирку, приливать понемногу (лучше по каплям) концентрированный раствор (1:5) едкого натра NaOH (*patrium 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. Продажный гидрат окиси меди всегда содержит большое количество углекислой соли и сильно шипит при растворении. Поэтому для опыта лучше всего взять свежесажженный едким натром (*patrium oxudatum hydricum*) гидрат окиси меди. Для этого раствор медного купороса (*cuprum sulfuricum*) вливают в раствор едкого натра (не наоборот). Раствор должен оставаться слегка щелочным. Полученный осадок удобнее всего отфильтровать через матерiu (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 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, свежесажженные 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 известь.

○ 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 как бы кусков 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. 52) 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 *непрерменно* должна содержать в себе некоторое количество влаги, так как иначе реакция идет очень медленно и опыт не удастся. Таким образом, важно не пересушить массы. В случае же, если масса высохнет больше, чем нужно, ее следует слегка sprysнуть водой. До опыта массу следует сохранять в хорошо закрытом сосуде.

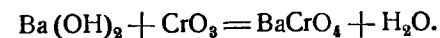
Опыт. В склянку с кусками известковой массы пустить сильный ток углекислого газа (получение см. ниже). На стенках сосуда сейчас же появляется обильная роса, которая скоро собирается в капли, образующие потоки по стенкам сосуда. При реакции выделяется значительное количество тепла, дно сосуда делается 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. I, стр. 224).

б) Хромовый ангидрид и гидрат окиси 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 мази.

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, *barium 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 purum) 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 никоим образом 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 чиста. 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 желез-

ными опилками, которые иногда можно получить в аптекарских складах (*ferrum metallicum limatum purum*). Обыкновенные 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 мало пригодно и порошок железное 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. I, стр. 153, рис. 133, А) налить до половины раствора медного купороса, всыпать железных опилок (слоем прилб. $\frac{1}{2}$ 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 отфильтровать.¹

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 садятся 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 продажные кристаллы медного купороса CuSO_4 и кристаллы железного купороса FeSO_4 (*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.

б) Вытеснение меди цинком.

● **Опыт.** Налить $\frac{1}{2}$ пробирки раствора медного купороса (раствор можно приготовить из кристаллов, полученных при опыте 3, 1, стр. 54).

Положить в раствор несколько кусочков цинка (*zincum metallicum granulatum*, зерненный цинк, см. I, стр. 378, 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 цвет. ¹ Что произошло?

Раствор профильтровать через маленький фильтр (воронка) в стакан и оставить кристаллизоваться до следующего раза.

в) Вытеснение свинца цинком (сатурново дерево).

●○ Приготовить слабый раствор (лучше всего 0,4%) уксусно-свинцовой соли (*plumbum acetatum rigrum*). На 250 мл раствора прибавить несколько капель уксусной кислоты (*acidum aceticum 30%*), чтобы не выпадала основная соль. Раствор поместить в стакан, банку и т. п.

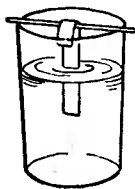


Рис. 36. Цинковая пластинка в растворе уксусно-свинцовой соли.

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. 36). Будучи опущен 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 уксусно-свинцовой соли $Pb(H_2C_2O_4)_2$.

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 кристаллики получают вид блестящих табличек более или менее значительных размеров.

¹ Если цинк нечистый, то, кроме цвета меди, наблюдается черный цвет примесей: углерода, мышьяка и др.

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) Вытеснение 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 (*cuprum metallicum in laminis*), 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 азотнортутной соли $Hg(NO_3)_2$ (*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) Вытеснение серебра ртутью.

○ **Опыт.** В пробирку налить каплю ртути и прилить немного раствора азотносеребряной соли $AgNO_3$ (*argentum nitricum*) 1:10.

Через несколько часов на поверхности ртути появляется лес иглообразных ярко блестящих кристаллов серебра.

7. Реакции обмена.

а) Соляной обмен.

○ 1. Приготовить слабый (например, 2%) раствор азотносеребряной соли AgNO_3 (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 NaCl , 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 азотносеребряной соли желательно сохранить для других опытов, то лучше всего поместить склянку в какую-нибудь коробку, так как раствор может сохраняться только в темноте.

● 2. Для лабораторных опытов можно взять больше солей (в растворах 1:10), например:

Хлористый барий BaCl_2 (barium chloratum) + серноцинковая соль ZnSO_4 , полученная при одном из предшествующих опытов или продажная (zincum sulfuricum). Можно взять другие соли серной кислоты, например, серноалюминиевую $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (aluminium sulfuricum) или квасцы $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ (alumen kalicum).

Хлористый барий + угленатриевая соль Na_2CO_3 (сода, natrum carbonicum).

Азотосвинцовая соль $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (plumbum nitricum) или уксусно-свинцовая соль $\text{Pb}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)_2$ (plumbum aceticum) + поваренная соль NaCl (natrum chloratum) или хлористый барий (см. выше).

Азотосвинцовая соль + хромовокалиевая соль K_2CrO_4 (kalium chromicum).

Азотнортутная соль $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (см. стр. 61) + хромовокалиевая соль.

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 + азотнокалиевая KNO_3 (kalium nitricum).

Хлористый барий + азотнокалиевая соль.

Серноцинковая соль ZnSO_4 (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.

Опыт. 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 его формулу в равенстве реакции.

Проделать те же опыты с рядом других солей.

Было бы полезно выдавать учащимся все перечисленные соли в твердом виде и предоставить им перед опытом растворить по нескольку кристалликов каждой соли в пробирках и уже затем сливать полученные растворы. Тогда у учащихся останется более реальное представление о самих солях, а не только о их растворах.

б) Реакции обмена между солями и кислотами.

Для опытов можно взять следующие комбинации: хлористый барий и серная кислота, азотносеребряная соль и соляная кислота, поваренная соль и серная кислота.

○● **Опыт.** 1. Влить в бокал (или пробирку) раствор хлористого бария (стр. 62) и прилить раствора серной кислоты (1:5). Образуется обильный белый осадок сернобариевой соли BaSO_4 , в растворе — соляная кислота.

2. Влить в бокал (или пробирку) соляной кислоты и прилить раствора азотносеребряной соли (стр. 62). Образуется белый осадок хлористого серебра AgCl , в растворе — азотная кислота.

Чтобы показать, что в растворе действительно образовалась азотная кислота, нужно взять для опыта концентрированный раствор азотносеребряной соли, отфильтровать (воронка, фильтр, колбочка) немного раствора, прибавить к фильтрату еще немного азотносеребряной соли и, если достигнута полнота осаждения, 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 влажную синюю лакмусную бумажку. Она краснеет.

Можно смочить раствором азотносеребряной соли стеклянную палочку и подержать над отверстием сосуда; образование белого налета хлористого серебра убеждает, что выделяющийся газ есть хлористый водород.

в) Получение нерастворимых в воде гидратов окислов металлов. Амфотерные окислы.

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: серно-магниевого MgSO_4 (magnesium sulfuricum), серномедной CuSO_4 (cuprum sulfuricum), серноникелевой NiSO_4 (niccolum sulfuricum),

хлорного железа FeCl_3 (ferrium sesquichloratum), сернокадмиевой CdSO_4 (cadmium sulfuricum), серноцинковой ZnSO_4 (zincum sulfuricum), серноалюминиевой $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ или квасцов $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ (aluminium sulfuricum, alumen kalicum), сернохромовой $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ или хромовых квасцов $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ (chromium sulfuricum, alumen chromicum) и азотно-свинцовой $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (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 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 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 плумбиты.¹

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, которые из окислов являются основными и которые — 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 (barium chloratum), хлористый кальций CaCl_2 (calcium chloratum), азотнокалиевую соль KNO_3 (kalium 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 продолжают дальнейшие опыты.

¹ Следует напомнить, что хроматами называются соли хромовой кислоты H_2CrO_4 и плумбатами — соли, отвечающие окислу PbO_2 и соответствующим кислотам H_2PbO_3 и H_2PbO_4 . Хромиты же и плумбиты соответствуют гидратам $\text{Cr}(\text{OH})_3$ или H_2CrO_3 и $\text{Pb}(\text{OH})_2$ или H_2PbO_2 . Эти термины часто путают.

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 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NiSO_4 , KNO_3 , FeCl_3 , $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, CdSO_4 , CaCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

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 $\frac{1}{3}$ 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, использовав имеющиеся пробирки, записать результат, пробирки выполоскать и затем продолжать работу.

8. 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 XVI «Кремний» (стр. 433).

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 (natrium oxydatum

hydricum depuratum) и серной кислоты H_2SO_4 (например 10 г NaOH на 1 л воды и около 7 мл H_2SO_4 уд. в. 1,84 на 1 л воды).

Приготовить раствор лакмуса, желательно очищенного (см. I, стр. 375), а если имеются, то и других каких-либо индикаторов, например, фенолфталеина (phenolphthalein, 1% раствор в спирте; можно воспользоваться слабительными пилюлями — фенолфталеин или пурген), который в нейтральном и в кислом растворе бесцветен, в щелочном — интенсивно красного цвета, кошенили (coccinella настоять в спирте, разбавленном 3—4 объемами воды); кошениль в присутствии кислоты — светложелтого цвета, в щелочном растворе — красно-фиолетового; конго (kongu) в противоположность лакмусу в присутствии кислот — синего цвета, в присутствии щелочей — красного; метилоранжа (methylorange), который от кислоты краснеет, от щелочи желтеет и др.

Помимо опытов с готовыми индикаторами, полезно также показать изменение от щелочей и кислот цвета растительных красящих веществ, например, содержащихся в плодах черники, ежевики, черной смородины, бузины, вишни, в листьях красной капусты, в цветах фиалки, в синих колокольчиках горечавки (генцианы), в синих васильках, синей георгине и др. Летом можно воспользоваться соком растений, который от кислоты краснеет и от щелочи синее или зеленеет. К зиме же рекомендуют приготовить экстракт непродолжительным нагреванием с водой, лучше со спиртом. К профильтрованному экстракту следует прибавить какого-нибудь антисептика — борной или салициловой кислоты и т. п.

Экстракты очень мало чувствительны и для титрования не годятся. Из указанных цветов можно извлечь и чистое красящее вещество — цианин, которое может служить индикатором. Для этого, по указаниям Л. Г. Спасского,¹ цветы нагревают со спиртом и настой выпаривают при доступе воздуха. Остаток экстрагируется водой, и экстракт осаждается уксусносвинцовой солью $Pb(H_2C_2O_4)_2$ (plumbum aceticum). Полученный зеленый осадок суспендируют в воде, разлагают сероводородом и фильтруют. Фильтрат выпаривают, остаток извлекают безводным спиртом и из раствора осаждают краску сероводородом. Получаются аморфные синие хлопья, растворимые в воде и спирте и нерастворимые в эфире. Сернистая кислота краску обесцвечивает; со свинцом и металлами второй группы краску дает зеленое соединение, нерастворимое в воде. Обесцвеченный сернистым газом раствор дает окрашивания с некоторыми алкалоидами.

○ *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 свежeproкипяченной 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. Бюретки можно получать с готовыми наконечниками и зажимами.

Установить бюретки вертикально в зажимах обыкновенного штатива (рис. 37) или на особом штативе (см. I, стр. 329) 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,

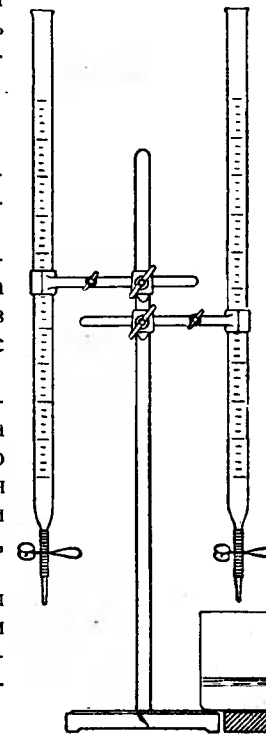


Рис. 37. Бюретки.

¹ С п а с с к и й, Индикаторы, Москва 1897.

щелочи он снова делается фиолетовым, от следующей капли щелочи — синим.

Если прилито слишком много кислоты, то дело не испорчено, 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, всполоснуть 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 рис. 40. 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. I, стр. 293).

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 н. д. 7—10 мм без заметных утолщений или утончений. От нее отрезаются два куса 30—40 см длиной. У трубки проверяется диаметр отверстий с обоих концов. Для этого из куса тонкого плотного картона (бристольский и т. п.) вырезается острый клин. Клин вставляется с одного конца трубки так, чтобы одна сторона клина плотно прилегала 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.

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 благодаря тому, что возможны ошибки при отсчетах.



Рис. 40. Упрощенная бюретка

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.

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 применяют свои навыки в расчетах на практике.

Эта работа может быть дана в двух вариантах:

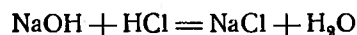
1) приготовленные по расчету растворы непосредственно сливаются для получения соли и

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 в 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?

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 из воздуха 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, всполоснуть 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. Всполоснуть стаканчик, в котором была кислота, небольшим количеством воды и эту воду также вылить в стакан.

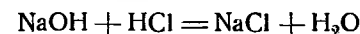
Раствор хорошо перемешать и испытать его реакцию: при помощи стеклянной палочки поместить одну каплю раствора на красную, другую — на синюю лакмусную бумажку.

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.

● 2. Приготовление растворов едкого натра и соляной кислоты, равные объемы которых нейтрализуют друг друга. Для опыта нужны — соляная кислота уд. в. 1,12 (стр. 72), едкий натр (стр. 72), который 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 одной граммолекулы едкого натра нужна граммолекула хлористого водорода.

Если приготовить такие растворы, чтобы в некотором объеме, например, в 1 л, в 1/2 л и т. д., одного раствора находилась граммолекула едкого натра, а в таком же объеме другого раствора находилась граммолекула хлористого водорода, то ясно, что равные объемы этих растворов будут нейтрализовать друг друга.

То же самое будет, если мы возьмем не граммолекулу, а $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{10}$ и т. д. граммолекулы каждого вещества.

Не лишним будет отметить, что если взять по граммолекуле едкого натра и соляной кислоты и растворить каждую в литре воды, то это будет не то же самое, что растворить граммолекулы в таких количествах воды, чтобы получилось по 1 л каждого раствора.

Грамммолекулы различных жидких и твердых веществ занимают различные объемы.

Раствор, содержащий одну граммолекулу вещества в 1 л раствора, носит название *граммолекулярного* или *молярного* раствора.¹

Для приготовления граммолекулярных растворов едкого натра и соляной кислоты следует:

Отвесить в фарфоровой чашке (см. стр. 73) $\frac{1}{4}$ граммолекулы 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). Всполоснуть чашку несколько раз водой, которую сливать в ту же колбу. Долить воды до черты на шейке колбы и, закрыв колбу пробкой, хорошо переболтать. Перелить раствор в обыкновенную колбу. Если всё не войдет, остаток можно вылить. Измерительную колбу хорошо выполоскать.

Отмерить измерительным цилиндром столько миллилитров соляной кислоты уд. в. 1,12 (24%), чтобы в них заключалось $\frac{1}{4}$ граммолекулы HCl. В кислоте указанной концентрации в каждом литре содержится 267 г HCl.

Перелить кислоту в измерительную колбу на 250 мл (см. выше) и всполоснуть несколько раз измерительный цилиндр, выливая воду каждый раз в ту же колбу. Долив воды до черты, хорошо переболтать 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 лакмусную 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.

¹ Если учащиеся знакомы с понятием „эквивалент“, то можно указать им, что граммолекулярные растворы соляной кислоты и едкого натра будут в то же время граммэквивалентными, или нормальными, но что для серной кислоты и для едкого барита нормальным раствором будет раствор, в литре которого содержится $\frac{1}{2}$ граммолекулы, для ортофосфорной кислоты — $\frac{1}{3}$ граммолекулы и т. д.

10. Кислые, двойные и основные соли.

а) Кислая угленатриевая соль.

●● 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 затем, 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. 400).

Так как угленатриевая соль растворима в воде, то мы не замечаем ее 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 угленатриевой соли, образующейся за счет углекислого газа воздуха, шипение происходит и в данном случае, но гораздо более слабое.

Продолжать пропускание углекислого газа. Образуется все увеличивающийся осадок кислой угленатриевой соли NaHCO_3 .

б) Кислая углекальциевая соль.

Получение этой соли, формула которой в начале курса могла бы затруднить учащихся, описано ниже, в главе „Углерод“ (стр. 407).

в) Кислая сернонатриевая соль.

● 1. Кислую сернонатриевую соль 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 **лакмусной бумагой** (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 **безводной сухой сернонатриевой соли** Na_2SO_4 (*patrium sulfuricum rigidum 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%, т. е. в 100 г кислоты содержится 96 г H_2SO_4 и что 1 *мл* ее весит 1,84 г.

Разболтать 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 в фарфоровой чашке до начала выделения соли, дать остыть и, слив раствор, обсушить полученные кристаллы **NaHSO₄** **фильтровальной бумагой** и пересыпать в общую банку.

г) Кислая щавелевокалиевая соль.

● **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 KOH (1:10), пользуясь **лакмусной 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) Кислая ортофосфорнокальциевая соль.

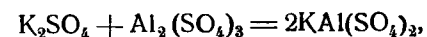
● **Опыт.** Налить в стаканчик известковой воды (см. I, стр. 377) и приливать понемногу раствор **ортофосфорной кислоты** H_3PO_4 (*acidum phosphoricum crystallisatum*), все время перемешивая **стеклянной палочкой**. Сначала образуется нерастворимая средняя соль $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Получается 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 **серноалюминиевой соли** (*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 **сернокалиевой соли** 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 серноалюминиевую соль 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 получают 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 отдела.

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 учащих может остаться убеждение, что всякая соль должна иметь нейтральную реакцию на лакмус.

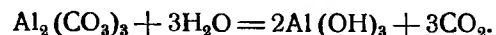
● **Опыты.** 1. Испытать **лакмусной бумажкой** реакцию растворов следующих солей (растворы можно заготовить или нормальные, т. е. граммэквивалент в 1 л раствора, или 1:10): **угленатриевой** Na_2CO_3 (natrium carbonicum), **углекалиевой** K_2CO_3 (kalium carbonicum), **сернонатриевой** Na_2SO_4 (natrium sulfuricum), **уксусонатриевой** $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (natrium aceticum), **хлористого алюминия** AlCl_3 (aluminium chloratum), **хлористого натрия** NaCl (natrium chloratum, поваренная соль), **серномедной** CuSO_4 (cuprum sulfuricum, раствор взять более слабый — 1:50), **азотнокалиевой** KNO_3 (kalium nitricum), **азотносвинцовой** $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (plumbum nitricum), **сернистонатриевой** Na_2SO_3 (natrium sulfurosium), **борнатриевой**, **буры**, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (natrium biboricum), **хлористого цинка** ZnCl_2 (zincum chloratum), **хлористого аммония** NH_4Cl (ammonium chloratum), **углеаммониевой соли** $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (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 **угленатриевой соли** Na_2CO_3 .

Получается осадок гидрата окиси алюминия, так как образующаяся в первый момент соль слабого основания и слабой кислоты: $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$, нацело гидролизуетсся с образованием гидрата окиси алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$:



3. Отвесить (с точностью до 0,1 г) 2,5 г **медного купороса** $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Рассчитать, сколько граммов **кристаллической соды** $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (или безводной соды Na_2CO_3) нужно отвесить, если с одной молекулой медного купороса реагирует одна молекула соды.

Растворить каждую соль в $\frac{1}{3}$ пробирки воды.

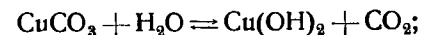
Слить растворы в **фарфоровой чашке** или в стаканчике.

В первый момент замечается образование голубого осадка, который быстро зеленеет, причем жидкость пенится вследствие выделения углекислого газа.

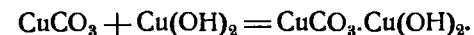
Слегка нагреть раствор (не до кипения) и продолжать нагревание, пока не прекратится выделение углекислого газа.

Происходящие явления могут быть объяснены следующим образом.

В первый момент при реакции обмена образуется нормальная (средняя) углемедная соль CuCO_3 , которая частично подвергается полному гидролизу с образованием голубого гидрата окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$:



образовавшийся гидрат окиси меди реагирует с нормальной солью, образуя основную соль:



Отфильтровать осадок (**фильтр, воронка**), промыть на фильтре водой, вынуть фильтр, развернуть, разравнять соль и оставить сохнуть на воздухе. Получилась зеленая основная соль, обычно называемая просто углемедной солью.

4. Слить растворы **азотносвинцовой** (стр. 78) и **угленатриевой** (стр. 78) солей (**бокал** или пробирка).

Образуется белый осадок основной углесвинцовой соли $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, или свинцовые белила.

Механизм реакции, вероятно, такой же, как и при образовании основной углемедной соли.

V. 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 бунзеновской 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. I, стр. 477). 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, очевидно, *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. I, стр. 34; получение белого фосфора из красного, см. стр. 361), 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. I, стр. 34, а также 357 — 360, 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 марганцовокалиевой соли $KMnO_4$.

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. Если желательно 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. 41). Выливать парафин можно в консервную банку или в ведро.

Опыт. Поместить в пробирку кусочки парафина около $\frac{1}{8}$ пробирки. Нагреть парафин до кипения и сильно кипящий парафин вылить с высоты 10—15 см тонкой струей в банку или в ведро (рис. 41). Парафин вспыхивает, получается большое пламя.

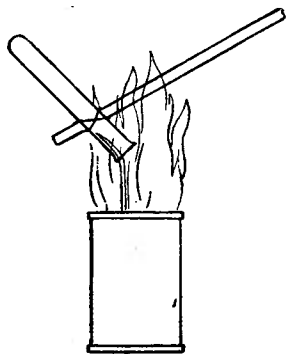


Рис. 41. Самовоспламенение парафина.

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

3. Опыт можно упростить, если сыпать 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.

○ **Опыт.** 1. На стол положить кусочек жести и налить на него немного бензина, чтобы образовалась лужица около 8 см в

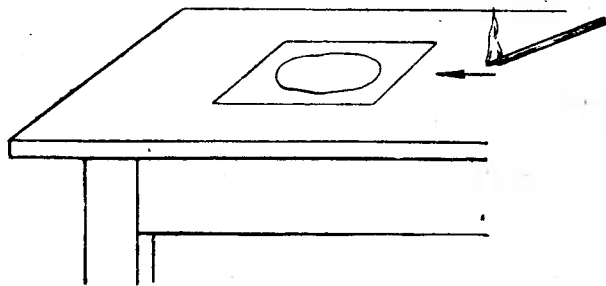


Рис. 42. Воспламенение пролитого бензина.

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. 42). 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. 43). Голова куклы должна быть не целлюлоидная, а фарфоровая или мастичная, без параика.

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

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

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



Рис. 43. Кукла для демонстрации тушения бензина, загоревшегося на 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. 44). В стакан и в пробирку налить воды. В пробирку поместить кусочек белого фосфора (*предосторожности!* См. I, стр. 34, 357 и 360) 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 **проволочки** и поместить в баночку для остатков фосфора (см. ниже, в главе XIV „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**.

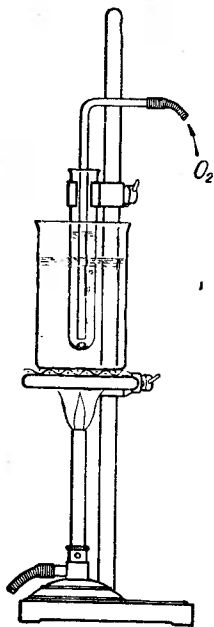


Рис. 44. Температура воспламенения фосфора.

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 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, незнакомым учащимся.

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

б) Прекращение горения охлаждением горячей жидкости.

○ 1. **Опыт.** В **железный тигель** 5—6 мл высотой или в 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.

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 (нежелезная) 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 **бунзеновской горелки** приблизительно до половины его. Пламя не проходит через сетку (рис. 45). Затем зажечь **спичку или лучинку** и поднести ее к проходящему через сетку газу: он вспыхивает, пламя появляется и над сеткой.

Загасить горелку (зажать пальцами **каучук**). 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. 46).

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 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 Бартели**, но так как темпера-

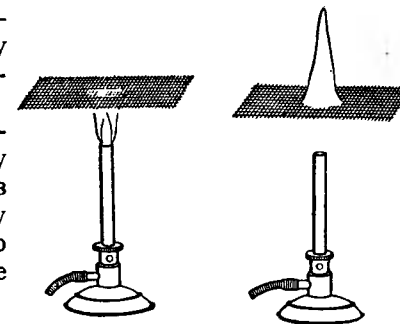


Рис. 45.

Рис. 46.

Охлаждение пламени газа сеткой.

тура 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 бунзеновской горелкой, вдувая в нее, хотя бы при помощи ручной каучуковой груши, воздух, карбурированный пропусканием через промывную склянку (см. I, стр. 252) с небольшим количеством бензина (см. I, стр. 127). За неимением бунзеновской горелки можно приготовить горелку из стеклянных трубок (см. ниже, при опытах с пламенем).

5. Лампа Дэви.

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 светильным газом (из городской сети или полученным лабораторным способом, — см. ниже, при опытах с пламенем), парами бензина или водородом.

а) Опыты со светильным газом.

○ 1. Для опытов нужна небольшая склянка (на $1-1\frac{1}{2}$ л) с тубулуcom внизу (рис. 47). Нижний тубулус склянки затыкается пробкой с трубкой *a*, на которую надевается каучук, приводящий светильный 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, см. I, стр. 169). 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 *b* (рис. 47). Газ, будучи значительно легче воздуха, поднимается вверх и выходит

через трубку *b*. 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 *b* вставить приготовленную трубку с медной сеткой *v* (рис. 48). 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 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

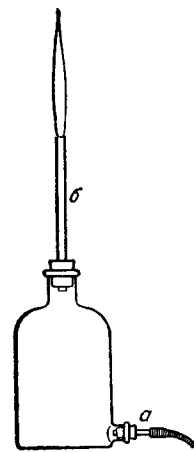


Рис. 47. Взрыв смеси светильного газа с воздухом.

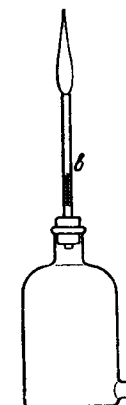


Рис. 48. Предупреждение взрыва светильного газа при помощи медной сетки (I).

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 тубулатной склянки можно воспользоваться двухгорлой склянкой.

○ 2. Можно произвести опыт с верхней воронкой от прибора Киппа (см. I, стр. 248), укрепив ее длинным концом кверху и впуская газ через горлышко. Проделать опыт без сетки, затем вставить сетку (рис. 49) и повторить опыт.

○ 3. Наконец, можно воспользоваться колоколом или обрезанной склянкой, как в опыте с водородом (оп. 136, см. I, стр. 482). 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 каучук и зажечь выходящий газ.

При взрыве бумага, которой заклеен колокол, прорывается.

○ 4. После описанных опытов можно показать опыт с лампой Дэви.

В магазинах лабораторных принадлежностей и в специальных технических складах можно приобретать настоящие лампы Дэви (рис. 50), какие употребляются для работы в рудниках.

Самая лампа в них обыкновенно бывает масляная. Ее следует наполнить оливковым или другим растительным маслом. Для этого от лампы нужно отвинтить резервуар, вывинтив предварительно имеющимся при лампе ключом запирающий лампу 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.

Для опыта с лампой Дэви нужен батарейный стакан: (см. I, стр. 154) или банка, например, банка для варенья, в которую свободно входила бы вся лампа.

Опыт. Зажечь 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.

Рис. 49. Предупреждение взрыва светильного газа при помощи медной сетки (2).

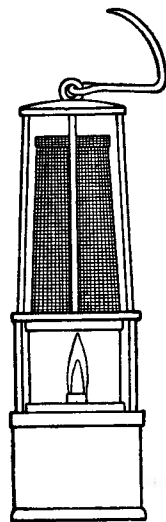
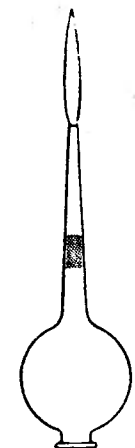


Рис. 50. Лампа Дэви.

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 лампу Дэви. Пламя лампы начинает колебаться и иногда потухает.

Сняв сосуд с 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 громадное 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 лам-

пой 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 рис. 51, можно приготовить из крышки от жестянки из-под 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. I, стр. 379) или сшить куском тонкой проволоки.

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.



Рис. 51. Упрощенная лампа Дэви.

б) Опыты с бензином.

○ 1. Для опыта можно воспользоваться такой же тубулатной склянкой (на 1—2 л), как и для опыта со светильным газом (стр. 87).

К нижнему тубулу склянки присоединить при помощи пробки со вставленным в нее отрезком трубки каучуковую грушу (баллон) с двумя шарами (см. I, стр. 114) или, лучше, паяльный мех.

Приготовить из медной сетки цилиндр (стр. 86), который входил бы в верхнее горлышко склянки. Вставлять в горлышко еще трубку, как в опыте со светильным 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 вдвухивать в склянку воздух. Через несколько секунд поднести к отверстию верхнего горла прибора пламя спички.

Выходящие из трубки вместе с воздухом пары бензина загораются и горят совершенно спокойно светящимся пламенем (см. I,

стр. 120). По мере того как бензин испаряется, пламя все уменьшается, и, наконец, при некотором избытке воздуха пламя распространяется внутрь склянки, и происходит взрыв.

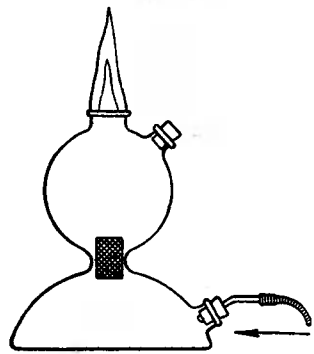


Рис. 52. Предупреждение взрыва смеси паров бензина с воздухом в нижней части аппарата Киппа.

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

Склянку с бензином после вливания последнего следует отставить подальше.

После опыта со взрывом вставить в верхнее горло склянки приготовленный цилиндрок из медной сетки (верхний конец цилиндрика должен быть приблизительно 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.

Цилиндрок должен быть достаточной длины и довольно плотно свернут.

Вместо тубулатной склянки очень удобно воспользоваться нижней частью от прибора Киппа (см. I, стр. 248).

Сетку можно вставить в суженную часть сосуда (рис. 52), тогда взрыв происходит только в верхней части сосуда, в нижнюю же не распространяется.

Можно, наконец, воспользоваться для опыта и обыкновенной материальной склянкой или склянкой для молока (см. I, стр. 158), опустив трубку, приводящую воздух, до дна сосуда (рис. 53). При опыте с сеткой трубку *a* можно вставить внутрь цилиндрика из сетки *b* (рис. 53). 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 со светильным газом, но сосуд должен стоять, конечно, отверстием кверху.

Опыт. Зажечь лампу. Затем смочить комочек ваты бензином и слегка провести ватой в нескольких местах по внутренней поверхности стенок приготовленной банки. Отставить бензин и вату

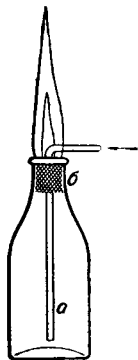


Рис. 53. Предупреждение взрыва смеси паров бензина с воздухом в склянке.

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 как-нибудь не вспыхнули.

Не следует оставлять лампу в парах бензина очень долго, так как сетка может в конце концов прогреться, 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 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 т. I, стр. 482—483. Затем в трубку вставляется сетка (см. выше), и опыт повторяется.

Цилиндрок из сетки должен быть достаточной длины.

Трубку прибора можно взять несколько длиннее, чем указано на стр. 483 (т. I), чтобы лучше было видно опускающееся по трубке пламя.

Опыты в тубулатной склянке, как описано на стр. 86—87, с водородом производить не следует.

6. Самовоспламенение фосфора.

○ 1. Раствор белого фосфора (приготовление см. ниже на стр. 361) 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. I, стр. 34 и 357—360) 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. I, стр. 35 и 357—360).

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. 54), слегка помахать ею в воздухе. Как только весь сероуглерод испарится, фосфор вспыхивает. Бумага при этом большей частью не успевает загореться.



Рис. 54. Самовоспламенение фосфора.

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 **каучуковой груши** воздух также до тех пор, пока весь фосфор не выгорит.

За неимением сернистого углерода опыт можно поставить с **четырёххлористым углеродом** CCl_4 (carbonium 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 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; учащийся опускает конец полоски в приготовленный заранее **раствор фосфора** в сероуглероде, налитый в небольшую баночку или чашечку слоем не более 1 см, снимает избыток раствора о край сосуда и отправляется к своему месту. Фосфор вскоре вспыхивает иногда раньше, чем учащийся успеет дойти до своего места.

Преподаватель, конечно, должен внимательно следить за тем, как учащиеся опускают бумажки, и не разрешать брать слишком много раствора, чтобы раствор не мог капнуть с бумажки.

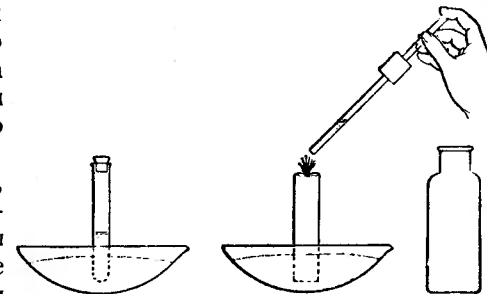


Рис. 55. Самовозгорание свечи.

Такую лабораторную работу я ставил в школе много лет подряд, и никогда никаких недоразумений не происходило.

Взамен сернистого углерода можно, как и при лекционном опыте, воспользоваться **четырёххлористым углеродом** (стр. 92).

○ 3. Опыт, разоблачающий одно из „чудес“. У куска **свечи** следует заранее очистить от парафина или стеарина и распушить свечильню. Свеча вставляется в подсвечник или, лучше, в чашку с песком. Затем свечильня смачивается **раствором фосфора в сероуглероде** (раствор фосфора в четырёххлористом 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. I, стр. 34 и 357).

Для смачивания свечильни раствором фосфора удобнее и безопаснее всего воспользоваться следующим приемом (Б. И. Субботин).

На кусок стеклянной **трубки** около 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. 55) 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. I, стр. 35). Закрывать пробирку с раствором фосфора пробкой.

Пробирку с раствором фосфора в сероуглероде лучше всего держать в чашке с песком (рис. 55).

После урока раствор уничтожить (см. I, стр. 35).

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

VI. 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 приступить к опытам, необходимо знать правила обращения с бромом (см. правила, т. I, стр. 35 и ниже в главе XI „Бром, иод, фтор“, стр. 226).

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. 56). Поместить сзади белый экран или лист бумаги.

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 боль-

шим куском матового или обыкновенного стекла, но тогда края цилиндров лучше смазать вазелиновой мазью (см. I, стр. 229).

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 диффузия двуокиси азота и водорода.

○ Для получения двуокиси азота удобнее всего воспользоваться азотносвинцовой солью $Pb(NO_3)_2$, ее нагревают в пробирке (см.

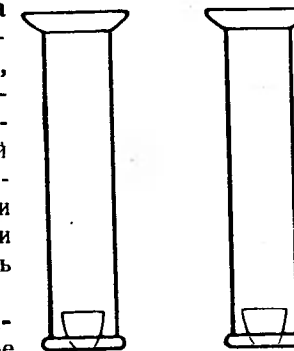


Рис. 56. Диффузия паров брома.

стр. 352). Наполнение цилиндра лучше произвести до урока. То, что при разложении азотносвинцовой соли 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) Диффузия 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. 57).

Опыт. Налить в цилиндр раствора сернистой кислоты, полученного пропусканием сернистого газа в воду (см. ниже), или концентрированного раствора уксусной кислоты $H(H_3C_2O_2)$ (acidum aceticum 30% или, лучше, еще более концентрированный). Конечная бумажная лента не должна, 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 комочек ваты и взяв красный лакмус вместо синего

Рис. 57. Диффузия паров уксусной кислоты.

(аммиак легче воздуха, и потому наливать раствор аммиака в цилиндр не имеет смысла). Возможно ли по методическим соображениям

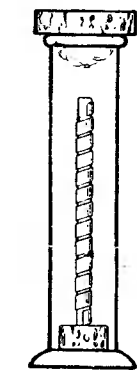
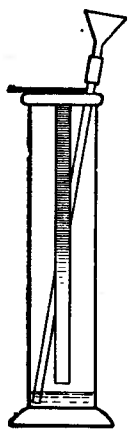


Рис. 58. Диффузия аммиака.

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 (Брусов), которую установить на пробке (рис. 58).

г) Диффузия водорода через простые ствнки.

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 рис. 59. 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 каучуковую. Корковую пробку необходимо залить менделеевской замазкой (см. I, стр. 225, 378) или сургучом.

В пробку цилиндра вставляется пипетка, конец которой изогнут, как на рис. 59. Пипетку, перед тем как вставлять в цилиндр, следует наполнить подкрашенной индиго, марганцовокалиевой солью или красными чернилами водой. Цилиндр должен быть совершенно сухой.

Пипетка с цилиндром укрепляется в зажиме штатива. Под конец пипетки следует подставить чашку, как на рис. 59.

Для опыта нужно заготовить большой стакан, который должен быть значительно больших размеров, чем пористый цилиндр, как видно из рис. 59, и сильный прибор для получения водорода — Киппа или Сен-Клер-Девиля (см. I, стр. 244—250).

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 атмос-

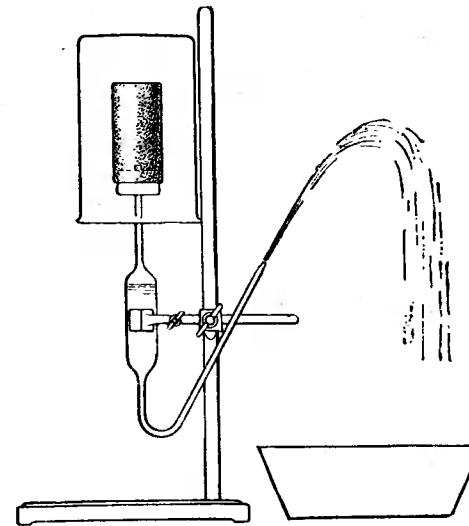


Рис. 59. Диффузия водорода (I).

ферному, что видно по уровням жидкости в пипетке. После этого наполнить стакан водородом и надеть его на пористый цилиндр, как показано на рис. 59.

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 газовых молекул внутри цилиндра возрастает, число ударов в стенку 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 в цилиндр, проходя пузырьками через жидкость в пипетке.

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 мendeлеевской замазкой (см. I, стр. 225, 378) или сургучом, как показано на рис. 60.

Вместо пипетки можно воспользоваться баночкой, как на рис. 60. 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. 61).

Если нет пористого цилиндра, то можно прикрепить к воронке на мendeлеевской замазке пористую глиняную пластинку, применяемую для сушения органических препаратов (рис. 62). Изменение уровня жидкости в манометре получается вполне отчетливо.

Рис. 60. Диффузия водорода (2).

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 рис. 63.

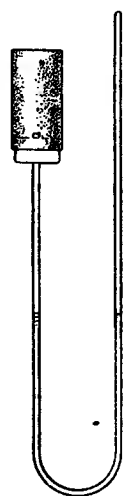
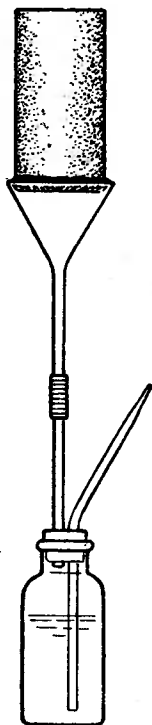


Рис. 61. Диффузия водорода (3).

Прибор можно приготовить из делительной воронки (на 100—200 мл) и большого стакана. К отверстию делительной воронки при помощи мendeлеевской замазки (см. I, стр. 225, 378) 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 *b* в том месте, где цилиндр переходит в закругление.

Воронка укрепляется в зажиме штатива и погружается в большой батарейный стакан или банку с водой, как на рис. 63. 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 приготовить прибор для получения водорода, лучше Сен-Клер-Девилья, и газометр с кислородом.

Водородный прибор и газометр должны давать значительное давление газа, чтобы оно могло преодолеть сопротивление столба воды в трубке *b* (рис. 63), 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. 36).

Рис. 62. Диффузия водорода (4).

Кроме того, для опыта нужен метроном или часы с секундометром 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,

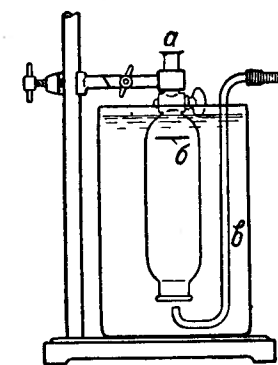


Рис. 63. Истечение газов через узкое отверстие.

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 $\sqrt{16} = 4$; $\sqrt{1} = 1$.

$$\text{Поэтому } \frac{\text{скорость истечения кислорода}}{\text{скорость истечения водорода}} = \frac{1}{4}.$$

Диаметр отверстия в пластинке подбирается на опыте. Надо приготовить несколько пластинок с различным диаметром отверстий 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 стоит у прибора. К тому времени, когда секундная стрелка приближается к 60, первый считает: „раз, два, три!“ На счете „три“ в момент, когда стрелка достигнет 60, второй учащийся открывает кран и следит за уровнем воды в воронке. Первый учащийся вслух считает минуты. Когда уровень воды приближается к черте, следящий за выходом газа говорит: „секунды!“ и в момент, когда уровень воды 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 изменением прибора Сен-Клер-Девилья и достаточно большого газометра можно воспользоваться аппаратом Киппа и малым газометром. Тогда воронку перед впуском 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. 98), 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 $\frac{3}{8}$ какого-то расстояния, хлористый водород продвинется только на $\frac{2}{8}$.

Это можно подтвердить при помощи очень простого опыта.

Для опыта нужна широкая (диаметром 2—3 см) стеклянная трубка длиной 30—50 см (рис. 64). В концы трубки вставляются

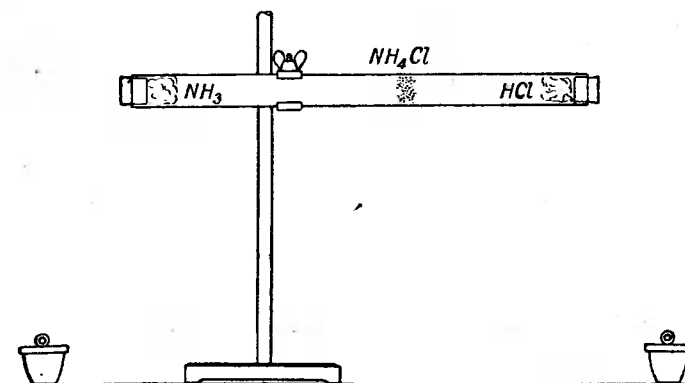


Рис. 64. Различие в скоростях диффузии хлористого водорода и аммиака.

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. 64). Облачко находится ближе к вате, смоченной соляной кислотой. Если измерить длину отрезка трубки между комками ваты, то кольцо находится на расстоянии примерно $\frac{3}{8}$ этой длины от ваты, смоченной раствором NH_3 , и $\frac{2}{8}$ от ваты, смоченной раствором HCl .

Комки ваты удобнее всего прикрепить булавками к двум пробкам.

Растворы NH_3 и HCl готовят 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 познакомить 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 стеклянных 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. 64).

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.

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 рис. 65. Иначе при наливании жидкости в воронку будет засасываться воздух, который будет подниматься в воде пузырьками и перемешивать слои. Конец воронки полезно спилить наискось (см. I, стр. 183), чтобы жидкость легко вытекала из воронки, упертой концом в дно. Если конец не спилен, его следует упереть 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 оттянутым в тонкий капилляр концом. Пипетки лучше всего готовить 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.

Для всех опытов, кроме опыта с бромом, длинную воронку можно заменить обыкновенной с надетой на каучуке трубкой.

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 в I т. на стр. 35; см. также ниже, в главе „Бром, иод, фтор“. Бром наливается, лучше, под тягой, слоем толщиной около $\frac{1}{2}$ см.

Индиго (см. I, стр. 377) — 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.

Марганцовокалиевая соль KMnO_4 (*kalium hypermanganicum*) — насыщенный раствор в насыщенном растворе селитры KNO_3 (*kalium*



Рис. 65. Диффузия в жидкостях.

nitricum). На 250 мл воды следует взять 17 г $KMnO_4$ и 65 г KNO_3 . Марганцовокалиевая соль диффундирует наиболее быстро. Поэтому взять ее для опыта очень желательно.

Медный купорос $CuSO_4$ (cuprum sulfuricum crystallisatum), **никелевый купорос** $NiSO_4$ (nichelolum sulfuricum), **хромовые квасцы** $KCr(SO_4)_2$ (alumen chromicum), **двуххромокалиевая соль** $K_2Cr_2O_7$ (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.

○ 2. Параллельно следует поставить опыт, демонстрирующий, каким образом можно быстро растворить вещество, не прибегая к размешиванию. Кристаллы одной из перечисленных солей завязываются в мешочек из кисеи и т. п., который подвешивается вверху цилиндра к лучинке, положенной на края цилиндра (рис. 66). 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.

Если один кристаллик марганцовокалиевой соли 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.

● 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 трубочки диам. 6 мм, оттянутых в длинные капилляры. Такие пипетки нетрудно заготовить, если имеется паяльная горелка или одно из приспособлений, ее заменяющих (см. I, стр. 114, 120, 127, 138). Твердые вещества, малорастворимые, просто бросаются в пробирки. 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.

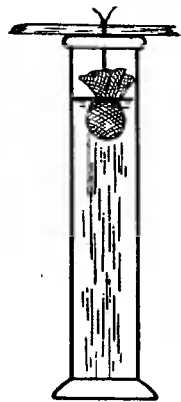


Рис. 66. Растворение медного купороса.

з) Диффузия ртути через свинец.

Для опыта нужна стеклянная трубка диаметром 1—1,5 см и длиной 10—12 см. Один конец трубки плотно закрывается **каучуковой пробкой**, в которую плотно вставлена **свинцовая палочка** толщиной с карандаш и длиной 7—8 см, предварительно вычищенная до блеска наждачной бумагой или ножом.

Опыт. Укрепить трубку со свинцовой палочкой в зажиме штатива и подставить под нее **бокал** или стакан (рис. 67). Наполнить трубку на $\frac{2}{3}$ **ртутью** и оставить стоять. Через несколько часов ртуть (вернее амальгама свинца) начинает падать каплями с конца свинцовой палочки в подставленный сосуд.

В сосуде бывают видны кристаллы образовавшейся амальгамы свинца.

Скорость прохождения ртути бывает различная в зависимости от сорта свинца. Повидимому, играет роль чистота свинца.

Свинцовую палочку за неимением готовой можно отлить, воспользовавшись в качестве формы трубочкой, свернутой из толстой бумаги (обложка от тетради) и помещенной в стакан с сухим песком, или стеклянной трубочкой, также помещенной в песок. Если трубочка при этом не лопнет, то она для извлечения палочки разбивается.

Опыт может быть видоизменен таким образом. Свинцовая палочка длиной 15—20 см изгибается, как на рис. 68, и помещается коротким концом в поставленный на кольцо штатива стаканчик со ртутью.

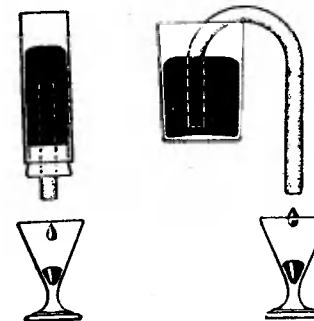


Рис. 67. Диффузия ртути через свинец (1).

Рис. 68. Диффузия ртути через свинец (2).

и) 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. I, стр. 176) склянки (рис. 69), 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 шнура, который несколько раз обвертывается вокруг сосуда и закрепляется узлом.

Шнурок должен быть сухой, чтобы затем, намочив в воде, он плотнее прижал пленку к стеклу. Успех опыта зависит от того, насколько плотно укреплен 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 выставляться 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.

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 рис. 70, 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 каучуком с зажимом

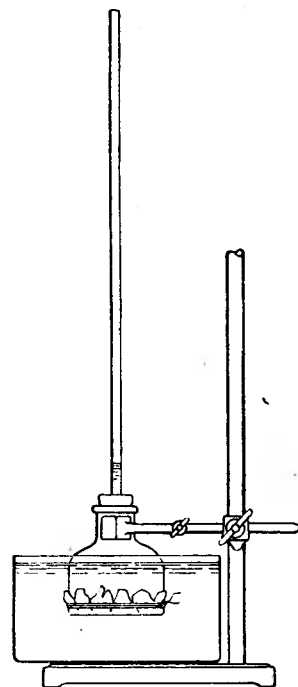


Рис. 69. Осмотическое давление (1).

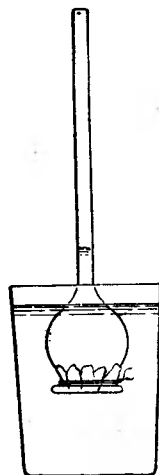


Рис. 70. Осмотическое давление (2).

2. Растворимость твердых веществ в воде.

а) Растворимость гипса в воде.

○ Цель опыта — показать пример малорастворимого вещества.
Опыт. В большой бокал или стакан с водой всыпать небольшую ложечку гипса CaSO_4 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 проделать 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: сернобариевую соль BaSO_4 чистую, осажденную (*barium sulfuricum praecipit. purum*), сернокальциевую соль CaSO_4 в порошке (*calcium sulfuricum ustum* или *praecipit.*), безводные квасцы $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ в порошке (жженные, *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.

Для выпаривания фильтратов удобно воспользоваться ложечками из железа, как на рис. 71. Эти ложечки очень легко изготовить по способу, описанному в т. I, стр. 362. Лучше взять не жесть, 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.

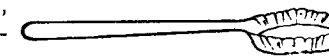


Рис. 71. Ложечка для выпаривания.

Для отмеривания воды (по 2 мл) можно воспользоваться бюретками (хотя бы 1—2 бюретки на класс), маленькими мензурками или пробирками с меткой, которые заготовить заранее.

Опыт. Отвесить на аптекарских весах по 0,5 г сернобариевой соли, сернокальциевой соли (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).

Заткнув 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.)

Какие из веществ при этом совсем не растворились ($BaSO_4$ и $CaSO_4$), которые растворились только отчасти (квасцы) и которые растворились вполне ($NaCl$)?

Чтобы решить, действительно ли не растворились те вещества, которые кажутся нерастворимыми, профильтровать (маленькие вороночки и фильтры) жидкость и понемногу фильтратов выпарить на железных ложечках (один из учащихся фильтрует и выпаривает один раствор, другой — другой).

Оба ли вещества нерастворимы? (Нерастворима только сернобариевая соль $BaSO_4$.)

Снова взять по 0,5 г обоих веществ, прибавить 2 мл воды, нагреть жидкость до кипения и затем отфильтровать 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.

Удастся ли растворить новую порцию? (Не удастся, 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 и зависимость растворимости от температуры всех взятых веществ.

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 с 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. I, стр. 162). 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 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 колбу, 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 наименьшим 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.

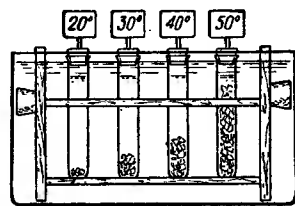


Рис. 72. Растворимость селитры при различных температурах.

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 получатся 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, как на рис. 72, или прижать ко дну шурупом, которым ванна обвязывается вокруг по длине. Еще лучше приготовить проволочную подставку (см. I, стр. 334) 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 столу.

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.

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°.

В пробирки вставить свободно пробки, в которые воткнуты лучинки с приклеенными к ним картонными квадратиками. На квадратиках должны быть заранее написаны соответствующие температуры (рис. 72).

Если в помещении тепло и вода комнатной температуры мало отличается от 20°, то можно сливать растворы при 25, 35, 45 и 55°.

На рис. 72 показаны примерные результаты опыта.

Селитру после опыта следует собрать и растворы выпарить. Селитра пригодится для других опытов.

○ 4. Учащиеся могут сделать работу по определению коэффициента растворимости селитры, измеряя температуру 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, как на рис. 73, 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).

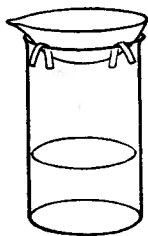


Рис. 73. Водяная баня.

Пока идет выпаривание, от времени до 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 вынутой 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.

3. Растворимость жидкостей в жидкостях.

○ 1. Для опыта нужна измерительная колба на 1 л (рис. 74). К колбе следует подогнать хорошую корковую (не каучуковую) пробку. В колбу налить воды, интенсивно подкрашенной индиго (см. I, стр. 337) и т. п., сколько показано на рис. 74 или немного меньше.

Опыт. Влить в колбу 1—2 мл серного эфира (aether sulfuricum). Слой эфира резко отделяется от подкрашенной воды (рис. 74) и его хорошо видно издали.

Заткнуть 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 заткнутую пробкой с одного конца.

Если учащимся уже известно, что медный купорос содержит кристаллизационную воду и что белый безводный медный купорос от воды синее (см. ниже), то, прибавив к взятому из колбы пипеткой эфиру безводного медного купороса, можно доказать, что вода растворяется в эфире, как и эфир в воде. Параллельно нужно, конечно, проделать опыт с сухим эфиром.

В виду огнеопасности эфира обращаться с ним следует осторожно. Во время производства опыта поблизости не должно быть огня.

○ 2. Вместо того чтобы доказывать растворимость воды в эфире при помощи безводного медного купороса, можно поставить

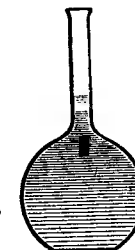


Рис. 74. Растворимость эфира в воде.

особый опыт. Для этого в длинную пробирку или запаянную на одном конце трубку налить на $\frac{3}{4}$ сухого эфира, прибавить несколько капель воды, подкрашенной индиго или лакмусом, и сильно взболтать, закрыв отверстие пальцем. Если воды прилито не слишком много, она растворится вполне 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 успокоится, склянка закрывается пробкой, в которую вставлена трубка, оттянутая на конце в капилляр.

○ 3. В растворимости эфира в воде можно убедиться 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.

● 4. 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 известен безводный медный купорос и способность его присоединять воду и при этом синеть, то можно, слив эфирный раствор, прибавить к нему немного безводного медного купороса.

Параллельный опыт с сухим эфиром не дает посинения.

○● 5. 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 crust.) 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 (делительном) получаются два слоя.

Пробирку, заткнув хорошей пробкой, сохранить до следующего учебного года.

4. Растворимость газов в жидкостях.

а) Выделение растворенного в воде воздуха нагреванием.

○ 1. Для демонстрационного опыта может служить прибор, изображенный на рис. 75 и состоящий из большой на $1\frac{1}{2}$ —2 л двугорлой колбы, в одно горло которой следует вставить ширскую, запаянную с одного конца трубку, в другое — тоненькую, изогнутую, как на рис. 75 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 волопровода, колодца и т. п.) холодной водой и вставить пробку таким образом, чтобы в приборе не оставалось несколько 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.

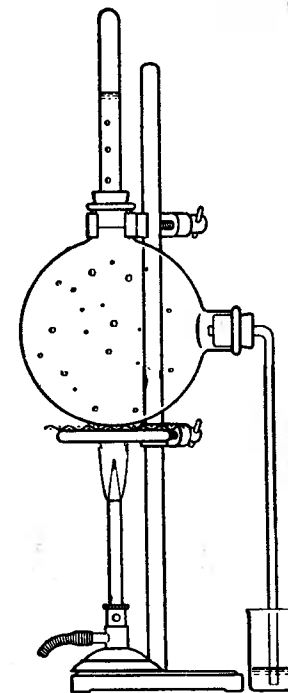


Рис. 75. Растворимость воздуха в воде (1).

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. 76, а).

● 3. Для лабораторной работы можно соединить качественный опыт с количественным, воспользовавшись **прибором**, изображенным на рис. 77.

Колбу можно взять на $\frac{1}{2}$ —1 л. Пробка должна хорошо держаться и в то же время более или менее легко входить в горло колбы. Трубка должна быть не толстая (н. диам. 5—6 мм).

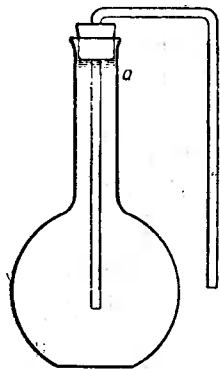


Рис. 76. Растворимость воздуха в воде (2).

Опыт. Собрать прибор, как на рис. 77. Конец трубки, вставленный в пробку, не должен выставляться 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) заткнув 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, поворачивая осторожно колбу, выгнать его через трубку и долить в кончик А 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. 77), 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 каучуковой 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 комнатной температуры;

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.

Вычислять в целых миллилитрах.

● 4. В упрощенном виде качественный опыт можно сделать 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, нагревать середину (рис. 78). 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. I, стр. 363) и **обыкновенная** (толстостенная) материальная склянка приблизительно

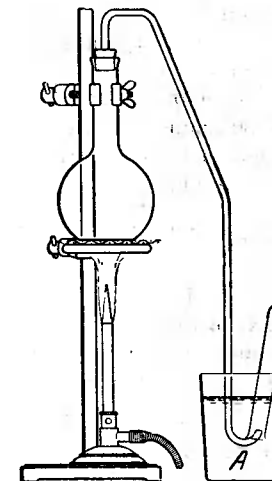


Рис. 77. Растворимость воздуха в воде (3).

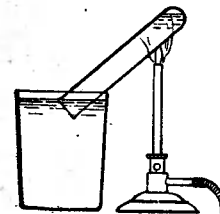


Рис. 78. Растворимость воздуха в воде (4).

на 1 л. К склянке должна быть подогнана хорошая корковая или каучуковая пробка, в которую вставлен обрезок стеклянной трубочки.

К этой трубочке при помощи толстостенной каучуковой трубки (см. I, стр. 207) 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 резины для стирания карандаша при помощи пробочного сверла или ножом вырезается цилиндр подходящего к трубке диаметра. Этот цилиндр привинчивается к палке (рис. 79), которая должна быть приблизительно на 10 см длиннее трубки, толщиной же немного менее внутреннего диаметра трубки. Под



Рис. 79. Прибор для растворения углекислого газа под давлением.

головку винта следует положить шайбу, кружок, вырезанный из жести, диаметром немного меньше диаметра резинового цилиндрика. В центре кружка гвоздем или шилом пробивается отверстие.

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 двигается 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. I, стр. 194), 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 (см. ниже). 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 каучуковой пробкой, так как каучуковая 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—1½ 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 1½ мм.

5. Понижение и повышение температуры при растворении различных веществ.

○ 1. Для опытов желательно иметь лекционный термометр. За неимением термометра можно приготовить простейший термоскоп, изображенный на рис. 80 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. I, стр. 377) 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 *a* (рис. 80), отрезанное от каучуковой трубки, служит для того, чтобы отмечать первоначальное положение столбика жидкости в приборе.

на 1 л. К склянке должна быть подогнана хорошая корковая или каучуковая пробка, в которую вставлен обрезок стеклянной трубочки.

К этой трубочке при помощи толстостенной каучуковой трубки (см. I, стр. 207) 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

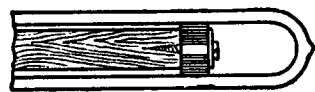


Рис. 79. Прибор для растворения углекислого газа под давлением.

вырезается цилиндр подходящего к трубке диаметра. Этот цилиндр привинчивается к палке (рис. 79), 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.

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 двигается 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. I, стр. 194), 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 (см. ниже). 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 каучуковой пробкой, так как каучуковая 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—1½ 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 1½ мм.

5. Понижение и повышение температуры при растворении различных веществ.

○ 1. Для опытов желательно иметь лекционный термометр. За неимением термометра можно приготовить простейший термоскоп, изображенный на рис. 80 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. I, стр. 377) 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 *a* (рис. 80), отрезанное от каучуковой 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 каучуковая пробка, то ее следует предпочесть корковой. Корковую можно залить менделеевской замазкой. Еще лучше заказать стекловду 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 каучуковую 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 большую 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 явление изменения температуры при растворении, можно воспользоваться следующими веществами.

Для понижения температуры — из обычных солей — поваренной солью NaCl (natrium chloratum album) и селитрой KNO_3 (kalium nitricum). Из солей, дающих более резкое понижение температуры, можно взять, например, следующие: нашатырь NH_4Cl (ammonium chloratum), уксуснонатриевую соль кристаллическую $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (natrium aceticum cryst), азотнатриевую соль NaNO_3 (чилийская селитра, natrium nitricum), хлористый кальций CaCl_2 , кристаллический (calcium chloratum purum cryst.), роданистый калий KCNS (kalium rhodonatum).

Нижеследующие данные дают представление о понижении температуры, вызываемом различными солями:

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°
Сернонатриевая кристаллическая	75	13,2°	6,8°	6,4°
Азоткалиевая	16	13,2°	3,0°	10,2°
Уксуснонатриевая кристаллическая	85	10,7°	— 4,7°	15,4°
Нашатырь	30	13,3°	— 5,1°	18,4°
Азотнатриевая	75	13,2°	— 5,3°	18,5°
Хлористый кальций кристаллический	250	10,8°	— 12,4°	23,2°
Азотноаммониевая	60	13,6°	— 13,6°	27,2°
Роданистый аммоний	133	13,6°	— 18,0°	31,6°
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. азоткалиевой соли	— 2,85°
30 „ хлористого калия	— 10,9°
„ аммония	— 15,4°
50 „ азотнатриевой соли	— 17,75°
33 „ поваренной	— 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 H_2SO_4 (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 понижение 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 (раздробить пестиком в ступке 1—2 палочки; *правила!* см. I, стр. 34) 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 помешивать соль термоскопом до тех пор, пока не будет заметно более или менее значительного понижения температуры.

¹ Смесь твердой углекислоты с эфиром или бензолом имеет температуру около -100° .



Рис. 80. Термоскоп.

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. стр. 259), 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.

Если учащиеся проделывали уже опыт 2, а и б (стр. 107), то с явлением охлаждения при растворении они уже знакомы. 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. Заткнуть 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 затыкать 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 затыкая пальцем.

Лить воду в кислоту *опасно*, так как, благодаря сильному разогреванию, вода сразу же обращается в пары и кислота разбрызгивается иногда со взрывом.

6. 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 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (cuprum sulfuricum purum), 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 и т. п. Безводная серномедная соль 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. I, стр. 223). 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. I, стр. 368) 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 обезвоженный медный купорос, находящийся в тонкостенном стаканчике.

Прилить к нему приготовленную воду. Происходит сильное разогревание. Часть воды обращается в пар, порошок синеет.

● 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 безводному медному купоросу 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 кольцо штатива, нагревать медный купорос до полного обезвоживания, как в предыдущем опыте, но не перемешивать палочкой.

Дав вполне охладиться тиглю с медным купоросом, 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), **сернонатриевой солью** $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (natrium sulfuricum cryst.) 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 purum) и сернонатриевой соли $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (natrium sulfuricum purum crystallisatum) показать учащимся, поместить на кусок 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. I, стр. 223).

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.

Кашу 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 обвернуть 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 остыть и затем, развязав нитку, отделить оттиск от медали. Дать оттиску хорошо просохнуть.

С хорошо промасленной полученной формой затем поступить так же, как с медалью.

7. Пересыщенные растворы.

а) Глауберова соль.

○ В большой колбе (2—6 л) приготовить раствор **сернонатриевой соли** Na_2SO_4 (natrium sulfuricum purum или bidepuratum crystallisatum). На 5 ч. воды взять 6 ч. соли. Если имеется безводная соль (некристаллическая), то ее нужно взять 1 ч. на 2 ч. воды. Растворять при нагревании, но не до кипения, нагревать осторожно, на сетке, все время взбалтывая (см. I, стр. 162).

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 **сернонатриевой соли**. 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. 121), 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, заткнув 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, всполоснутые горячей водой, а затем немедленно профильтровать в обмытую горячей же водой колбу.

Иногда, особенно если незадолго перед опытом в комнате работали с сернонатриевой солью, в воздухе могут находиться мельчайшие кристаллики последней, 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) Уксусонатриевая соль.

○ ● Уксусонатриевая соль $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (*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 уксусонатриевой соли, 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 — тиосернонатриевой соли $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (обычное название — гипосульфит) и уксусонатриевой соли $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$, 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 уксусонатриевой соли, кристалл не вызывает кристаллизации, нижний же слой сейчас же начинает кристаллизоваться.

После этого в верхний слой опускается кристалл уксусонатриевой соли, и последняя 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 кольцо 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, отweighенные количества гипосульфита $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (*natrium hyposulfurosum purum*) и уксусонатриевой соли $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (*natrium aceticum purissimum crystallisatum*). При вышеуказанных размерах цилиндра нужно отвесить 450 г гипосульфита, 300 г уксусонатриевой соли 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 дальнейшего).

Вылив немедленно воду из цилиндра, поставить его на место и налить в него через воронку горячего раствора тиосернонатриевой соли до первой метки. Затем через ту же воронку (по стенке) налить раствора уксусонатриевой соли до второй метки. Наконец, почти до верха цилиндра — горячей воды. Оба раствора и вода образуют три резко отграниченные 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 до раствора уксуснонатриевой соли и показать, что там он не вызывает кристаллизации; затем опустить его в раствор гипосульфита, и там кристаллик моментально обратит другой кристаллов (рис. 81).

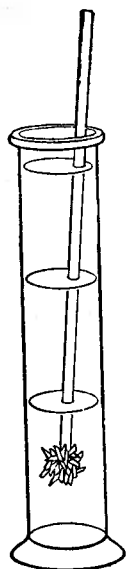


Рис. 81. Опыт Пелиго.

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 уксуснонатриевой соли (вторая стеклянная палочка, воск, кристаллик уксуснонатриевой соли).

После урока слить с кристаллов верхний слой воды и, закрыв цилиндр хорошей пробкой или притертой стеклянной пластинкой, смазанной вазелиновой мазью (см. I, стр. 229), оставить цилиндр до будущего учебного года. В будущем 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

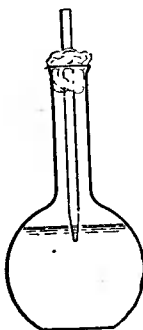


Рис. 82. Пересыщенный раствор гипосульфита натрия.

горячей воды и оставить цилиндр охлаждаться при комнатной температуре. Таким образом один и тот же цилиндр может служить несколько раз, пока слой уксуснонатриевой соли, растворяемый постепенно водой и в силу диффузии растворов одного в другом, не уменьшится значительно.

г) Пересыщенный раствор гипосульфита.

О Гипосульфит $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (тиосульфат натрия, см. выше, стр. 127) может плавиться в кристаллизационной воде, образуя при охлаждении пересыщенный раствор.

Если в колбу с раствором поместить предварительно тонко оттянутую трубку (рис. 82), 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 какою из них опыт удастся наилучшим образом.

Для получения пересыщенного раствора свежие, не выветрив-

шиеся 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 рис. 82. Чтобы раствор не мутнел от разложения гипосульфита, прибавить 1—2 капли раствора едкого натра NaOH (natrium oxudatum hydricum depuratum) 1:10. Приготовленную трубку обернуть плотно ватой и вставить в горло колбы, как на рис. 82 (конец трубки может быть несколько выше центра колбы). Наружный конец трубки заткнуть 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 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.

VII. КРИСТАЛЛЫ.

I. Образование кристаллов.

а) Из раствора.

○ ● 1. Выше (опыт 2 в, стр. 109) было указано, как получить в течение урока сравнительно большие кристаллы селитры. Для получения больших правильно образованных кристаллов удобнее всего воспользоваться квасцами $KAl(SO_4)_2$ (alumen potassium). 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. I, стр. 345),²⁹⁴ 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 в 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 переносить 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 перевертывать кристалл, можно подвесить его в растворе на нитке (рис. 83). Для этого достигший достаточных размеров кристалл следует вынуть из раствора, тщательно вытереть чистым полотенцем и затем к одной из вершин прикоснуться размягченным в пламени горелки куском менделеевской замазки (см. I, стр. 225 и 378) 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 рис. 83. 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 от времени до времени счищать.

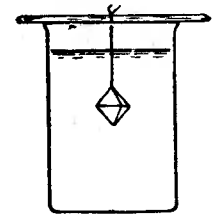


Рис. 83. Рошение кристалла.

Вместо нитки гораздо лучше поэтому воспользоваться волосом, по которому раствор меньше ползет вверх.

Вместо того чтобы приклеивать кристалл к нитке, можно поступить следующим образом. Растворить в стаканчике в 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 рошения.

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.

○ ● 2. Красивые крупные призмы серномагниевого соли $MgSO_4$ (magnesium sulfuricum) могут получиться при медленном охлаждении насыщенного при нагревании раствора.

Раствор готовится в конической колбочке, к нему прибавляется несколько капель клея — декстринового (см. I, стр. 352), 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 демонстрировать 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 серномагниевои соли (он получается очень концентрированный, густой, как сахарный сироп), к которому прибавлен клей, наносится при помощи кисти ровным слоем на кусок стекла.

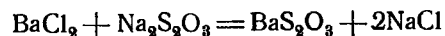
Через некоторое время всё стекло покрывается узором кристаллов, похожим на ледяные узоры, появляющиеся на окнах в сильные морозы.

б) При химических реакциях.

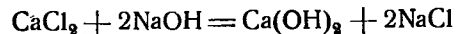
Кристаллы малорастворимых веществ можно получать при реакциях обмена, если вступающие в обмен вещества диффундируют одно навстречу другому.

Этим способом нам удавалось получать крупные кристаллы до 1,5 см и более в длину.

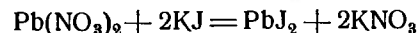
Хорошо получаются кристаллы при следующих реакциях:



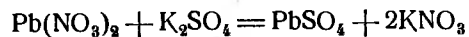
— крупные иглы BaS_2O_8 .



— блестящие пластинки Ca(OH)_2 .



— красивые нити кристаллов PbJ_2 .



— мелкие иглы PbSO_4 .

Хуже идет образование кристаллов BaSO_4 , PbCl_2 , PbBr_2 .

Не удастся получить кристаллы HgCl_2 , AgJ , CaSiO_3 , CuS , ZnS , Cu(OH)_2 .

Для опыта нужен большой сосуд (рис. 84). 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 сосудиков находится насыщенный раствор одной из реагирующих солей, в другом — другой. На дне каждого сосудика 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 сосудика.

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 сосудиков 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 привлекаться дней через 5 на краях стаканчиков и на стенках большого сосуда. Более значительных размеров кристаллы достигают дней через пятнадцать, через месяц.

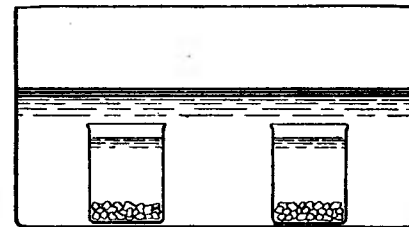


Рис. 84. Кристаллизация малорастворимых солей.

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), сурьмо (stibium metallicum) или antimonium regulinum, которая легко разбивается молотком по плоскостям спайности, и, наконец, поверх-

ность 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. 85), который стоит сравнительно очень дешево и может служить много раз, но можно, конечно, показать опыт и с большим фарфоровым тиглем, а в крайнем случае и с химическим стаканом.



Рис. 85. Кристаллы призматической серы.

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 выписывать не один, а несколько тиглей, из которых выбрать наиболее плотные.

Для опыта удобно иметь два тигля — в одном сера плавится, а в другой сливается незастывшая 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 рис. 383, т. I, стр. 323. 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 от времени до 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 трясти тигель.

От времени до времени поднимать 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, сейчас же проплавить в образовавшейся корке предварительно нагретым железным стержнем (гвоздем и т. п.) отверстие посредине и быстро вылить всю, еще жидкую, серу во второй приготовленный тигель. Дать стечь, по возможности, всей 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 наклоненным отверстием книзу, чтобы удаляемые куски серы не испортили кристаллов.

Тигель с кристаллами (рис. 85) сохранить, чтобы потом показать 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 стр. 225, т. I, рис. 254. 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. 86) 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.

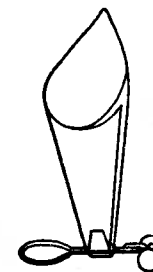


Рис. 86. Фунтик для получения кристаллов призматической серы.

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 железной чашке диаметром 8—10 см и, отставив 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 нерастворившуюся 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 удается 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. I, стр. 225).

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. Кристаллиты. 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% раствором соляной кислоты. Через 1—2 часа на поверхности олова отчетливо заметны очертания кристаллитов, образовавшихся при застывании олова на поверхности железа.

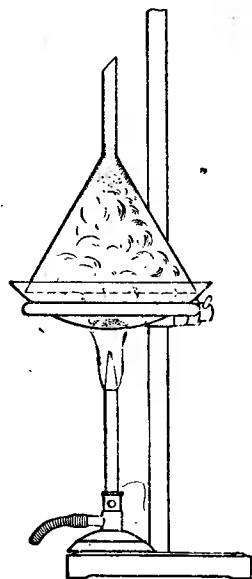


Рис. 87. Возгонка иода.

г) ОБРАЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ИЗ ПАРОВ.

Если раньше не были показаны опыты с иодом и бензойной кислотой (см., стр. 396), то их следует показать здесь. Кроме того, можно показать применение возгонки твердого вещества для его очистки. Таким способом очищаются, например, иод и нафталин.

○ ● 1. *Опыт.* Очистка иода. На большое часовое стекло или в фарфоровую чашку положить некоторое количество порошка иода, смешанного с углем или каким-либо другим индифферентным веществом. Сверху прикрыть опрокинутой большой воронкой, как на рис. 87, и нагревать на слабом огне. На холодных частях воронки осаждаются крупные кристаллы иода. Этот же опыт можно проделать с нафталином.

● 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 рис. 88.

Заткнуть пробирку комком ваты или бумаги и нагревать нафталин, держа пробирку наклонно, как на рис. 88.

На холодных стенках пробирки оседают крупные блестящие кристаллы нафталина (моноклиномерной системы).

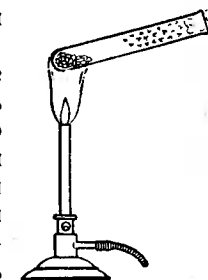


Рис. 88. Возгонка нафталина.

2. 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.*). Следует выписывать не менее 1 кг и просить высласть минерал в возможно больших кусках.

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 colophonium* или просто *colophonium*), 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 керосинок.

VIII. КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ.

I. 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 можно отмучить 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 порошковатой 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° спирта. После каждой капли раствор энергично 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% раствора буры $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (борах, *patrium biboricum*), затем несколько миллилитров подсолнечного, 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 месяцев.¹

¹ Бора сильно гидролизуются и имеют щелочную реакцию. Щелочь с растительным маслом образует небольшое количество мыла. Раствор мыла является защитным коллоидом. Вместо буры можно взять соду или мыло.

● 2. Приготовить 5% 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 иода в иодистом калии (см. ниже, стр. 234).

Взять немного крахмала в ступку, смочить дистиллированной водой, чтобы получилось густое тесто, и растереть с силой долгое время, до $\frac{1}{2}$ часа.

Прибавить дистиллированной воды, взболтать, профильтровать и фильтрат снова испытать раствором иода.

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 вольт при переменном токе и до 40—50 вольт при постоянном токе. Силу тока можно считать до 4—5 ампер. Следовательно, если напряжение в цепи, например, 110 вольт, то падение напряжения в реостате должно быть при переменном токе до $110 - 30 = 80$ вольт. 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 амперах.

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% 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. 89).

Серебряные проволочки, если они длинные, присоединяются к проводам непосредственно, если короткие — то припаиваются (оловом или тинолем, см. I, стр. 370 и 379) к более толстым медным проволокам.

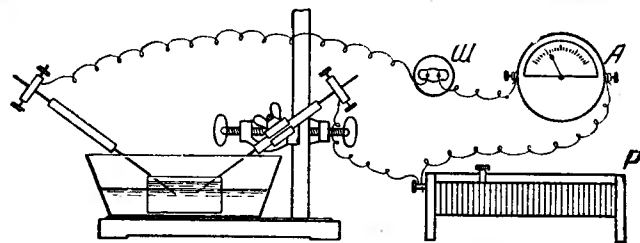


Рис. 89. Получение коллоидного раствора путем электрического распыления металла.

Для изоляции серебряные проволочки или те проволочки, 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 соприкосновения и удалить на расстояние около 1—2 мм. Если дуга не образуется, несколько уменьшить сопротивление.

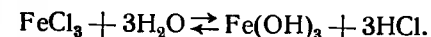
Урегулировать сопротивление так, чтобы дуга не прерывалась. Если это не удастся, то можно „чиркать“ одним электродом по другому, не оставляя электродов в соприкосновении на сколько-нибудь долгое время, так как они при этом могут сплавиться, и получится короткое замыкание. От дуги в жидкости должны расплываться темнокоричневые облачка распыленного серебра. Если продолжать работу в течение 5—10 мин., то вся вода в чашке примет черно-коричневую окраску. После фильтрации получается устойчивый коллоидный раствор серебра.

За неимением серебряной проволоки ее можно заменить ломаными 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% раствор), которое гидролизует 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 темнобурый золь, который может храниться годами, давая очень незначительный осадок.

е) Получение коллоидного раствора восстановлением.

● 1. Приготовить раствор **азотосеребряной соли** AgNO_3 (argentum nitricum), содержащий 0,17 г соли в литре. Раствор должен быть приготовлен на **дистиллированной воде**.

Опыт. К 100 мл раствора азотосеребряной соли прибавить несколько (2—10) капель 1% свежего раствора **таннина** (acidum tannicum) и 1—2 капли 1% раствора соды. После нагревания 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 продажного 30% 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 порошкового 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** $KC_4H_4O_6$ (SbO) (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) Коагуляция коллоидов.

○ ● *Опыт*. 1. К 100 мл коллоидного раствора гидрата окиси железа (см. выше, стр. 141) прибавить несколько миллилитров раствора серноаммониевой соли $(NH_4)_2SO_4$ (*ammonium sulfuricum*, 1 : 10). Наблюдать, что произойдет через некоторое время.

Вместо серноаммониевой соли можно взять хлористый барий $BaCl_2$ (*baryum chloratum*) 1 : 10 или хлористый кальций $CaCl_2$ (*calcium chloratum* 1 : 10)

○ ● 2. Приготовить $\frac{2}{3}$ пробирки коллоидного раствора канифоли (стр. 138) и прибавить к нему 1—2 мл 2-нормального раствора серноаммониевой соли $(NH_4)_2SO_4$ (*ammonium sulfuricum*) или другого электролита. Выпадает белый творожистый осадок канифоли.

○ ● 3. Нагреть до кипения коллоидные растворы **сернистого мышьяка** и **сернистой сурьмы** (см. выше, стр. 141). Наблюдать коагуляцию.

Попробовать вызвать коагуляцию этих растворов прибавкой вышеуказанных растворов солей. Нагреть золь гидрата окиси железа. Коагуляции не наблюдается.

б) 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 большие количества электролитов, чем в первом случае.

За неимением агар-агара можно воспользоваться для опыта и желатиной.

в) Желатинизация коллоидов.

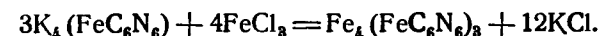
● *Опыт*. 1. Разломать лист сухой желатины и стебелек **агар-агара** на мелкие кусочки. Насыпать того и другого в пробирки слоем около 2 см. Прибавить в ту и другую пробирку по 10 мл воды и нагревать почти до кипения, пока не получатся прозрачные растворы.

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).

г) Перевод геля в раствор при помощи диализа.

● *Опыт*. Слить равные объемы растворов желтой соли $(K_4FeC_6N_6)$ — железистосинеродистый калий, *kalium ferricyanatum*) 1 : 10 и хлорного железа $FeCl_3$ (*ferrum sesquichloratum*) 2 : 10. Получается осадок берлинской лазури $Fe_4(FeC_6N_6)_3$ (железистосинеродистое железо — соль, в которой железо имеется и в качестве металла и в кислотном остатке):



Осадок берлинской лазури представляет собою 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. ниже, в главе „Кремний“, стр. 432) 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.

д) 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 заготовить несколько диафрагм с отверстиями различного диаметра в 3—10 мм, чтобы можно было подобрать наиболее подходящую.

В сосуд с плоскими стенками, например, аккумуляторный, наливается какой-нибудь коллоидный раствор, в другой сосуд — свежеприготовленная дистиллированная вода или раствор в дистиллированной воде поваренной соли и т. п. Второй сосуд должен

быть совершенно чистый, сполоснутый несколько раз дистиллированной 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. Стенки и

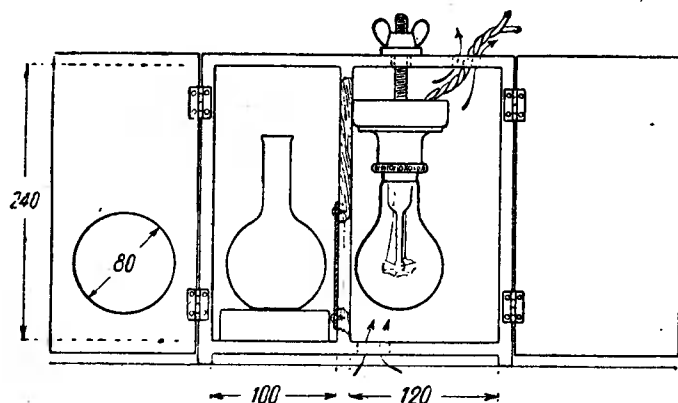


Рис. 90. Ящик для наблюдения явления Тиндаля.

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 рис. 90. 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 сажой, смешанной с политугой), 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.

IX. ОЗОН, МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВЕС, ЭКВИВАЛЕНТ, АТОМНЫЙ ВЕС.

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. I, стр. 251) 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.

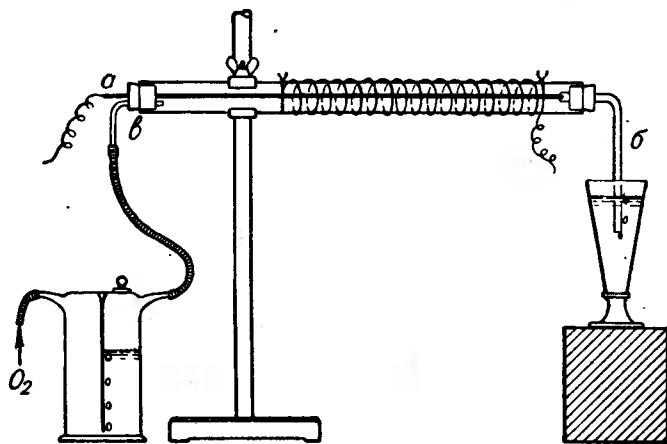


Рис. 91. Простейший озонатор В. Н. Верховского.

Для тихого разряда пользуются индуктором. Индуктор (см. I, стр. 317) может быть средних размеров, дающий искру длиной 5—10 см. Прежде чем включать индуктор, необходимо прочесть наставления к обращению с индукторами (см. I, стр. 317—321 и правила, см. I, стр. 33).

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

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

Простейший озонатор В. Н. Верховского, изображенный на рис. 91, может быть приготовлен самим преподавателем. Озонатор состоит из

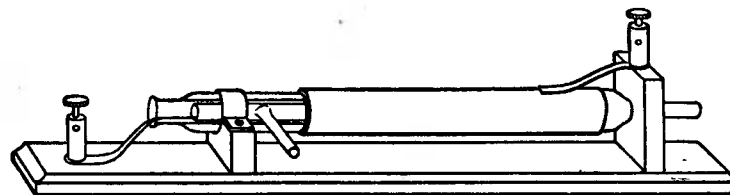


Рис. 92. Озонатор Сименса.

стеклянной трубки диаметром около 2 см, длиной 40—45 см. Концы трубки заткнуты корковыми (не каучуковыми!) 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 а 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 проволоками происходит через стекло и кислород тихий разряд, и кислород озонируется.

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

Озон действует на корковые пробки, но не настолько сильно, как, например, на каучуковые. 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

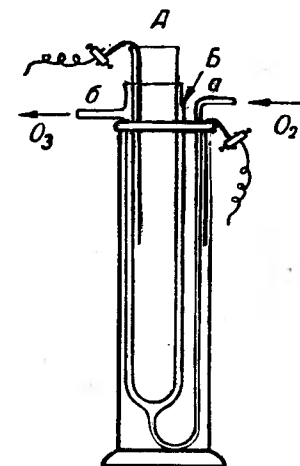


Рис. 93. Озонатор Бертелло.

в тонкую стеклянную трубку, впаянную внутрь широкой. Озонатор монтирован вертикально на деревянной подставке.

Более продуктивны озонаторы, где тихий разряд происходит между двумя сплошными проводящими поверхностями. На рис. 92 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 пружинок. Недостаток озонатора Сименса для школы заключается в том, что свечения тихого разряда не видно. Этого недостатка не имеет **озонатор Бертелло** (рис. 93), состоящий из двух концентрических, вставленных одна в другую стеклянных трубок. Во внутреннюю, запаянную снизу трубку *A* наливается серная кислота (1 : 5). Наружная трубка *B* 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 *a*, а озонированный кислород выходит через верхнюю — *b*. К верхней трубке газоотводная трубка присоединяется на корковой пробке (не на каучуке и не на каучуковой трубке, так как на каучук 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 *b* озонатора подставить на подставке (рис. 91) 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 познакомить их с запахом озона.

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. I, стр. 377). 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 (см. I, стр. 277) 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 каучуковую трубку. При пропускании озонированного кислорода трубка через некоторое время делается рыхлой и разваливается на куски.

Этот опыт можно, конечно, сослаться 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) Вытеснение иода из иодистого калия.

○ **Опыт.** В бокал с водой прибавить немного крахмального клейстера (см. стр. 237) и несколько капель 1 : 10 раствора иодистого калия (см. стр. 234). При пропускании озона раствор сейчас же окрашивается в синий цвет:



Кроме того, можно показать, каким образом пользуются для открытия озона **иодокрахмальной 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 иодокрахмальной бумагой. Перед опытом ее надо смочить водой.

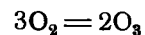
При помощи иодокрахмальной бумажки можно иногда обнаружить озон в воздухе после грозы или в солнечный зимний день.

Для этого иодокрахмальная 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 из кислорода озона.

○ 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 рис. 94, трубка, служащая манометром. В трубку наливается концентрированная серная кислота уд. в. 1,84, подкрашенная индиго (см. I, стр. 377), сколько показано на рисунке. Озон в концентрированной серной кислоте не растворяется и на нее не действует.

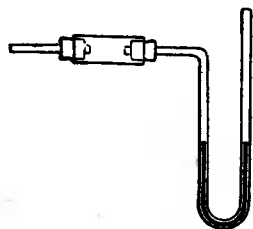


Рис. 94. Манометр к озонатору.

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 затыкания трубки воском, было бы удобнее иметь озонатор с краном на приводящей газ трубке. Можно было бы надеть на конец трубки небольшую пробирочку, заткнутую 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 пробирку очень слабый ток кислорода и включить ток.

Подержать у отверстия трубки иодокрахмальную бумажку (см. опыт д). Бумажка синее.

Прогреть трубку пламенем горелки и поднести к отверстию свежую иодокрахмальную бумажку. Она не синее.

Продолжая держать иодокрахмальную бумажку у отверстия трубки, дать ей остыть. Иодокрахмальная 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.

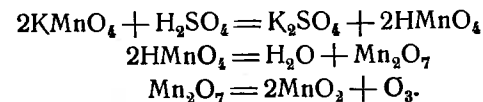
а) Медленное окисление фосфора.

○● 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. I, стр. 34 и стр. 357—360) наполовину выставлялись из воды. Колбу заткнуть 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 замечен запах озона. Внесенная в колбу на проволоке бумажка, смоченная раствором иодистого 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) марганцовокалиевой соли KMnO_4 (калий перманганат) 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 иодокрахмальной бумажки (см. оп. 1 д, стр. 149).

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.

3. Объемный состав хлористого водорода.

(Объемный закон Гей-Люссака.)

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 каучуковой трубки длиной 6—7 см. На каучук у самой трубки надевается пружинный зажим. К свободному концу каучуковой трубки подбирается плотно входящая стеклянная палочка, заплавленная на одном конце трубочка или хорошая пробка.

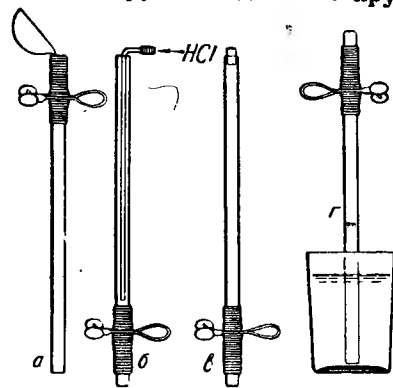


Рис. 95. Объемы водорода и хлора, образующие хлористый водород (1).

Амальгама готовится следующим образом. Берется около 10 мл ртути (*hydrargyrum metallicum*) в фарфоровую ступку и к ней прибавляется по одному 4—5 кусочков натрия (*natrum metallicum*) с горошину величиной. При работе следует *тщательно соблюдать все предосторожности*, необходимые при обращении с натрием (см. I, стр. 40) и со ртутью (см. I, стр. 36). Кроме того,

следует иметь в виду что при реакции между 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 остыванию должна быть жидкая. Если она загустевает, то нужно добавить ртути.

Хлористый водород получается так, как описано ниже (стр. 204 и 205), причем он осушается серной кислотой.

Опыт. Наполнить каучуковую трубку амальгамой (рис. 95, а) и заткнуть приготовленной палочкой, стараясь, чтобы в каучуке, 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. 95, 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. 95, в).

Открыть зажим и, сжимая пальцами каучук, 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. 95, г).

Отметить уровень воды в трубке, захватив трубку так, чтобы 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.

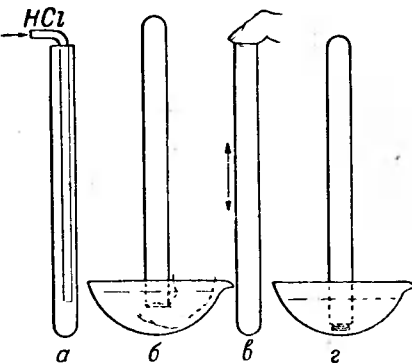


Рис. 96. Объемы водорода и хлора, образующие хлористый водород (2).

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

Амальгаму налить в чашку. Наполнив трубку хлористым водородом (рис. 96, а), заткнуть ее слегка влажным большим пальцем, погрузить в чашку с амальгамой и, приоткрыв отверстие трубки, впустить туда немного амальгамы (рис. 96, б). Снова закрыв трубку пальцем, встряхнуть ее несколько раз, чтобы амальгама перетекала из одного конца трубки в другой (рис. 96, в), погрузить в чашку или стакан с водой и отнять палец (рис. 96, г). Вода поднимается до половины длины трубки.

Амальгаму можно заготовить в одной чашке для всех работающих. Ртуть после опытов следует промыть и высушить (см. I, стр. 277).

4. Определение молекулярного веса углекислого газа.

● Опыт в описанной ниже постановке не может дать очень точных результатов, но учащиеся получат 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, С.-К.-Девилья и т. п.) для получения углекислого газа (см. ниже). Газ осушается серной кислотой или хлористым кальцием (см. I, стр. 254).

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.



Рис. 97. Наполнение колбы углекислым газом.

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. 97) 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 заткнуть 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, 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 литр 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“.

5. 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 lamina*). 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 преподавателем предварительным расчетом.

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

Отсюда:

$$\begin{array}{l} 65 \text{ г} — 22\,400 \text{ мл,} \\ x \text{ г} — 40 \text{ „} \end{array}$$

$x =$ около 0,11 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 равенству

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

где V — найденный объем газа, H — атмосферное давление, показываемое в данный момент барометром, h — упругость водяных 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. I, стр. 292) 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. 98).

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, как на рис. 99, 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 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 см. I, стр. 286—291). 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.

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. 98). Уровни воды в бюретке и в сосуде должны быть на одной высоте (уровень в бюретке отсчитывать по низу мениска, см. стр. 68).

Закрыть зажим (или кран), заткнуть бюретку под водой пальцем и перенести на свой стол в чашку с водой (рис. 99).

Бюретку зажать в штативе в наклонном положении, как на рисунке 99.

Отвешенный кусочек цинка (магния) a (рис. 99) вложить в пробирку, держа последнюю наклонно, и продвинуть внутрь так, чтобы

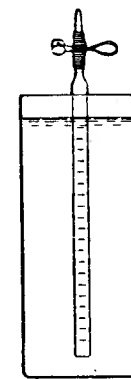


Рис. 98. Установление уровня воды в бюретке.

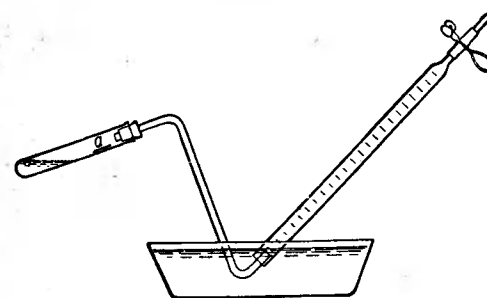


Рис. 99. Определение эквивалента магния (I).

пластинка лежала на сухой стенке пробирки, не съезжая в кислоту. Вставить пробку с газоотводной трубкой, подвести конец трубки под бюретку (рис. 99) и встряхнуть металл в кислоту. Пробирку держать за пробку, стараясь не согревать ее теплотой руки.

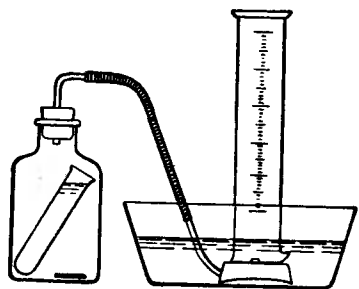


Рис. 100. Определение эквивалента магния (2).

Когда выделение газа совершенно прекратится, вынуть трубку из-под бюретки, а бюретку, заткнув отверстие ее под водою пальцем, перенести опять в глубокий сосуд с водою и, 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 стр. 156.

Рассчитать вес собранного водорода, зная, что 1 мл его при нормальных условиях весит 0,0008987 г.

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

Для данного опыта пробирка может быть заменена колбой, как на рис. 105, или банкой, в которую вставлена пробирочка с кислотой и помещена навеска металла, как на рис. 100. При наклонении банки кислота выливается, и между металлом и кислотой начинается реакция.

Можно также воспользоваться банкой или цилиндром для собирания газов, в который наливается кислота. В каучуковую пробку вставляется медная проволока или стеклянная палочка, загнутая на конце крючком. На крючок подвешивается завернутая в кусок медной сетки (рис. 101, 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 рис. 101 б. Можно, наконец, сделать на конце проволоки кольцо, в которое вставить маленький тигелек с навеской металла (рис. 101, в).

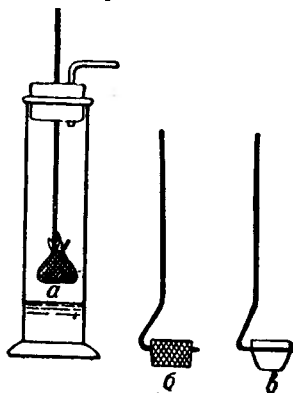


Рис. 101. Определение эквивалента магния (3).

Вместо бюретки можно воспользоваться измерительным цилиндром, как на рис. 100. Для того чтобы наполненный водой цилиндр можно было опрокинуть в ванну, не впуская в него воздуха, носик можно было заполнить размягченным воском, пластилином, мendeleeвской 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 рис. 100, 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 рис. 106, который, конечно, пригоден и для опыта с металлом в виде пластинки.

● 2. Наиболее простой прибор для определения эквивалента цинка изображен на рис. 102. 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, мendeleeвской замазкой, сургучом).

Опыт. Взвешенную цинковую пластинку (0,3—0,4 г, см. стр. 157) 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-н соляной кислотой), 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 стр. 158. Измерение объема газа в цилиндре, конечно, менее точно, чем в бюретке.

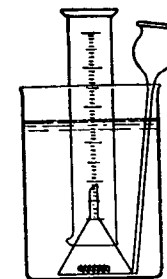


Рис. 102. Определение эквивалента магния (4).

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 рис. 103.

Неудобство этого приема заключается в том, что после растворения всего магния в кислоте в мешочке остается пузырек газа. Для

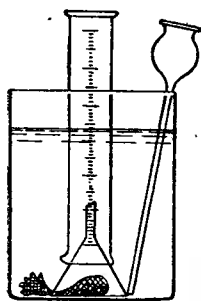


Рис. 103. Определение эквивалента магния (б).

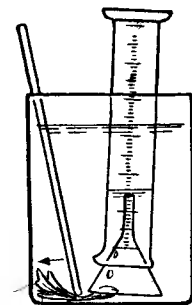


Рис. 104. Определение эквивалента магния (б).

того чтобы перевести этот пузырек в цилиндр, нужно, придерживая воронку цилиндром, вытащить марлю из-под воронки в стакан при помощи стеклянной трубочки (рис. 104). Конец трубочки не должен быть оплавлен, чтобы она не скользила по марле.

3. Один из самых удобных приборов для определения эквивалентов металлов изображен на рис. 105. Он состоит из колбочки Вюрца на 100 мл и больше, бюретки на 50 мл и большой воронки диаметром около 9 см.

Колбочка соединена с бюреткой **каучуком а** такой длины, чтобы колбочке легко было придать вертикальное положение.

На трубку колбочки надеет отрезок каучука с пружинным **зажимом в**.

Каучук б, соединяющий бюретку с воронкой, должен быть такой длины, чтобы низ воронки можно было установить против нулевого деления бюретки.

Пробки должны хорошо держать (лучше взять каучуковые).

Весь прибор устанавливается на штативе. Колбочка 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 колбу Вюрца вертикально, налить в нее через **воронку соляной кислоты** немного меньше половины колбы. Горло колбы должно быть сухое (в случае надобности вытереть фильтровальной бумагой). Установить колбу на штативе горизонтально.

Отвесить на химических или химико-технических весах точно около 0,1 г цинка или 0,04 г магния. Поместить металл в сухое горло колбы, как показано на рис. 105.

Не вставляя пробки в колбу, налить в воронку столько воды, чтобы уровень воды в бюретке был на нулевом делении. Воронка

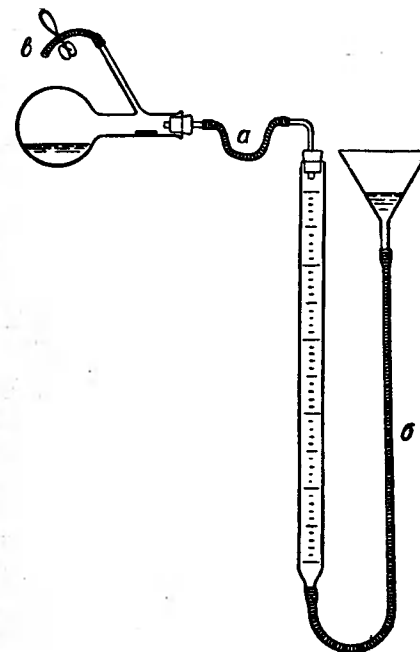


Рис. 105. Определение эквивалента магния (г).

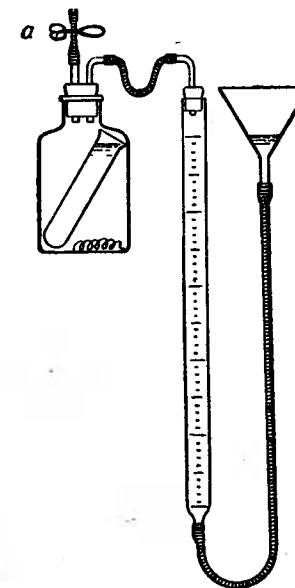


Рис. 106. Определение эквивалента магния (д).

должна иметь положение, как на рис. 105 или немного выше.

Открыв зажим **в**, соединить колбу с бюреткой, после чего снова закрыть зажим **в**.

Наклонить колбу 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 в опыте **а**, 1 (стр. 156), и найти эквивалент взятого металла.

Вместо колбы Вюрца (на 250 мл) можно воспользоваться и обыкновенной колбой. Тогда в пробке следует сделать два отвер-

ствия и вставить в них две трубочки. Одну соединить с бюреткой, на другую надеть отрезок каучука с зажимом.

Колбу можно заменить банкой, как на рис. 106. Обращение с банкой см. стр. 158. Зажим *a* закрывается после того, как вода в бюретке установлена на нулевом делении.

● 4. Прибор, изображенный на рис. 107, не требует длинного каучука, как описанные выше приборы.

Прибор состоит из скляночки на 100 мл, воронки, соединенной со скляночкой каучуком с пружинным зажимом *b*, изогнутой трубки *a* и измерительной трубки (бюретки, как на рисунке) или цилиндра для измерения жидкостей (см. стр. 158).

Пробку следует взять каучуковую. Трубка *a* не должна выставляться 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

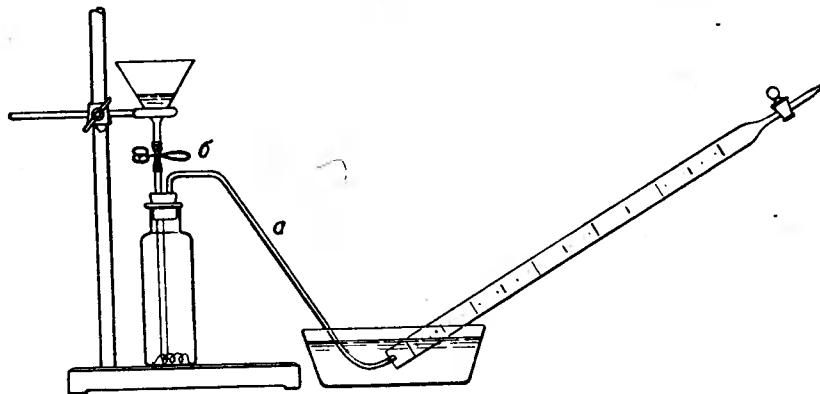


Рис. 107. Определение эквивалента магния (9).

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-под 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).

Влить в воронку 30—50 мл (в зависимости от размеров банки) 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 пользоваться бюреткой для измерения газа — см. опыт *a*, 1 (стр. 157).

Если металл завернут в медную сетку, по окончании реакции встряхнуть сосуд, чтобы выгнать газ из сетки. Как проводить расчеты, см. стр. 156 и 158.

Для опыта вместо обыкновенной воронки удобнее воспользоваться воронкой с краном (см. I, стр. 159—160).

б) **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТА МЕТАЛЛА ПУТЕМ ВЫТЭСНЕНИЯ 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

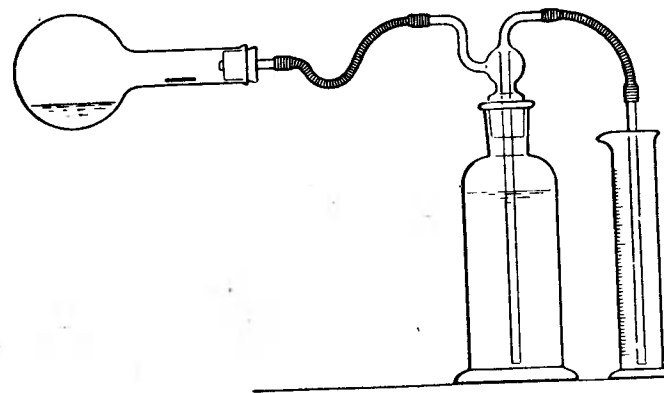


Рис. 108. Определение эквивалента магния (10).

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. 108). Колбу закрыть каучуковой пробкой, в которую вставлена трубочка с каучуком, при помощи которого колбочку можно было бы соединить с большой склянкой Дрекселя, как на рис. 108.

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, каучук с зажимом и стеклянной трубкой, как на рис. 108. Наполнить каучук и стеклянную трубку 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 дрекселю трубку. Соединить дрексель с колбой и открыть зажим на каучуке. Поднять мензурку настолько, чтобы уровни воды в мензурке и в дрекселе были на одной высоте, т. е. привести газ в приборе к атмосферному давлению. Закрывать зажимы и, приподняв трубку из мензурки, заметить объем воды в мензурке. Снова опустить трубку в мензурку и записать найденный

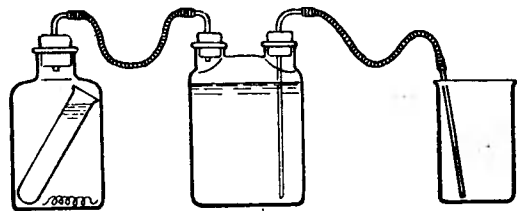


Рис. 109. Определение эквивалента магния (II).

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 дрекселе были на одной высоте. Этим давление газа в колбе и дрекселе приводится к атмосферному.

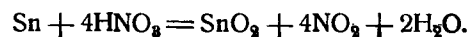
Зажать зажим и вынуть трубку из мензурки. Объем воды в мензурке за вычетом ранее прибавленного равен объему выделившегося водорода при атмосферном давлении и комнатной температуре. Привести этот объем к нормальным условиям и рассчитать эквивалент металла, как указано на стр. 156 и 158.

Для опыта вместо обыкновенной колбы можно воспользоваться колбой Вюрца или банкой, в которую вставлена пробирка с кислотой (рис. 109). Вместо склянки Дрекселя можно взять двухгорлую склянку (рис. 109).

Вместо того чтобы измерять объем вытесненной газом воды, можно собрать воду во взвешенный химический стакан (рис. 109) и взвесить. Вес воды в граммах считать равным объему в миллилитрах.

6. 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 сильной горелке 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 сильной горелке 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 вес. ч. кислорода.

7. Определение химического эквивалента свинца по цинку.

● **Опыт.** Приготовить раствор уксусно-свинцовой соли, как указано на стр. 60.

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. 110). Взвесить пластинку на точных весах.

Налить в стакан почти доверху раствора уксусно-свинцовой соли, погрузить в нее пластинку, как на рис. 110, 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.

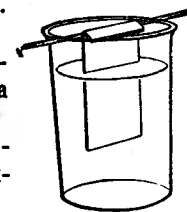


Рис. 110. Определение эквивалента свинца по цинку.

Вымыть и высушить тщательно фильтровальной бумагой цинк. Взвесить свинец и цинк.

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

Опыт дает эквивалент с точностью до 1.

8. Определение химического эквивалента меди по кислороду.

● **Опыт** проделывается так же, как опыт 3, а на закон кратных отношений, описанный выше (стр. 25), но берется только окись меди. Можно также воспользоваться опытом 3, 1 (стр. 50).

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

9. 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 приблизительному 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.

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

В калориметр помещается хороший термометр с делениями на 0°, 1 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 ровно 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. 111).

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. 111).

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

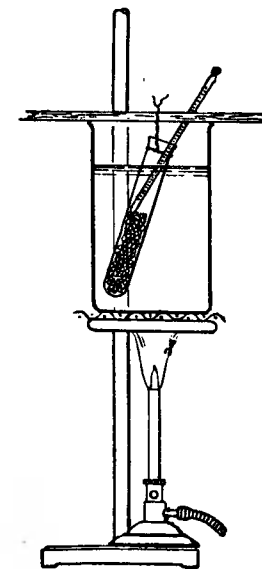


Рис. 111. Определение теплоемкости олова.

(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 (a).

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 (b).

Сложив обе найденные величины ($a + b$), мы найдем общее количество тепла, отданного металлом воде и стеклу (c).

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 (c) 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 6, стр. 164. 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 граммом 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 заготавливается 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 сделать 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 умеренной водой.

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

X. ХЛОР.

I. 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 делается насморк и иногда бронхит. Вдыхание хлора сильной концентрации может вызвать воспаление дыхательных путей и даже кровохаркание. 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.¹

Противоядием после вдыхания хлора может служить смесь равных частей 10% аммиака и 96° спирта, которую следует нюхать, смочив ею платок. Такую смесь следует приготовить заранее и держать в закупоренной склянке. 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 каучуки приборов*. Поэтому пробки к приборам для опытов с хлором лучше брать корковые с тем, чтобы после опытов их выбрасывать. Каучуковые пробки могут служить несколько раз, но также сильно портятся, и потому нет смысла ими пользоваться. *Каучуковые трубки* лучше брать второго сорта (см. I, стр. 205), которые гораздо меньше портятся хлором, чем лучшего сорта красная или черная резина. Во всяком случае по окончании опытов каучуковые трубки необходимо промывать сначала водой, затем едкой щелочью и потом опять водой.

Приборы для опытов с хлором должны *хорошо держать*, почему их следует испытывать перед опытом особенно внимательно.

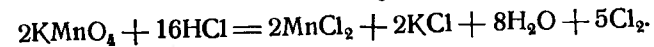
¹ Мне лично много раз приходилось показывать опыты с хлором без всякой тяги, и я никогда не замечал каких-нибудь серьезных последствий.

2. Способы получения хлора и наполнение им сосудов.

Обычный способ получения хлора в лаборатории — это действием соляной кислоты на двуокись марганца.

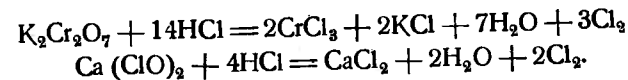
Реакция идет при слабом нагревании. Этим способом приходится обыкновенно получать хлор на уроке, так как в элементарном курсе химии обычно разбирается только реакция между соляной кислотой и двуокисью марганца.

Для ваготовления хлора до урока гораздо удобнее воспользоваться вместо двуокиси марганца марганцовокалиевой солью KMnO_4 (kalium hypermanganicum):

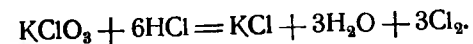


Реакция с марганцовокалиевой солью идет при обыкновенной температуре, разница же в стоимости по сравнению с двуокисью марганца при школьных опытах не имеет большого значения.

За неимением соединений марганца для получения хлора можно воспользоваться двуххромовокалиевой солью $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (kalium bichromicum) или белильной известью $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (calcaria chlorata, 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.

Все эти способы получения хлора подробно описываются ниже.

При всех способах *соляная кислота* должна быть концентрированная, уд. в. 1,19 (purissimum или rigidum). 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 величиною примерно с горошину. Еще удобнее выписать уже измельченную дву-

окись марганца (*granulatum*, обыкновенно 90%). Если двуокись марганца в порошке, то кислота очень пенится и пена вылезает из колбы.

Прибор для получения больших количеств хлора см. рис. 112.

Двуокись марганца осторожно (см. I, стр. 163) насыпается в колбу с толстым рантом на 800—1000 мл почти до половины колбы. Колба затыкается пробкой, в которую вставлена воронка и изогнутая газоотводная трубка (рис. 112).

Воронку можно взять или длинную, как на рис. 112, или предохранительную (см. I, стр. 238), или, удобнее всего, — воронку с краном (см. I, стр. 239). Вставляя длинную воронку в колбу, следует соблюдать предосторожность, указанную в т. I, на стр. 237.

Каучук должен быть такой длины, чтобы присоединенную к нему газоотводную трубку легко можно было вынимать и вставлять в самый высокий из наполняемых хлором сосудов (рис. 112). Наполнение сосудов (см. ниже, стр. 175) 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. 112), 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 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 ослабевает, можно начать

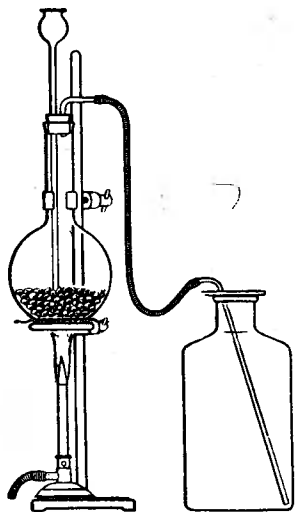


Рис. 112. Получение хлора в лаборатории.

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, подходящую 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, долить в колбу доверху воды, чтобы вытеснить из колбы 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) Получив хлора действием соляной кислоты на марганцовокалиевую соль.

○ **Марганцовокалиевую соль** $KMnO_4$ можно взять неочищенную (*kalium hypermanganicum crudum*). Можно взять и марганцовонатриевую соль $NaMnO_4$.

Прибор может быть такой же, как и в предыдущем случае, но воронку лучше взять с краном (см. I, стр. 237, рис. 270, д или е), чтобы кислоту можно было прибавлять по каплям. Укреплять колбу на штативе необходимости нет. Вместо колбы можно взять банку или другой какой-нибудь подходящий сосуд (см. I, стр. 237, рис. 270, е), так как при реакции не происходит сильного разогревания.

Марганцовокалиевую соль 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. 173.

За неимением воронки с краном можно взять и длинную воронку (рис. 112), 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. 171). 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 песка).

г) Получение хлора действием соляной кислоты на двухромовокалиевую соль.

○ Прибор такой же, как при способе а (стр. 172). Двухромовокалиевая соль $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (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. I, стр. 158). 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. 43), то корковые пробки для этого мало подходят. Как уже сказано в т. I, стр. 212, корковые пробки большого диаметра не могут хорошо держать. Каучуковые пробки очень дороги и сильно портятся от хлора. Поэтому выгоднее всего закрывать сосуды притертыми стеклянными пластинками, смазанными вазелиновой мазью (см. I, стр. 229). У цилиндров для собирания газов такие пластинки имеются, к склянкам же их можно притереть (см. I, стр. 184) или закачать в стеклодувной мастерской.

Если за неимением пластинок приходится пользоваться корковыми пробками, то их необходимо предварительно проварить в парафине (см. I, стр. 227). Чтобы парафинированная пробка хорошо держалась, ее полезно посыпать каким-нибудь порошком (см. I, стр. 227). 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. I, стр. 51).

В крайнем случае, если нет ни притертых пластинок, ни подходящих пробок, можно производить наполнение сосудов непосредственно перед каждым опытом, но это очень затягивает урок.

ж) Наполнение сосудов хлором.

○● Как уже было сказано, 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.

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 приходится прибегать к некоторым предосторожностям.

А. При хорошей тяге. В сосуд, наполняемый хлором (рис. 112), опускается газоотводная трубка, и сосуд прикрывается сверху **матовой стеклянной пластинкой** с вырезом для трубки (см. I, стр. 184). За неимением такой пластинки или если рант сосуда нешлифованный (стр. 175), то вместо стекла 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. 175) и т. д.

Б. 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 (*natrĭum oxudatum hydrĭcum*). Такая трубка изображена на рис. 113. 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

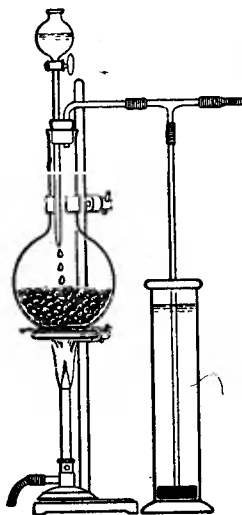


Рис. 113. Цилиндр для поглощения избытка хлора (1).

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 рис. 113, присоединяется на **гройнике** (см. I, стр. 364). За неимением тройника можно в пробке колбы сделать третье отверстие, вставить изогнутую дважды трубку, которую и погрузить в цилиндр с раствором едкого натра (рис. 114). 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 раствор едкого натра. Когда весь воздух будет вытеснен, зажать **каучук** пальцами и перенести трубку (обтереть ее **фильтровальной бумагой**) в поставленный рядом цилиндр или склянку, которые желательно наполнить хлором. Пока **каучук** зажат, хлор идет в цилиндр и поглощается едким натром.

Отверстие сосуда прикрыть пластинкой с вырезом для трубки (см. I, стр. 184). Пустив ток газа, внимательно наблюдать за наполнением сосуда. Под конец осторожно и постепенно вынимать трубку из сосуда, и, когда сосуд будет почти полон, зажав **каучук** 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. I, стр. 229). Эту пластинку можно потом заменить пластинкой без выреза, сдвинув 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. I, стр. 227).

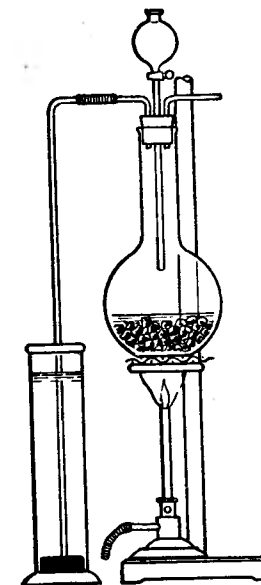


Рис. 114. Цилиндр для поглощения избытка хлора (2).

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 все 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,

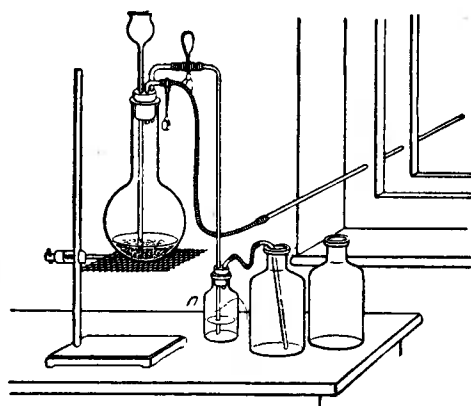


Рис. 115. Выпускание избытка хлора за окно.

вставленной в просверленное в рамах отверстие, как показано на рис. 115. К колбе присоединена промывалка *п* (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 собою последовательно при помощи каучуков и трубок, как показано на рис. 116. Трубка от последнего сосуда выводится непосредственно в вытяжное отверстие или присоединяется к трубке, выведенной за окно (рис. 115).

Прежде чем начинать опыт, надо, конечно, убедиться, хорошо ли держит прибор (см. I, стр. 258). Пробки должны быть проварены в парафине (см. I, стр. 227).

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 каучуковые смычки и вынув соединительные трубочки *б*, *в*, *г* и *д*. За неимением зажимов можно заткнуть 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. I, стр. 212 и 223), не могут держать, если их не залить парафином (см. I, стр. 224) или не парафинировать (см. I, стр. 227). 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.

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 больше всех страдает, конечно, сам преподаватель, но по многократному личному опыту я могу сказать, что никаких скольконибудь серьезных последствий я не замечал. Нужно только держать лицо подальше от сосуда с хлором.

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 наполнении сосудов придется воспользоваться приемом отведения избытка хлора за окно, причем сосуды можно наполнять так,

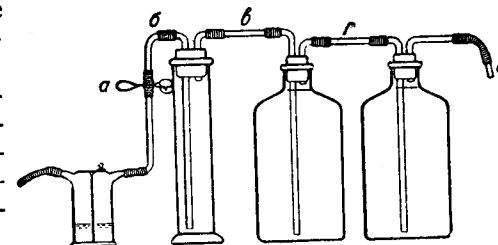


Рис. 116. Соединение сосудов для наполнения хлором.

как описано на стр. 178, рис. 115, пропуская при этом хлор через склянку Тищенко или промывалку с водой, чтобы получить попутно хлорную воду, и собирая хлор в сосуд, прикрытый стеклышком.

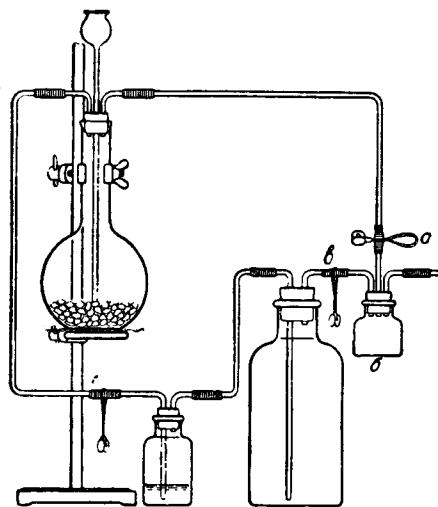


Рис. 117. Прибор для опытов с хлором без тяги.

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 рис. 117. Здесь изображен прибор, собранный при самых скромных средствах. Если есть тройник, то его следует поставить вместо заменяющей его баночки *б*. При наполнении склянки хлором зажим *а* должен быть закрыт, а зажимы *в* и *г* открыты (зажимы могут быть пружинные, винтовые или деревянные, см. I, стр. 360).

Когда склянка наполнилась хлором, открыть зажим *а* 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. 192).

3. Демонстрация различных опытов с хлором.¹

При сжигании в хлоре различных веществ, как уже сказано (стр. 175), 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.

¹ Лабораторные опыты с хлором см. ниже, стр. 189.

По окончании опытов сосуда следует сейчас же закрывать, а затем, прежде чем мыть, наполнять — под тягой или на дворе, или перед топящейся печью и т. п. (см. I, стр. 104) — доверху водой, чтобы вытеснить оставшийся в них хлор.

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 собою без предварительного нагревания. Если листочки потали взяты в достаточном количестве и достаточно плотно прилегают к концу пучка, то от потали загорается и проволока.

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, обмокнутой в расплавленный воск. Опущенная в хлор поталь вспыхивает. Можно воспользоваться также тонкой медной пластинкой (фольга или сиргим 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. 118).

Опыт. Поставить цилиндр с поталью отверстием на стекло, закрывающее цилиндр с хлором (рис. 118), и, быстро выдвинув стекло, соединить цилиндры с притертыми краями. Затем перевернуть соединенные цилиндры. Хлор стечет вниз, и поталь загорится.



Рис. 118. Горение потали в хлоре.

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 (I, стр. 229).

Во время опыта цилиндры следует плотно прижимать один к другому, чтобы хлор не выходил из них наружу.

б) Олово.

○ Само собою 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. 175). На дно склянки до наполнения ее хлором насыпать слой песка 1—2 см, чтобы колба не лопнула от падающего в нее раскаленного металла.

Сурьму следует взять кристаллическую, в виде кусков (*antimonium regulinum*), которые измельчить в не слишком мелкий порошок. Измельчать можно сначала молотком на утюге и т. п., а затем в чугунной ступке (см. I, стр. 363) или осторожно в фарфоровой. Сурьма должна быть свежемолотая. С готовым порошком сурьмы (*antimonium pulvis*) опыт удастся значительно хуже.

Опыт. Поместить склянку в вытяжной шкаф, открыть и сыпать понемногу сурьму в порошок при помощи ложки, постукивая по ней пальцем (рис. 119). 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 — $SbCl_3$ и $SbCl_5$ (ядовиты).



Рис. 119. Всыпание сурьмы в хлор.

воспользоваться деревянной лопаточкой. Можно сыпать из пробирки и т. п. Сурьма в хлоре загорается ярким светом, и из колбы вырывается облако белого дыма — $SbCl_3$ и $SbCl_5$ (ядовиты).

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 заткнуть хорошей парафинированной (см. I, стр. 227) корковой пробкой, в которую вставлен обрезок широкой стеклянной трубки (диам. 9—10 мм). К трубке на широком же каучуке присоединена небольшая пробирочка или заткнутая на конце пробкой трубочка с сурьмой (рис. 120). Каучук зажат винтовым или пружинным зажимом *a*. Кроме того, в пробку вставлена длинная газоотводная трубка с зажимом *b*. 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 рис. 120.

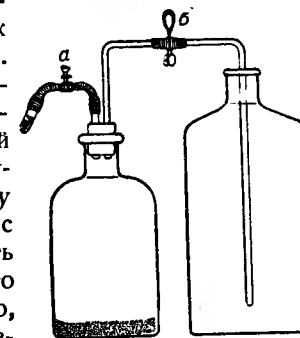


Рис. 120. Прибор для сжигания сурьмы в хлоре.

Опыт. Открыть зажим *b*, затем зажим *a*, 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 удастся несколько не хуже, чем классический опыт с сурьмой. Преимущество его то, 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 куска 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. 46), 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 (см. стр. 46) 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. 121).

Опыт требует хорошей тяги.

Опыт. В обыкновенную пробирку поместить кусочек натрия (*натрий metallicum*) с половиной 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

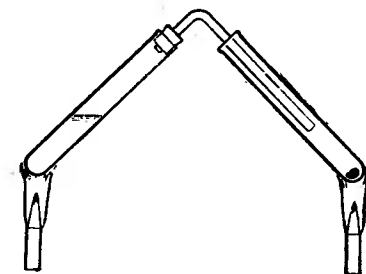


Рис. 121. Горение натрия в хлоре.

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, и ею придется пожертвовать, так как она чернеет и портится.

е) Фосфор.

○ И белый и красный фосфор сам собой загорается в хлоре. Белый фосфор (*phosphorus albus*) следует взять в виде очень небольшого кусочка, немного меньше горошины. С фосфором обращаться со всеми необходимыми предосторожностями (см. I, стр. 34 и 357). Ввиду опасности обращения с белым фосфором вполне возможно ограничиться только опытом с красным. Красный фосфор (*phosphorus atropus*) должен быть сухой (см. стр. 357).

Опыт. Поместить на ложечку для сжигания в кислороде (см. I, стр. 362) хорошо высушенный (осторожно!) 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. 182). В таком случае на дно склянки до наполнения ее хлором следует поместить слой песка.

ж) Водород.

○ Водород сжигается в хлоре в цилиндре или склянке с такими же приспособлениями, как и в кислороде (см. I, стр. 478).

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.

з) Свеча.

○ Для опыта нужна склянка на $1\frac{1}{2}$ —3 л или большой цилиндр с хлором.

Опыт. Зажечь помещенную на железную ложечку (см. I, стр. 362) восковую или, лучше, стеариновую свечу и внести в сосуд с хлором. Пламя свечи бледнеет, вытягивается и сильно коптит (рис. 122).

Опыт удается очень хорошо, но требует небольшого навыка, 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.

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



Рис. 122. Горение свечи в хлоре.

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, положив пробку, к которой лента подвешена, на края отверстия склянки. Через несколько секунд скипидар вспыхнет, причем пробку иногда сбрасывает со склянки. Из склянки подымается облако копоти.

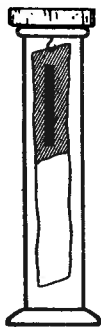


Рис. 123. Беле-ние хло-ром.

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 свежеперегнанным 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 светлосиней или голубой дешевой, „линочей“ 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 I, стр. 225) и т. п. к стеклу для закрывания цилиндра или вставленный в пробку (рис. 123).

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. 123).

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 белится, почему 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. I, стр. 377) или лакмуса и высушить.

Можно показать также беление 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.

л) Обесцвечивание растворов красящих веществ.

○ Приготовить не очень концентрированные растворы лакмуса (см. I, стр. 375), индиго (см. I, стр. 377) 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 oxudatum hydricum*) 1 : 10. Раствор приобретает темнофиолетовую окраску. Полученные растворы налить в бокалы или стаканы. Приготовить хлорную воду (см. стр. 178). 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 (см. I, 350).

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. 179), при полном отсутствии тяги все же можно показать некоторые опыты с хлором, несколько поступившись их методической последовательностью. Для опытов можно воспользоваться одной большой или двумя склянками с хлором (наполнение см. стр. 178). 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 большую полоску голубой бумажной ткани, как описано на стр. 186. 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. 185). Пламя должно быть небольшое. Внести 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. 184), 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.

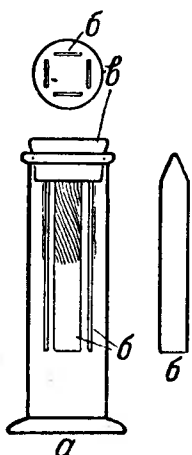


Рис. 124. Предохранение металлов от ОВ.

4. Внести в склянку нагретую медную проволоку или пластинку (см. стр. 181) и, как только она загорится, — вынуть.

5. Сейчас же, не закрывая склянки, всыпать немного нагретого (см. стр. 183) железа или сурьмы, лучше, также подогретой (см. стр. 183).

6. После этого иногда еще удается показать горение в хлоре свечи. Можно соединить опыт с горением свечи с опытом горения фосфора (см. стр. 185) и закончить сжиганием меди и сурьмы, которые дают много дыма.

7. Для **натрия** (стр. 184) и **скипидара** (стр. 185), 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 жесть и др.). Пластины должны быть хорошо, до блеска, вычищены **наждачной бумагой**. Пластины 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 рис. 124, б. Пластины втыкаются в пробку при помощи **плоскогубцев**.

Расположить пластинки следует по кругу так, чтобы, поворачивая сосуд, можно было последовательно показать все пластинки (рис. 124, а — вид прибора сбоку и в — вид пробки с пластинками снизу).

Сосуд можно наполнить хлором до урока и закрыть стеклянной пластинкой (стр. 175) 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. 125) или **пробиркой** (рис. 126). 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 рис. 125 или 126. Испытать, держит ли он. Написать равенство реакции получения хлора. Насыпать в прибор **двуокиси марганца** (см. стр. 171), 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 обыкновенно-

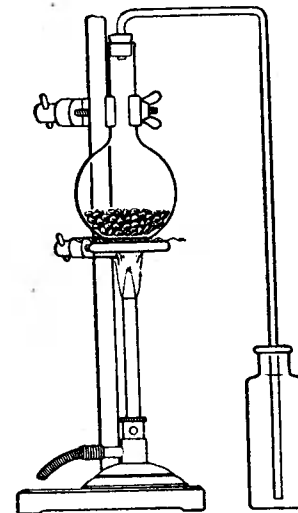


Рис. 125. Лабораторный опыт получения хлора (1).

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).



Рис. 131. Горение скипидара в хлоре.

10. Утончить ножом огарок **стеариновой свечки** так, чтобы он, будучи укреплен на конце **жестяной пластинки**, как на рис. 130, входил в отверстие имеющейся баночки. Зажечь свечу и опустить ее в хлор. Наблюдать горение свечи 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. 131), смочить **скипидаром** (стр. 185). Посредством куска **фильтровальной бумаги** слегка снять с полоски лишний скипидар, чтобы он с полоски не капал, и опустить полоску 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. 186) слегка смочить на конце водой так, чтобы смоченная часть равнялась примерно половине высоты баночки с хлором. Опустить в хлор (рис. 131). Что наблюдается? Объяснить.

13. Прилить в ту же баночку с хлором **раствор лакмуса**, **чернил** или другой выданной преподавателем краски (стр. 187) и сильно взболтать.

Для описанного опыта можно воспользоваться раствором хлора в воде (хлорной водой), заготовленным заранее продолжительным пропусканием хлора через воду.

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**.

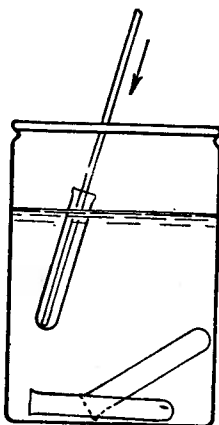


Рис. 132. Погружение в раствор щелочи пробирок после опытов с хлором.

Банку лучше всего не наполнять доверху и использованные пробирки погружать в раствор при помощи **длинной лучинки** (рис. 132). 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. 171). Тогда, если смотреть в пробирку сверху, цвет хлора виден очень хорошо. При употреблении **марганцовокалиевой соли** 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.

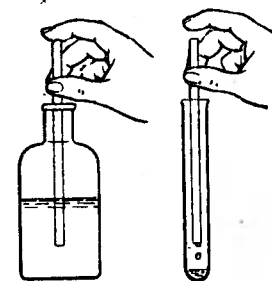


Рис. 133. Замена пипетки трубочкой.

Практика показывает, что при классе в 40 человек, работающих десятками 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. 189 — 192).



Рис. 134. Горение меди в хлоре.

Опыты. 1. Насыпать в пробирку несколько кристалликов **марганцовокалиевой соли** и прилить несколько капель **концентрированной соляной кислоты**, беря ее при помощи трубочки (рис. 133).

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, накаливать на горелке конец **медной проволоочки** (стр. 181) и опустить в хлор (рис. 134).

2. Проделать то же самое с **железной проволочкой** (очень тонкой). Если в той же пробирке хлора мало и опыт не удастся, 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. 182) и держать в хлоре, пока бумага не загорится.

4. Приготовить приборчик для получения водорода (рис. 135) и испытать чистоту водорода (см. I, стр. 466). Ток водорода должен быть слабым. Не наливать много кислоты.

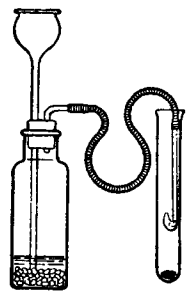


Рис. 135. Горение водорода в хлоре.

Получить в пробирке хлор. Зажечь водород (Правила! См. I, стр. 36.) у конца трубки и опустить пламя водорода в пробирку.

5. Получив хлор в пробирке, опустить в нее полоску голубой бумажной ткани (стр. 186), 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. 185). 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 нагреваний.

○ 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. I, стр. 229) 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 цилиндры 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. I, стр. 375), 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!* Такой случай, окончившийся серьезными поранениями нескольких лиц, произошел однажды в моей лаборатории. Лицо, демонстрировавшее опыт, не обратило внимания на то, что один из цилиндров не был отмыт от скипидара, с которым в нем ранее ставился опыт. В момент смешивания газов при взаимодействии остатков скипидара с хлором произошло разогревание и взрыв смеси.

б) Под влиянием света.

○ Взрыв смеси водорода с хлором легко происходит при вспышке магния. **Магний** следует взять в порошке (magnesium me-

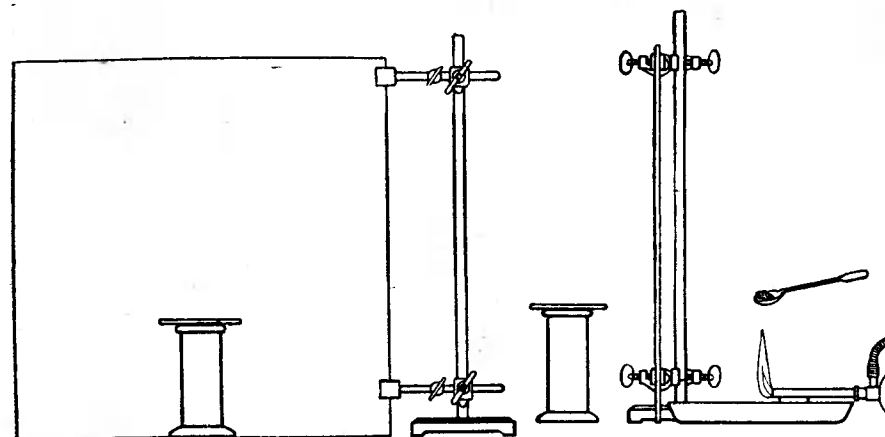


Рис. 136. Взрыв смеси водорода с хлором (1).

Рис. 137. Взрыв смеси водорода с хлором (2).

tallicum pulvis). Вспышку проще всего произвести всыпанием 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. 136). Стекло можно укрепить за край, обращенный к преподавателю, в двух зажимах штатива (рис. 137). В зажимы следует вложить пробку, разрезанную вдоль; но можно, конечно, обойтись и без стекла.

Горелку лучше положить боком на какую-нибудь подставку (рис. 137), чтобы внутри 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.

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 (водородный прибор). 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. 137) 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 прилить 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 удается 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. 138).

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. Разложение воды хлором под влиянием света.

○ Для опыта можно воспользоваться обыкновенной материальной склянкой „белого стекла“ (см. I, стр. 157) на 1—2 л, в которую вставить хорошо подобранную хорошую корковую пробку с изогнутой, как на рис. 139, нетолстой (диам. 4—5 мм) трубкой. Трубка не должна выставляться из нижнего конца пробки.

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. I, стр. 335) воды до горлышка, самое же горлышко заполнять не следует. В воду погрузить 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 заткнуть пробкой с двумя газоотводными трубками — одной, входящей 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. 178—181).

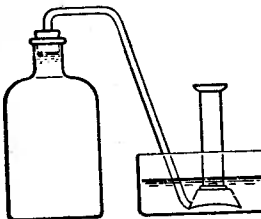


Рис. 139. Взаимодействие воды с хлором (I).

Для того чтобы растворение хлора шло быстрее, склянку полезно охлаждать, поставив в банку с холодной водой.

Когда вода насытится хлором, заткнуть склянку пробкой и оставить до урока в темном месте.

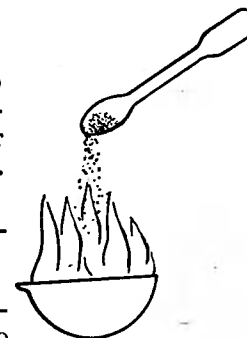


Рис. 138. Всыпание магния в пламя спирта.

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 4, а, 3, рис. 77 (стр. 117). 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. 139) и над отверстием газоотводной трубки поместить на мостице (см. I, стр. 259) небольшой (12—15 см высотой) цилиндр для собирания газов, наполненный водой, или пробирку.

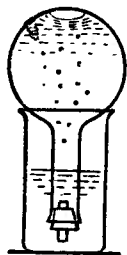


Рис. 140. Взаимодействие воды с хлором (2).

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 от времени до 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 глеющей лучинкой.

Хлорную воду после испытания кислорода можно оставить еще на некоторое время на свету, чтобы показать окончательное ее обесцвечивание.

Вместо описанного прибора можно воспользоваться прибором, устройство которого понятно из рис. 140.

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,

Получение хлора электролизом раствора поваренной соли 199

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. 141).

Угольный электрод берется от испорченного гальванического элемента, хотя бы от батарейки для карманного фонаря. Годится уголь для дуговой лампы.

Источник постоянного тока должен иметь напряжение не меньше 4 вольт: 2—4 аккумулятора (см. I, стр. 295) или соответствующее число элементов (см. I, стр. 313—317). Можно воспользоваться выпрямленным током от осветительной сети (см. I, стр. 301—311), как при опытах с разложением воды электрическим током (см. I, стр. 488—502, 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.

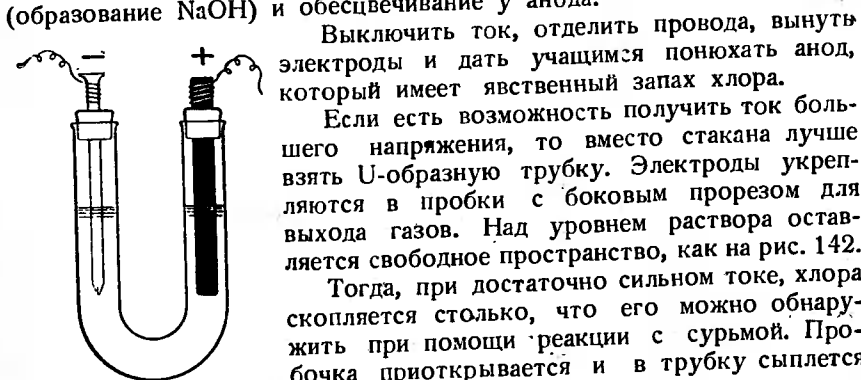


Рис. 142. Электролиз раствора поваренной соли (2).

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. Над уровнем раствора оставляется свободное пространство, как на рис. 142.

Тогда, при достаточно сильном токе, хлора скопится столько, что его можно обнаружить при помощи реакции с сурьмой. Пробочка приоткрывается и в трубку сыплется порошок сурьмы (стр. 182).

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 иодистого калия с крахмалом (стр. 326).

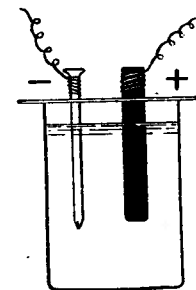


Рис. 141. Электролиз раствора поваренной соли (1).

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 рис. 583, т. I, стр. 498. Надо только один из железных электродов заменить угольным (см. предшествующий опыт, стр. 199).

Прибор наполняется насыщенным раствором поваренной соли, в котором хлор мало растворим.

Источники тока применяются такие же, как и при разложении воды, и вообще вся постановка опыта та же самая, за исключением испытания собранного хлора (см. предшествующий опыт, стр. 199).

○ 3. На рис. 143 изображен прибор, который может служить примитивной моделью заводской установки для получения хлора.

Здесь *A* — электролитическая ванна — верх отрезанный (см. I, стр. 178 — 181) 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 т. I, стр. 223—226.

К электродам следует привинтить клеммы для присоединения электрических проводов. За неимением клемм 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 пробку, лучше каучуковой, изогнутая, как на рис. 143, газоотводная трубка для собирания получаемого хлора в колбочке на 250—500 мл.

Ванна *A* устанавливается в кольцо штатива. Колокол *Г* укрепляется в зажиме штатива.

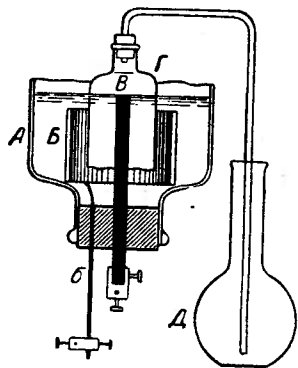


Рис. 143. Электролитическое получение хлора в лаборатории (1).

Ванна *A* на уроке наполняется насыщенным раствором поваренной соли почти до краев. До урока следует приготовить нужное количество раствора.

Перед уроком прибор должен быть разобран, вымыт и высушен.

Для прибора указанных размеров требуется источник тока с напряжением не менее 6 вольт (см. I, стр. 488).

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 лакмусной бумажки или по посинению иодокрахмальной бумажки (стр. 237).

Обратить внимание учащихся на выделение пузырьков водорода от катода.

Взять пипеткой раствора 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 рис. 144.

Прибор состоит из ванны — жестяной коробки *A*, которая одновременно является и катодом (на рисунке дана в разрезе). К ее краю присоединяется на клемме, припаивается (см. I, стр. 379) или приклепывается провод, соединяющий прибор с катодом источника тока.

С противоположной стороны в крае жестянки делается выемка и припаивается жестяной носик. Через носик жидкость должна перетекать в стакан *E*. В стакане при помощи лакмуса или фенолфталеина обнаруживается щелочь, образующаяся при электролизе раствора поваренной соли.

Вместо того чтобы припаивать жестяной носик, можно сделать его, как на рисунке, из воска или пластилина.

В ванну *A* опускается колокол *B* из банки с отрезанным (см. I, стр. 178—181) дном. В горло колокола вставлена пробка — каучуковая или корковая, залитая парафином (см. I, стр. 223—226).

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 *B*, из которой в ванну добавляется раствор поваренной соли. Раствор

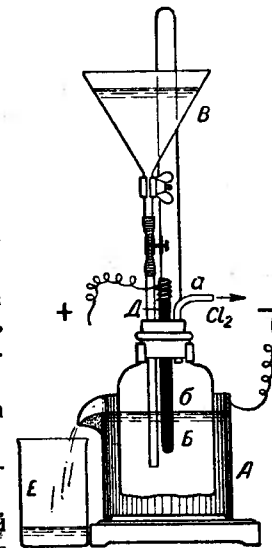


Рис. 144. Электролитическое получение хлора в лаборатории (2).

вытесняет образующийся у катода раствор едкого натра в стакан *Е*.

На **каучуке**, соединяющем 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 вольт (см. I, стр. 488).

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. 198), то на него следует сослаться.

Выделяющийся хлор можно заметить через 10—15 мин. Если хлор плохо виден, его можно обнаружить по обесцвечиванию влажной лакмусной бумажки или по посинению иодокрахмальной бумажки (стр. 201 и 237).

Осторожно поворачивая винт зажима у воронки, установить медленный непрерывный приток раствора соли в ванну так, чтобы раствор из ванны перетекал в стакан *Е* по каплям.

Обнаружить едкий натр в стакане *Е* 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 рис. 145 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 *А*, **колокола**, приготовленного из банки диаметром 10—12 *см*, у которой отрезано дно (см. I, стр. 178—181). Острые края разреза должны быть хорошо сглажены смоченным водоем напильником.

Колокол снизу затянута мембраной из **асбестового картона** и **медной сеткой**. Для этого колокол ставится широким отверстием кверху и на него накладывается круг *Б* влажного асбестового картона толщиной не менее 1 *мм*. Края круга *Б* тщательно загибаются и плотно обвязываются ниткой. Затем на картон накладывается круг из тонкой медной сетки. Края его *В* 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 вставляются — **положительный электрод — уголь**, **трубка** *б*, через которую из **воронки** *Г* поступает раствор поваренной соли, и **газоотводная трубка** *а* (см. опыт 4, стр. 201—202).

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 вольт. 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. 200).

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.

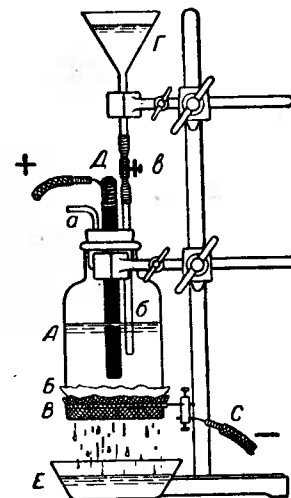


Рис. 145. Электролитическое получение хлора в лаборатории (3).

8. Получение и свойства хлористого водорода.

Обычный способ получения хлористого водорода — действие концентрированной серной кислоты на поваренную соль. Однако, если взять кислоту уд. веса 1,84, то реакция идет слишком энергично и кислота, благодаря своей вязкости, сильно пенится, пена в конце концов 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 реагирует. Выделение хлористого водорода начинается только при нагревании. Регулируя нагревание, можно регулировать и ток газа.

При разбавлении кислоты не следует забывать необходимые предосторожности (стр. 21): 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 crust.*).

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 готовится 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, сильной 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.

О Устройство прибора для получения HCl при помощи поваренной соли и серной кислоты может быть такое же, как для получения хлора (см. стр. 172, рис. 112).

Колбу можно взять на 500—600 мл. Под конец воронки надо только поместить маленькую пробирочку (см. I, стр. 237, рис. 270, в), чтобы конец воронки не мог быть закупорен солью. Можно взять воронку с краном (как на рис. 146), 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 полных столовых ложки) следует взять 80—100 мл серной кислоты указанного выше разбавления. Под колбу непременно надо подложить сетку. Газоотводная трубка должна быть присоединена на достаточно длинном каучуке (рис. 146).

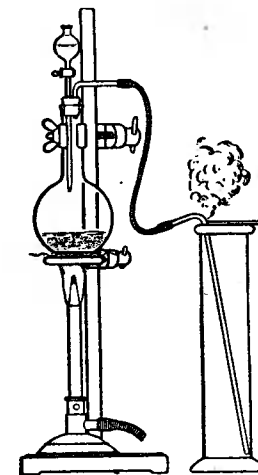


Рис. 146. Получение хлористого водорода в лаборатории.

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, прекращать во-время нагревание.

Для сушения хлористого водорода можно присоединить к прибору склянку Тищенко или другую какую-нибудь промывную склянку (см. I, стр. 252) с концентрированной серной кислотой (уд. в. 1,84), но вполне возможно 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. 146 и т. I, стр. 237, 270, 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. I, стр. 184), или куском толстого картона, проваренным в парафине или воске.

Опыт. Опустить в цилиндр газоотводную трубку от прибора для получения хлористого водорода (рис. 146) и пустить ток газа. Следить, чтобы выделение газа не было слишком бурное.

После того как из цилиндра начнется обильное выделение белого дыма (рис. 146), или после того как опущенная в цилиндр горящая лучинка будет гаснуть у самого отверстия цилиндра, выждать еще некоторое время, чтобы иметь уверенность, что весь воздух из прибора и цилиндра вытеснен. Затем вынуть из цилиндра газоотводную трубку и быстро прикрыть цилиндр притертой стеклянной пластинкой (смазывать ее не следует). Газоотводную трубку можно из первого цилиндра перенести в другой — такой же **запасной цилиндра**, 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 несколькими каплями 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 заткнуть пробкой. Открывать пробку под водой следует очень быстро (см. выше).

○ 2. Чтобы показать, что хлористый водород „дымит“ только

во влажном воздухе, приготовить две **материальных склянки** на 2—3 л. В одну из них налить немного концентрированной **серной кислоты** уд. в. 1,84. Хорошо закупорив 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 закупорить.

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.

○ 3. В дополнение к опыту 1 может быть продемонстрирован опыт с „фонтаном“.

В склянку на несколько литров вставить хорошую каучуковую **пробку** с двумя **трубками**, как на рис. 147. За неимением свежей каучуковой пробки можно взять корковую, но ее следует, углубив в горлышко склянки, залить слоем **менделеевской замазки** (см. I, стр. 223) или хотя бы парафином.

Трубку *a* лучше взять пошире (диам. 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 трубок должны быть надеты **каучуки**, а на каучуки — **зажимы**, винтовые, хорошие пружинные или деревянные (см. I, стр. 360).

Склянку можно наполнить **хлористым водородом** (см. стр. 205) 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 *b* 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 каучуком в большую банку с водой. Открыть под водой

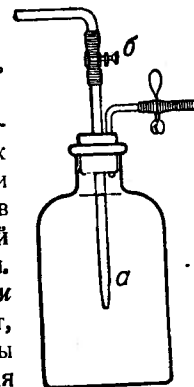


Рис. 147. Склянка для опыта с фонтаном.

зажим и погрузить склянку в воду почти до половины. Как только в склянку попадут первые капли 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. 148). Если же пробка плохая, то лучше оставить ее под водой.

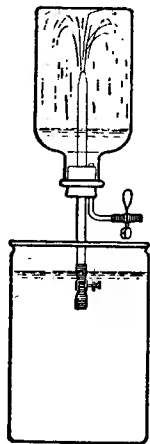


Рис. 148. Опыт с фонтаном.

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.

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. 149).

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 каучука, заткнутого 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 склянки для HCl (рис. 150). Для того чтобы вызвать фонтан, достаточно сильно сдвинуть каучук пипетки. Вода из пипетки поглощает большое количество HCl , и фонтан сразу же начинает бить.



Рис. 149. Наполнение склянки хлористым водородом для опыта с фонтаном.

Можно, наконец, воспользоваться приспособлением, изображенным на рис. 151. Вода готовится в большой склянке, заткнутой пробкой, с двумя трубками — одной, доходящей до дна склянки, другой, оканчивающейся у самой пробки. Трубка, 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 нижней склянки присоединить каучук, через который, открыв зажим на прямой трубке верхнего сосуда, вдуть воздух, пока вода не поднимется до верхнего сосуда и не начнет бить фонтаном. Вдуть воздух можно при помощи каучу-

помощи каучу-

● 4. Для лабораторного опыта можно воспользоваться пробирками как для получения, так и для собирания хлористого водорода (рис. 152).

Для реакции нужна серная кислота, 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, как на рис. 152, и поместить его *под тягу*.

Всыпать в пробирку *a* 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 *a* с поваренной солью серной кислоты, разбавленной в отношении 3:2, сколько показано на рис. 152, и закрыть пробирку пробкой с газоотводной трубкой; конец последней опустить в сухую пробирку *b*, которую полезно прикрыть кусочком бумаги, сделав в ней выемку для трубки, и начать слегка подогреть пробирку *a*, в которой идет реакция.

Когда над пробиркой появится обильный «дым», вынуть газоотводную трубку из пробирки *b*, для чего медленно поднять штатив с пробиркой *a* и горелкой и после этого прекратить нагревание пробирки *a* (если вынимать газоотводную трубку слишком

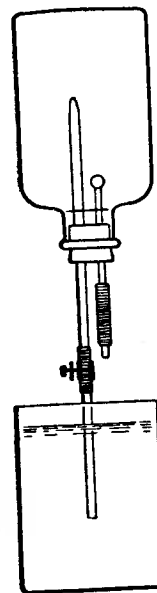


Рис. 150. Введение воды в склянку с хлористым водородом для опыта с фонтаном.

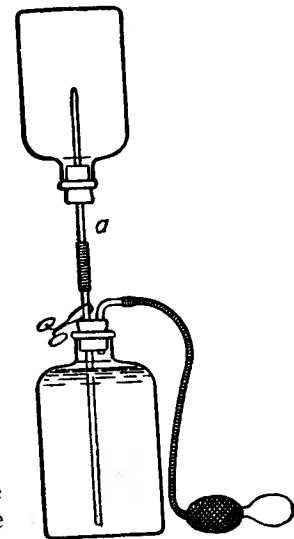


Рис. 151. Введение воды в склянку с хлористым водородом при помощи каучукового баллона.

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 с водой.

Открыть пробирку под водою. Если собран чистый хлористый водород, вода заполнит всю пробирку.

Когда поднятие воды в пробирку прекратится, снова закрыть пробирку (под водою), 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).

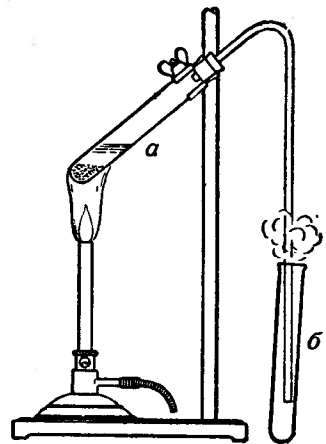


Рис. 152. Лабораторный опыт получения хлористого водорода.

В хорошо подобранную к обычной пробирке пробку вставляется оттянутая на конце трубочка, как на рис. 153. Можно взять трубочку от глазной пипетки, которую легко достать в аптеке.

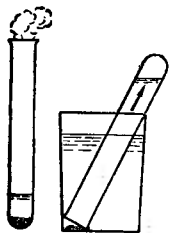


Рис. 154. Растворение хлористого водорода в воде.

Опыт. Пробирку, к которой подобрана пробка со вставленной, как на рис. 153, 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. 209 и рис. 152), наполнить пробирку хлористым водородом.

Когда из отверстия пробирки пойдет сильный дым, медленно вынуть из нее приводящую газ трубку и сейчас же вставить приготовленную пробку с оттянутой трубочкой. После этого сейчас же заткнуть наружный конец трубочки пальцем.

Не отнимая пальца, погрузить трубку пробирки с хлористым

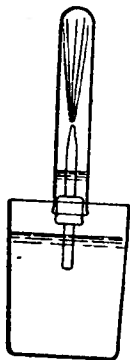


Рис. 153. Фонтан в пробирке.

водородом в стакан с водой, подкрашенной лакмусом, насколько возможно глубоко, и отнять палец.

Вода устремляется в пробирку и бьет фонтаном (рис. 153).

● 6. Если почему-либо нельзя соорудить указанные приборчики, опыт можно проделать следующим наиболее 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. 154). 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. 155), 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 каучуковой трубки с продольным прорезом, заткнутый на конце стеклянной палочкой (рис. 156). 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.

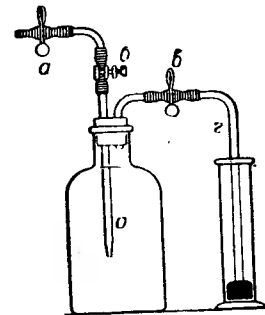


Рис. 155. Наполнение склянки хлористым водородом.

При закрывании газоотводной трубки при помощи пружинного, винтового или деревянного (см. I, стр. 360) зажима выделяющийся газ будет выходить через предохранительную трубку и поглощаться водой. Можно выпускать избыток газа в трубку, выведенную в окно (см. стр. 178).

Для приливания серной кислоты следует взять воронку с краем или совсем не вставлять воронку (см. выше).

○ 1. Для наполнения сосуда на уроке вместо цилиндра (см. стр. 205) удобнее взять склянку, так как к ней легче подобрать пробку. В склянку вставляются две трубки, как на рис. 155. Если предполагается показать опыт с фонтаном, то трубка *д* должна быть оттянута на конце, как указано выше (стр. 207). Для поглощения избытка HCl служит цилиндр с волюю и со слоем ртути на дне, в который опущена трубка *г*. Вместо того чтобы наливать в цилиндр ртуть, можно на конец трубки *г* надеть бунзеновский клапан (см. рис. 156).

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 газоотводной 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. 156. Применение бунзеновского клапана при растворении хлористого водорода в воде.

Можно также сразу же, как только сосуд с хлористым водородом отделен, присоединить к газоотводной трубке колбы склянку Тищенко (но не обыкновенную промывную склянку, см. I, стр. 252 и 253) 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. 157) состоит в следующем.

Ток хлористого водорода пускается при открытом зажиме *b* и закрытом зажиме *a* 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 во-

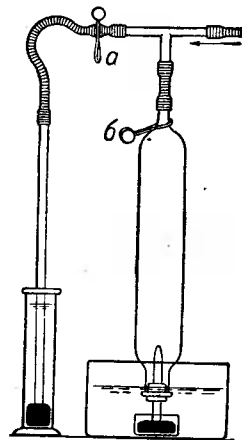
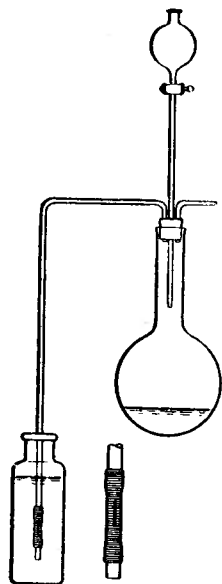


Рис. 157. Прибор для демонстрации растворимости хлористого водорода в воде без тяги.

дой, открывается зажим *a* и закрывается зажим *b*, направляющий газ в предохранительный цилиндр, как на рис. 157, или в склянку Тищенко (см. I, стр. 253) 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 засасывается в трубку. Воду лучше брать кипяченую, чтобы из нее не выделялся воздух.

Трубку, изображенную на рисунке, приходится заказывать. Вместо нее можно воспользоваться большой разделительной воронкой.

На рис. 158 изображен такой же прибор, приготовленный из лампового стекла. Пробки должны быть каучуковые или корковые, залитые менделеевской замазкой.

Вместо того чтобы погружать отводящую трубку в ртуть, на нее можно надеть бунзеновский клапан (см. стр. 211), 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. 159) 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.

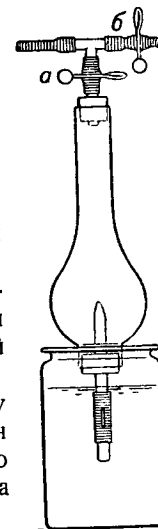


Рис. 158. Упрощение прибора, изображенного на рис. 157.

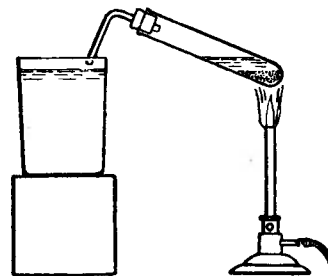


Рис. 159. Растворение хлористого водорода в воде (1).

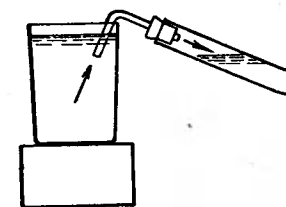


Рис. 160. Растворение хлористого водорода в воде (2).

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. 160) 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.

○ 1. Для получения соляной кислоты можно воспользоваться прибором, изображенным на рис. 161. Размеры прибора зависят от количества кислоты, которое желательно получить.

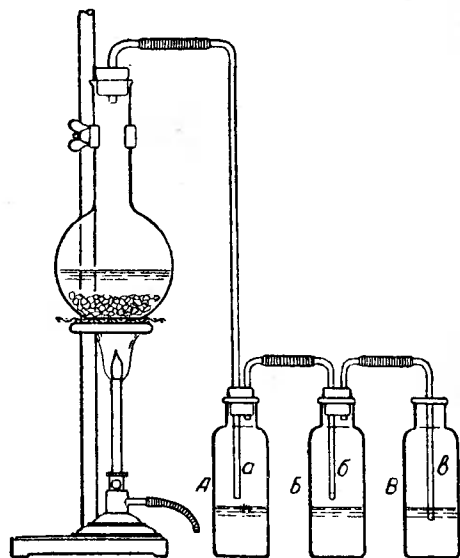


Рис. 161. Получение соляной кислоты в лаборатории (1).

В случае ослабления тока хлористого водорода в колбе воду из склянки *V* может пересосать только в склянку *B*, но не в колбу. Поэтому надо, чтобы трубка в склянке *V* была погружена в воду не больше чем на расстояние от конца трубки *b* до поверхности воды в склянке *B*.

Опыт. Поместить прибор под тягу. Насыпать в колбу поваренной соли около $\frac{1}{3}$ колбы. Прилить серной кислоты примерно до $\frac{1}{2}$ колбы. Кислоту взять разбавленную 3:2, как указано на стр. 204.

Нагревать колбу и наблюдать, чтобы выделение хлористого водорода шло равномерно. Когда поглощение хлористого водорода в склянке *V* прекратится, прекратить нагревание, отделить трубку от

В склянки *A*, *B* и *V* наливается вода в таких количествах, как показано на рис. 161. Трубки *a* и *b* не доходят до воды примерно на 1 см. Трубка *v* 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 *V* поглощается хлористый водород, не поглотившийся в первых двух склянках.

колбы и произвести с полученной соляной кислотой описанные ниже опыты.

Если желательно заготовить большое количество концентрированной соляной кислоты до урока, то проще всего воспользоваться 2—3 склянками Тищенко для промывания газов (см. I, стр. 253), соединенными между собой и наполненными до половины водой.

● 2. При лабораторном опыте можно воспользоваться тем же прибором, но колбу взять на 250 мл, скляночки *A* и *B* на 100 мл.

Количество нужной поваренной соли полезно 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 рис. 162.

Прибор состоит из колбы на 250 мл, изогнутой трубки и присоединенной к ней на каучуке вороночки, погруженной в стакан, в который на $\frac{1}{8}$ налита вода.

Вороночка погружается в воду лишь на очень небольшую глубину. Благодаря этому, если вода начнет подниматься в вороночке кверху, в нее вскоре же начинает засасываться воздух. Таким образом вода в колбу попасть не может.

Опыт с этим прибором следует производить под тягой.

Опыт производится так же, как и опыт 1 (стр. 214).

○ 4. Для иллюстрации принципа противотока можно соорудить прибор, изображенный на рис. 163.

В колбе *a* получается хлористый водород действием немного разбавленной серной кислоты на поваренную соль (стр. 204). Хлористый водород поступает в ряд баночек *b* — поглотительных сосудов, соединенных между собою сверху широкими каучуковыми 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.

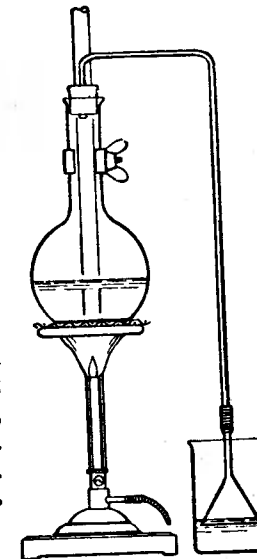


Рис. 162. Получение соляной кислоты в лаборатории (2).

Баночки соединяются между собою при помощи **стеклянных трубочек**, вставленных на **каучуковых пробочках** или кусочках каучуковой трубки в просверленные в баночках отверстия. Жидкость движется из баночки в баночку по принципу сообщающихся сосудов.

Чем более насыщен раствор хлористым водородом, тем больше удельный вес раствора. Поэтому образовавшийся на поверхности жидкости в баночках раствор опускается вниз. Следовательно, вы-

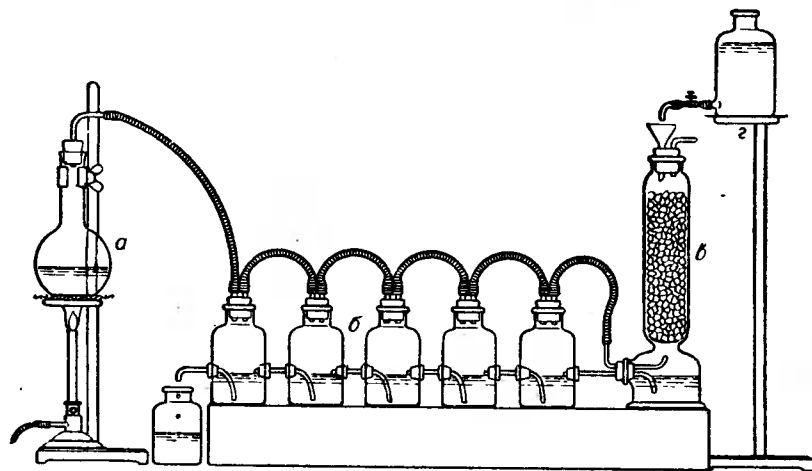


Рис. 163. Действующая модель завода соляной кислоты (1).

годнее, чтобы в каждую баночку перетекала более концентрированная кислота из нижней части предыдущей баночки. С этой целью стеклянные трубки, соединяющие баночки, выгнуты соответствующим образом, как показано на рисунке. Таким же образом устроены применявшиеся ранее на заводах соляной кислоты поглотительные сосуды — турилли, которые теперь заменяются более выгодными целлариусами (сделать модель целлариуса лабораторными средствами нельзя).

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 обломить плоскогубцами или отбить кончик, чтобы получить острые края, лучше берущие стекло. Быстрее всего сверлить стекло, смачивая конец напильника 10% **раствором камфоры в скипидаре** (см. I, стр. 183). Скипидар лучше перегазовать 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.

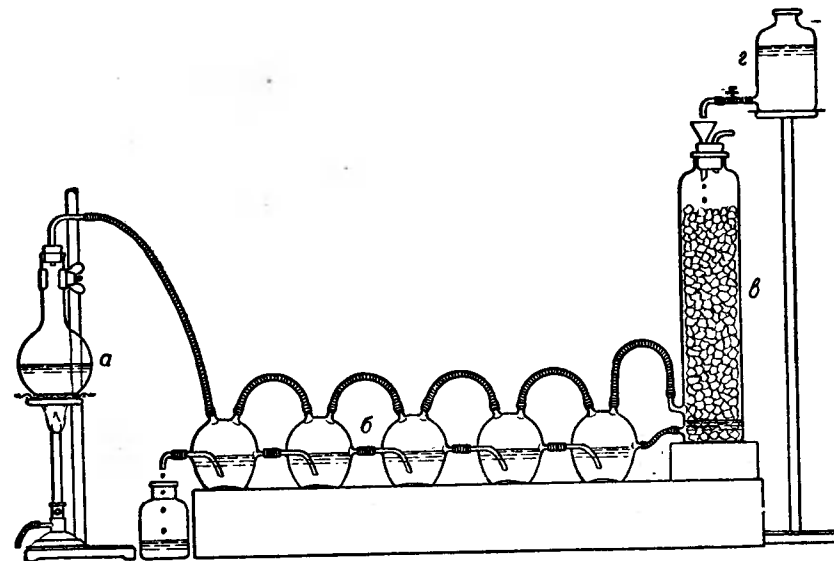


Рис. 164. Действующая модель завода соляной кислоты (2).

Когда отверстие сделано, края его выравниваются при помощи смоченного раствором камфоры в скипидаре **круглого напильника** и размер отверстия подгоняется к имеющейся пробке.

Раствор камфоры в скипидаре поразительным образом изменяет сопротивление поверхности стекла, и стекло обрабатывается напильником легче, чем железо.

Можно просверлить стекло и без раствора камфоры 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 (подробности указаны в главе XII „Сера“, стр. 298—300).

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 азотносеребряной соли AgNO_3 (см. ниже) на ионы хлора.

Вместо того чтобы сверлить баночки, можно заказать стеклотруду сосудики, как на рис. 164. Он же может сделать и башню в взамен колонки.

Вместо того чтобы нагревать в колбе *a* поваренную соль с серной кислотой, можно приливать по каплям концентрированную серную кислоту к сухому хлористому аммиону NH_4Cl (стр. 204).

10. 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 азотносеребряной солью. В два бокала или стакана налить понемногу слабого (2—3%) раствора азотносеребряной соли AgNO_3 ,¹ кристаллической или плавленной (ляпис, *argentum nitricum crust. или fusum*), и прибавить в один стакан разбавленной соляной кислоты HCl , в другой — раствора поваренной соли NaCl (*natrium chloratum*).

Осадок от соляной кислоты можно отфильтровать и оставить на свету до следующего урока. Осадок темнеет (вначале лиловет) 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

¹ Если приходится растворять ляпис в недистиллированной воде и при растворении образуется осадок хлористого серебра, то последний надо отфильтровать.

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 азотносеребряной соли.

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 раствора 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 учащимся, 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, желательно показать учащимся, что при помощи азотносеребряной соли 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

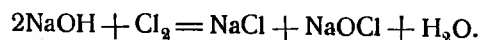
на-вкус соленость не была заметна, дать учащимся попробовать несколько образцов воды на-вкус (см. стр. 72), а затем в одном из них обнаружить присутствие хлористых металлов при помощи раствора азотносеребряной соли AgNO_3 .

11. Получение белильных солей.

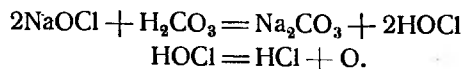
○ ● Для опыта нужен **раствор едкого натра** NaOH или **едкого кали** KOH (*potassium* или *kalium oxudatum hydricum*) 1:10 и **прибор для получения хлора** (см. стр. 172). Опыт производится *под тягой* или с отведением избытка хлора за окно (см. стр. 178).

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 минут.

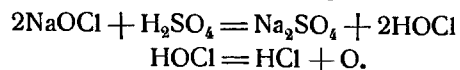
Происходит реакция:



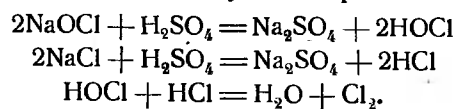
Опущенная в раствор **лакмусная бумажка** не обесцвечивается, но если ее вынуть из раствора и предоставить действовать на нее углекислому газу воздуха, то вследствие разложения образующейся хлорноватистой кислоты выделяется свободный кислород, который бумажку обесцвечивает:



То же, но гораздо быстрее происходит, если, опустив в раствор бумажку, прилить к раствору немного серной кислоты:

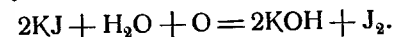


Можно перед приливанием кислоты прилить к раствору раствор **лакмуса** или индиго. При этих опытах наблюдается сильное выделение хлора, объясняющееся следующими реакциями:



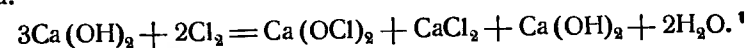
Можно показать также действие полученной „белильной жидкости“ на чернила (предварительно испытать, так как не всякие чернила обесцвечиваются) и окрашенные ткани (также испытать). Раствор $\text{NaOCl} + \text{NaCl}$ называется **лаборракова вода** (по фамилии Лаборрак), раствор $\text{KOCl} + \text{KCl}$ (способ получения тот же самый) называется **жавелева 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 **иодистого калия** KJ (*kalium iodatum*) — выделение иода:



12. Получение хлорной (белильной) извести.

○ ● **Опыт.** Наполнить **хлором** (см. стр. 172, 175 и сл.) материальную склянку с притертой или подогнанной корковой пробкой. Всыпать ложку порошкообразной **гашеной извести** Ca(OH)_2 (см. стр. 52), 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:

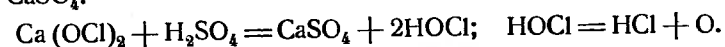


13. Окисляющее действие хлорной извести.

○ ● Опыт имеет цель 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 Ca(OCl)_2 (*calcaria chlorata*), взболтать **стеклянной палочкой** и **профильтровать** (лучше через **плоеный фильтр**, см I, стр. 345) в **другой стакан** или колбу. К отфильтрованной жидкости прибавить немного синего раствора **лакмуса** и жидкость разлить в **два бокала** или стаканчика пробну. Раствор остается синим.

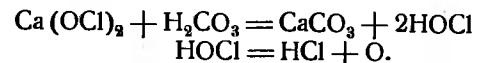
В один бокал прибавить немного **серной кислоты** H_2SO_4 (1:5). Цвет лакмуса сейчас же пропадает, получается осадок **сернокальциевой соли** CaSO_4 :



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 хлорнова-

¹ По новейшим исследованиям при этой реакции получается не соль $\text{Ca} \begin{matrix} \text{Cl} \\ \text{OCl} \end{matrix}$, как раньше думали, а Ca(OCl)_2 и основной хлористый кальций $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca(OH)}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, который в противоположность средней соли CaCl_2 не гигроскопичен.

тистой кислоты, а затем обесцвечивается (делается светложелтой) вследствие окисления:



Хранить белильную известь следует хорошо закрытой и в темноте.

14. 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. I, стр. 163), прилить соответствующее количество воды (отмерить при помощи мензурки) и растворить едкое кали, взбалтывая жидкость в колбе.

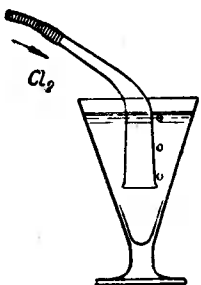


Рис. 165. Получение бертолетовой соли в лаборатории (1).

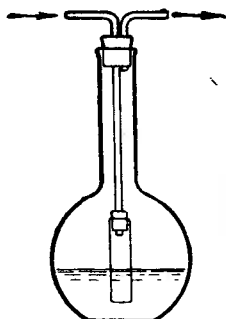


Рис. 166. Получение бертолетовой соли в лабораторив (2).

Для получения бертолетовой соли в нагретый раствор едкого кали пропускается хлор. Из раствора выпадают кристаллы бертолетовой соли. Чтобы выделяющиеся кристаллы не закупорили приводящей хлор трубки, ее следует взять возможно широкую, не менее 1 см диаметром. Удобнее всего воспользоваться аллонжем, как на рис. 165 (см. I, стр. 363).

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 сильный ток хлора. Минут через 5 выделяется уже достаточное количество кристаллов бертолетовой соли, ясно видимое 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, заткнутой пробкой, в которую вставлены две трубки, одна с припаянным или присоединенным на пробке куском более широкой трубки (см. рис. 166) для впускания хлора, другая для выведения избытка хлора. Хлор можно пропускать в поглотительный прибор или за окно (см. стр. 178).

● 2. Электролитическим способом. Для опыта следует приготовить насыщенный раствор хлористого калия KCl (kalium chloratum) и отвесить 5 г едкого кали KOH (kalium oxudatum 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. 167). Нагреть раствор до 75° и опустить в него угольные электроды (см. стр. 199), соединенные проводами с цепью из 4—5 аккумуляторов. Температуру контролировать термометром. При электролизе раствора KCl на катоде образуется KOH, а на аноде выделяется Cl₂, которые, реагируя между собой, образуют KClO₃. Для ускорения опыта KOH прибавляется заранее. Через 8—10 мин. выпадают кристаллы бертолетовой соли KClO₃.

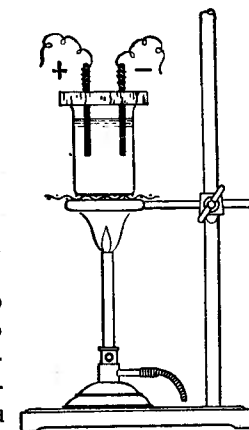


Рис. 167. Получение бертолетовой соли электролизом раствора хлористого калия.

15. Свойства бертолетовой соли.

а) Разложение нагреванием.

Опыт был уже описан выше на стр. 34—37, 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 KClO₃ и красного фосфора (phosphorus atorphus): 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.

168, 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. I, стр. 366) и т. п. и ударить молотком (рис. 168). Происходит оглушительный взрыв. Бумага разрывается в клочки.

Для каждого вещества должна быть особая ложечка или лопаточка.

Брать сколько-нибудь значительное количество обоих веществ *всегда 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 XIV „Фосфор“, стр. 357).

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 ничтожное количество **серы в порошке** (см. I, стр. 408). Оба вещества удобнее всего разбросать в виде кружка на расстоянии 5—8 см от центра ступки.

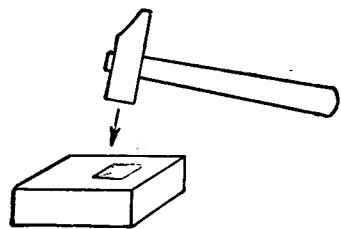


Рис. 168. Взрывание смеси бертолетовой соли с красным фосфором.

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.¹

г) Бенгальские огни.

○ ● Горючей основой бенгальских огней¹ 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 мел-

¹ См. книгу Egli-Rüst, цитированную в I т. на стр. 466.

ких порошков. Измельчать их нужно сначала каждое порознь, соблюдая при размельчении бертолетовой соли все необходимые предосторожности (стр. 34—36), лучше всего получить мелкокристаллическую бертолетову соль путем перекристаллизации (стр. 35). 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 безв. (natrium carbonicum siccum),
зеленый	60 $KClO_3$,	16 S „	24 $BaCO_3$ (baryum carbonicum praecipitatum),
„	73 $KClO_3$,	17 S и	10 H_3BO_3 (acidum boricum pulv.)
„	18 $KClO_3$,	20 S „	62 $Ba(NO_3)_2$ (baryum nitricum pulv.),
фиолетовый	60 $KClO_3$,	16 S „	12 $KAl(SO_4)_2$, 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 $Sr(NO_3)_2$ (strontium nitricum).

Приготавливать 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 шгоры.

XI. БРОМ, ИОД, ФТОР.

1. Бром, его получение и свойства.

Для того чтобы показать учащимся бром (*bromum rigidum*) 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. I, стр. 35)*. 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. 170).

Попадая на кожу, жидкий бром причиняет сильные ожоги. Если бы случилось облить бромом руку, то, оmyв 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 оmyвания водой сделать компресс из раствора гипосульфита (тиосернатриевая соль $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

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. I, стр. 157, рис. 140, Г).

Бром иногда присылают в запаянных склянках. На середине оттянутого горлышка такой склянки следует сделать напильником хорошей надрез.

Затем одной рукой плотно прижать склянку дном к столу (чтобы бром не брызнул при наклонении склянки), а другой, лучше обвернутой 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 (*kalium bromatum*) или бромистого натрия и столько же двуокиси

марганца MnO_2 в порошке (стр. 34). Размешивая стеклянной палочкой, облить смесь *под тягой* концентрированной серной кислотой уд. в. 1,84. Из бокала выйдут густые бурые пары брома.

На случай ожога бромом приготовить концентрированный раствор тиосернатриевой соли $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (так называемого гипосульфита, см. выше).

○ 2. Получение паров брома и бромной воды при отсутствии тяги.

За неимением тяги опыт можно произвести в широкой пробирке. Пробирку после приливания кислоты заткнуть пробкой с газоотводной трубкой. Трубку соединить каучуком 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 (*kalium bromatum*) и примерно двойной объем порошка двуокиси марганца MnO_2 (стр. 34). Перемешав порошки встряхиванием, прилить около 1 мл серной кислоты H_2SO_4 3:2 (стр. 204) и очень слабо нагреть. Когда пробирка наполнится парами брома, наклонить ее над склянкой или колбой, наполненной на $\frac{1}{4}$ водой (рис. 169). Сзади поставить белый фон.

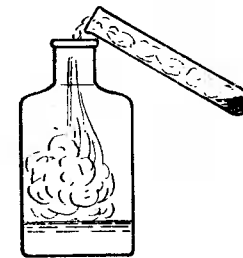


Рис. 169. Получение паров брома.

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 рис. 170. Испытать, держит ли он. В пробирку *a* налить немного воды ($\frac{1}{3}$ пробирки). В пробирку *b* насыпать смесь одной ложечки бромистого калия KBr (*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. 204).

Вставить в пробирку *b* пробку с трубкой и укрепить ее в штативе так, чтобы конец газоотводной трубки едва касался уровня воды в пробирке *a*. Поместить прибор *под тягу*.

Нагреть пробирку *б* и наблюдать, как в трубке конденсируется бром и капает в пробирку *а*.

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 стекнут 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 KBr (стр. 226) 1:10 прилить хлорной воды. Выделяющийся бром окрашивает жидкость в бурый цвет.

Пропуская (под тягой) струю хлора (стр. 171), можно получить каплю брома.

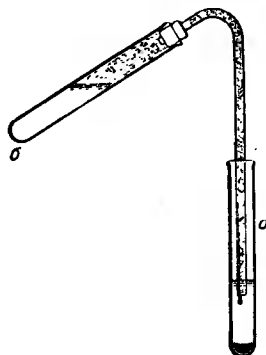


Рис. 170. Получение жидкого брома.

б) Растворение брома в воде и других растворителях.

○ ● **Опыт.** В бокал или пробирку с водой прилить одну-две капли брома (по 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. I, стр. 38, 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), четыреххлористый углерод CCl_4 (carboneum chloratum), бензол C_6H_6 (benzol), бензин или керосин.

Опыт можно соединить с опытом вытеснения брома хлором. Взав раствор бромистого калия, прилить к нему одной из перечисленных жидкостей и затем хлорной воды и взбалтывать.

в) Соединения брома с металлами.

○ 1. Опыт соединения брома с алюминием и сурьмой описан в I т., стр. 413.

○ ● 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.

г) Соединение брома с фосфором.

○ **Опыт** В склянку для сжигания в кислороде (см. стр. 42) налить (под тягой!) немного брома и, когда склянка наполнится парами брома, внести в нее на ложечке (см. I, стр. 361) хорошо высушенный кусочек белого фосфора (phosphorus albus), не больше горошины величиною (необходимые предосторожности см. в I т., стр. 34). 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 соприкосновении 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. 181).

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.

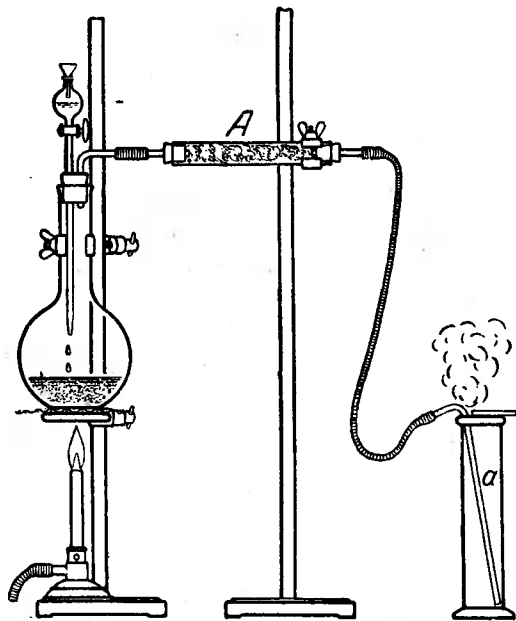


Рис. 171. Получение бромистого водорода (1).

К колбочке присоединяется трубка *A* (рис. 171) диаметром около 2 см и длиной около 20 см или соответствующая U-образная трубка, наполненная (не туго!) очень рыхлыми комками асбестовой или, лучше, стеклянной ваты, обсыпанной красным фосфором (*phosphorus atropus*). 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 при-

крыт притертой стеклянной пластинкой или куском картона с вырезом, как в опытах с хлористым водородом (стр. 206).

Прежде чем производить опыт, необходимо испытать, держит ли прибор (см. I, стр. 258) 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. I, стр. 34.) 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. 206).

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 рис. 157 (см. стр. 212).

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. 218), 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. 218).

2. Опыт. Несколько кристалликов бромистого калия KBr (стр. 226) облить в пробирке разбавленной серной кислотой H_2SO_4 (3:2, см. стр. 204). Наблюдать выделение бромистого водорода. Подержать над отверстием пробирки влажную синюю лакмусную бумажку. Когда начнется сильное выделение белого дыма, быстро опрокинуть пробирку в стакан с водой. Что наблюдается? (Пробирка почти нацело заполняется водой.) Что общего между хлористым и бромистым водородом? Написать равенство реакции.

б) Получение бромистого водорода взаимодействием брома, красного фосфора и воды.

○ Способ получения бромистого водорода разложением водой 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,

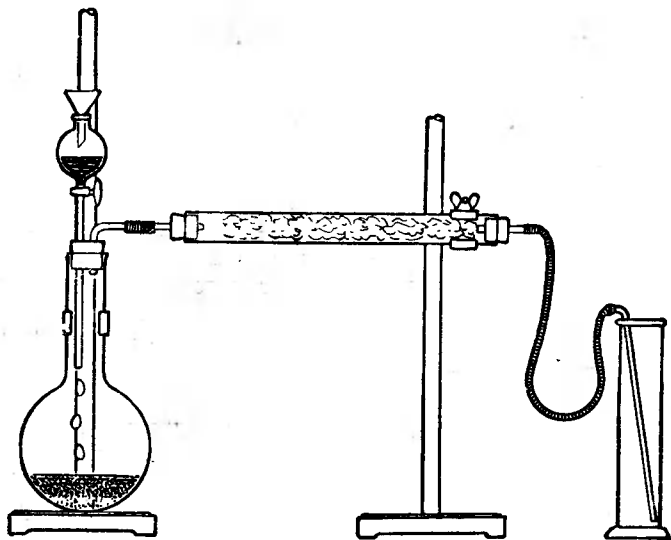


Рис. 172. Получение бромистого водорода (2).

но, ввиду того, что это обычный способ получения бромистого водорода, приводится его описание.

Бром (необходимо прочесть правила в I т. на стр. 35 и выше, стр. 226) 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 столовых 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 обливается водой (около 30 мл). Колба закрывается хорошей корковой пробкой (каучуковая пробка портится), в которую вставлена во-

ронка с краном (рис. 172) и газоотводная трубка. К газоотводной трубке колбы присоединена, как в предыдущем опыте, широкая трубка (см. рис. 172) диаметром около 2 см, длиной около 20—30 см (или U-образная 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. I, стр. 238) 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 в пышками. 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. 231), проделать с ним те же опыты, что описаны выше (стр. 231).

в) Бромистое серебро.

● **Опыт.** К раствору бромистого калия KBr или натрия (стр. 226) прилить немного раствора азотосеребряной соли $AgNO_3$ (стр. 218). С осадком проделать опыт, описанный при хлористом водороде (стр. 218). Сравнить результаты.

3. Иод и его свойства.

а) Пары иода.

○ 1. Несколько кристалликов иода (*jodum resublimatum*) поместить в большую колбу (на 2—4 л). Отверстие колбы можно заткнуть комком ваты.

Опыт. Колбу с иодом осторожно нагревать над пламенем горелки. Колба наполняется густыми фиолетовыми парами. При охлаждении пары оседают на стенках колбы в виде блестящих кристалликов (см. также стр. 137, возгонка иода).

● 2. **Опыт.** Поместить в пробирку один кристаллик иода и очень осторожно нагревать, держа высоко над пламенем. Наблюдать испарение иода без плавления (встряхивать пробирку). Под конец

нагреть сильнее, пока иод не расплавится и не испарится весь. Прекратить нагревание и наблюдать осаждение иода из паров. Пробирку с иодом сохранить для следующих опытов.

б) Растворение иода.

○ 1. *Опыт.* В бокалы или стаканы налить воды, спирта (можно и денатурированного) или эфира (aether sulfuricus), сероуглерода CS_2 (carbоneum sulfuratum), четыреххлористого углерода CCl_4 (carbоneum chloratum) или хлороформа $CHCl_3$ (chloroformium purum), бензола C_6H_6 (benzol purum), бензина или керосина и раствора 1:10 иодистого калия KJ (kalium iodatum).

Во все бокалы всыпать по очень небольшому количеству иода, лучше предварительно истертого в ступке в мелкий порошок (растирать лучше под тягой), только в бокал с водой взять побольше (0,5—1 г). Взболтать хорошо стеклянными палочками. В воде иод мало растворим, и вода окрашивается в светложелтый цвет. В спирте, в эфире получается бурый раствор, в растворе иодистого калия также получается бурый раствор (образование полииодидов 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 солятов 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 иодом от вышеописанного опыта (а 2) налить до половины воды и сильно встряхивать некоторое время, заткнув отверстие пробирки большим пальцем. Хорошо ли растворим иод в воде? (Мало растворим.)

Слить воду во вторую пробирку, а в первую прибавить спирта. Какая разница в растворимости иода в спирте и в воде? (В спирте иод растворим значительно лучше.)

Взять один кристаллик иода 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 иода, отлитому раньше, и сильно взболтать. Дать керосину всплыть. Что наблюдается? (Слой керосина окрашивается иодом.)

Подобный же опыт можно проделать и с другими растворителями.

в) Вытеснение иода хлором и бромом.

○ 1. Цель опыта показать, что при действии хлора на иодистые металлы вытесняется иод, который может быть обнаружен по фиолетовому цвету паров (при нижеследующих обычно показываемых опытах 3 и 4 получается лишь раствор иода).

Для опыта немного мелких кристаллов иодистого калия KJ (kalium iodatum) или натрия (natrium iodatum) поместить в трубку с шариком посередине (см. рис. 173, а также т. I, стр. 364). К трубке присоединить какой-либо небольшой прибор для получения хлора (например, действием соляной кислоты на марганцовокалиевую соль, см. стр. 173).

Между прибором и трубкой поместить склянку Тищенко или другую промывалку (см. I, стр. 252) 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 иода. Отделить промывную склянку от шариковой трубки и, присоединив к ней резиновый баллон (см. I, стр. 114), продуть через трубку воздух, чтобы удалить, по возможности, весь хлор. После этого нагреть шарик сначала осторожно, потом сильнее. Шарик на-

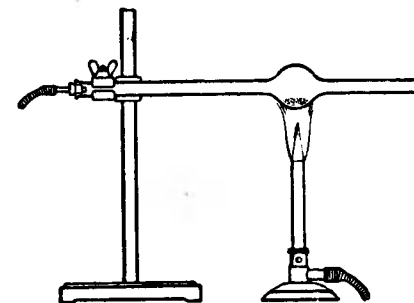


Рис. 173. Вытеснение иода хлором.

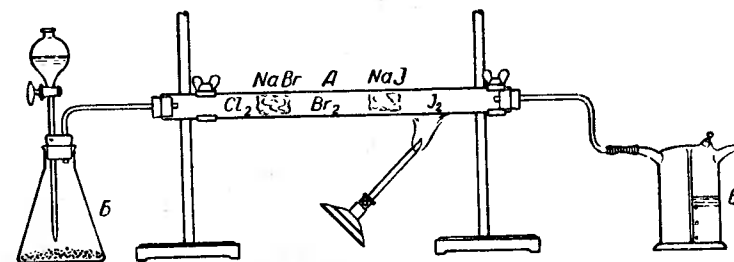


Рис. 174. Взаимное вытеснение галогенов.

полняется фиолетовыми парами выделившегося иода. Пары иода 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 иода.

Вместо шариковой трубки можно взять небольшую колбу, опустив в нее трубку, приводящую хлор.

При плохой тяге следует принять меры к тому, чтобы избыток хлора не выходил на воздух. Как это сделать — см. стр. 176—180.

2. Взаимное вытеснение галогенов можно очень наглядно показать, воспользовавшись прибором, изображенным на рис. 174.

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 комочек гигроскопической ваты, который был предварительно пропитан концентрированным раствором бромистого натрия или калия (стр. 226) и слегка высушен (вата должна быть немного влажной).

Против второй метки помещается такой же комочек ваты с иодистым натрием или калием (стр. 235). Необходимо испытать, продувая воздух ртом, хорошо ли пропускают газы ватные пробки.

В колбе *B* получается хлор действием концентрированной соляной кислоты HCl на марганцовокалиевую соль KMnO_4 (стр. 173). В склянке Тищенко *B* — 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 *B* от трубки и под тягой прилить в колбу через воронку с краном немного соляной кислоты, чтобы колба наполнялась хлором. Когда выделение хлора прекратится, снова присоединить прибор к трубке *A*.

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 прогрева трубки — фиолетовый цвет паров иода.

Чем больше диаметр трубки, тем отчетливее виден цвет хлора. Если не стремиться к тому, чтобы цвет хлора был виден, или за неимением достаточно широкой трубки — можно проделать опыт и с трубкой диаметром около 1 см.

○ 3. Приготовить немного раствора 1 : 10 иодистого натрия NaI или калия KI (см. выше), хлорную воду (см. стр. 178) 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. 140, рис. 140, Г), на 100—200 мл наполненную водой, и, закрыв пробку, взболтать.

Опыт. В два бокала налить раствора иодистого калия и затем прибавить в один бокал несколько капель хлорной воды, в другой — бромной воды. В обоих бокалах жидкость буреет, так как выделившийся иод растворяется в растворе иодистого калия с бурым цветом.

Для того чтобы показать, каким образом можно полученный бурый раствор отличить от раствора брома, прилить в оба бокала по несколько миллилитров сероуглерода CS_2 (см. стр. 228) или хлороформа CHCl_3 (см. стр. 228) и сильно взболтать стеклянными

палочками. Сероуглерод (хлороформ) окрашивается иодом 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. 234.

● 4. **Опыт.** Налить в 2 пробирки понемногу (меньше $\frac{1}{4}$ пробирки) раствора иодистого 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 иода.) Написать равенства реакций. Прилить в обе пробирки понемногу бензина или керосина, взболтать и дать отстояться. Сравнить результаты опыта с результатами опыта б (стр. 234).

г) Действие иода 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 кашка. Эту кашку 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. Продажный 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 иода в воде и снова взболтать. Наблюдать получающееся окрашивание. Если цвет получается очень темный, почти черный, то взято было слишком много иода, и опыт следует повторить.

2. Проделать тот же опыт, взяв вместо раствора иода раствор иодистого калия KI (прилить несколько капель 10% раствора). Окрашивания не наблюдается. Оно вызывается только свободным иодом. Для проверки прилить несколько капель хлорной или бромной воды и наблюдать появление окрашивания.

Иодистый калий для опыта должен быть свежеприготовленный, так как при хранении он постепенно разлагается с выделением свободного иода 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 иодистого натрия, или раствор бромистого натрия, или чистая вода. На основании предыдущих опытов придумать способ и определить, что находится в выданной пробирке.

д) Соединение иода с алюминием.

Опыт, помимо того, что он показывает реакцию между иодом и металлом, является хорошим примером действия воды как катализатора.

○ ● **Опыт.** Смешать равные объемы (по $\frac{1}{2}$ чайной ложки) истертого в порошок иода 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. Иодистый водород.

а) Получение иодистого водорода.

○ ● 1. **Опыт.** В бокал или пробирку всыпать несколько кристалликов иодистого калия KJ или натрия NaJ (*kalium* или *natrium iodatum*). 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 иода, и к газу примешиваются фиолетовые пары иода.

○ 2 Соединение иода с водородом в присутствии катализатора можно демонстрировать при помощи **прибора**, изображенного на рис. 175.

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 глицириновой бани (стакан, как на рисунке, или жестянка с **глицерином**).

Грубо измельченный иод (около 1 г) помещается в трубку *a* диаметром 7—8 мм, длиной около 15 см. Над поверхностью слоя иода должен оставаться свободный проход для газа. Для этого нужно поколачивать по трубке пальцами, чтобы иод разравнялся.

К трубке *a* присоединяется **прибор для получения водорода** (прибор Киппа и т. п., см I, стр. 242—251). Водород пропускается сначала

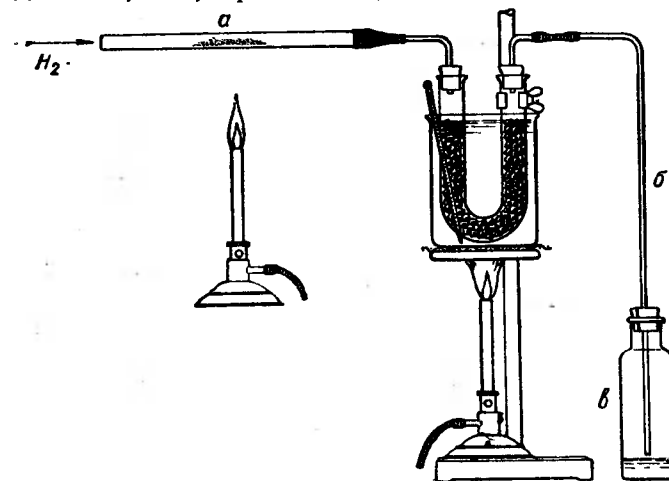


Рис. 175. Получение иодистого водорода контактным способом.

через **промывную склянку** (Тищенко и т. п., см. I, стр. 251—253) с небольшим количеством воды, а затем осушается **хлористым кальцием** CaCl_2 (склянка Тищенко или U-образная трубка, см. I, стр. 254—256).

Отводная трубка *b* вставляется в пробку склянки *b* 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 иодом.

Как только баня прогрета до 200° или немного выше, жидкость в склянке *b* краснеет вследствие образования HI и растворения его в воде.

б) Иодистое серебро.

● ○ *Опыт.* К раствору иодистого калия KJ (стр. 235) прилить немного раствора азотосеребряной соли AgNO_3 (стр. 218). С осадком проделать то же, что и с осадком хлористого и бромистого серебра (стр. 218 и 233).

Лучше всего все три опыта проделать параллельно.

5. Фтористый водород и плавиковая кислота.

а) Действие паров фтористого водорода на стекло.

○ Для опыта можно взять продажную 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. I, стр. 225). В коробку помещается фтористый кальций CaF_2 в порошке (*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, обмокнутой в расплавленный парафин, но лучше погрузить стекло в расплавленный парафин. Для этого нужно приготовить из стекла 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 рамки. 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 стеклянкой, проволокой и т. п. получилась кашицеобразная 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 тонкостенная, 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 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 травленая поверхность стекла получается не матовая, а гладкая, блестящая.



Рис. 176. Растворение стекла в плавиковой кислоте.

Опыт производится следующим образом. Стекло покрывается слоем парафина или воска, как указано в предыдущем опыте (а, стр. 240). Затем на стекло накладывается размягченный в руках и раскатанный в колбаску воск (или парафин) так, чтобы получился валик, окружающий выцарапанную в слое парафина надпись или рисунок (рис. 176). На стекло наливается (*тяга!*) плавиковая кислота. Через некоторое время она сливается, стекло моется водой, воск или парафин снимается и учащимся показывается выведенная 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 рис. 177. 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, вагнуть сплющенный конец и еще раз проколотить молотком (рис. 177). Открытый конец можно сузить ударами деревянного молотка. На рис. 177 полученная 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 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!*).

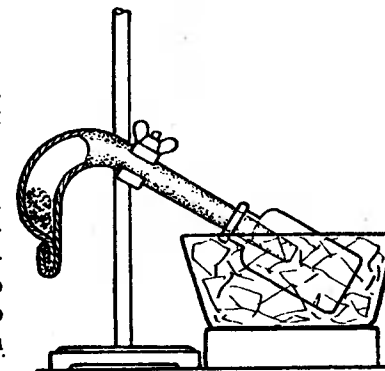


Рис. 177. Получение плавиковой кислоты в лаборатории.

Опыт. Насыпать в реторту порошка фтористого кальция CaF_2 , сколько показано на рис. 177, 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.

Нагревать 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).

ХИ. СЕРА.

1. Кристаллы серы.

а) Призматические кристаллы.

○● 1. Получение призматических кристаллов серы было описано на стр. 134.

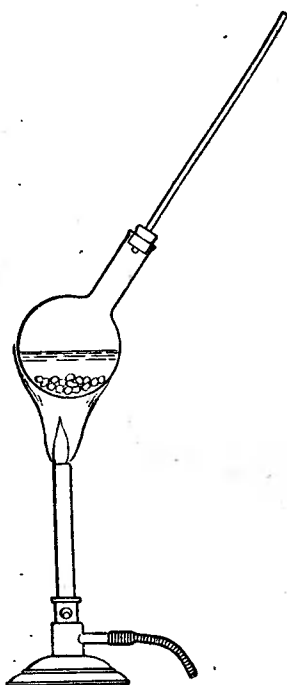


Рис. 178. Растворение серы в толуоле.

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 $95^{\circ},6$ (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. 178).

Опыт. В пробирку или колбочку налить около $\frac{1}{3}$ объема толуола, прибавить несколько граммов серы, лучше измельченной 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 $95^{\circ},5$.

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. I, стр. 167) 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. 80) 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 сернистом углеороде), 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 плоеный фильтр (под тягой!).

Если желательно 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 шкаф. 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. 179).

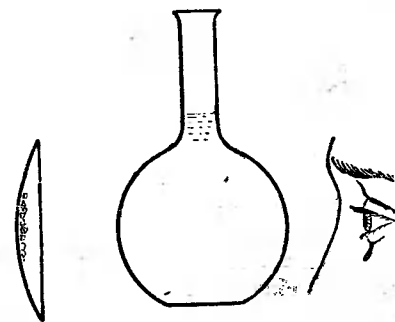


Рис. 179. Замена лупы колбой с водой.

С сероуглеродом обращаться с осторожностью, 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 с толуолом (стр. 244).

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 минусом.

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 различные в лупу с достаточным увеличением.

2. Плавление серы и получение пластической серы.

○ **Опыт. 1.** В большую пробирку (напр. $17\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ см) или колбочку поместить несколько кусков (до $\frac{1}{3}$ пробирки) чистой черенковой серы (*sulfur deparatum in bacillis*). Порошковатая сера (серный цвет) менее пригодна, так как содержит примеси, и застывшая сера получается темного цвета. Захватить пробирку держалкой (см. I, стр. 367) или зажимом, снятым со штатива, и очень осторожно нагревать над пламенем горелки, пока сера не расплавится и не превратится в прозрачную желтую легкоподвижную жидкость.

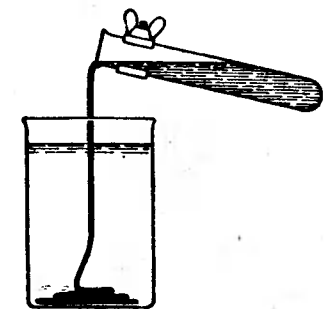


Рис. 180. Получение пластической серы (1).

При нагревании вначале слышится слабый треск. Это растрескиваются 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, удалить 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. 180). 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. 181).

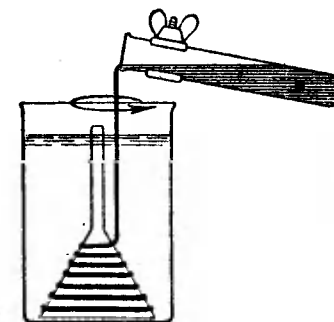


Рис. 181. Получение пластической серы (2).

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 пластическую серу оставить до следующего урока, чтобы потом показать твердую аморфную серу.

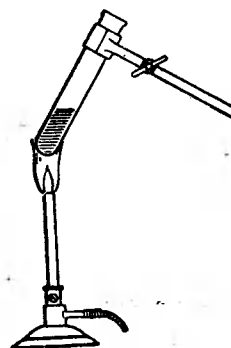


Рис. 182. Плавление серы.

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. 245 и I, стр. 167.

● 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. 182) и, держа в руке, осторожно нагревать над пламенем горелки.

Получив жидкость, продолжать нагревать до загустения.

Убедиться в том, что сера превратилась в густую жидкость, поворачивая пробирку на короткое время в горизонтальное положение и даже держа отверстие несколько ниже доньшка.

Нагреть серу до кипения. При нагревании все время следить за изменением цвета 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 каком 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 делается 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 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ продажного неочищенного серного цвета (sulfur sublimatum). Реторту укрепить в зажиме штатива в таком положении, как на рис. 183. 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. Прогреть осторожно реторту, поставить под нее сильную горелку. Пары кипящей серы будут охлаждаться в шейке реторты и сначала будут переходить непосредственно в твердое состояние — в реторте появится желтый дым, который будет выходить из отверстия реторты и представляет сублимированную серу или серный цвет. Когда же шейка реторты прогреется, из нее, кроме того,

потечет густая жидкая сера, которая и будет стекать в подставленный стакан, обращаясь здесь отчасти в пластическую серу. Когда вся сера перегонится, на дне реторты останутся все посторонние примеси, обыкновенно в виде черного остатка.

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 от времени до 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.

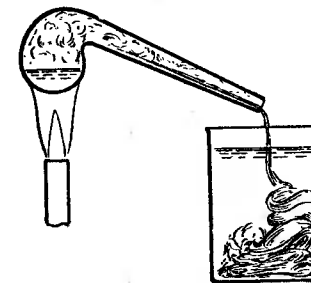


Рис. 183. Перегонка серы.

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. 245 и т. I, стр. 167.

Со спиртовой лампочкой опыт идет гораздо дольше, чем с хорошей газовой или бартелевской горелкой. Поэтому при нагревании на спирту следует взять реторту поменьше и выдвинуть фитиль лампочки, как можно больше.

○ 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) тубулатной колбе (рис. 184).

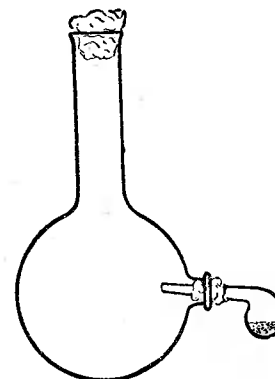


Рис. 184. Получение серного цвета.

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 тубуле колбы при помощи асбестовой ваты. Ватой следует обернуть шейку реторты, которую затем вдвинуть 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 в ней серу до кипения. Пары серы, выделяющиеся в колбу, в ней конденсируются в желтый „дым“ мельчайших кристалликов серы — „серного цвета“.

Нагревание следует вести на сильной горелке. Со спиртовой лампочкой опыт удастся гораздо хуже, чем с хорошей газовой или бартелевской горелкой и только с очень небольшой ретортой или пробиркой.

Не следует продолжать опыт дольше 5—10 мин. При продолжительном нагревании колба легко лопается около тубулуса. Ввиду этого, если имеющаяся реторта очень мала и приходится слишком близко к колбе, последнюю полезно защитить от нагревания при помощи экрана из асбестового картона. В куске картона следует сделать отверстие и надеть картон этим отверстием на шейку реторты.

Если шейка реторты входит в тубулус колбы только в горизонтальном направлении и не может быть наклонена отверстием вверх, то следует соответствующим образом наклонить самую 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 удастся 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. 185).

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 (диам. 5—6 мм), как на

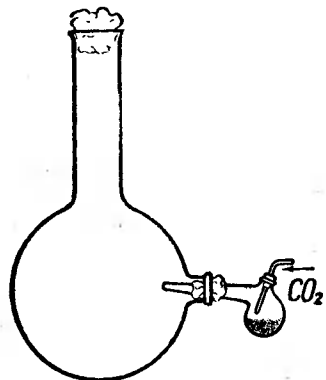


Рис. 185. Получение серного цвета с пропусканием углекислого газа.

рис. 186. Одну трубку (см. рис. 186) соединить с каким-нибудь прибором для получения водорода (см. I, стр. 465—471), другую погрузить в бокал или стакан с водой.

Опыт. Испытать, чистый ли водород идет из прибора. Присоединить 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.

Вместо воды можно взять раствор какой-нибудь свинцовой соли; тогда в бокале появится черный осадок.¹

Вместо пробирки для опыта можно воспользоваться трубкой с шариком посередине (см. стр. 235, рис. 173, а также т. I, стр. 364).

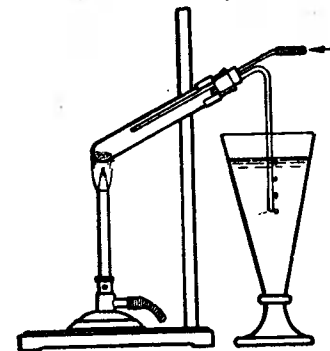


Рис. 186. Синтез сероводорода.

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 величиною с орех (разбить молотком).

Кислоту можно взять **серную** H₂SO₄ (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 Сен-Клер-Девиля. Удобнее всего воспользоваться приборами, изображенными в т. I, стр. 237, рис. 270, а, б и е; стр. 242, рис. 278; стр. 243, рис. 280.

Для лабораторных опытов можно пользоваться теми же приборами, что и для получения водорода (см. I, стр. 465—470, рис. 536—543).

¹ Этот способ открытия сероводорода может оказаться неприменимым в смысле последовательности изложения.

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.

Наполнение сосудов можно, конечно, производить и на уроке.

○ 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 сернистонатриевой соли Na_2SO_3 (natrium sulfurosum).

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. 251) 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. 189) 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 рис. 190. 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*,

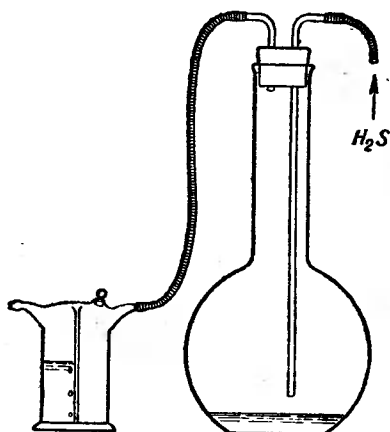


Рис. 189. Выделение серы при реакции между сероводородом и сернистым газом.

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. I, стр. 255) или колонка, наполненная хлористым кальцием. Для того чтобы следить за током сероводорода, служит склянка Тищенко *А* с не-

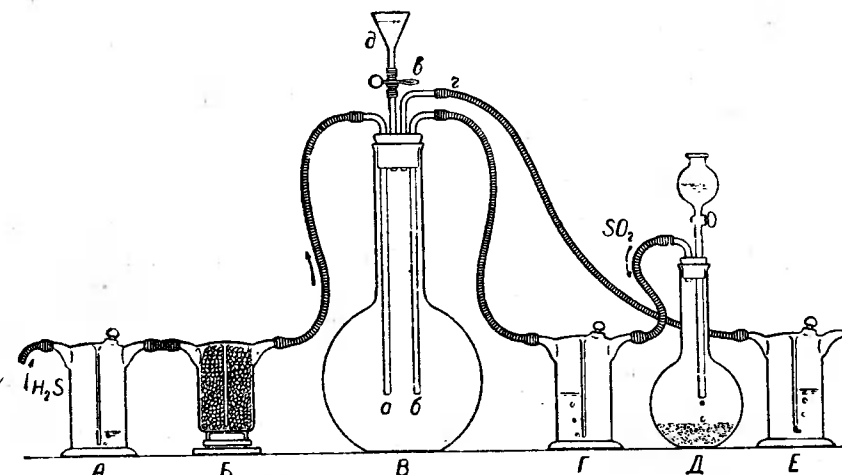


Рис. 190. Вода как катализатор при реакции между сероводородом и сернистым газом.

большим количеством глицерина или воды, предварительно насыщенной сероводородом.

Сернистый газ получается в колбе *Д*, в которой к сухой сернистонатриевой соли 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. Вместо того можно отвести избыток газов в тягу или за окно (см. стр. 178).

Вороночка *д*, установленная в кольце штатива, наполняется водой. Вода впускается в колбу открытием пружинного зажима. Вместо этой воронки удобнее взять воронку с краном.

Опыт. В колбу *В* 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 *д* 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.

Вместо колбы, изображенной на рис. 190, удобнее взять колбу с тремя горлами; такая колба может быть меньших размеров, на 1500 мл; можно взять колбу с тубулусом, банку, трехгорлую склянку, нижнюю часть небольшого газометра (см. ниже стр. 290).

Вместо склянок Тищенко можно взять другие приборы для сушения и очистки газов (см. I, стр. 251).

Для получения сернистого газа можно воспользоваться реакцией между концентрированной серной кислотой и медью (см. стр. 259).

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 CuSO_4 (*cuprum sulfuricum*) — получается черный осадок;

уксусносвинцовой соли $\text{Pb}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)_2$ (*plumbum aceticum*) — черный осадок;

азотнокадмиевой соли $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (*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 FeSO_4 (*ferrum sulfuricum oxydulatum*, раствор должен быть свежеприготовленный и подкисленный 1—2 каплями серной кислоты 1:5), — осадка не образуется;

серноцинковой соли ZnSO_4 (*zincum sulfuricum*, раствор подкислить, как и раствор железного купороса), — осадка также не образуется;

серномарганцовой соли MnSO_4 (*manganum sulfuricum*). Подкислить, как и предыдущий. Осадка не образуется.

Если растворов железного купороса, серноцинковой и серномарганцовой солей 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 раствора **сернистого натрия**, Na_2S , который можно получить (до урока или на уроке) пропусканием сероводорода в раствор **едкого натра** NaOH (*natrium oxydatum 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 способ, показанный на рис. 191. Вода наливалась в колбу, которая укрепляется на штативе наклонно, как на рисунке. В колбу по трубке, изогнутой, как на рис. 191, 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.

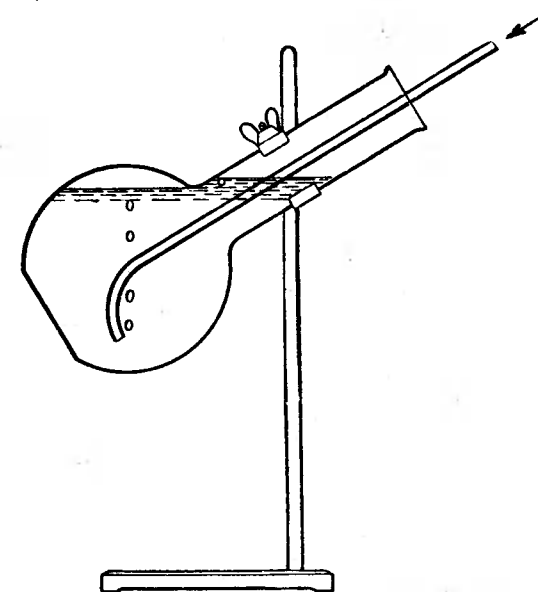


Рис. 191. Растворение газа в воде.

При плохой тяге действие сероводорода на лакмус и растворы солей можно показать, пропуская сероводород через ряд соединенных между собою маленьких промывных склянок (см. I, стр. 252—253) с перечисленными растворами. Избыток сероводорода следует выпускать по трубке за окно и т. п. (см. стр. 178). 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. 188, стр. 253) 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 лакмусную бумажку, убеждаются, что раствор сероводорода имеет свойства кислоты, и, опуская полоски фильтровальной бумаги, смоченные растворами медного купороса, CuSO_4 , азотносвинцовой $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и азотнокадмиевой $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ солей убеждаются, что при обменных реакциях получают окрашенные сернистые металлы.

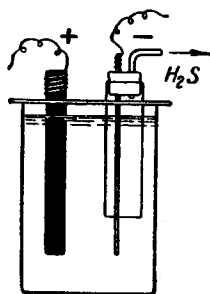


Рис. 192. Восстановление сернистой меди водородом в момент выделения.

6. Восстановление сернистой меди водородом в момент выделения.

Водород в момент выделения восстанавливает сернистую медь с образованием сероводорода.

○ *Опыт.* В стакан с раствором сернонатриевой соли Na_2SO_4 (*natrium sulfuricum*) опустить электроды: анод — угольный стержень, катод — медную проволоку, покрытую слоем сернистой меди, для чего ее следует подержать 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 демонстрировать образование сероводорода, можно катод укрепить в пробке, вставленной в обрезок трубки. В пробку вставляется изогнутая трубочка, как на рис. 192.

Если к концу газоотводной трубки поднести кусок фильтровальной бумаги, смоченной раствором азотносвинцовой соли $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, то на бумаге образуется черное пятно сернистого свинца PbS .

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. 211): 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 добытия 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, *surgum metallicum raspatum*, можно получить также от токаря по металлу).

Колбу укрепить на штативе (рис. 193), подложив хорошую сетку. В подобранную к колбе пробку вставить длинную воронку и газоотводную трубку, к которой присоединить склянку Тищенко (см. I, стр. 254) или другую промывную склянку (см. I, стр. 251) с концентрированной серной кислотой уд. в. 1,84. К склянке Тищенко присоединить на длинном каучуке трубку, которую погрузить, как при собирании хлористого водорода (см. стр. 205, рис. 146), в цилиндр для собирания газов. Цилиндр прикрыть стеклянной пластиной.

Весь прибор расположить в вытяжном шкафу.

Для сжижения сернистого газа его можно пропускать в пробирку, охлаждаемую смесью снега с солью (рис. 194).

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. I, стр. 154) или банку для варенья.

Смесь готовится на уроке, снег же или измельченный лед следует приготовить перед самым уроком, удобнее всего в деревянной чашке (см. I, стр. 369), 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“.

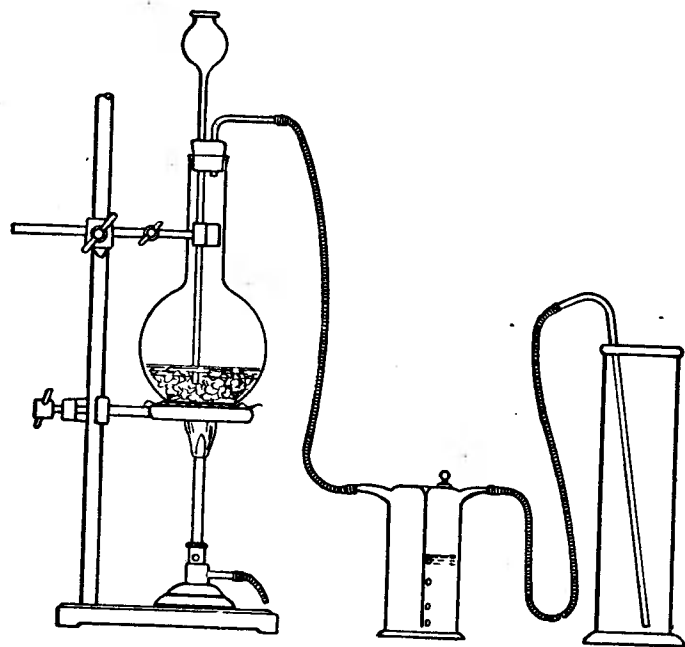


Рис. 193. Получение сернистого газа в лаборатории.

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. I, стр. 162).

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 сделаться очень бурной. 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 сле-*

дить за газоотделением, уменьшая пламя или отставляя горелку в том случае, если реакция начинает идти слишком энергично, и подогреть, 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 из-под колбы 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.

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 палкою отверстие, вставить в смесь приготовленную пробирку и опустить в нее газоотводную трубку. Трубку *a* прибора обернуть клочком ваты, которой заткнуть пробирку (рис. 194). Конец трубки должен на 3—4 см не доходить до дна пробирки. Смесь вокруг пробирки следует обмять палкою.

Поставить под колбу горелку и осторожно возобновить нагревание колбы. Если охлаждающая смесь была надлежащим образом приготовлена, то через 10 мин. в пробирке собирается уже

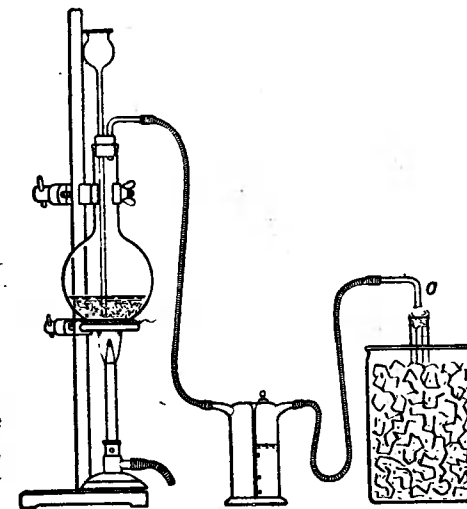


Рис. 194. Сжигание сернистого газа.

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 (*natrum oxidatum hydricum*), или с хлоркальциевой трубкой, наполненной натронной известью (рис. 195).

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,готавливаемых для этой цели. Но следует иметь в виду, что сосуды, изготавливаемые неопытными стеклодувами, не всегда имеют достаточные толстые стенки, чтобы полученную жидкость можно было безопасно сохранять в них при обыкновенной температуре (давление жидкого SO_2 около 3,5 атм.).

Для собиранья 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.



Рис. 195. Прибор для жидкого сернистого ангидрида.

Если нагревание ведется на спиртовой лампочке, то, в случае, если лопнет колба от горячей кислоты, может лопнуть и лампочка. Чтобы при этом горячий 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 собиранья газа следует воспользоваться сосудом, заткнутым 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. 212).

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. 208) 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 преискурантах эти трубки иногда называются „дугобразными“). За неимением готовой трубки можно выгнуть из обыкновенной легкоплавкой трубки диам. 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 пересало 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.

● 2. Для лабораторного опыта получения и растворения SO_2 можно воспользоваться прибором, изображенным на рис. 196, где *a* — предохранительная трубочка, чтобы воду не могло пересосать в пробирку.

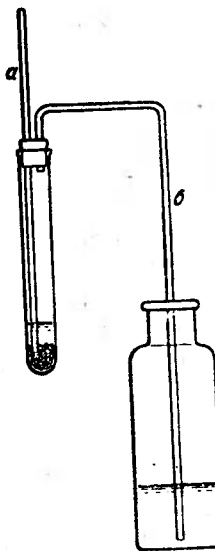


Рис. 196. Взаимодействие меди с серной кислотой.

Сжижение SO_2 как лабораторный опыт вряд ли было бы возможно ставить.

Опыт. Собрать прибор, как на рис. 196. Трубочка *a*, так называемая предохранительная, служит для того, чтобы воду из скляночки ни в каком 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.

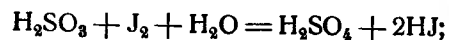
Поместить в пробирку несколько медных стружек и влить около $\frac{1}{4}$ пробирки концентрированной серной кислоты уд. в. 1,84 (95%). Обращаться осторожно!

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.

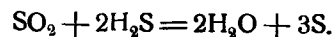
Отставить штатив с пробиркой и прекратить нагревание.

С раствором сернистого газа проделать следующие опыты:¹

- а) прилить несколько капель этого раствора к раствору лакмуса;
б) прилить несколько капель этого раствора к раствору иода (около $\frac{1}{4}$ пробирки) и взболтать. Раствор иода обесцвечивается, так как происходит реакция:



- в) слить в пробирке 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

¹ См. также ниже, стр. 266—269.

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 сернистонатриевую соль Na_2SO_3 (см. ниже).

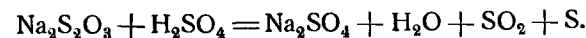
- б) Получение сернистого газа действием серной кислоты на сернистонатриевую или тиосернистонатриевую соль. Получение сернистой кислоты.

● ○ Получение сернистого газа при помощи меди и серной кислоты приходится показывать вследствие важности для курса самой реакции; в лабораторной же практике, например, для заготовления 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 сернистонатриевой солью 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 (см. I, стр. 159, рис. 147, В и Г), посредством которой кислоту можно приливать по каплям. Можно также воспользоваться приспособлением, изображенным на рис. 270; в (см. I, стр. 237) или на рис. 263 (см. I, стр. 234).

Порошок насыпается в сосуд слоем в несколько сантиметров, и ток газа регулируется притеканием кислоты. Под конец, впрочем, и после закрывания 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 сернистонатриевой соли можно воспользоваться также тиосернистонатриевой солью $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, неправильно называемой обычно гипосульфитом (natrium hyposulfurosum). 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 (его можно получить в продаже и готовым — acidum sulfurosum solutum) газ про-

пускается непосредственно в склянку с водой через опущенную до дна склянки трубку (см. также прием, описанный выше, стр. 257).

При плохой тяге необходимо, конечно, заткнуть 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 порошок берется 9 г порошковатой 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 лакмусной 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.

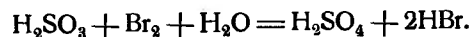
Для опытов можно воспользоваться или продажным (см. выше) или полученным при предыдущем опыте раствором сернистого газа в воде.

а) Кислотные свойства раствора сернистого газа в воде.

○ ● **Опыт.** Поместить в один бокал или пробирку раствор лакмуса (см. I, стр. 375), в другой бокал или пробирку — немного магния в порошке (*magnesium metallicum pulveratum*) и прилить в оба бокала раствора сернистой кислоты H_2SO_3 . Лакмус краснеет; магний вытесняет водород, происходит шипение.

б) Окисление сернистой кислоты в серную (восстановительное действие сернистой кислоты).

○ ● **Опыт.** Налить в один бокал (пробирку) немного очень концентрированного раствора брома в воде. Прилить в бокал сернистой кислоты H_2SO_3 . Происходит обесцвечивание:



Вместо бромной воды можно взять раствор иода (*jodum*) в растворе иодистого калия *KJ* (*kaliium jodatum*). Раствор также обесцвечивается.

Окисление сернистой кислоты в серную при помощи окислов азота см. ниже, стр. 282.

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. 253).

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. 197). Через некоторое время роза делается сначала светлорозовой, а затем почти белой.

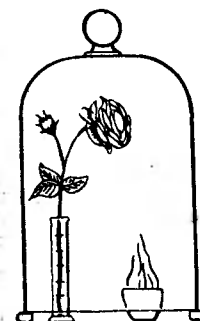


Рис. 197. Белие цветов сернистым газом (1).

Чтобы показать, что красящее вещество не разрушено, как при белии 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. 198. Белие 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 мало пригодны. 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. 198).

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, rubin 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 белинии 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 с водой измельченной капусты) пропитывается бумажка. Влажную бумажку держать над горячей серой.

Можно показать обесцвечивающее действие на сушеные яблоки. Кусочки смачивают водой и держат над горячей серой.¹

е) Белиние 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 сернисто-натриевую соль, см. стр. 265).

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 белиния.

Через несколько дней некоторые нитки уже начинают белеть. Весь пучок обыкновенно белеет не раньше как через неделю.²

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.

² Следует заметить, что на практике шелк-сырец предварительно варят, после чего он делается значительно более белым, но белиние на уроке вареного шелка гораздо менее заметно, чем невареного.

ж) Сернистый газ не поддерживает горения.

○ 1. Опыт демонстрирует неспособность сернистого газа поддерживать горение, чем пользуются на практике для тушения загоревшейся в дымоходной трубе сажи (бросают в топку серу).

В длинную стеклянную трубку или ламповое стекло, изображающее дымоходную трубу, поместить на проволоке обрезок свечи, как на рис. 199.

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 потухает.

Обратить внимание учащихся на белый „дым“, получающийся при горении серы (вследствие того, что кроме сернистого газа образуется отчасти серный ангидрид).



Рис. 199. Тушение пламени сернистым газом.

9. Обжигание пирита.

○ ● Широкую стеклянную трубку (диам. 8—10 мм) согнуть, как на рис. 200, и поместить в изгиб несколько кусочков железного колчедана FeS₂ или пирита (можно получить в складах учебных пособий).

Опыт. Накаливать пирит на горелке, держа трубку в таком положении, как на рис. 200. Воздух поступает в трубку снизу, а сверху выходит образующийся сернистый газ. К концу трубки поднести влажную синюю лакмусную 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.

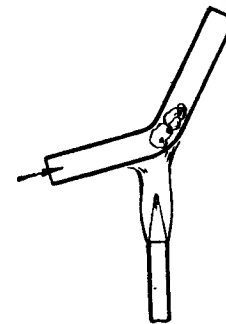


Рис. 200. Обжигание пирита.

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% раствором хлорной платины PtCl₄ (platinum chloratum solutum 10%), разбавив его равным объемом воды, или пригото-

вить 4—5% 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). От времени до времени следует добавлять свежей смеси и колбочку слегка подогревать. Через несколько дней раствор сливают с нерастворившейся еще платины

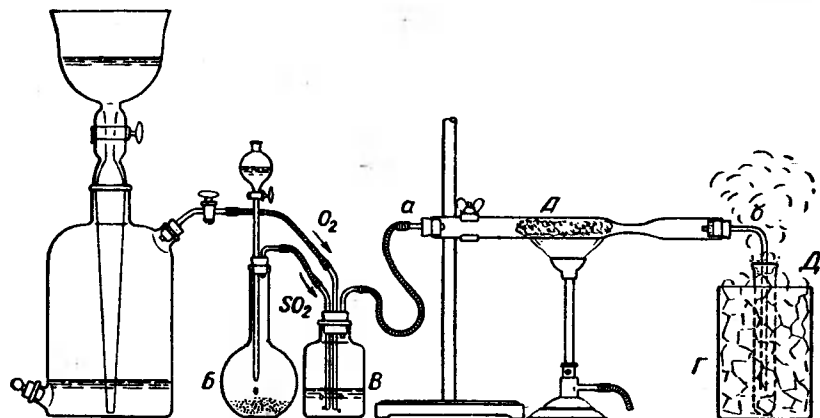


Рис. 201. Получение серного ангидрида в лаборатории.

(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 отжимает, 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 рис. 201. 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.

А. Опыты при хорошей тяге.

Платинированный (или смешанный с Fe_2O_3) асбест помещается в трубку А (рис. 201) диаметром $1\frac{1}{3}$ —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 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. 202).

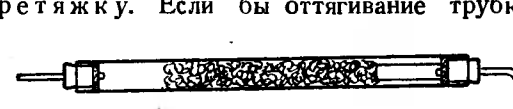


Рис. 202. Трубка с платинированным асбестом.

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 пропихивать 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 затыкается 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. 201).

Кроме того, пробки полезно защищать надетыми на трубки кружочками асбестового картона или хотя бы комочками асбестовой ваты.

На каучуковую пробку серный ангидрид действует несколько менее сильно, чем на корковую, и потому пробку, в которую вставлена трубка *б*, можно взять каучуковую, но она также быстро портится.

Для получения сернистого газа удобнее всего воспользоваться действием **серной кислоты** H_2SO_4 на **сернистонатриевую соль** Na_2SO_3 (см. стр. 265). Соль можно поместить в колбу *Б*, как на рис. 201, или в какой-нибудь другой сосуд.

Кислород берется из **газометра** (см. I, стр. 263).

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. 201). Трубка, отводящая газ, соединяется или непосредственно с трубкой *А* (как на рис. 201) или между ними еще вставляется колонка с пемзой или бусами, смоченными концентрированной серной кислотой (см. I, стр. 255), или другой подобный аппарат.

Каучук, соединяющий трубку *а* с осушительным аппаратом, должен быть достаточно длинным. Нужно, чтобы трубку *А* можно было свободно поднять вместе со штативом для вынимания пробирки *Д* из стакана *Г*.

Вместо того чтобы делать длинный каучук, 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. I, стр. 154). Можно воспользоваться также банкой для варенья.

Пробирка Д, служащая для собирания серного ангидрида, должна быть средней величины (например $15 \times 1\frac{1}{2}$ см). Следует иметь также 2—3 запасных пробирки. К пробиркам до урока нужно подобрать хорошие корковые пробки.

Горелку полезно снабдить **насадкой** для плоского пламени (см. I, стр. 142).

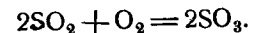
Если нагревание ведется на спирту, то следует взять лампочку с плоским фитилем или расправить фитиль в виде веера (см. I, стр. 189).

Когда прибор собран, следует пропускать 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 **охладительную смесь** (см. стр. 259). 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 проплавиться: 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 (см. также стр. 372), 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 заткнуть плотным комком **асбестовой ваты**, а затем, вдвинув вату поглубже, закупорить 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. Самую пробку асбестовая вата мало защищает от действия серного ангидрида, но, во всяком случае, пробка свободно выдерживает до конца опыта.

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. 203). 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. 204).

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° .

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 чистой модификация α получается обыкновенно во второй и третьей пробирке.

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° С.

Модификация β не плавится даже в том случае, если пробирку держать над пламенем горелки. При этом, конечно, необходимо вынуть пробку, асбестовой же ваты можно не вынимать. Из отверстия пробки выходит при нагревании большое количество белого дыма.

Модификацию β полезно иметь, раз навсегда заготовленную в запаянной колбе (рис. 205), 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 сделать следующие опыты.

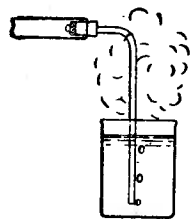


Рис. 203. Серный ангидрид не растворяется в воде.

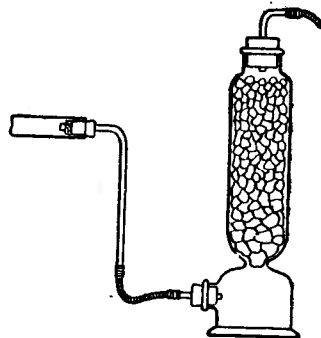


Рис. 204. Серный ангидрид растворяется в серной кислоте.

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 темносинее окрашивание, образуется S_2O_3 .

Если не предполагается получать видоизменение α , то опыт 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 каком 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 В можно взять трехгорлую склянку или, еще лучше, две склянки Тищенко, или другие промывные склянки, которые присоединить к трубке А на тройнике.

Если собирание серного ангидрида представит трудности, то можно ограничиться демонстрацией образования дыма у отверстия трубки А при нагревании платинированного воздуха. Слои 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, заткнутую каучуковой 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.



Рис. 205. Серный ангидрид в запаянной колбе.

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. 272). Пробирку можно присоединить к трубке А на коротком куске каучука, который после опыта придется выбросить.

Вместо пробирки удобно воспользоваться небольшой колбочкой (на 20—30 мл) с длинным горлом и припаянной к горлу газотводной 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 каучуковая, 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).

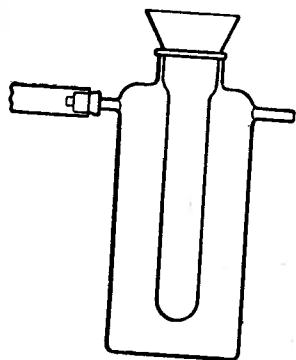


Рис. 206. Прибор для соби- рания серного ангид- рида.

Для собиранья твердого серного ангидрида при плохой тяге (а также и при хорошей тяге) вместо пробирки очень удобно воспользоваться **озонатором Бертело** (стр. 147), 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. I, стр. 353), смешанным с голландской сажой. Охлаждать озонатор снаружи нет надобности.

Еще лучше, конечно, заказать для той же цели специальный прибор подобного же устройства, изображенный на рис. 206. К одному из тубулюсов прибора присоединяется на пробке, защищенной асбестом, трубка с платинированным асбестом, к другому тубулюсу — 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 га-

зам и вместе с избытком кислорода выходят наружу. Поэтому перед промывной склянкой с раствором едкого натра NaOH (для поглощения избытка сернистого газа, см. стр. 262) следует поставить склянку Тищенко для сухих веществ или колонку (см. I, стр. 254), наполненную не туго асбестовой ватой, которая в течение долгого времени очень хорошо удерживает серный ангидрид.

По окончании опыта следует отделить прибор с серным ангидридом, сняв с него каучуковые трубки (можно воспользоваться приемом, описанным для собиранья хлора, стр. 178), концы же трубок сейчас же соединить между собой приготовленной стеклянной трубкой соответствующей длины. Это приходится делать вследствие того, что ток выделяющегося в колбе B сернистого газа прекращается не сейчас же после того, как закрыт кран воронки, и из трубки A по окончании опыта еще продолжается некоторое время выделение сернистого ангидрида.

При отделении каучука от прибора с серным ангидридом следует делать это *осторожно*, чтобы скопляющиеся иногда в каучуке капли серного ангидрида не попали на руку.

Концы трубок сосуда с серным ангидридом следует закрыть короткими обрезками каучуков 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 каучуке 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. Отводную трубку соединить с трубкой, выведенной за окно (стр. 178). 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 упрощенным способом демонстрации каталитического действия платины на смесь сернистого газа с воздухом. В маленькой чашечке или в тигельке зажигается сероуглерод CS₂, который дает совершенно чистый сернистый газ без примеси серного ангидрида (при горении серы всегда получается дымок от примеси серного ангидрида). Если над

тиглем держать накаливаемый предварительно в пламени горелки комочек платнированного асбеста, то над ним появляется облако дыма. Для опыта можно воспользоваться платиновой сеточкой, но достать её труднее, чем платнированный 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 отвер-

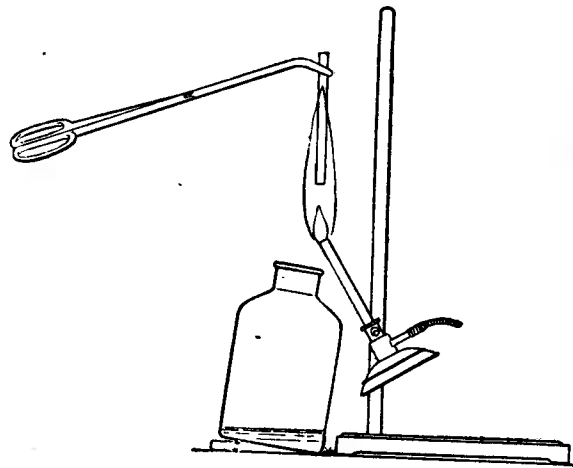


Рис. 207. Накаливание платиновой пластинки перед опусканием в склянку с раствором сернистого газа.

Это туман капелек серной кислоты, образующейся при взаимодействии SO_2 с влагой воздуха. Накаливание и опускание в колбочку платиновой пластинки можно повторить несколько раз подряд.

○ ● 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. 208).

Проволочка не должна быть слишком тонкая — она слишком быстро остывает. 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 толстых проволоки (медных или из другого

металла), как показано на рис. 209. К концам проволоки, 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 штепселю осветительной цепи.

Реостат сначала ставится на полное сопротивление, 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 сернистонатриевую соль (стр. 265) 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% раствор соды, налитый в чашку, и два железных электрода, см. I, стр. 313).

Если нет электрического освещения, можно накалить спиралью током от двух аккумуляторов или элементов Грэнэ (см. I, стр. 313).

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 делаются спирали для электрических плиток; эти спирали продаются отдельно), и вложить в нее асбестовую вату, смешанную с каким-либо катализатором, как платина (платнированный асбест, см. стр. 269), окись железа Fe_2O_3 (см. стр. 270), окись хрома (Cr_2O_3), ванадиевый ангидрид (V_2O_5) и др.

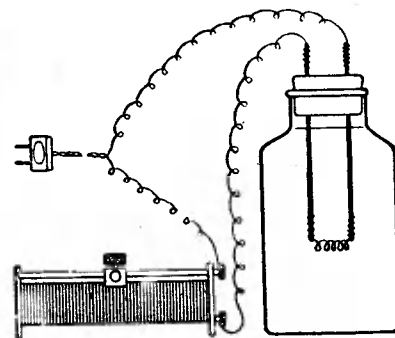


Рис. 209. Накаливание металла-катализатора электрическим током (1).



Рис. 208. Железо как катализатор при образовании сернистого ангидрида.

Наибольший интерес представляет последний катализатор, как 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 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 хромовую спираль без катализатора и показать, что SO_2 не обра-

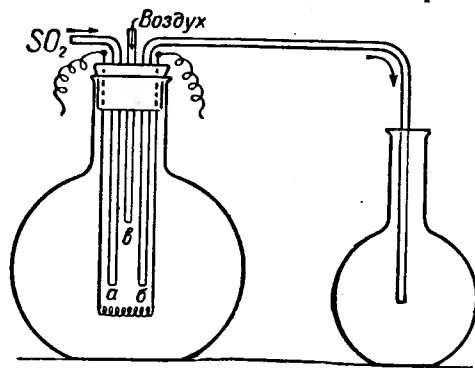


Рис. 210. Накаливание металла-катализатора электрическим током (2).

зуется, а затем вложить в спираль катализатор и снова накаливать. Получается густой белый дым.

○ ● 5. Г. Е. Шмарков пользуется для окисления сернистого газа SO_2 в серный ангидрид SO_3 с т а р о й спиралью для электрических плиток, длительное время бывшей в употреблении.

Для опыта составляется прибор, изображенный на рис. 210.

В колбу или банку на 1—2 л вставляется корковая пробка с тремя газоотводными трубками — *a*, *b* и *в*. Через пробку пропускаются два куска толстой медной проволоки, нижние концы которых соединяются старой спиралью для электрических плиток. Наружные концы проволок присоединяются через реостат со скользящим контактом к электропроводу со штепсельной вилкой. Конец газоотводной трубки *b* опускается в колбу или банку — приемник на 500 мл, в горло которой вставляется пробка из асбестовой ваты.

Опыт. Поставить реостат на полное сопротивление и включить прибор через штепсель в осветительную сеть. Через трубку *a* наполнить колбу сернистым газом, который удобнее получать действием серной кислоты на сернистонариевую соль. Регулируя скользящим контактом реостата, уменьшить сопротивление настолько, чтобы спираль накалилась докрасна. Через трубку *в* при помощи каучуковой груши время от времени продувать воздух. В колбе образуется «дым» серного ангидрида, который по газоотводной трубке *b* поступает в колбу — приемник.

Когда соберется достаточное количество серного ангидрида, растворить его в воде и при помощи соответствующих реакций доказать, что получилась серная кислота.

○ ● 6. Н. Н. Мясоедов и С. Ф. Силин предложили следующее видоизменение опыта получения серного ангидрида и серной кислоты.

Собрать прибор, как на рис. 211.

В пробирке *a*, в боковой стенке у дна, при сильном нагревании продувается отверстие для доступа воздуха. Пробирка *a* помещается небольшой кусочек черенковой серы. Пробирка *a* при помощи пробки, стеклянной трубки и каучука соединяется с промывной склянкой *б* с небольшим количеством воды. Тройник *в*,

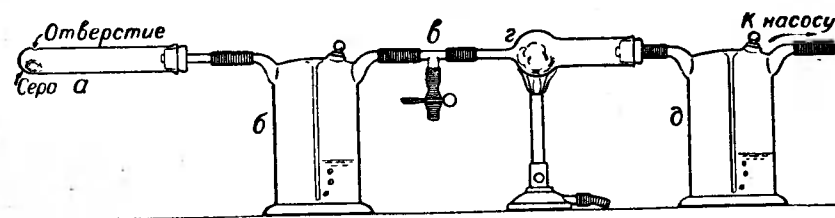


Рис. 211. Получение серной кислоты контактным способом в лаборатории.

служащий одновременно регулятором для притока воздуха, соединяет промывную склянку *б* с шариковой трубкой *г*, в расширении которой помещается платинированный асбест. Шариковая трубка *г* при помощи каучука соединяется со второй промывной склянкой *д*, в которую налит раствор хлористого бария, подкисленный соляной кислотой. Через промывную склянку *д* прибор присоединяется к водоструйному насосу.

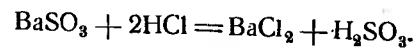
Опыт. Зажечь серу, помещенную в пробирку *a*. Пустить в действие водоструйный насос. Сернистый газ, смешанный с воздухом, проходит через промывную склянку *б* с водой для того, чтобы можно было по счету пузырьков следить за скоростью прохождения газовой смеси через прибор. Из промывной склянки *б* через тройник *в*, обеспечивающий достаточный приток воздуха, смесь сернистого газа с воздухом поступает в шариковую трубку *г* с катализатором, который следует накаливать в пламени сильной горелки. (Лучший выход получается при температуре 450° .) Образующийся серный ангидрид из трубки *г* поступает в промывную склянку *д*, наполняющуюся белым дымом. Белый дым — это мельчайшие капельки серной кислоты, получающейся при соединении серного ангидрида с парами воды, находящимися в склянке. Раствор хлористого бария, являющийся реактивом на серную кислоту и ее соли, мутнеет вследствие образования нерастворимого осадка сернобариевой соли.

11. Получение серной кислоты камерным способом.

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 .

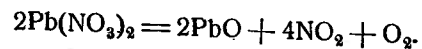
В тот же раствор прибавить немного раствора серной кислоты. Получается обильный белый осадок сернобариевой соли BaSO_4 , который в сильных кислотах не растворим.

После этих предварительных опытов можно перейти к опытам окисления сернистой кислоты в серную.

В бокалы, стаканы или пробирки налить раствора H_2SO_3 и прибавить соляной кислоты и хлористого бария.

Затем приливать в сосуды растворы различных окислителей: хлорную воду, бромную воду, слабый раствор иода в иодистом калии, 3% 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. 212) свежего раствора сернистой кислоты (стр. 278). В пробирке, в которую вставлена пробка с изогнутой, как на рис. 212, трубкой, нагреть немного азотносвинцовой соли $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (plumbum nitricum):



Когда смесь NO_2 и O_2 наполнит склянку, закрыть ее пробкой и сильно встряхнуть. Бурый цвет двуокиси азота NO_2 пропадает.

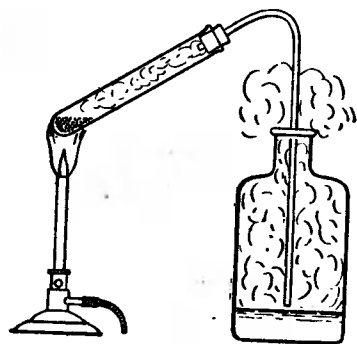


Рис. 212. Окисление сернистой кислоты двуокисью азота.

Повторить это несколько раз и затем прилить в раствор соляной кислоты и хлористого бария BaCl_2 (см. стр. 282.). 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. 213).

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 сернистонатриевую соль (стр. 265), но для получения равномерной струи газа нужна воронка с краном. Менее удобно получать сернистый газ нагреванием концентрированной серной кислоты с медными стружками (стр. 259). Можно

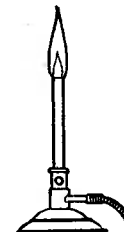


Рис. 213. Обнаружение серной кислоты по обугливанню лучинки.

нагревать смесь серы с двуокисью марганца MnO_2 (стр. 266). 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 азотносвинцовой или азотномедной соли.

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. I, стр. 134 и 367) или впускать из газометра.

В тех случаях, когда сернистый газ получается сжиганием серы или серного колчедана, воздух просасывается в сосуд при помощи разрежающего водного 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. 216, стр. 289 и рис. 219, стр. 292, см. также т. I, стр. 155, рис. 136) на 3—5 л и более, но можно удовлетвориться и двугорлой или одnogорлой колбой (рис. 214) с широким горлом (на 5 и более литров) или большой банкой (рис. 215), 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. 217, стр. 290).

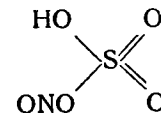
В устройство прибора можно ввести колонку с пемзой, орошаемой из воронки с краном концентрированной серной кислотой, которая, как в башне Гей-Люссака, поглощает удаляющуюся из прибора двуокись азота (рис. 216, б).

Вторая колонка, наполненная коксом или битым стеклом, может играть роль башни Гловера (рис. 223, В, стр. 299). В нее вводится по каплям концентрированная азотная кислота.

Для более интенсивного выделения двуокиси азота в колонку кладется несколько кусочков азотистокалиевой соли KNO_2 (kalium nitrosum) или насадка пропитывается насыщенным раствором этой соли.

При помощи нижеописанных установок можно получить на стенках реакционного сосуда камерные кристаллы, если не вводить раньше времени избытка паров воды. Но по методическим соображе-

ниям образование камерных кристаллов может оказаться и нежелательным, так как состав их может быть неясен для учащихся. Напомним, что им приписывают формулу нитрозилсерной кислоты $SO_2 \cdot ONO \cdot OH$, 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 удается открыть серную кислоту при помощи хлористого бария или лучинки (см. стр. 282 и 283).

Сзади реакционного сосуда следует помещать белый фон (картон, бумагу).

○ 1. На рис. 214 изображен наиболее простой прибор для лекционного опыта, не требующий никаких сложных приспособлений. Нужна только **большая колба А** на 5 л и более, **три маленьких колбочки** на 250 мл, **две длинных воронки**, **каучуки** и **изогнутые стеклянные трубки**, как показано на рисунке.

Длину каучуков можно сократить промежуточными стеклянными трубками.

В колбе *а* действием концентрированной **серной кислоты** на **медные стружки** получается сернистый газ (стр. 259). В колбе *б* действием **азотной кислоты** на **медные** или **латунные стружки** получается двуокись азота. В колбе *в* находится вода, пары которой поступают в колбу *А*.

Посредством пружинных зажимов, как на рисунке, или, лучше, винтовых, пары воды можно направлять или наружу или в колбу *А*.

При помощи каучуковой 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. 178). Можно присоединить к трубке *ж* поглотительную склянку, например, промывалку Тищенко (см. I, стр. 253) 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 *а* и начать нагревание колбы. В дальнейшем внимательно следить за ходом реакции, ослабляя или усиливая нагревание.

После того как в колбе *а* 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 *А* не примет сильно-бурой окраски от поступающей в колбу двуокиси азота.

Если газы содержат достаточное количество влаги, то через некоторое время стенки колбы *А* покрываются камерными кристаллами и бурый цвет газов почти пропадает. Если этого не происхо-

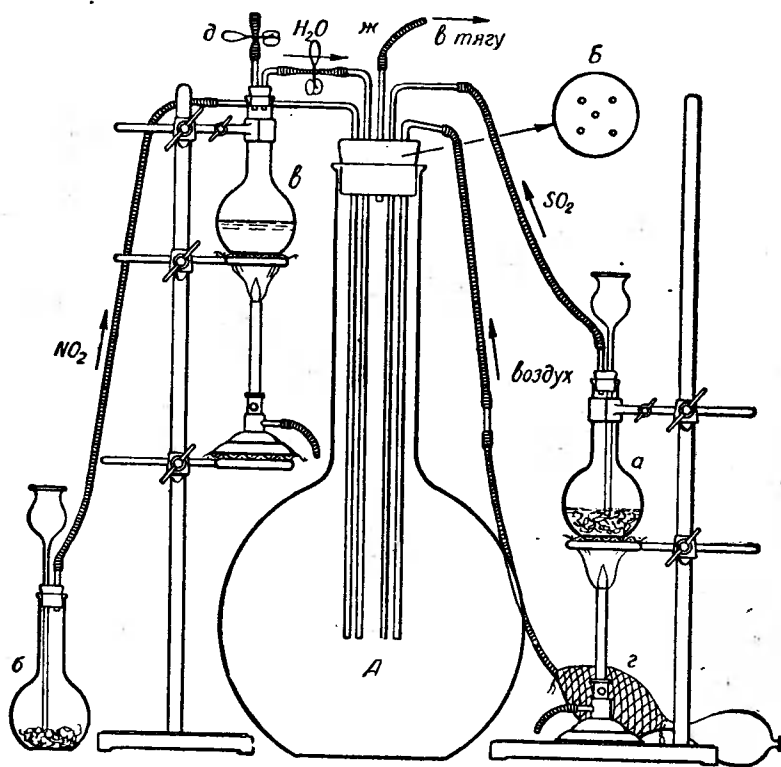


Рис. 214. Камерный процесс (1).

дит, 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 *А* воздух при помощи груши *з* 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 *А* сернистого газа и паров воды, газы в колбе обесцвечиваются.

После некоторого упражнения можно научиться так управлять реакциями, что побурение и обесцвечивание газов в колбе *А* повторится несколько раз.

Если демонстрации образования камерных кристаллов не предполагается, то впускание паров воды следует начать одновременно впускаям других газов.

Дождавшись, когда реакции в колбах прекратятся или ослабнут, приподнять пробку колбы *А* и влить в нее соляную кислоту и хлористый барий $BaCl_2$ (стр. 282). Получающийся обильный осадок $ZnSO_4$ доказывает образование серной кислоты.

Можно опустить в колбу длинную трубку, всосать в нее немного жидкости со дна колбы *А*, перелить в бокал или пробирку и затем обнаружить серную кислоту при помощи лучинки.

Для того чтобы можно было более удобно управлять поступлением в колбу *А* двуокиси азота, можно воспользоваться приспособлением, изображенным ниже на рис. 219 и описанным на стр. 293.

Вместо обыкновенной колбочки *б* удобно воспользоваться колбочкой Вюрца с укороченной (обрезанной) боковой трубкой, как колба *К* на рис. 219 (стр. 292).

Для получения сернистого газа удобнее пользоваться не реакцией между серной кислотой и медью, а реакцией между сернисто-натриевой солью и серной кислотой (стр. 265).

Если нет колбы с достаточно широким горлом, чтобы во вставленной в нее пробке можно было просверлить 5 отверстий для трубок, можно воспользоваться тройниками, как указано ниже на стр. 291 и показано на рис. 219.

○ 2. На рис. 215 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 удается подобрать к банке подходящую, не пропускающую газы пробку.

Для получения сернистого газа в данном приборе служит колба *а*, в которой к сернисто-натриевой соли Na_2SO_3 приливается по каплям концентрированная серная кислота. Для получения двуокиси азота служит пробирка *б* с азотносвинцовой $Pb(NO_3)_2$ (стр. 282) или азотномедной $Cu(NO_3)_2$ солью. Из колбы *в*, как и в предыдущем опыте, поступают пары воды. Эта колба может быть меньшего размера, чем на рис. 214. Если в пробку такой колбы трудно вставить две трубки, то можно воспользоваться тройником, как на рис. 215.

Поступление воздуха показано из газометра, но можно воспользоваться и каучуковой 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 рис. 216 изображена установка из большой колбы с двумя боковыми тубулусами. Если имеется такая колба, то воду можно вводить, как и на современном заводе, не в парообразном состоянии, а в распыленном виде при помощи **пульверизатора а**, какой применяется в парикмахерских. Для того чтобы вставить его

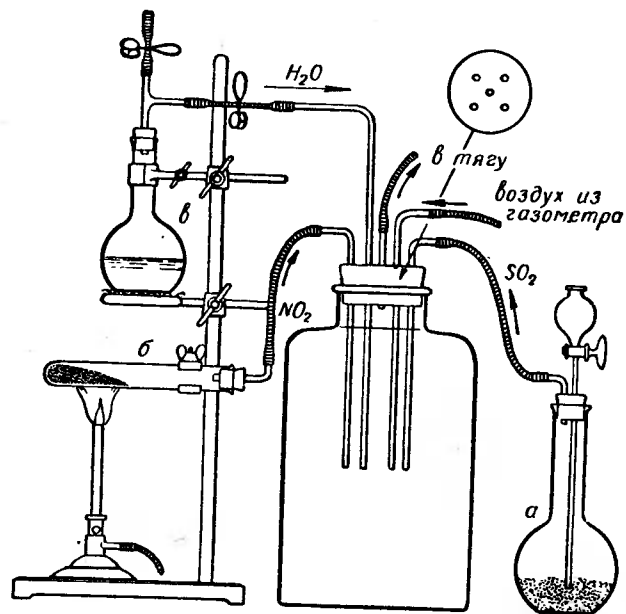


Рис. 215. Камерный процесс (2).

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 ко-

лонку 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. I, стр. 253) или иной промывной склянкой с едкой щелочью для поглощения SO_2 и NO_2 , или трубка направляется в тягу.

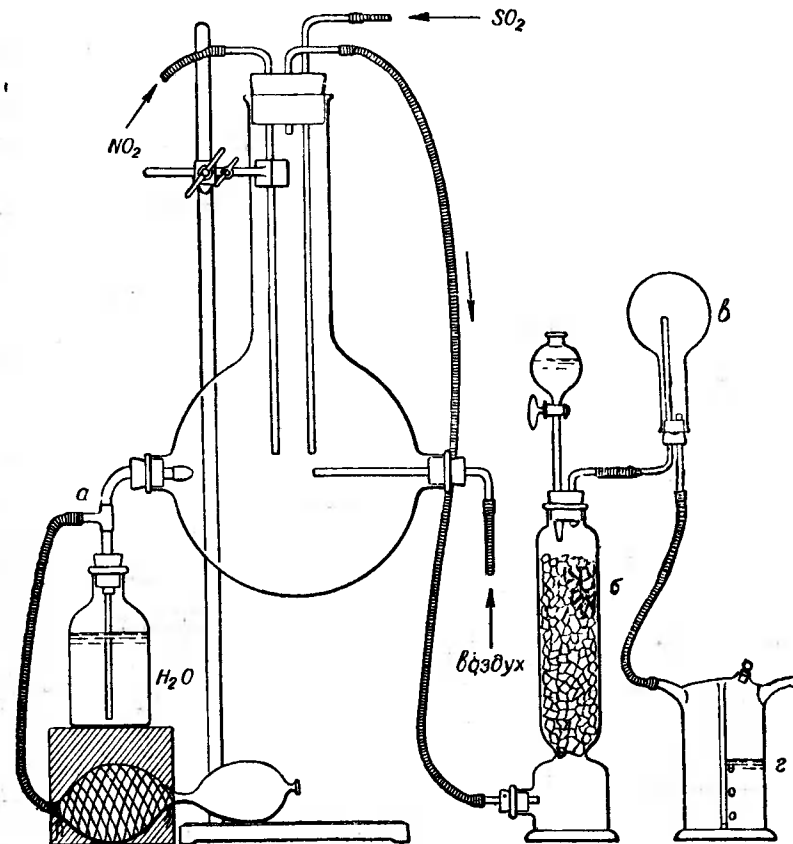


Рис. 216. Камерный процесс (3).

Сернистый газ и двуокись азота получают описанными (1 и 2) способами. Для вдувания воздуха можно воспользоваться **каучуковой 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*.

Можно упростить прибор, взяв колонку без воронки с уже пропитанной серной кислотой пемзой, как на рис. 219 (стр. 292).

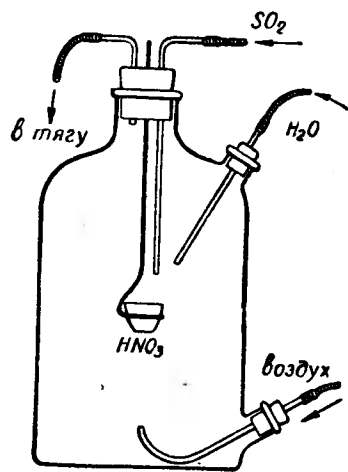


Рис. 217. Камерный процесс (4).

○ 4. На рис. 217 показано, как для демонстрации принципа камерного производства серной кислоты может быть использован газометр, из которого вынута воронка.

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 укреплены в пробке, вставленной в верхнее горло газометра.

Сернистый газ, пары воды и воздух вводятся одним из описанных выше способов через соответствующие трубки (рис. 217). В сосуд газометра пускается ток сернистого газа; сосуд напол-

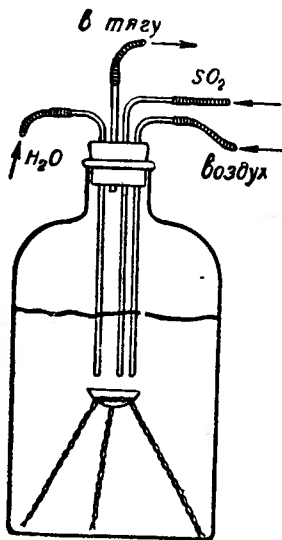


Рис. 218. Камерный процесс (5).

Получение серной кислоты камерным способом 291

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. 215) или большой склянкой (рис. 218), которая разрезается пополам (см. I, стр. 176—182). В нижнюю часть на треножнике из медной проволоки вставляется чашечка с концентрированной азотной кислотой. После этого верхняя часть, край которой смазан салом или вазелином или, лучше, вазелиновой мазью для пробок и кранов (см. I, стр. 229), помещается на место. Чтобы части точно пригодились, 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 рис. 219 изображена схема установки для иллюстрации камерного процесса, в которой сернистый газ получается, как и на производстве, обжигом пирита (видоизменение схемы Рейнбольдта).

Процесс происходит в трехгорлой колбе А. Пирит (стр. 269) помещается в фарфоровой лодочке в трубку Б.

Двуокись азота поступает из колбы Ж со стружками меди, к которым приливается азотная кислота, вода — из колбочки К. Воздух просасывается через всю систему водоструйным насосом и поступает в трубку с пиритом через промывную склянку И с концентрированной серной кислотой.

В колонке Д находится пемза, смоченная концентрированной серной кислотой, поглощающей окислы азота (башня Гей-Люссака).

Трехгорлая колба А может быть вместимостью в 3 л, т. е. меньших размеров, чем колба с одним горлом (последнюю приходится брать очень больших размеров, так как иначе трудно уместить в соответствующей пробке 5 отверстий для проводящих газы трубок).

В описываемой установке таких трубок только четыре, так как сернистый газ и воздух поступают через одну и ту же трубку. Поэтому только в одной из пробок, вставленных в три горла колбы, должно быть сделано два отверстия. Горла у колб указанного размера бывают иногда слишком узкие. Поэтому на схеме показано, каким образом через одну трубку можно вводить два газа (NO₂ и пары воды), воспользовавшись тройником. Этот прием может быть, в случае надобности, применен и для предыдущих установок.

Трехгорлая колба помещается на кольцо штатива, перевернутом бумажной лентой (на схеме не показано), и удерживается за верхнее горло зажимом штатива. На том же штативе может быть укреплена и колбочка К.

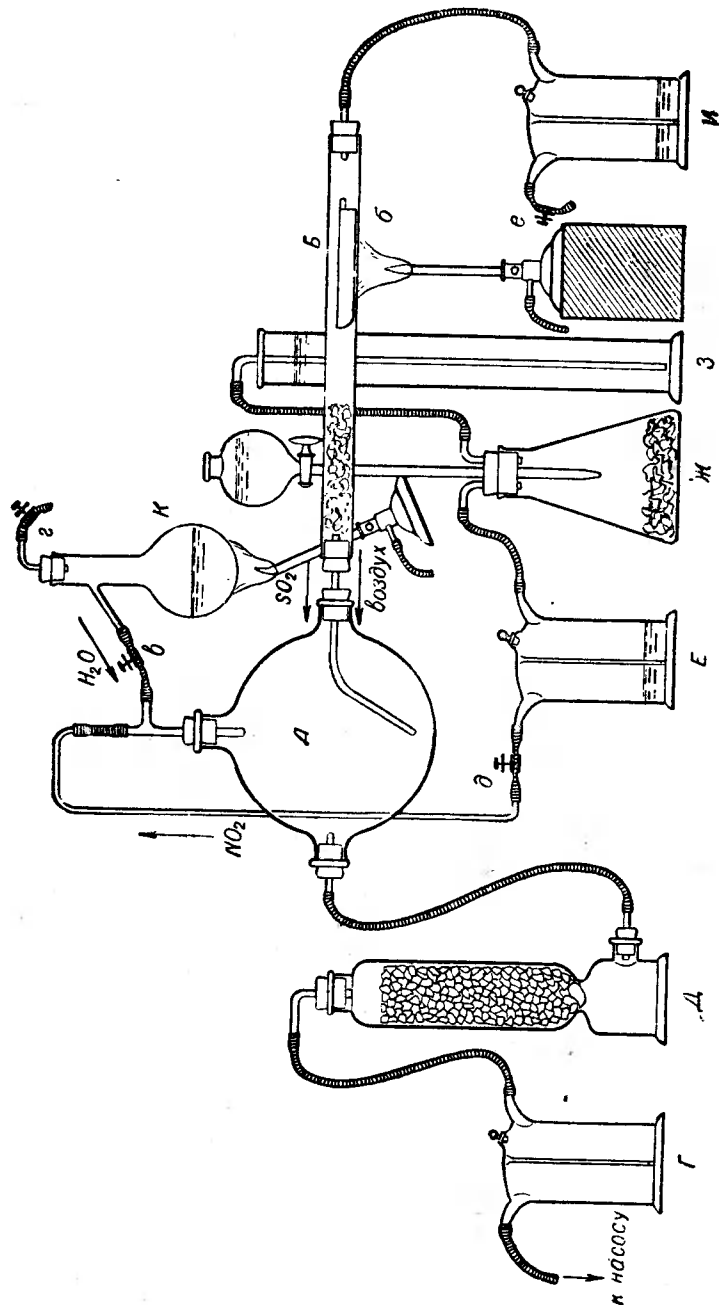


Рис. 219. Камерный процесс (б).

Ясно, что трехгорлая колба может быть заменена банкой или одним из сосудов, которые указаны для предыдущих установок.

Трубка *Б*, лучше тугоплавкая, диаметром 1,5—2 см, длиной около 25 см. В левую половину трубки помещается рыхлый слой стеклянной или асбестовой ваты длиной около 7 см для удержания порошка несгоревшей серы, отгоняющейся при нагревании пирита.

Фарфоровая лодочка, в которую помещается около 10 г измельченного пирита, может быть заменена соответствующих размеров коробочкой или лоточком из жести.

Коническая колба *Ж*, служащая для получения двуокси азота, должна иметь широкое горло, так как в соответствующую пробку вставляются три трубки. Вместо конической колбы можно взять круглодонную колбу с широким коротким горлом (см. I, стр. 155, рис. 134, *Д*) или колбу Бунзена для фильтрации под уменьшенным давлением (см. I, стр. 253, рис. 298), боковой отросток которой может быть соединен с цилиндром *З* (рис. 219).

В колбу *Ж* помещают медные или латунные стружки, которые смачивают водой. В воронку с краном наливается концентрированная азотная кислота (уд. в. 1,48). Можно взять и менее концентрированную кислоту — уд. в. 1,2. Тогда в колбе будет получаться окись азота, которая, поступая в колбу *А*, будет давать с кислородом воздуха двуокись азота.

Для того чтобы можно было быстро прекращать поступление окислов азота в колбу *А*, закрыв винтовой зажим *д*, рядом с колбой *Ж* стоит цилиндр *З*, в который направляются выделяющиеся окислы азота.

Цилиндр *З* высотой 25—20 см наполняется концентрированным раствором железного купороса FeSO_4 (ferrum sulfuricum oxydulatum). Этот раствор поглощает окись азота, образуя темнубурый сульфат нитрозожелеза $[\text{FeNO}]\text{SO}_4$. Двуокись азота реагирует с водой раствора, образуя HNO_3 и NO , которая поглощается раствором железного купороса. Таким образом данный раствор может служить одновременно для поглощения и окиси и двуокси азота.

Цилиндр *З* должен быть достаточно высоким, чтобы, пока открыт зажим *д*, ток газов направлялся через промывалку *Е* в колбу *А* и не выходя через цилиндр.

Вместо того чтобы поглощать избыток окислов азота, их можно направлять в тягу, поставив на отводную трубку зажим, который закрывается после того как открыт зажим *д*.

Промывалка Тищенко *Е* содержит немного концентрированной серной кислоты и показывает скорость выделения окислов азота.

Вторая промывалка Тищенко *И* также с небольшим количеством концентрированной серной кислоты показывает скорость поступления воздуха и осушает его, что важно в том случае, если предполагается демонстрировать образование камерных кристаллов.

Скорость поступления воздуха в систему регулируется винтовым зажимом *e* на каучуке, присоединенном к промывалке *И*.

Колбочка Вюрца *К*, в которой кипятится вода, имеет обрезанную боковую трубочку, соединенную с тройником каучуковой трубкой с винтовым зажимом *в*.

Путь от колбочки *К* до колбы *А* не должен быть длинным, чтобы в трубках возможно меньше конденсировалась вода.

В пробку колбочки вставлена трубочка с коротким куском каучука, на котором находится зажим *г*. Он служит для выпуска водяного пара наружу, когда закрыт зажим *в*. Ясно, что колбу Вюрца можно заменить такой же колбой, как на рис. 214 или 215.

Колонка *Д* наполнена кусками пемзы или кокса (стр. 284), пропитанными концентрированной серной кислотой. В верхнюю пробку этой колонки можно вставить воронку с краном, из которой орошать содержимое колонки концентрированной серной кислотой, как было описано выше (стр. 284).

Третья промывалка Тищенко *Г* служит, с одной стороны, предохранителем, чтобы после ослабления действия водоструйного насоса в систему не попала вода, с другой стороны, она показывает, что выходящие из колонки газы бесцветны, не содержат двуокиси азота.

За этой промывалкой, как и за колбой *А*, должен быть помещен белый фон.

Все приборы на схеме расположены компактно, чтобы не увеличивать размеры рисунка. На лекционном столе они могут быть размещены более свободно.

Опыт. Открыть зажим *г* и закрыть зажим *в* у колбочки *К*. Зажим *e* у промывалки *И* должен быть закрыт.

Прогреть осторожно трубку *Б* и затем подставить сильную горелку под лодочку.

После этого пустить в действие водоструйный насос и, регулируя зажимом *e*, пропускать через систему небыстрый ток воздуха.

Нагреть до кипения воду в колбочке *К* и временно прекратить нагревание.

Когда над лодочкой появятся голубые огоньки горячей серы и можно будет думать, что колба *А* наполнилась сернистым газом, открыть зажим *д* и начать приливание азотной кислоты к медным стружкам в колбе *Ж*.

Когда колба *А* наполнится бурой газовой смесью, ослабить работу насоса. Воздух через промывалку *И* должен поступать медленно.

Не закрывая зажима *г*, слегка подогреть колбочку *К* и затем приоткрыть зажим *в*, чтобы в колбу *А* поступило очень немного паров воды.

Стенки колбы покрываются камерными кристаллами.

После этого открыть сильнее зажим *в*, закрыть зажим *г* и нагреть воду до кипения, чтобы усилить поступление в колбу *А* паров воды.

Камерные кристаллы исчезают, и колба снова наполняется бурым газом. Образование и разложение камерных кристаллов можно повторить несколько раз.

После этого впускать в колбу *А* одновременно сернистый газ, воздух, окислы азота и пары воды, пока не израсходуется весь пирит.

В колонке *Д* иногда появляются белые кристаллы нитрозилсерной кислоты $\text{SO}_2 \cdot \text{ONO} \cdot \text{OH}$. Газы, выходящие из колонки, совершенно бесцветны (промывалка *Г*).

Если не предполагается демонстрировать камерные кристаллы, то можно сразу же пустить в колбу *А* более сильный ток паров воды, как в опыте 1 (стр. 285).

Оканчивая опыт, следует прекратить нагревание трубки *Б* и колбочки *К*, открыть зажим *г*, закрыть зажимы *в* и *д* и, открыв сильнее зажим *e*, просасывать через систему сильный ток воздуха, чтобы вытеснить газы из системы.

Разобрать прибор, вылить жидкость из колбы *А* в бокал, испытать ее на серную кислоту хлористым барием BaCl_2 в присутствии соляной кислоты (стр. 282) или лучинкой (стр. 283).

Можно испытание произвести и непосредственно в колбе *А*, открыв только верхнюю пробку.

Отделить и открыть колонку *Д*. Из нее выделяется бурая двуокись азота NO_2 . Если вылить жидкость, собравшуюся в нижней части колонки (нитроза) в бокал, и приливать по каплям воду, то наблюдается вспенивание жидкости и выделение бурой двуокиси азота (разложение нитрозилсерной кислоты).

Вместо пирита можно сжигать в трубке *Б* серу, помещенную в фарфоровую лодочку. В этом случае трубка *Б* нагревается только вначале, пока сера не загорится. Ток воздуха регулируется таким образом, чтобы пламя горячей серы не растягивалось слишком сильно.

Вместо водяного насоса можно воспользоваться аспиратором. Если нет аспиратора, его можно соорудить из большой бутылки с тубулусом внизу или с сифоном (рис. 220).

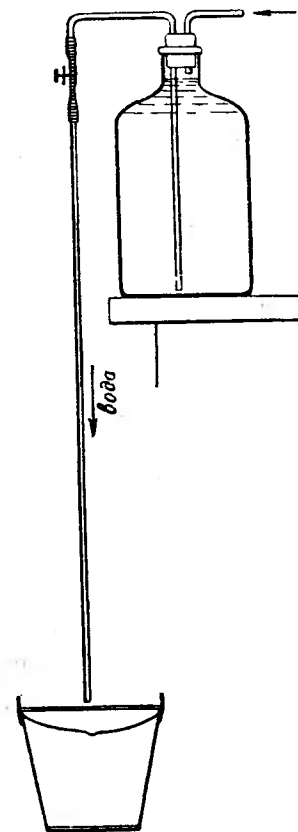


Рис. 220. Аспиратор.

В горло бутылки вставляется пробка с двумя трубками; через одну — вытекает вода в поставленное под столом ведро, через другую — газы из системы насыщаются в бутылку.

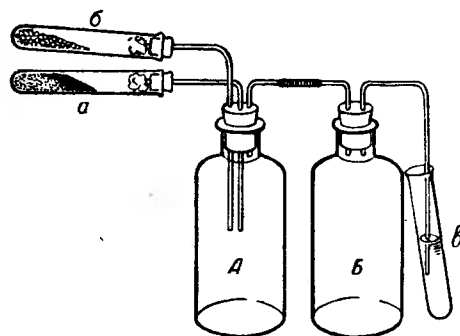
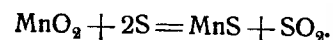


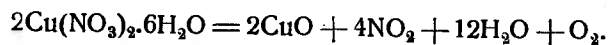
Рис. 221. Камерный процесс (7).

○ ● 6. На рис. 221 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. 266). Для того чтобы задержать пары серы, поверх смеси в пробирку насыпается еще 10 г порошка MnO_2 . После того как порошки насыпаны, 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 азотомедной соли в пробирке б:



Пробирка б укрепляется с легким наклоном, чтобы вода не могла стекать на горячие части пробирки.

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.

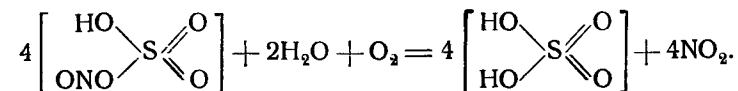
В пробирке в находится концентрированная серная кислота, служащая для поглощения выходящих из прибора окислов азота (башня Гей-Люссака).

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 азотомедной соли. 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 А немного воды и взболтать. Газ в склянке буреет 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. 283).

Во время опыта учащиеся наблюдают поглощение бурого газа в пробирке в с концентрированной серной кислотой.

Вместо склянки Б и пробирки в можно поставить промывалку Тищенко с концентрированной серной кислотой.

Вместо двуокиси марганца можно взять мелкий порошок окиси меди: 3–4 в. ч. на 1 в. ч. серы. Эта смесь требует менее сильного нагревания, чем смесь двуокиси марганца с серой.

○ 7. Кроме вышеописанных, могут быть рекомендованы и другие видоизменения опыта для демонстрации окисления сернистого газа в серный ангидрид двуокисью азота. Так, например, Г. Е. Шмарков для этой цели пользуется прибором, деталь которого изображена на рис. 222.

Колба или материальная банка емкостью в 1 л закрывается корковой пробкой с тремя газоотводными трубками (рис. 222). Через трубку б в колбу пропускается сернистый газ SO_2 , через трубку а — двуокись азота, через трубку в — поступает воздух. Вскоре после начала поступления газов в колбу на стенках ее появляется белый налет серного ангидрида SO_3 и шелковистые кристаллы его димера S_2O_6 . Прекратить приток сернистого газа и двуокиси азота в колбу, растворить образовавшийся серный ангидрид в воде, прилить соляной кислоты и раствора хлористого бария. Белый осадок

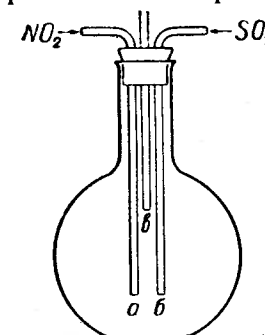


Рис. 222. Камерный процесс (8).

сернобариевой соли $BaSO_4$ доказывает наличие серной кислоты, получившейся в колбе в результате реакций.

Опыт следует производить под тягой.

○ 8. На рис. 223 изображена установка, которая может служить до некоторой степени моделью завода для производства серной кислоты камерным способом. Установка состоит из следующих частей, устройство которых будет подробнее описано ниже.

Печь для обжига колчедана *A* состоит из батарейного стакана, стоящего вверх дном на железном кружке. Внутри стакана находятся жестяные гребки — мешалка для колчедана *ж*. Печь помещена на таган *т*; под ним спиртовка *с* (спиртовка удобнее горелки тем, что „печь“ не приходится помещать слишком высоко).

В стакане просверлены два отверстия — одно для стержня гребков и другое для трубки, отводящей газы.

Пылевая камера *B* — склянка Тищенко для сухих веществ с рыхло лежащей ватой.

Вата в склянке Тищенко *B* может быть или асбестовая или обыкновенная. Она должна лежать очень рыхло, чтобы не создавалось значительного сопротивления движению газов. Вата удерживает пыль — дым серы, отгоняющейся из печи и не успевающей сгореть.

Башня Гловера *B* — колонка для сушения газов, наполненная кусками пемзы или кокса. В пробке колонки укреплена воронка с краном для впускания в башню азотной и серной кислот.

Свинцовую камеру изображает стеклянная банка *Г* с плоскими стенками, поставленная сверху дном в стеклянный (фарфоровый, целлулоидный) фотографический кювет *К*. В банке просверлены три отверстия: одно — для ввода газов, другое — для выхода газов и третье — для ввода воды.

Вместо одной камеры, как на рис. 223, лучше поставить две, чтобы модель больше соответствовала тому, что имеется на производстве.

Распылитель воды *Д* состоит из пульверизатора для одеколона *л* (применяемого в парикмахерских) и каучуковой груши *г*.

Башня Гей-Люссака *E* имеет то же устройство, что и башня Гловера.

Одной из трудностей при сооружении этой установки может явиться сверление больших отверстий в толстом стекле. Однако при наличии дрели или коловорота сверление толстого стекла является гораздо менее трудной задачей, чем это может показаться с первого взгляда.

Сверление производится при помощи латунной трубки и порошка карборунда или наждака. Остроугольные крупинки порошка, попадающие между нижней поверхностью трубки и стеклом, впииваются в металл и царапают стекло.

Трубку для сверления стекла можно сделать из старого сверла для пробок (латунного), из гильзы ружейного патрона и т. п.

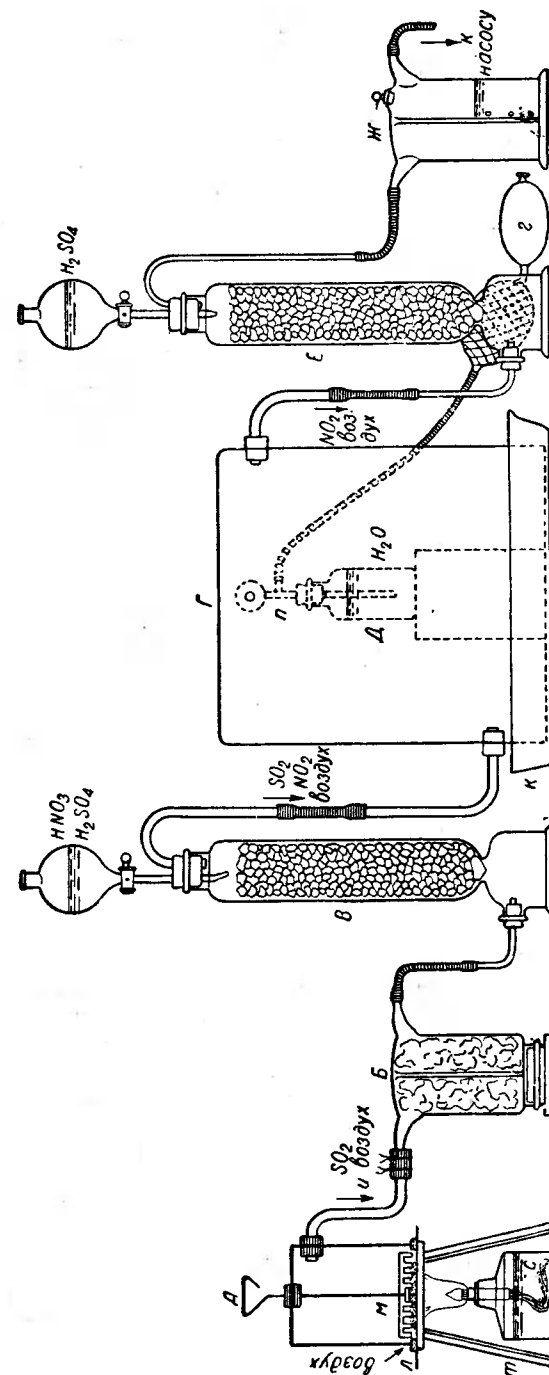


Рис. 223. Действующая модель завода для камерного производства серной кислоты.

любители-конструкторы, то они смогут сами разработать эту деталь при устройстве модели.

Нижний конец оси гребков вставляется в отверстие, сделанное в центре пластинки *ж*.

Верх оси укрепляется в отверстии, просверленном в стакане при помощи полосы асбестового картона, которая наворачивается на проволоку, пока не получится асбестовой пробки, соответствующей диаметру отверстия в стакане, в которое она плотно вводится. На асбестовой же пробке вставлена в отверстие стакана отводящая газы трубка. Соединение этой трубки со склянкой Тищенко *Б* (рис. 223) делается также при помощи асбестового картона. Конец трубки сдвигается на стык с отростком склянки, и затем на них навертывается слегка влажная полоса асбестового картона, которая обвязывается в двух местах толстой ниткой или проволокой.

Все эти соединения нельзя делать на каучуках, так как температура выходящих газов слишком высока.

На пластинку *ж* печи помещается измельченный колчедан; толщина слоя 4—6 мм. Лопаста гребков не должны закрываться колчеданом полностью.

Вместо чистого колчедана, который приходится нагревать в течение всего опыта, лучше брать смесь равных объемов колчедана и порошка серы. После того как эта смесь загорится, лампочка может быть отставлена и смесь продолжает гореть.

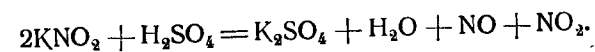
Пластинка *ж* должна быть значительно большего диаметра, чем стакан *б*, как показано на рисунках. При малом диаметре пластинки в печь вместо воздуха будут попадать продукты горения спирта.

Склянка *Б* соединяется с колонкой *В* (башней Гловера) уже каучуковой трубкой. Колонка наполняется кусочками пемзы или черепками кислотоупорного шамота (обоженная кислотоупорная глина) или иным материалом.

Трубка, соединяющая колонку *В* с камерой *Г*, должна быть возможно большего диаметра, чтобы газы входили в камеру не слишком быстрой струей и равномерно распределялись в камере. Вследствие большого диаметра отводной трубки воронка с краном смещается к краю пробки, между тем, желательнее, чтобы кислоты, орошающие насадку колонки, распределялись на насадке равномерно. Поэтому, вставив воронку в пробку, трубку воронки следует оттянуть и загнуть так, чтобы конец трубки приходился в центре колонки. Вместо этого можно вставить конец воронки в более широкую трубку, которая стояла бы наклонно так, чтобы нижний конец ее упирался в середину насадки.

Так как температурные условия нашей башни Гловера, конечно, весьма далеки от условий на производстве, то для более интенсивного получения в банке окислов азота можно прибегнуть к искусственному приему — вместо нитрозы вливать в колонку дымящую

азотную кислоту. Кроме этого, можно воспользоваться азотистокалиевой KNO_2 или азотистонатриевой NaNO_2 солью (kalium или natrium nitrosum). При действии на эту соль серной кислоты выделяются окислы азота:



Азотистокалиевую соль можно прибавить к насадке колонки в виде мелких кусочков, но лучше пропитать насадку до опыта насыщенным раствором соли; 20—30 мл раствора выливают в колонку по каплям через воронку с краном. Тогда при демонстрации опыта в воронку наливается серная кислота (кислоту уд. в. 1,84 разбавить равным объемом воды, вливая кислоту в воду!).

В камеру *Г* трубка, приводящая газы, вставляется или на каучуковой пробке или на отрезке каучука, надетого на трубку. Таким же образом вставляется и отводная трубка.

В поддон камеры *Г* (кувет *К*) наливается до опыта немного воды, чтобы получился гидравлический затвор. Воды вливается столько, чтобы при работе насоса воздух не проходил пузырьками в камеру.

Трубка пульверизатора *Д* вводится в отверстие с задней стороны камеры так же, как было описано выше. Скляночка помещается на подставке, как на рис. 223, или укрепляется в зажиме штатива. За камерой помещается белый фон.

Колонка *Е* — башня Гей-Люссака — наполняется предпочтительно коксом (как на производстве), но можно взять и иную насадку, как и для наполнения башни Гловера. Воронка колонки заполняется концентрированной серной кислотой. Можно взять, как на производстве, кислоту уд. в. 1,7. Для получения такой кислоты к 50 мл воды приливается 200 мл кислоты уд. в. 1,84.

До опыта насадка башни смачивается кислотой, которую пропускают из воронки по каплям. В склянку Тищенко *Ж*, как уже было сказано выше, вливается вода. За склянкой следует поставить белый фон, для того чтобы было яснее видно поглощение бурого газа в колонке.

Воду в склянке *Ж* полезно подкрасить синим лакмусом. По изменению цвета лакмуса можно судить о том, наполнилась ли система сернистым газом из печи.

Склянка *Ж* соединяется с водоструйным разрезающим насосом или с аспиратором (стр. 295).

Перед уроком прибор должен быть полностью собран, в печь насыпан колчедан (или смесь его с серой), насадка башни Гловера должна быть смочена раствором азотистокалиевой соли (если предполагается пользоваться концентрированной азотной кислотой, то насадка остается сухой), насадка башни Гей-Люссака — концентрированной серной кислотой.

Следует проверить, держит ли прибор (см. I, стр. 258) после склянки *Б* (небольшое засасывание воздуха через асбестовые пробки до склянки *Б* не может помешать успеху опыта).

Опыт. Зажечь спиртовку *с* под печью *А*, пустить в действие водоструйный насос и начать медленное просасывание воздуха через систему. Когда загорится колчедан, урегулировать ток воздуха так, чтобы горение шло равномерно. Если загружена смесь колчедана с серой, то отставить и потушить спиртовку *с* (рис. 223).

После того как лакмус в склянке *Ж* покраснеет, выждать несколько минут и затем начать впускание в колонку *В* сначала струей, а затем по каплям дымящей азотной кислоты (или серной, если применяется азотистокалиевая соль).

Когда газы в камере начнут окрашиваться в бурый цвет, начать медленное приливание концентрированной серной кислоты в колонку *Е*. Когда содержимое камеры приобретет интенсивный бурый цвет, начать введение в камеру распыленной воды при помощи пульверизатора *Д*. Содержимое камеры светлеет. На дно оседают капельки серной кислоты.

Усиливая поступление в камеру окислов азота и вводя затем воду, можно несколько раз наблюдать посветление и побурение газов в камере.

От времени до времени, поворачивая ось мешалки, перемешивать колчедан в печи.

После того как прекратится горение колчедана, пустить через систему сильный ток воздуха, чтобы удалить газы.

Взяв пипеткой пробу кислоты из поддона *К*, перелить ее в бокал или стакан и сделать испытание на серную кислоту при помощи раствора хлористого бария $BaCl_2$ в присутствии соляной кислоты или при помощи лучинки (стр. 283).

По окончании опыта модель разобрать, тщательно вымыть, вычистить и высушить.

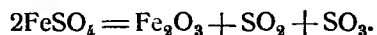
Вместо устройства колчеданной печи можно воспользоваться для опыта трубкой с лодочкой, в которую помещается колчедан, как в приборе, изображенном на рис. 219.

Склянку Тищенко *Б* можно заменить трубкой, наполненной ватой.

Вместо распыленной воды в камеру можно вводить водяной пар, как в вышеописанных установках.

12. Получение серной кислоты прокаливанием железного купороса.

● Исторический способ получения серной кислоты — прокаливание в реторте железного купороса $FeSO_4 \cdot 7H_2O$. 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 $FeSO_4$ (*ferrum sulfuricum oxudulatum crust.*) в пробирку. Нагревать пробирку *а*, держа ее почти горизонтально, с небольшим уклоном в сторону отверстия (рис. 226). 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 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 сернобариевой соли $BaSO_4$.

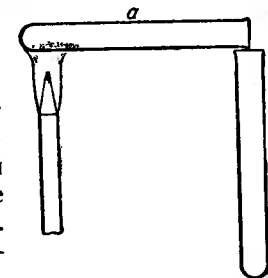


Рис. 226. Получение серной кислоты прокаливанием железного купороса.

13. Свойства серной кислоты.

а) Удельный вес концентрированной серной кислоты.

● 1. **Опыт.** Две одинаковых склянки на 200—250 мл, одну с водой, другую с концентрированной 98% серной кислотой (уд. вес 1,84) дать учащимся поддержать 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 влить 50 мл серной кислоты, уд. вес 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. 121).

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.)

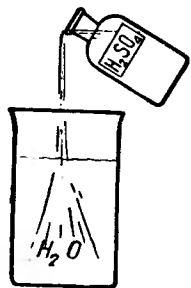


Рис. 227. Вливание серной кислоты в воду.

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. 227).

Кислота расходится 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. 228).

Будет ли разогревание распространяться равномерно по всему сосуду? Нет, оно сосредоточится в одном месте, там, где вода смешивается с кислотой, имеющей почти в 3 раза меньшую теплоемкость.

Раствор в этом месте может нагреться до кипения. Образующийся пар может разбрызгать кислоту (рис. 229).

Поэтому никогда не следует лить воду в концентрированную серную кислоту.

Помимо такого разбора явлений, происходящих при вливании воды в кислоту, следует показать соответствующий опыт.

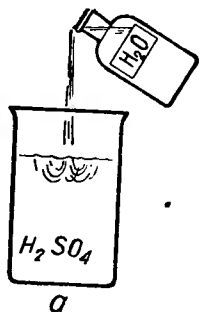


Рис. 228. Вливание воды в серную кислоту (1).

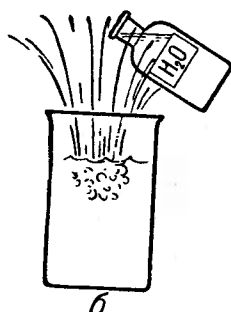


Рис. 229. Вливание воды в серную кислоту (2).

○ 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. 230) 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 рис. 231.

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).

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.

Рис. 230. Вливание воды в серную кислоту (3).

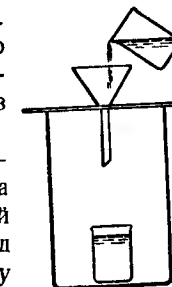


Рис. 231. Вливание воды в серную кислоту (4).

Через несколько дней (чем влажнее воздух в помещении, тем быстрее) сосуд с кислотой переполнится и кислота начнет переливаться через край.

г) Малая летучесть серной кислоты.

Опыт. Несколько капель раствора серной кислоты (1:5 или более разбавленного) нагревать в тигле или на крышке тигля (щипцы). В начале 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, птичьего перья, волос, материя** и т. п. постепенно разрушаются и растворяются.

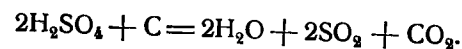
3. Смочить конец **лучинки разбавленной серной кислотой (1 : 5 или более разбавленной)** и держать высоко над пламенем горелки. Сначала конец лучинки высыхает (выделяется только вода), а затем оставшаяся концентрированная кислота обугливает лучинку.

Этот опыт используется для обнаружения серной кислоты (стр. 283).

4. На листе **белой бумаги** написать или нарисовать что-нибудь **лучинкой**, обмокнутой 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 **сахара 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 рис. 232.

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 отвешивания 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 эффектнее, 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.

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.

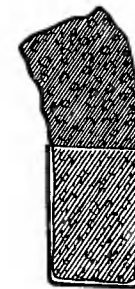


Рис. 232. Обугливание сахара серной кислотой.

е) Концентрированная серная кислота как окислитель.

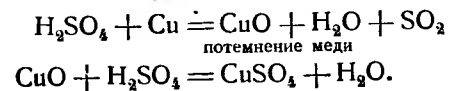
○● 1. Действие концентрированной серной кислоты на медь см. выше стр. 259.

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 на запах, по покраснению лакмусной бумажки или по обесцвечиванию **бумажки**, смоченной **раствором фуксина** (стр. 268).

Написать равенство реакции:



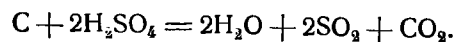
Почему не замечается образования синего медного купороса?

В присутствии концентрированной серной кислоты получается безводная соль.

Для того чтобы обнаружить образование серномедной соли, дать колбочке остыть, слить кислоту в общую склянку, прилить 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, прилить 1—2 мл концентрированной серной кислоты, вставить пробку с изогнутой, как на рис. 212 (стр. 282), трубкой и нагреть.

Происходит окисление угля в углекислый газ CO_2 :



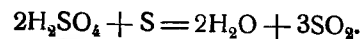
Для обнаружения сернистого газа погрузить конец трубки в пробирку со слабым раствором иода в растворе иодистого калия — происходит обесцвечивание. Для обнаружения углекислого газа погрузить трубку в пробирку с известковой водой — известковая вода мутится.

○ 3. Тот же опыт можно сделать 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 промывные склянки Тищенко или иные. В первой склянке — слабый раствор иода в растворе иодистого 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. 259—266) 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 поместить в пламя 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, прилить 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 иода в растворе иодистого калия и по запаху.

ж) Соли серной кислоты.

○● **Опыты.** 1. Прилить разбавленной серной кислоты H_2SO_4 (1:5—1:10) к растворам (1:10): хлористого бария BaCl_2 (barium chloratum), азотносвинцовой $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ или уксусносвинцовой соли $\text{Pb}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)_2$ (plumbum nitricum, plumbum aceticum). Вскипятить жидкость с осадками, для того чтобы убедиться, что серносвинцовая соль PbSO_4 растворима в кипящей воде. По охлаждении раствора осадок снова выпадает.

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 сернонатриевой соли, обезвоживанием и гидратацией гипса, то полезно проделать эти опыты здесь (см. стр. 122—125).

14. Опыт, демонстрирующий действие аппарата Коттреля.

Для опыта монтируется прибор по рис. 233.

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 каучуковую трубку длиной 8—10 см и перевязать ее ниже клубочка ниткой. Внутри каучуковой трубки следует вставить стеклянную трубку или палочку и укрепить трубку в зажиме штатива, как показано на рис. 233.

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 клеммами катушки Румкорфа или иного индуктора (см. I, стр. 317), включенного в цепь от источника постоянного тока (аккумулятора) в 6 вольт через движковый 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 каучуками с тройником, к которому присоединяется каучуковая груша. С другого конца к про-

мывалкам присоединяются **трубки**, изогнутые, как на рис. 233. Концы этих трубок слегка входят внутрь железной трубы.

На каучуковые трубки, присоединенные к промывным склянкам, следует надеть **винтовые зажимы** для регулирования тока воздуха.

Опыт. Объяснив устройство и назначение прибора, начать продувание воздуха через промывные склянки. Из верхнего отверстия трубы начинает выходить дым нашатыря, образующегося при взаимо-

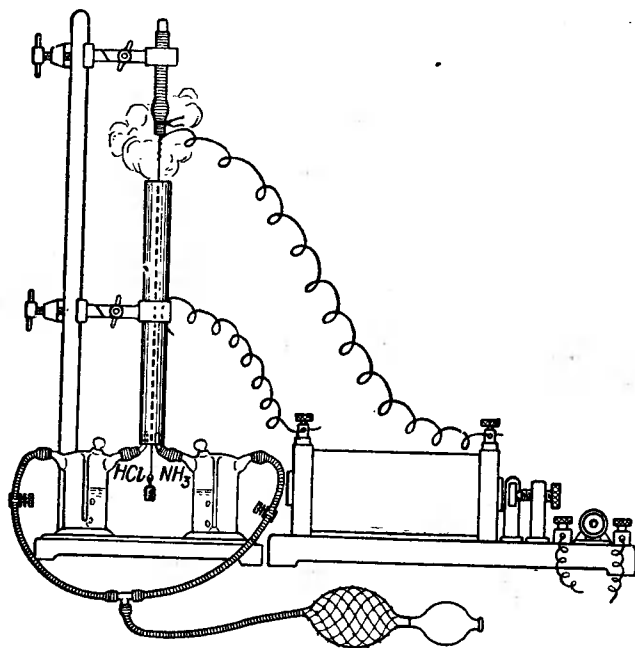


Рис. 233. Модель аппарата Коттреля.

действию аммиака с хлористым водородом. Продолжая вдувание 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.

15. Флотация.

В связи с вопросом о применении в производстве серной кислоты вместо колчедана флотационных хвостов могут быть показаны опыты, иллюстрирующие процесс флотации.

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**.

а) 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 фарфора 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.

Удельный вес фарфора (2,2—2,5) и графита (2,3) очень близки между собой.

б) Флотация сернистого металла.

○● **Опыт.** Смешать на куске бумаги примерно 2 объема порошка **фарфора** и 1 объем порошка **сернистого металла** (FeS_2 или FeS , см. выше). 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.

в) Пенная флотация.

Для опыта пенной флотации я пользуюсь **воронкой** с впаянной фильтровальной пластинкой из пористого стекла. Воронка должна быть цилиндрической формы, высокая (рис. 234), с малым диаметром пор (20—25 μ).

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 рис. 234.

К воронке для продувания воздуха присоединяется **резиновый баллон** (рис. 234). Его можно заменить одним из приспособлений, указанных в т. I, стр. 76, велосипедным или футбольным насосом со склянкой-регулятором и с бунзеновским клапаном (см. там же).

Рис. 234. Прибор для флотации.

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 обиль-

ную пену, которая перетекает в подставленный стакан. Ясно видно, что пена почти черная от порошка сернистого металла.

Можно добавлять в воронку воду, продолжая вдвухание воздуха, пока пена не сделается 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.

XIII. АЗОТ.

1. Содержание азота в воздухе.

○ 1. Для приблизительного определения содержания азота (правильнее азота и инертных газов) в воздухе сжигают под колоколом, поставленным в банку с водой, фосфор.

Для опыта нужен колокол или склянка (материальная, см. I, стр. 157) на 3—5 л, с отрезанным дном (см. I, стр. 176—182), на стенках которого отмечены 5 равных объемов. Для нанесения делений заткнуть 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 при помощи измерительного

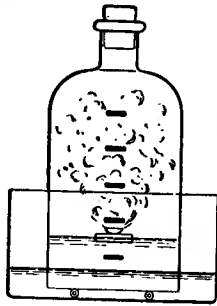


Рис. 235. Горение фосфора под колоколом.

цилиндра, приливать затем в колокол по $\frac{1}{5}$ этого количества, отмечая каждый раз уровень воды при помощи карандаша 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 киноварью, голландской сажей или другой сухой краской (см. I, стр. 353), при помощи 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. 235). Вместо этого к нижнему краю колокола приклеить менделеевской замазкой (см. I, стр. 378) три небольших кусочка пробки.

В качестве сосуда, в котором ставится колокол, можно взять кристаллизатор, „простоквашницу“ (см. I, стр. 156) или обрезанную (см. I, стр. 176—182) 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.

Фосфор для опыта можно взять красный (phosphorus amorphus). Он должен быть сухой.

Пробка, закрывающая колокол, должна хорошо держать. Лучше всего воспользоваться каучуковой пробкой.

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 от тигля около половины чайной ложки красного фосфора (роговая ложка). Поместить пробку с фосфором в чашку с водой, покрыть фосфор открытым колоколом. Накалить в пламени горелки конец достаточно длинной стеклянной палочки. Дотронуться палочкой до фосфора и, как только он загорится, вынуть палочку и плотно заткнуть горло колокола каучуковой или хорошо подогнанной корковой пробкой. Корковую пробку, чтобы она хорошо держала, лучше не обжимать, а проварить в воде (см. I, стр. 215).

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 колокола.

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 $\frac{1}{8}$ первоначального объема.

Сейчас же после урока крышку от тигля, на которой может остваться фосфор, снять с пробки и погрузить в стакан с водой. Приставший к крышке фосфор следует потом сжечь под тягой, в печи или на дворе, соблюдая все необходимые предосторожности (правила! См. т. I, стр. 34). 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.

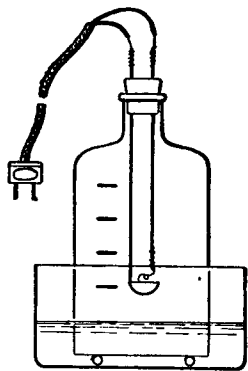


Рис. 236. Приспособление для зажигания фосфора под колоколом.

Банка, в которую ставится колокол, может быть такой же вышины, как и колокол. Можно взять батарейный стакан.

Для зажигания фосфора вместо стеклянной палочки можно воспользоваться проволокой. Проволоку нужно сильнее нагреть, так как металл остывает значительно быстрее, чем стекло.

○ 2. Почти те же результаты можно получить, если зажечь фосфор, не вынимая пробки из горла колокола с делениями, при помощи электрического тока. Для этого можно воспользоваться тем же приспособлением, которое описано выше при опыте, иллюстрирующем закон сохранения веса веществ (см. I, стр. 437, рис. 500). **Прибор** для этого опыта изображен на рис. 236. Устройство прибора такое

же, как и для опыта 1 (стр. 316), за исключением того, что фосфор помещается не на поплавок, а на ложечку и зажигается электрическим током. Вода наливается в чашку до урока (см. стр. 317).

Опыт. Вынуть пробку из колокола прибора (рис. 236). Насыпать почти полную ложечку красного фосфора (phosphorus). 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. 317). 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 т. I, на стр. 361—362, 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, кучку красного фосфора с горошину величиною. Пусть 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 ангидрид растворится в воде, прикрыть стакан под водой куском проваренного в парафине картона, перевернуть и, слегка сдвинув картон, испытать оставшийся в стакане азот при помощи зажженной лучинки.

○● 4. За неимением фосфора опыт (по Мальчевскому и Якобсону) 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 каучуковую. 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. 52).

Опыт. Прибавить в чашку с водой 1—2 столовых ложки извести и хорошо размешать. Поставить в чашку колокол. Смочить вату спиртом, стряхнуть лишний спирт, зажечь и, быстро опустив в колокол, плотно вставить пробку. 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 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$, (триоксibenзол, *acidum pyrogallicum crust.*) в приборчике, изображенном на рис. 237.

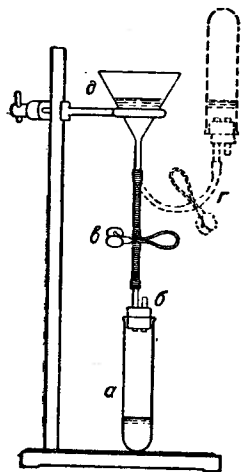


Рис. 237. Определение объема кислорода в воздухе при помощи раствора пирогаллола.

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 приборчика, изображенного на рис. 237, заключается в следующем.

В воронку *d* наливается раствор пирогаллола. Когда зажим *e* 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).

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. I, стр. 293).

Пробка у прибора должна быть каучуковая с двумя отверстиями, в одно из которых вставляется трубочка, соединенная каучуком 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 KOH (*kalium oxudatum hydricum depuratum*) и растворить в 5 мл воды в особой пробирке. Охладить до температуры воздуха. Отвесить приблизительно 4 г пирогаллола $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$ 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 приготовленные 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 изпод раствора и перелить обратно в воронку (если вытекло более или менее много раствора). Так как после смешения пирогаллола со щелочью раствор быстро начинает поглощать кислород из окружающего воздуха, следует, не мешкая, 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 рис. 237, с 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, вытолкнуть 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.

○ 6. Более или менее точное определение количества кислорода в воздухе можно произвести при помощи медленного окисления белого фосфора (*phosphorus albus, правила!* См. т. I, стр. 34). Опыт

требует не менее 2 часов. Для опыта палочка фосфора вводится при помощи проволоки в измерительную трубку с воздухом, находящуюся в цилиндре с водой (рис. 238). Удобен цилиндр с раструбом, как на рис. 238, но можно взять цилиндр и без раструба, если он достаточно широкий. Можно взять высокий стакан или банку.

Палочка фосфора укрепляется на проволоке следующим образом. Несколько кусочков белого фосфора (*обращаться со всеми предосторожностями, указанными на стр. 357—360*) помещается в узкую пробирку с водой. Пробирка погружается в стакан с нагретой до 60—70° водой. После того как фосфор расплавится (слой его должен быть 3—4 см), в него опускается конец тонкой, легко гнущейся медной или из иного металла проволоки. Пробирка переносится в чашку с холодной водой.

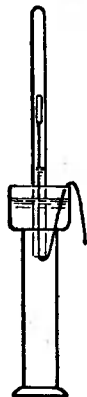


Рис. 238. Определение объема кислорода в воздухе путем медленного окисления фосфора.

После того как фосфор застынет, пробирка осторожно раздавливается под водой плоскогубцами или щипцами. Палочка фосфора, укрепленная таким образом на проволоке, погружается в стакан с холодной водой и оставляется в нем до урока.

Опыт. Налить в измерительную трубку длиной около 70 см, диаметром 1,5—2 см (она может быть и без делений) около 10 мл воды. Закрыв трубку пальцем, перевернуть ее и погрузить в цилиндр с водой (рис. 238). Привести уровни воды в трубке и в цилиндре к одной высоте и заметить объем воздуха в трубке. Укрепить трубку в зажиме штатива. Если трубка без делений, то отметить уровень воды при помощи заранее надетого на трубку колечка, отрезанного от резиновой трубки. Не поднимая отверстия трубки выше уровня воды в цилиндре, ввести в трубку проволоку с белым фосфором и загнуть проволоку, как показано на рис. 238.

Трубка с фосфором оставляется на 2 часа, а лучше до следующего урока. Уровень воды в трубке поднимается.

Не поднимая отверстия трубки выше уровня воды в цилиндре, вынуть из трубки проволоку с фосфором и сейчас же опустить фосфор в пробирку с водой. Привести уровни воды в трубке и в цилиндре к одной высоте и заметить объем оставшегося воздуха (или отметить резиновым колечком). Объем уменьшается довольно

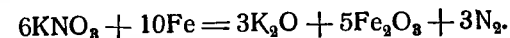
точно на $\frac{1}{5}$. Пробирка с фосфором помещается в стакан с водой, нагретой до 60—70°. Когда фосфор расплавится, проволока вынимается и пробирка переносится в стакан с холодной водой. Застывший фосфор вынимается из пробирки (см. стр. 364) и

переносится в банку с водой, где он хранится. Все время не следует забывать об опасности обращения с белым фосфором и соблюдать все предосторожности, указанные на стр. 357—360.

2. Получение азота.

По методическим соображениям обычный способ получения азота из азотистоаммониевой соли 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, кстати, 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 рис. 239, пробирку взять длиной 15—17 см и диаметром 2—2½ см (нет надобности 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“.

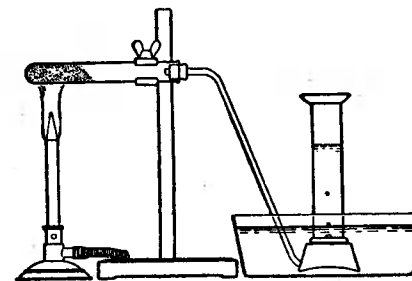


Рис. 239. Получение азота в лаборатории.

Опыт. Смешать в ступке железные опилки с селитрой KNO_3 , поместить в прибор и нагревать смесь на горелке не очень сильно. 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 цилиндр оставить на 10—15 мин. открытыми: один — отверстием кверху, другой, укрепленный на штативе, отверстием книзу (см. I, стр. 471, рис. 544). Через 10—15 мин. испытать газ в обоих цилиндрах горячей лучинкой.

В цилиндре, стоявшем отверстием вверх, лучинка будет гореть (азот легче воздуха и ушел вверх), 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 порошок железное железо (*ferrum alcoholysatum*).

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 лакмусной 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 пробирку оставить на $\frac{1}{4}$ часа открытыми, укрепив одну отверстием книзу, другую — вверх. 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 лакмусной бумагой.

Реакция идет примерно согласно следующему равенству:



Вставить коэффициенты.

○ 3. Для получения азота из азотистоаммониевой соли NH_4NO_2 обыкновенно не берут готовой соли, а сливают эквивалентные количества растворов азотистонатриевой соли $NaNO_2$ (*natrium nitrosum primum*) 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.

Выделяющийся азот собрать в цилиндры и проделать указанные выше опыты.

3. 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 $Ca(OH)_2$ (оставшейся, например, от опыта 1, стр. 52). 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. 240). Смеси следует взять побольше,

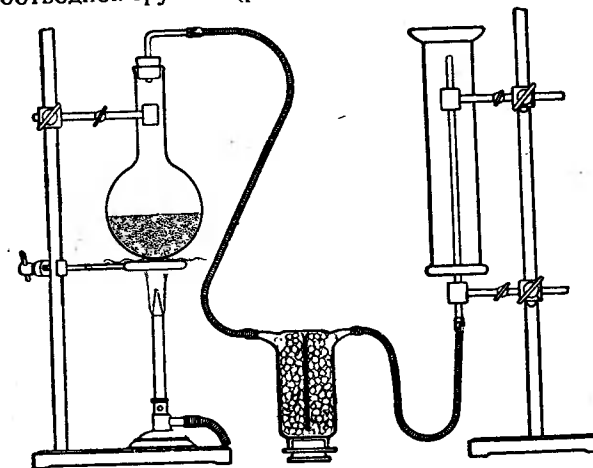


Рис. 240. Получение и соби́рание аммиака (1).

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. 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 *kaliun oxydatum hydricum*)

in bacillis) или, лучше, продажной смесью их — **натронной известью** (*natrium oxydatum 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. 240 и т. I, стр. 255—256) или в колонку (см. I, 254—255).

Прибор устанавливается под тягой. При хорошей тяге можно собирать аммиак по способу вытеснения воздуха прямо в цилиндр (20—25 см высотой), как показано на рис. 240, для чего к осушительному прибору следует присоединить на каучуке трубку (как на рис. 240).

Необходимости сушить аммиак для нижеследующих опытов нет, но если имеется осушительный прибор, то его полезно вставить 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. 207). 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 встряхиванием 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 нехватить для ее нейтрализации.

При плохой тяге или при полном отсутствии тяги для собирания аммиака можно воспользоваться приемами, описанными при хлористом водороде (стр. 211). Опыт с фонтаном можно показать после вышеописанного опыта и в том случае, если тяга имеется.

○ 2. Для демонстрационного опыта растворения аммиака в воде удобно пользоваться прибором, описанным в первом томе (т. I, рис. 331 и 332, стр. 274—275) и выше (стр. 212—213).

● 3. При лабораторном опыте добывание и собирание аммиака можно производить в пробирках, как показано на рис. 241.

Опыт. Составить из сухих пробирок прибор, как на рис. 241.

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, сколько нужно взять гашеной извести на отвешенное количество нашатыря.

Тщательно смешав в ступке оба вещества (замечается запах аммиака), всыпать смесь в пробирку а.

Укрепить пробирку а 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 а минут 5, не слишком сильно, чтобы не улетучивался нашатырь.

Осторожно снять пробирку б и, держа ее отверстием вниз, медленно снять с трубки, закрыть гальцем, погрузить отверстием в приготовленный сосуд с водой и отнять палец.

Слегка встряхивать пробирку (раствор аммиака в воде легче воды, верхний слой воды быстро насыщается аммиаком, и без встряхивания растворение идет медленно).

Велика ли растворимость аммиака в воде?

Закрыв отверстие пробирки под водою пальцем, перевернуть пробирку и, отлив немного раствора аммиака, прибавить в пробирку фиолетового раствора лакмуса.

Какого результата можно было ожидать и какой получился? (По аналогии с растворами HCl, HBr, H_2S можно было ожидать, что лакмус покраснеет, а он посинел.)

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 при хлористом водороде (стр. 209, опыт 4, рис. 154), а именно: нагрев в пробирке некоторое количество смеси, быстро опрокинуть пробирку в стакан с водой. Вода поднимается в пробирку и заполняет ее почти доверху.

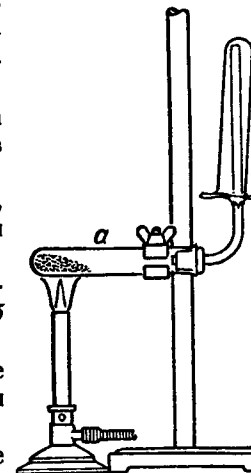


Рис. 241. Получение и собирание аммиака (2).

4. 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 рис. 242 изображен очень удобный прибор, служащий одновременно и для получения и для сжигания аммиака. Колба *A* на 300—400 мл заткнута пробкой, в которую вставлена

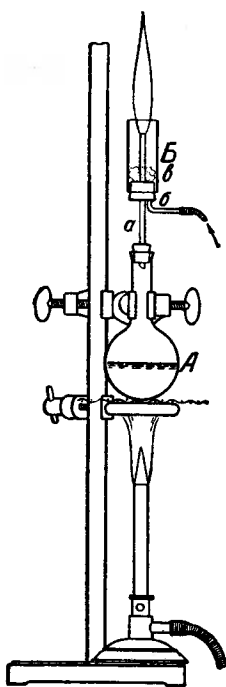


Рис. 242. Горение аммиака в кислороде (1).

трубочка *a* длиной около 20 см (диаметром около 6—7 мм). На трубочку надета широкая пробка, вставленная в обрезок лампового цилиндра *B* (см. I, стр. 178), длиной около 10 см. В пробке сбоку имеется другое отверстие, в которое вставлена трубочка *b*, соединенная с газометром, наполненным кислородом. Для того чтобы кислород равномерно, несильной струей поднимался в цилиндре *B*, внутрь цилиндра следует поместить неплотный комок ваты *v*. Верхний конец трубки *a* должен быть на 1—2 см ниже верхнего края цилиндра *B*.

Нижний конец полезно сточить наискосок, чтобы конденсирующаяся в трубке вода легко стекала обратно, не образуя капель, которые прерывают струю газа (см. I, стр. 235). 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 концентрированного 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 обрезок (рис. 243) на трубку *a* предыдущего прибора и соединив боковой отросток с газометром, наполненным кислородом. Можно воспользоваться обрванной банкой. В крайнем случае цилиндр можно сделать жестяной.

За неимением газометра кислород можно впускать прямо из реторты со смесью для получения кислорода (стр. 34).

Если нельзя устроить описанный прибор, можно показать горение аммиака, внося изогнутую, как на рис. 554 (см. I, стр. 478), трубку, из которой выходит слабая струя аммиака в склянку или в цилиндр с кислородом.

● 2. При лабораторном опыте можно воспользоваться приборчиком, изображенным на рис. 244. В пробирке *a* находится смесь для получения кислорода

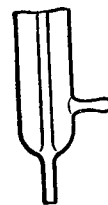


Рис. 243. Часть прибора, изображенного на рис. 242.

(стр. 34 и 35), в пробирке *b* — концентрированный раствор аммиака (ammonium causticum solutum 0,91). Один из учащих 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.

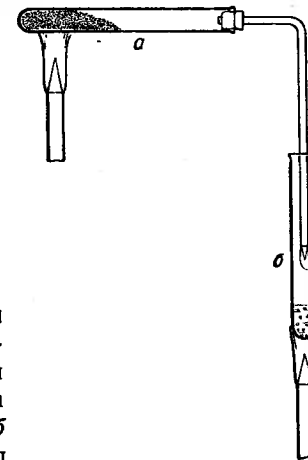


Рис. 244. Горение аммиака в кислороде (2).

5. 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 лакмусную бумажку, которая синее, а затем бумажку или лучинку, смоченную концентрированной соляной кислотой, — появляется белый дымок нашатыря.

6. 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. Закрыть цилиндры притертыми стеклянными пластинками, смазанными вазелиновой мазью. Поставить цилиндр с аммиаком отверстием вниз (не отнимая пластинки) на закрытый стеклянный цилиндр с хлористым водородом. Вынуть одновременно обе стеклянные пластинки, закрывающие цилиндры с газами, и

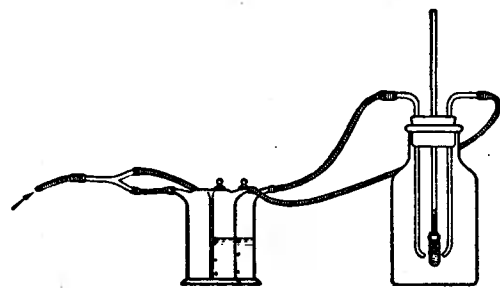


Рис. 245. Выделение тепла при соединении аммиака с хлористым водородом.

● 3. Нейтрализовать соляную кислоту раствором аммиака, пользуясь лакмусной бумажкой, и выпарить полученный раствор. То же можно проделать с азотной, уксусной и другими кислотами.

●○ 4. Получить при помощи капли кислоты красное пятно на какой-нибудь материи (можно заранее) и „вывести“ это пятно раствором аммиака.

○ 5. Если желательнее показать, что при реакции между газообразными аммиаком NH_3 и хлористым водородом HCl выделяется тепло, то можно воспользоваться прибором, изображенным на рис. 245. Две склянки Тищенко (см. I, стр. 253) или другие промывные склянки следует соединить с одной стороны тройником (см. I, стр. 203, 364) с резиновым баллоном (см. I, стр. 114, 367), с другой стороны — с большой банкой, в пробку которой вставлены две изогнутые, как на рис. 245, трубки. Между трубками укреплен термоскоп, описанный на стр. 119, или большой лекционный термометр. В пробке, кроме отверстия для трубок и термоскопа, следует просверлить еще широкое отверстие (за термоскопом) для выхода воздуха. Склянки Тищенко наполняются, одна — соляной кислотой уд. в. 1,19, другая — концентрированным раствором аммиака уд. в. 0,91 (см. стр. 328).

Опыт. Продувать резиновым баллоном через склянки воздух. Он будет увлекать HCl и NH_3 , и в банке образуется большое об-

лако 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.

● 6. Насыпать в пробирку несколько кристалликов хлористого аммония NH_4Cl . Прилить концентрированную серную кислоту. Что наблюдается?

Написать равенства реакций.

7. Возгонка и термическая диссоциация нашатыря.

○● **Опыт.** 1. Поместив в пробирку немного нашатыря NH_4Cl , нагревать его в пламени горелки, держа пробирку немного наклонно. Обратит внимание учащихся, что над нашатырем, в том месте, где пробирка сильно нагрета, — бесцветный газ. Выше, на холодных стенках пробирки, оседает нашатырь.

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. 246). При нагревании этой пробки в нижней ее части аммиак быстрее, чем хлористый водород, диффундирует сквозь слой нашатыря и, как более легкий газ, поднимается кверху, хлористый же водород стекает вниз. Присутствие того и другого открывается при помощи лакмусных бумажек.

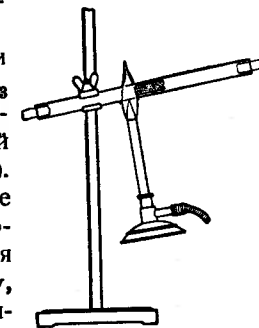


Рис. 246. Термическая диссоциация нашатыря.

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 нашатыря, следует сначала выстрогать две палки, которые плотно вошли 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 (см. стр. 325) и слегка утрамбовать второй палкой. Затем прибавить еще немного нашатыря и снова утрамбовать. Прибавлять таким образом нашатырь до тех пор, пока при сильном утрамбовывании при помощи 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 рис. 246.

Опыт. Вложить в верхний конец трубки слегка смоченную водой красную лакмусную бумажку, в нижний конец — влажную синюю лакмусную бумажку. Нагревать на горелке нижнюю часть пробки из нашатыря до тех пор, пока лакмусные 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.

8. Амальгама аммония.

○● 1. 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. 152).

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 т. I (стр. 40).

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 crust.*), 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 опускается.

По окончании урока оставшуюся после опыта ртуть промыть водой, разбавленным раствором азотной или серной кислоты (см. I, 272) и снова водой.

При лабораторном опыте можно выдать учащимся пробирки с уже готовой амальгамой натрия.

9. Получение окислов азота из воздуха.

○ Для опыта нужна колба на $2\frac{1}{2}$ л с двумя тубулусами (рис. 247). В тубулусы колбы вставить на пробках 2 толстые (диам. 1— $1\frac{1}{2}$ мм) медные проволоки (рис. 247). Проволоки соединить с верхними клеммами большого индуктора, дающего искру не менее 10 см. Относительно обращения с индукторами необходимо прочесть сказанное в т. I на стр. 317—321.

До урока нужно установить такое расстояние между проволоками, вставленными в колбу, и урегулировать индуктор таким образом, чтобы получалась так называемая жирная искра, имеющая

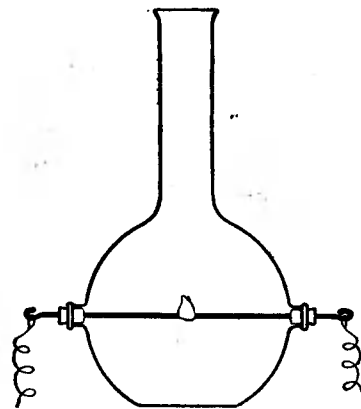


Рис. 247. Горение азота в кислороде (1).

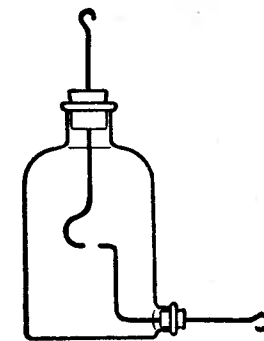


Рис. 248. Горение азота в кислороде (2).

вид как бы сплошного шнура, протянутого между концами проволоки. Над такой искрой подымается язык пламени азота, горящего в кислороде. Этот язык тем заметнее, чем сильнее индуктор. Расстояние между концами проволоки зависит от силы индуктора. Если спираль может давать искру в 10 см, то расстояние это будет $1\text{—}1\frac{1}{2}$ см.

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 сделается ясно заметным.

Желательно производить опыт днем, так как бурый цвет окислов азота при искусственном освещении значительно хуже виден.

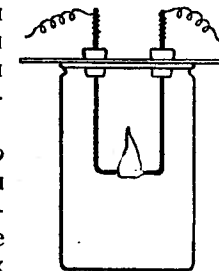


Рис. 249. Горение азота в кислороде (3).

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 удовлетвориться 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 рис. 248.

Хорошо удается опыт и без тубулатного сосуда, 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 рис. 249.

10. Получение азотной кислоты.

○ 1. Собрать прибор, как на рис. 250, состоящий из реторты (нетугоплавкой) на 200 мл с тубулусом и притертой пробкой, помещенной на штативе, на сетке, — и колбы, служащей приемником (см. I, стр. 155). Колбу погрузить в чашку (см. I, стр. 156) с водой. Если есть водопровод, то можно поместить колбу в большую воронку, соединенную каучуком с раковиной, на колбу пустить струю воды из укрепленной в зажиме штатива и соединенной каучуком с крапом водопровода изогнутой стеклянной трубкой.

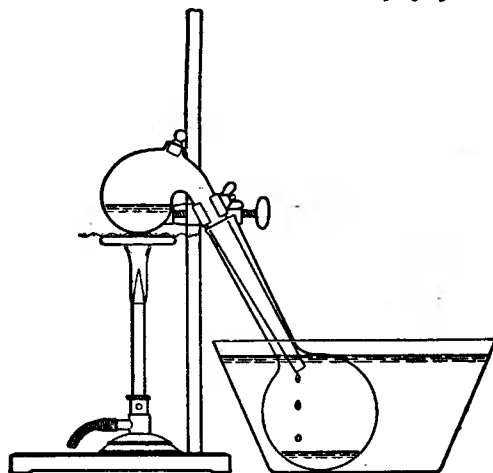


Рис. 250. Получение азотной кислоты в лаборатории (1).

Опыт. Прилить в реторту через вставленную в тубулус воронку столько концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (уд. в. 1,84), чтобы она покрыла всю селитру и 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.

За свою практику я не наблюдал случая, чтобы реторта при этом опыте лопалась, но для верности можно вести нагревание на песчаной бане (железная чашка с нетолстым слоем песка).

Показав учащимся полученную азотную кислоту, испытать ее действие 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.



Рис. 251. Вливание серной кислоты в реторту.

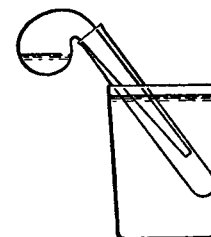


Рис. 252. Получение азотной кислоты в лаборатории (2).



Рис. 253. Использование вместо воронки оттянутой пробирки.

ретируется. Медные стружки нужно сначала облить водой, а затем уже приливать кислоту. Последний опыт следует производить под тягой.

За неимением тубулатной реторты можно воспользоваться и обыкновенной. Тогда кислоту нужно наливать через длинную воронку (рис. 251). 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. 252). Для наливания серной кислоты служит воронка (рис. 253), оттянутая из пробирки.

Опыт. Укрепить сухую пробирку в зажиме штатива в таком положении, как показано на рис. 252, погрузив ее в стакан с холодной водой.

Насыпать в реторту немного селитры KNO_3 (около $1/4$ пробирки). Держа реторту, как показано на рис. 253, 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 поместить в пробирку или в стаканчик с водой (не класть воронку на стол!).

Вставить реторту в пробирку (рис. 252) и осторожно нагревать, держа горелку в руках. Не греть стекло выше уровня жидкости.

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 несколько медных стружек (в пробирке).

● 3. За неимением маленькой реторты, вполне возможно получать азотную кислоту и в пробирке, заткнутой пробкой с газоотводной трубкой (рис. 254). 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 (пробка).

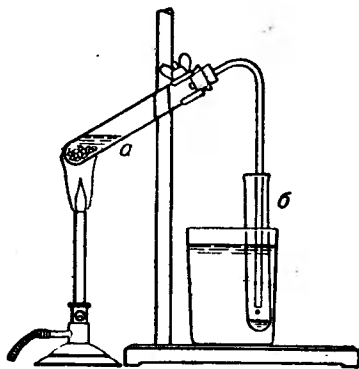


Рис. 254. Получение азотной кислоты в пробирке.

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 мною сконструирован прибор, изображенный на рис. 255, при помощи которого легко получить до килограмма концентрированной азотной кислоты.

Роль „реторты“ 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 края-

ми 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

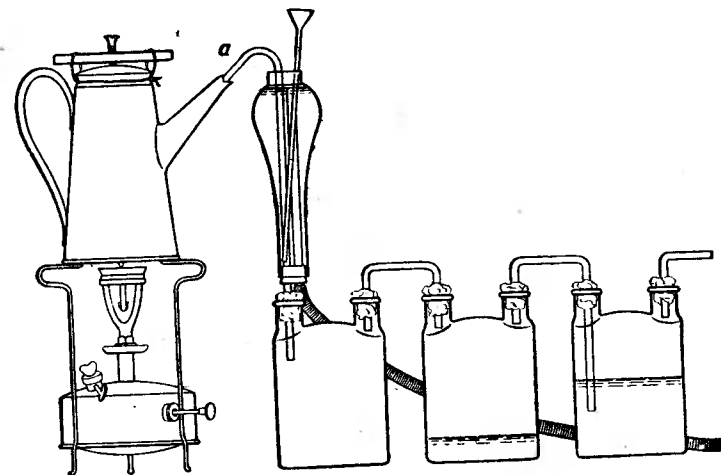


Рис. 255. Получение значительных количеств азотной кислоты в лаборатории.

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, уже описанный выше (см. I, стр. 443, рис. 506), и „конденсационные горшки“ в виде двугорлых склянок.

Все соединения должны быть сделаны без пробок и каучуков. 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 навертывается 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 большая часть паров, в третьей же — удерживаются остальные пары. Если прибор

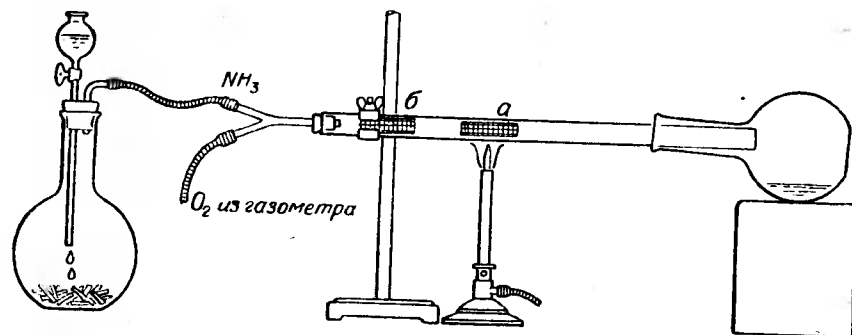


Рис. 256. Окисление аммиака в присутствии катализатора (1).

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 кашцеобразная 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 рис. 256, состоящий 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 (а), другая

(предохранитель) ближе к концу (б), который закрывается каучуковой пробкой с тройником. Длина медных пробок — около 5 см. На другой конец трубки надевается колба-приемник (на 500 мл) с наибольшим количеством воды.

Вместо тройника можно вставить в пробку две трубки.

Для опыта требуется кислород и аммиак.

Кислород можно брать из газометра или получать во время опыта, пользуясь марганцовокалиевой солью $KMnO_4$ 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 газоотводная 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 а 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 без нагревания. Выделяющаяся двуокись азота NO_2 , 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.

○ 6. Применение спирали от электрической плитки в качестве катализатора для окисления аммиака в азотную кислоту.

Составить прибор, как на рис. 257. Бывшую в употреблении спираль от электрической плитки на 120 или 220 вольт (в зависимости от напряжения тока в электрической сети) намотать на фарфоровую трубку длиной 25 см. Фарфоровую трубку укрепить на проволоке внутри стеклянной трубки диаметром 3,5—4 см и длиной около 30 см, для чего концы проволоки пропустить в газоотводные трубки (см. рис. 257). К концам спирали, выведенным наружу, присоединить электропровод со штепсельной вилкой, удобнее через реостат с подвижным контактом. К одному концу стеклянной трубки присоединить на каучуке промывную склянку

(Тищенко или другую) с концентрированным раствором аммиака (нашатырный спирт, *ammonium causticum solutum* 0,91). Под конец другой газоотводной трубки подставить колбу-приемник для продуктов реакции.

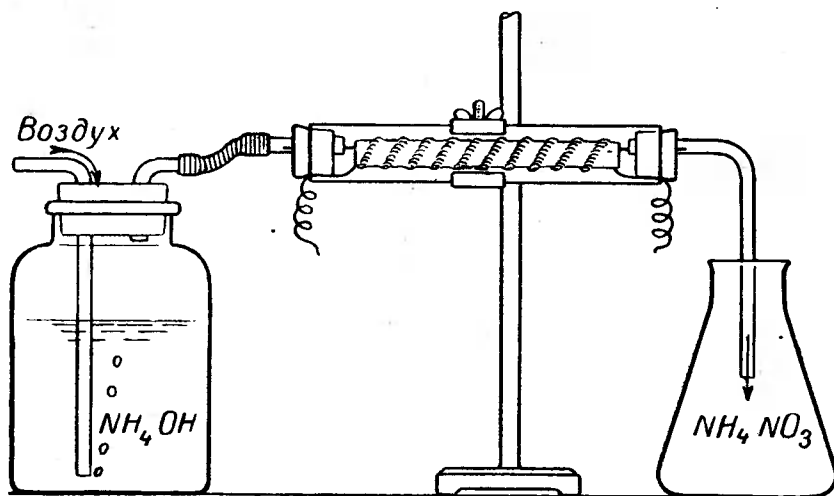


Рис. 257. Окисление аммиака в присутствии катализатора (2).

Опыт. Включить вилку электропровода в штепсель и отрегулировать напряжение подвижным контактом реостата. Продувать

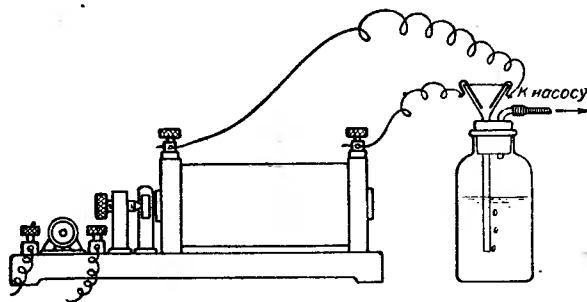


Рис. 258. Получение азотной кислоты из воздуха в лаборатории (1).

воздух через промывную склянку с раствором аммиака при помощи каучуковой груши. Смесь аммиака с воздухом поступает в широкую стеклянную трубку. Накал спирали заметно усиливается в результате реакции окисления аммиака. Трубка наполняется „дымом“ азотноаммониевой соли NH_4NO_3 , которая поступает в колбу-прием-

ник. Когда соберется достаточное количество азотноаммониевой соли, проделать реакции на ионы NH_4^+ и NO_3^- (Г. Е. Шмараков).

○ 7. Получение азотной кислоты „из воздуха“. Для опыта нужна материальная банка (бесцветного стекла) или коническая широкогорлая колба на 250 мл. Банка или колба закрывается каучуковой пробкой с двумя отверстиями: в одно отверстие вставляется длинный конец воронки (почти до дна), в другое — газоотводная стеклянная трубка, соединенная каучуковой трубкой с водоструйным насосом. В растроб воронки опускаются два электрода в виде медных проволок, изогнутых, как на рис. 258. Расстояние между концами электродов должно быть 1—1,5 см. Электроды при помощи проводов соединяются с верхними клеммами катушки Румкорфа, дающей искру около 10 см.

Опыт. В колбу или банку наливается до половины вода, в которую прибавить 2—3 капли нормального раствора едкого натра NaOH и 1—2 капли спиртового раствора фенолфталеина. Включить катушку Румкорфа. Между медными электродами образуется искра, над которой возникает пламя горящего азота. Пустить в 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 рис. 259, 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.

11. 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, желательнее 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%).

За неимением концентрированной азотной кислоты, преподаватель легко может сам приготовить нужное для лекционных опытов

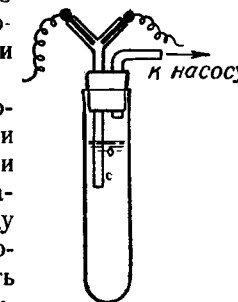


Рис. 259. Получение азотной кислоты из воздуха в лаборатории (2).

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. 335). Обычно этой кислоты хватает на все важнейшие опыты. Опыты можно проделать в следующем порядке (подробности см. ниже): капнуть кислотой (при помощи палочки) на лакмусную 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 на корковой пробке в небольшую пробирку (например $12\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ см) и при помощи короткого каучука

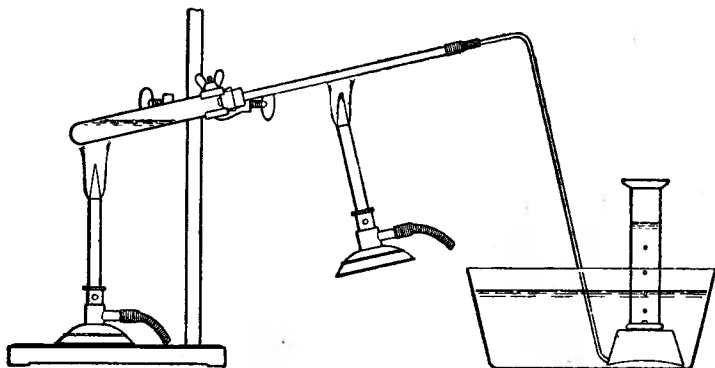


Рис. 260. Разложение азотной кислоты нагреванием.

присоединить к ней стеклянную газоотводную трубку, изогнутую, как на рис. 260. Конец газоотводной трубки погрузить в ванну с водой. Для собирания кислорода можно воспользоваться пробиркой или небольшим цилиндром, 12—15 см высотой.

В присоединенную к кварцевой трубке пробирку налить немного (рис. 260) концентрированной азотной кислоты (уд. в. 1,5—1,4). Опыт лучше производить под тягой, но необходимости в этом нет.

Опыт. Подставить под кварцевую трубку хорошую горелку (предварительного прогрева 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. Каучуковая пробка почти так же сильно страдает, как и корковая, почему выгоднее пользоваться последней.

б) Обесцвечивание лакмуса, индиго, бумажной ткани.

○● **Опыт.** 1. Налить в бокалы или пробирки немного не очень крепкого раствора индиго (см. I, стр. 377) и лакмуса (синего, см. I, стр. 375) и прилить концентрированной азотной кислоты (уд. в. 1,5—1,4). Растворы обесцвечиваются, вернее, делаются не бесцветными, а светложелтыми.

○● 2. Полоску синей бумажной ткани (той же, что употребляется для опыта с хлором, см. стр. 186) 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 при помощи стеклянной палочки или лучинки.

в) Горение в азотной кислоте угля.

○ 1. Для опыта надо приготовить несколько длинных кусочков древесного угля толщиной в карандаш или немного толще. Удобнее всего воспользоваться продажными угольками для рисования, которые можно получить в магазинах художественных принадлежностей (нужен древесный уголь непрессованный). Можно также выпилить соответствующих размеров уголки из большого куска угля при помощи тонкой пилы, можно выточить и ножом.

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. 261).

Когда азотная кислота закипит, отставить горелку и слегка погрузить в кислоту при помощи щипцов предварительно накален-

ный (тлеющий) конец угля. Уголь в месте соприкосновения с азотной кислотой раскаливается еще сильнее — из стаканчика выходят бурые пары окислов азота (рис. 261). 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 накаливать.

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. 335).

Опыт. Нагреть азотную кислоту в пробирке. Накаливать, 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.

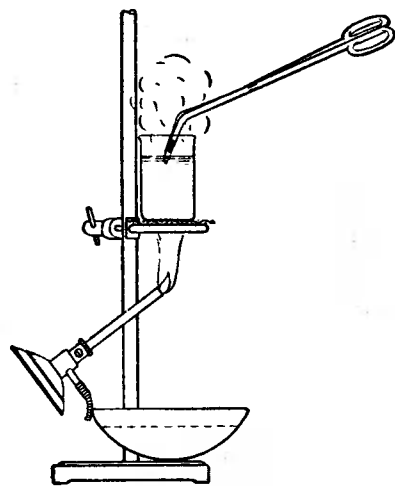


Рис. 261. Горение угля в азотной кислоте.

Можно вместо уголька воспользоваться лучинкой. Лучинка зажигается, и, когда на конце образуется уголь, лучинка задувается и тлеющий конец опускается в пробирку с азотной кислотой.

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 сер-

ной кислоты (уд. в. 1,84) и концентрированной азотной кислоты (уд. в. 1,5—1,48). Чашку поставить в большой стакан (или банку для варенья) на 3—4 л (рис. 262) 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.

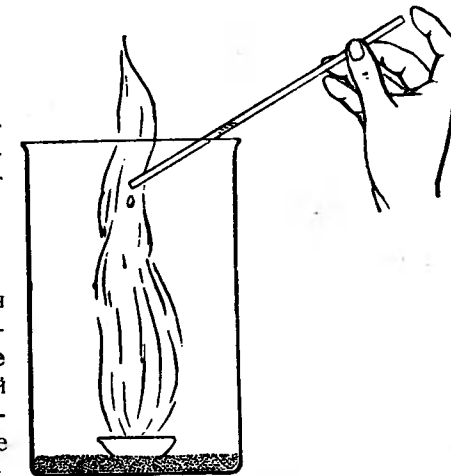


Рис. 262. Воспламенение скипидара в азотной кислоте.

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.) при помощи длинной проволоки, 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 (*сиргум metallicum raspatum*) или мелких кусочков листово-вой меди, медной проволоки и т. п., в другой бокал или пробирку —

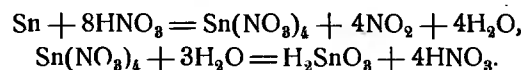
свернутый в комок кусок оловянной фольги (stannum foliatum или stanniolium).

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 азотномедной соли $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. 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 (по нагретому металлу потереть куском воска). На воске иглой или пером выцарапать какой-нибудь рисунок или надпись, затем

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 иглой 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.

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 другие 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 удастся 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 закончится, 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 азотносеребряной соли AgNO_3 и

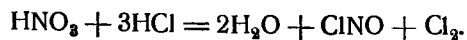
2) взаимодействия щелочи с раствором азотномедной соли $(\text{CuNO}_3)_2$.

и) Растворение золота в царской водке.

○ Для опыта нужна золотая фольга, употребляемая для золочения (*aurum foliatum vegetum*) и продаваемая такими же книжечками, как поталь (стр. 181). В два небольшие бокала или стаканчика поместить по 1—2 листочка золота.

Опыт. В один бокал прилить концентрированной азотной кислоты (уд. в. 1,4 и более), в другой — концентрированной соляной кислоты (уд. в. 1,19). Показать, что ни в той, ни в другой кислоте в отдельности золото не растворяется. Влить содержимое одного из бокалов в другой и размешать стеклянной палочкой.

Золото быстро растворяется, образуя желтый раствор хлорного золота AuCl_3 . Бокалы после растворения следует перенести под тягу или унести из класса, так как при смешении азотной и соляной кислот выделяется хлор (образуются хлористый нитрозил ClNO и хлор):



12. Соли азотной кислоты.

а) Горение угля и серы на расплавленной селитре.

○● **Опыт.** В пробирку насыпать слой 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 — мелкого 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 (*carbō ligni pulvis subtilis*). Выставить все три вещества в отдельных стаканчиках.

Опыт. Тщательно смешать все три вещества в ступке или на бумаге при помощи роговой ложки или деревянной лопаточки (но не пестика!). 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. 401) из прибора Киппа или из другого прибора (рис. 263). Убедившись при помощи лучинки, что банка наполнилась углекислым газом, накалить конец стеклянной палочки или проволоки и коснуться пороха. Он вспыхнет — как на воздухе.

○ 3. При помощи прибора, изображенного на рис. 264, можно показать, что при вспышке пороха образуется большое количество газов.

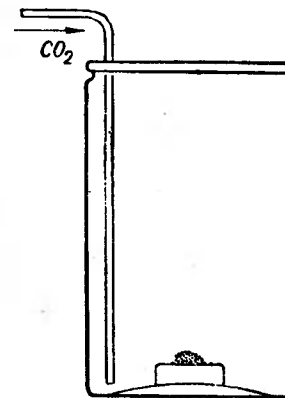


Рис. 263. Вспышка пороха в углекислом газе.

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. I, 176—182). Чем выше и чем уже колокол, тем больше будет разница в высоте столба воды до и после вспышки. В пробку, подобранную к колоколу (лучше каучковую; пробка должна хорошо держать; корковую следует залить парафином, см. I, 224), вставляется изогнутая, как на рисунке, газоотводная трубка, на которую надет каучук с зажимом, ложечка для сжигания веществ в кислороде и толстая проволока. Внутренний конец последней примерно на 1 см не доходит до ложечки. На этот конец навивается тонкая проволочка (железная или медная), конец которой должен касаться внутренней поверхности ложечки.

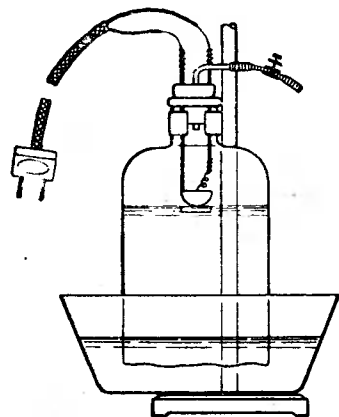


Рис. 264. Объем газов, образующихся при вспышке пороха.

Наружные концы ложечки и толстой проволоки присоединяются к шнуру для электрического освещения, несущему на конце штепсельную вилку.

Чашечка ложечки устанавливается как на рисунке; между нею и верхом колокола должно оставаться расстояние не менее 5 см, чтобы стекло не лопнуло от пламени пороха.

Колокол устанавливается на 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. 349). Количество пороха зависит от размеров колокола. При большом колоколе можно наполнить ложечку доверху.

Плотно вставить пробку в горло колокола.

Всасывая воздух ртом через газоотводную трубочку, поднять воду в колокол до самой ложечки и закрыть зажим на каучуке. Уровень воды следует отметить заранее: поставить краской черту или наклеить бумажку (рис. 264).

Вставить вилку в штепсель. Происходит беззвучная вспышка, и уровень воды в колоколе резко понижается. После остывания газов вода в колоколе несколько поднимается кверху.

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 придется отойти от прибора.

Ясно, что прибор должен быть на достаточном расстоянии и от учащих.

13. Получение окиси азота.

○ 1 В колбу на 500—700 мл поместить немного (20—30 г) медных стружек (*сирium metallicum tornatum*) или мелких обрезков медной проволоки, листовой меди, в крайнем случае латуни. В пробку колбы вставить доходящую до дна длинную воронку или воронку с краном (см. I, стр. 239) и газоотводную трубку, как на рис. 265.

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 стр. 346. 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 газа три или четыре цилиндра 25—30 см высотой, приливая в колбу, если нужно, понемногу 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 понемногу кислород из газометра (см. стр. 38) через присоединенную к нему на каучуке 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.

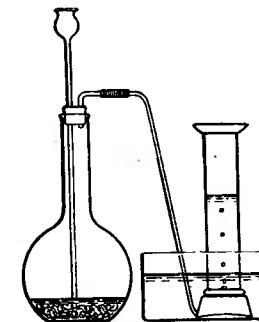


Рис. 265. Получение окиси азота (I).

В третий цилиндр опустить тлеющий кусочек угля, укрепленного на проволоке (стр. 44). 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 заготовлять для опыта разбавленную азотную кислоту, можно налить сначала в колбу с медью немного воды (чтобы она покрыла медь) и затем приливать понемногу более концентрированную азотную кислоту.

● 2. Для лабораторного опыта можно воспользоваться более простым прибором (рис. 266).

Опыт. Поместить в пробирку *a* немного медных стружек (рис. 266) или комочек медной проволоки. Прилить азотной кислоты уд. в. 1,2 (32%), сколько показано на рисунке, закрыть пробирку пробкой с газоотводной 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.

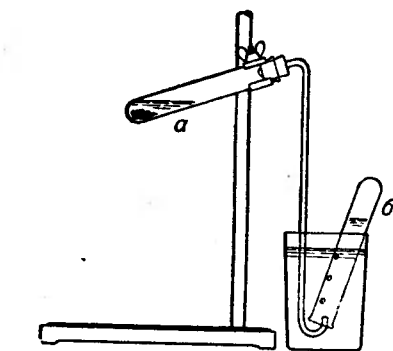


Рис. 266. Получение окиси азота (2).

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, заткнув ее под водой пальцем и, держа отверстием вверх, открыть, став перед светом. Что наблюдается?

14. Получение и свойства двуокиси азота.

○● **Двуокись азота** обыкновенно получают разложением азотносвинцовой соли $Pb(NO_3)_2$ (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 получаса и более.

Обезвоженную соль пересыпать в банку, хорошо закупорить и сохранить для получения двуокиси азота.

Простейший прибор для разложения азотносвинцовой соли и собирания выделяющихся двуокиси азота и кислорода изображен на рис. 267. Соль помещается в пробирку *A* (15 × 2 см или, если такой нет, то других размеров), лучше тугоплавкую. Пробирка соединена трубкой *a* с обыкновенной пробиркой *B*, погруженной в батарейный стакан (см. I, стр. 154) со смесью снега или толченого льда с поваренной солью (см. стр. 259). Трубка *a* погружена в пробирку *B* не более как на $\frac{2}{3}$ высоты пробирки. Трубка *б* соединена коротким каучуком с трубкой *в*, погруженной в чашку с водой.

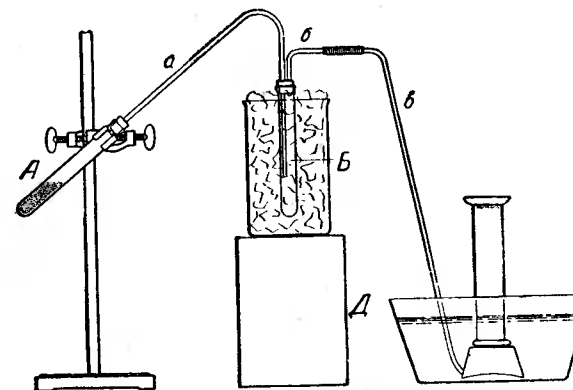


Рис. 267. Получение двуокиси азота (1).

Над концом трубки *в* помещен на мостике (см. I, стр. 259) небольшой цилиндр для собирания газов.¹

Пробки лучше взять корковые, так как каучуковые почти так же сильно разъедаются выделяющимися газами, как и корковые.

Азотносвинцовая соль должна занимать не более $\frac{1}{3}$ пробирки *A*. Вдыхание более или менее значительных количеств двуокиси азота вредно, а потому опыт лучше производить только *под тягой*.

Опыт. Отделив пробирку *B* от прибора и отставив стакан с охлаждающей смесью в сторону, начать осторожно нагревать пробирку *A*. Усиливать нагревание до тех пор, пока не начнется выделение бурых паров (нагревание требуется довольно сильное, и обыкновенная спиртовая лампочка для опыта мало пригодна).

Через 2—3 мин. (после того как остающаяся в азотносвинцовой соли вода удалится вместе с газами), не прекращая нагревания, надеть на пробку пробирку *B*, приподнять стакан с охлаждающей смесью настолько, чтобы почти вся пробирка *B* в него погрузилась, и подставить под стакан подставку *Д*.

¹ Если опыт производится не на уроке, то собирать кислород, конечно, нет надобности, и правой части прибора не требуется.

Продолжать нагревание, пока вся азотносвинцовая соль 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. I, стр. 256). Для этого погрузить до дна пробирки с жидкой двуокисью азота стеклянную трубочку, соединенную через осушительный прибор с газометром, наполненным кислородом, и урегулировать 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 сделать следующие опыты.

1. Закрыть пробирку *а* с N_2O_4 пробкой, в которую вставлена газоотводная трубка, изогнутая, как на рис. 268. 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 , заткнуть ее пробкой.

Рис. 268. Получение двуокиси азота (2).

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 темнобурым, в охлажденной — почти бесцветным.

Вместо демонстрации свойств двуокиси азота NO_2 в пробирке лучше заранее заготовить три запаянные трубки с небольшими количествами жидкой двуокиси азота. Трубки должны быть нетонкостенные. У трубок сначала делают перетяжки (рис. 269). Затем через сле-

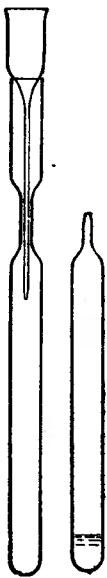
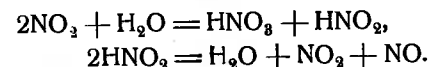


Рис. 269. Запайвание двуокиси азота в трубку.

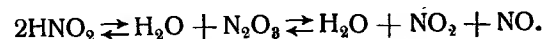
ланную из оттянутой пробирки вороночку в помещенные в охлаждающую смесь трубки наливается немного жидкой двуокиси азота, и трубки на перетяжках запаиваются. Стекло в запаиваемом месте не должно утончаться. Его следует хорошо размягчить, чтобы оно само начало стягиваться. Трубку предварительно нужно хорошо охладить в смеси снега с поваренной солью.

2 К трубке, вставленной в пробирку с N_2O_4 (рис. 268), присоединить газоотводную трубку, загнутую на конце. Подвести этот конец под небольшой цилиндр для собирания газов, находящийся в чашке с теплой водой, и пропускать 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 :



15. Получение закиси азота.

○ В реторту с тубулусом из обыкновенного стекла на 50—100 мл насыпать до половины азотноаммониевой соли NH_4NO_2 (ammonium nitricum purissimum).

К реторте присоединить небольшую баночку, как на рис. 270, 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 азотноаммониевой солью, 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

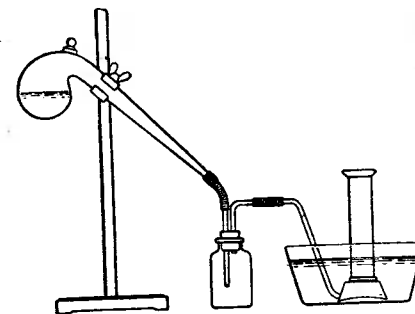


Рис. 270. Получение закиси азота (1).

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 каком случае не подставлять горелку под реторту, так как при слишком сильном нагревании реакция может пойти очень бурно. При очень 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).

Азотноаммониевая соль гигроскопична. Поэтому, если имеющаяся соль сильно влажная, то ее, прежде чем помешать в реторту, полезно предварительно нагреть в фарфоровой чашке до плавления, 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.

XIV. ФОСФОР, МЫШЬЯК, СУРЬМА.

1. Хранение фосфора и обращение с ним.¹

Обращение с красным фосфором (phosphorus amorphus) никаких особенных предосторожностей не требует, хранить же его лучше в банке с залитой парафином (см. I, стр. 224) 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 целого ряда предосторожностей при хранении и обращении с ним.

Имеющийся в лаборатории белый фосфор должен храниться вместе с другими особо ядовитыми веществами в особом, всегда запертом на ключ шкафу, согласно инструкции, и под ответственностью лица, на это уполномоченного. Всякий расход фосфора должен строго регистрироваться.

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. I, стр. 224). 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.

¹ Ввиду опасности обращения с фосфором позволяю себе еще раз повторить и дополнить указания, приведенные выше в различных местах книги.

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.). Жестянка будет, кроме того, 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.¹

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 неразысканный фосфор 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, но 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. I, стр. 166). Пленка окисляется, и по охлаждении получается кусок фосфора с гладкой поверхностью. Муть, остающуюся в расплавленном фосфоре и не всплывающую на поверхность, этим способом удалить не удастся. Таким же способом можно очищать и запасы белого фосфора, если он сильно изменился, от действия воздуха или света.

Расплавленный под водою 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.

¹ Такой случай произошел в одном французском лицее. См. Journal de physique, chimie et histoire naturelle élémentaires. Janvier, 1912.

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 (см. I, стр. 156) 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, как показано на рис. 271 (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.

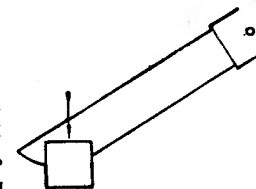


Рис. 271. Разрезание белого фосфора ножом.

Вместо того чтобы резать белый фосфор, можно заранее заготовить кусочки с горошину величиной. Для этого нужна соответствующих размеров ложечка. Ею зачерпывается расплавленный под водой фосфор и переносится в холодную воду, чтобы затвердел.

Высушивание белого фосфора производится обыкновенно при помощи фильтровальной бумаги. 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 было бы 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 (подобный случай я наблюдал на практике).

При сушении и 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 асбестовой бумагой (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 марганцовокалиевой соли $KMnO_4$ (перманганат калия, kalium hypermanganicum) 1:10.¹

При всех опытах с фосфором его лучше не выставлять заранее на лекционном столе, а приносить с собой к началу урока.

¹ Мне известен случай (в 1904 г.) очень сильного ожога фосфором (горящий фосфор потёк по руке и покрыл поверхность не менее 10 см^2), который, однако, окончился сравнительно благополучно благодаря тому, что

2. Получение небольших количеств белого фосфора для опытов.

○ 1. Небольшие количества белого фосфора, нужные для нижеописанных опытов, легко получать из красного фосфора по мере надобности, не имея запасов белого фосфора.

Красный фосфор должен быть сухой (стр. 357).

Получение производится в обычной пробирке в атмосфере углекислого газа. К пробирке следует подобрать две хороших пробки. В одну вставить кусок стеклянной трубки, по длине примерно равный пробирке. Другая пробка служит для закрывания пробирки по окончании опыта.

Опыт. Производить спыт 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.

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 (см. I, стр. 248). Пробка на трубке должна быть сдвинута к каучуку.

Пустить 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 уклоном в сторону пробки (рис. 272).

к обожженному месту сейчас же был приложен компресс из ляписа. На общем состоянии здоровья ожог не отразился, но при лечении была, видимо, сделана какая-то ошибка. Рука бинтовалась с согнутыми пальцами и образовавшаяся под струпом новая кожа не позволяла пострадавшему совсем разогнуть пальцы.

В другом случае (в 1924 г.) очень серьезный ожог обеих рук окончился вполне благополучно без каких-либо последствий. После ожога сейчас же было применено смачивание раствором перманганата. Дальнейшее лечение в больнице производилось по новейшему способу — краской метилвиолет. Обожженные места смазывались вазелином с метилвиолетом.

При бинтовании очень важно, чтобы обожженные участки кожи были растянуты. Если, например, обожженную ладонь руки при бинтовании не расправлять, а бинтовать в согнутом состоянии, то новая кожа на обожженном месте вырастает короче, чем нормальной, и руку потом нельзя бывает разогнуть (как было в первом из описанных случаев).

Прогрев 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. Сле-

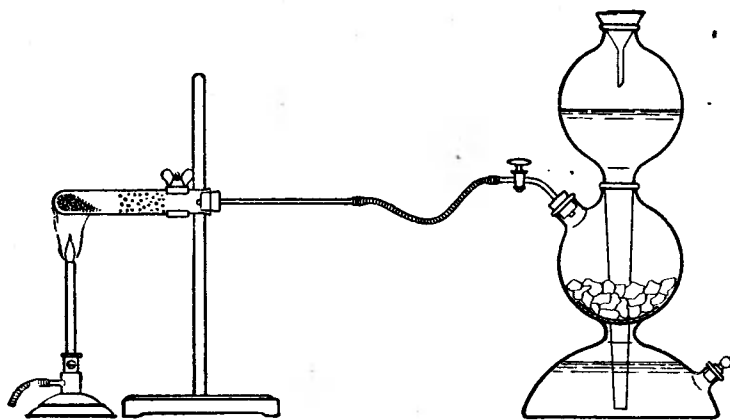


Рис. 272. Получение белого фосфора из красного.

дует 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 марганцовокалиевой соли (см. стр. 360) 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 марганцовокалиевой соли.

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 и применить его для опыта.

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. I, стр. 35).

○ 2. Для получения небольших количеств белого фосфора, за неимением в лаборатории красного фосфора, рекомендуем пользоваться спичечными коробками, которые имеются повсеместно. Воспламеняющие поверхности (поверхности трения) спичечных коробок покрыты смесью веществ, состоящей обычно из 7 вес. частей железного колчедана, 3 вес. частей растертого в порошок стекла, 9 вес. частей красного фосфора и 1 вес. части клея (или из 8 вес. частей двуокиси марганца, 10 вес. частей красного фосфора и 5 вес. частей клея). При нагревании этой смеси в пробирке, в атмосфере углекислого газа, красный фосфор переходит в пары, которые, охлаждаясь, оседают на холодных стенках пробирки в виде мелких капелек, последние сливаются постепенно вместе, и белый фосфор собирается на нижней стенке пробирки в небольшом количестве, вполне достаточном для демонстрации учащимся. Такие ненужные для целей опыта примеси веществ, как железный колчедан и порошок стекла или двуокись марганца остаются после опыта на дне пробирки в виде небольшого твердого остатка, а продукты сухой перегонки небольших количеств клея не снижают сильно качества демонстрации.

Таким образом, предлагаемый опыт позволяет преподавателям, даже в очень плохо оборудованных и снабженных реактивами школах, пользуясь общедоступными подручными материалами, не только рассказывать учащимся о свойствах белого фосфора, но и показывать их.

Опыт. Острым ножом или лезвием для безопасной бритвы аккуратно соскоблить на чистый лист бумаги смесь веществ с воспламеняющих поверхностей 2—3 спичечных коробок. Смесь поместить в пробирку прибора, изображенного на рис. 272 и, соблюдая все необходимые предосторожности, производить опыт так, как сказано выше (опыт I, стр. 361).

3. Физические свойства белого фосфора.

а) Мягкость и плавление белого фосфора.

○ 1. До урока отрезать и очистить от корки несколько кусочков белого фосфора (см. стр. 359—360) приблизительно в 1 см^3 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, $17\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}\text{ см}$), 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



Рис. 273. Остывание расплавленного фосфора в пробирке.

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.

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 рис. 273. Когда фосфор застынет, его легко можно будет вынуть из пробирки.

● 2. Для лабораторных опытов можно заготовить кусочки белого фосфора с горошину величиной в ступочках с водой, если предполагается дать учащимся резать фосфор, и кусочки — со спичечную головку в пробирках с водой, если резать не предполагается. Перед опытами необходимо *подробно остановиться на ядовитости и огнеопасности фосфора* и на необходимых предосторожностях.

Опыт. Нагреть в стаканчике воду до кипения. Погасить горелку, разрезать выданный кусочек фосфора *под водой* пополам (**нож**). Вынуть половину пинцетом и поместить ее в пробирку, в которую до половины налита вода. Погрузить пробирку в стакан с горячей водой и наблюдать плавление фосфора. Если есть термометр, то опустить его в пробирку с фосфором.

Перенести пробирку в стакан с холодной водой и наблюдать за твердением фосфора. Оба кусочка фосфора сохранить (*под водой*) для следующих работ.

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 удается). 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, плавая 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

Опыт. 1. Простейшая постановка опыта состоит в том, что **кусочек белого фосфора** (см. стр. 357) помещается (**пинцет**) в **железную чашку**. Рядом с чашкой должна находиться вода, чтобы сейчас же залил фосфор, если он начнет загораться. Явление хорошо заметно только на более или менее близком расстоянии. Поэтому лучше всего предложить учащимся продефилировать мило лекционного стола. 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. 359), поместить в **пробирку** ($12\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}\text{ см}$) и сейчас же прибавить кусочков **стеариновой свечи** до половины пробирки. Заткнув 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 благодаря затыкающей отверстию пробирки вате доступ кислорода затруднен (см. стр. 367). Расплавленный стеарин следует взбалтывать до тех пор, пока весь фосфор не разойдется, после чего дать стеарину застыть. Для того чтобы вынуть полученный цилиндр, пробирку придется разбить. Растворенный в стеарине фосфор сам собою не загорается, и потому обращение с ним не требует особых предосторожностей. Не следует только брать его непосредственно руками. Сохранять полученный цилиндр следует в закрытом сосуде.

Обернув конец цилиндрика бумагой, взять его в руки и чертить или писать им по укреплённой 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. 91), соблюдая все необходимые предосторожности.

Писать можно клочком ваты, привязанным к длинной лучинке. Иметь наготове воду, песок и противоядие (см. выше стр. 360). Вату после опыта сжечь.

○ 4. Если нет возможности сделать затемнение в классе, свечение белого фосфора можно показать, воспользовавшись приспособлением, изображенным на рис. 274.

Деревянный плотный ящик окрашивается внутри черной краской (голландская сажа с политурой). К верхнему краю ящика (рис. 274) прибивается кусок темной материи, плотно занавешивающей ящик. В противоположной стенке делается отверстие *a*. В верхней стенке ящика делается отверстие *b*, в которое вставляется пробка с проволокой. На конце проволоки укрепляется способом, указанным выше (стр. 363), 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.

От времени до 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.

○ 5. Для демонстрации свечения белый фосфор можно получить из смеси веществ, покрывающей воспламеняющую поверхность спичечной коробки (стр. 363, 2, опыт 2).

Опыт. При помощи острого ножа или лезвия для безопасной бритвы снять смесь веществ со спичечной коробки и поместить в сухую пробирку. Присоединить пробирку к аппарату Киппа или к другому прибору для получения углекислого газа, как указано на стр. 362 (рис. 272). Нагревать пробирку в пламени спиртовой лампочки, не прекращая притока углекислого газа.

Красный фосфор, содержащийся в смеси веществ, при нагревании в атмосфере углекислого газа, переходит в пары, которые, охлаждаясь, оседают на холодных стенках пробирки в виде мелких капелек белого фосфора.

Когда можно будет думать, что весь красный фосфор из смеси

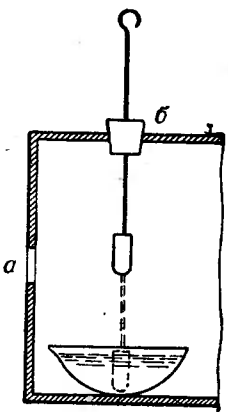


Рис. 274. Ящик для наблюдения свечения фосфора в темноте.

веществ испарился и осел на холодных стенках пробирки в виде белого фосфора, прекратить нагревание. После этого, держа пробирку вертикально, закрыть кран аппарата Киппа, осторожно вынуть пробку с газоотводной трубкой и закрыть пробирку заранее приготовленной пробкой.

Если в помещении нет затемнения, при помощи нитки привязать пробирку за рант к проволоке ящика, изображенного на рис. 274, и через отверстие *a* наблюдать свечение полученного фосфора и его паров (А. Н. Коковин). Пробирку время от времени полезно слегка нагревать.

4. Переход белого фосфора в красный и красного в белый.

а) Превращение белого фосфора в красный.

Опыт обыкновенно производится в запаянной трубке, но так как подготовка его представляет некоторую трудность, то я остановлюсь только на нижеследующих упрощенных опытах, при которых хотя и нельзя быстро перевести весь взятый белый фосфор в красный, но покраснение белого фосфора наблюдается вполне ясно.

○● 1. Опыт производится в обыкновенной пробирке, заткнутой плотным комком ваты. Помещенный в пробирку фосфор быстро поглощает весь кислород содержащегося там воздуха. При этом образуется некоторое количество фосфорного ангидрида P_2O_5 (дыма), который опыту несколько не мешает. Дальнейшего же окисления фосфора во время опыта почти не наблюдается. Благодаря тому, что отверстие пробирки заткнуто ватой, в пробирке происходит лишь самая ничтожная циркуляция воздуха.

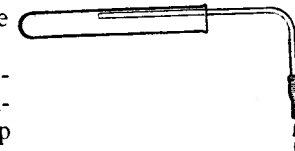


Рис. 275. Выжигание остатков фосфора в пробирке.

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 (для лабораторного опыта — со спичечную головку), тщательно высушенные (*предосторожности!* см. стр. 359—360). Сейчас же заткнуть пробирку плотным комком ваты и поставить под нее горелку с маленьким пламенем, конец которого должен отстоять от дна пробирки на 5—10 см. Урегулировать 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. 275),

к которой присоединить резиновый баллон (см. I, стр. 114), и затем ввести *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 иода** (Jodum).

2. Опыт производится в атмосфере углекислого газа в том же **приборчике**, в котором производился опыт получения белого фосфора (стр. 362).

Опыт. В сухую пробирку, укрепленную на штативе вертикально, поместить кусочек высушенного (*предосторожности!* см. стр. 357—360) **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 кучу.

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. 361).

Дальше поступать так же, как при вышеописанном опыте.

б) Превращение красного фосфора в белый.

○● В условиях школьного преподавания опыт можно проделать 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** (см. стр. 357) **красного фосфора**. Заткнуть 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. 361—363).

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 самой 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 в 1 мм или немного тоньше.

Пластинку укрепить, как на рис. 276.

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!* стр. 357) 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 удается, то нужно положить белый фосфор немного ближе

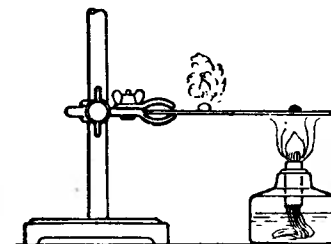


Рис. 276. Различия в температурах воспламенения белого и красного фосфора.

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. 91).

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 собою 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. Получение фосфористого кальция.

Если фосфористого кальция нет в лаборатории, то его можно приготовить (С. Ф. Силин).

Как известно, свободный фосфор чрезвычайно активен и легко соединяется со многими металлами, образуя фосфористые металлы, или фосфида. В частности фосфор соединяется с металлом кальцием, взятым в виде мелких стружек. Реакция соединения кальция с белым фосфором протекает слишком бурно, более спокойно эта реакция идет с красным фосфором. Опыт получения фосфористого кальция производится (*обязательно под тягой!*) следующим образом.

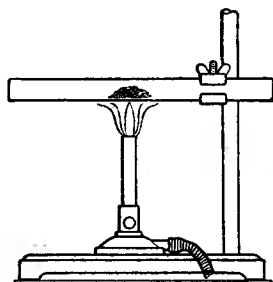


Рис. 277. Получение фосфористого кальция.

Опыт. Приготовить смесь 1 г мелких стружек металлического кальция с 0,5 г красного фосфора. Смесь поместить в середину стеклянной трубки длиной около 10 см и диаметром 0,5 см. Трубку укрепить в зажиме штатива одним из ее концов (рис. 277). Среднюю часть трубки прогреть в пламени горелки. Происходит вспышка, и образуется фосфористый кальций Ca_3P_2 . Стеклянная трубка часто дает трещины, но это не влияет на результат опыта. Дать

трубке остыть. Охлажденную трубку поместить в фарфоровую ступку, осторожно разбить трубку пестиком и удалить осколки стекла. Содержимое трубки, фосфористый кальций, вместе с остатками стекла бросить в бокал с раствором соляной кислоты и наблюдать самовоспламенение фосфористого водорода (см. выше).

8. 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. 49 и 316). На стр. 54 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 при помощи роговой ложки и оставить на ней 2—3 минуты. 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 метафосфорносеребряной соли 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 продажным препаратом (acidum phosphoricum glaciale). Хранить ее нужно в склянке с заливкой парафином пробкой (см. I, стр. 224). 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.

Нагревать 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 лакмусную бумажку и приливать понемногу аммиак, помешивая стеклянной палочкой, пока бумажка не посинеет. Приливать аммиак можно довольно смело, так как небольшой избыток его не вредит дальнейшей реакции с азотосеребряной 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 ортофосфорносеребряной соли Ag_3PO_4 .

Раствор, как сказано, может содержать небольшой избыток аммиака, но не должен заключать свободной кислоты, так как в последнем случае получается белый осадок серносеребряной соли Ag_2SO_4 .

г) Соли ортофосфорной кислоты.

○ ● 1. Образование нормальной и кислой ортофосфорнокальциевых солей 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% раствор ортофосфорной кислоты H_3PO_4 (acidum phosphoricum), все время взбалтывая стеклянной палочкой или лучинкой. Сзади поставить черный фон.

Сначала наблюдается образование муты нерастворимого трехкальциевого фосфата $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

При дальнейшем прибавлении фосфорной кислоты муть пропадает вследствие образования растворимого однокальциевого фосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$:

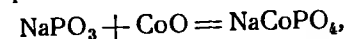


○ 2. Образование двойных ортофосфорных солей при реакции между метафосфорными солями и окислами металлов можно показать на примерах реакций с окислами кобальта и хрома, дающих цветные соли в виде стекол.

Вместо готовой соли метафосфорной кислоты можно воспользоваться двойной кислотой аммониевонатриевой солью ортофосфорной кислоты — $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$ (natrioammonium phosphoricum), которая при нагревании дает метасоль:



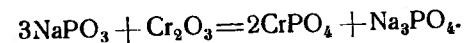
При сплавлении метасоли с окислами металлов получается двойная соль ортофосфорной кислоты, например:



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 книзу 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 яркосинего 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 яркозеленым:



Соединения и кобальта и хрома следует прибавлять в очень небольшом количестве, так как иначе стекла получатся слишком темные.

Нагревание требуется очень сильное, и с обыкновенной спиртовой лампочкой опыт производить нельзя.

9. Возгонка и горение мышьяка.

Продажный мегаллический 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 заткнуть 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. Закрывать 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 негнотой 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. В виду *сильной ядовитости* мышьяка и его соединений опыт можно производить, конечно, *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*).

10. 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 (см. книгу Egli-Rüst, цитированную выше, т. I, стр. 466).

На рис. 278 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 на каучуке оттянутый наконечник из легкоплавкой трубки. Оттянутый конец должен быть достаточно толстостенным, чтобы не мог заплываться во время опыта. В крайнем случае можно и всю

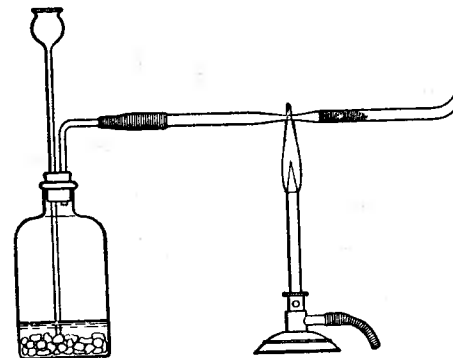


Рис. 278. Разложение мышьяковистого водорода.

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.

Осушать водород при лекционном опыте нет надобности. В банку поместить достаточное количество *зерненого цинка* (см. I, стр. 378).

Опыт. Поместить прибор *под тягу* и прилить в банку *серной кислоты* 1:5, к которой, если нужно, предварительно должно быть прибавлено несколько капель раствора хлорной платины $PtCl_4$ или медного купороса $CuSO_4$ (см. I, стр. 464). *Испытать* выходящий из отверстия трубки водород при помощи *пробирки* (см. I, стр. 466) и, если весь воздух вытеснен, зажечь водород (*правила!* См. I, стр. 36 и 476). Прилить в банку немного раствора *мышьяковистой кислоты* H_3AsO_3 (см. выше). Пламя водорода вскоре же делается беловатым, и вверх подымается 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“ $3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot \text{Cu}(\text{H}_3\text{C}_6\text{O}_5)_2$ (укусно-мышьяковистомедная соль), 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 собою 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.

II. Свойства сурьмы.

а) Хрупкость сурьмы.

○ ● **Опыт.** Кусок сурьмы (*antimonium regulinum*) 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. 279). 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.

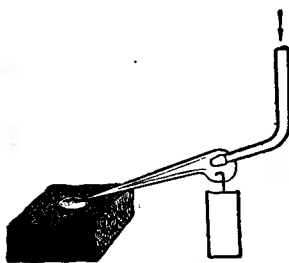


Рис. 279. Плавление сурьмы на угле.

Кроме плавления сурьмы на угле, можно еще показать плавление ее в тугоплавкой пробирке. Сурьма в противоположность мышьяку не возгорается. Для плавления сурьмы в пробирке спиртовая лампочка не пригодна.

12. 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 при помощи прибора, состоящего из стакана с раствором сернонатриевой соли Na_2SO_4 (*sodium sulfuricum*), в который опущены два укрепленных в куске картона электрода: анод — угольный стержень и катод — палочка сурьмы, вставленная на резиновой пробке в кусок широкой трубки, как показано на рис. 280.

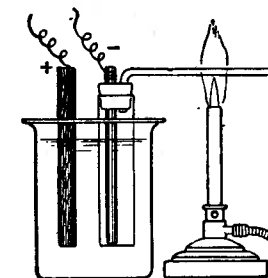


Рис. 280. Электролитическое получение сурьмянистого водорода (1).

Палочка сурьмы диаметром 5—6 мм готовится выливанием расплавленной сурьмы (*stibium*) в стеклянную трубку, помещенную 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. 280).

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 соединяется 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 сшитый из холста мешочек, наполненный трехокисью сурьмы Sb_2O_3 (*stibium oxydatum* или *acidum stibiosum*), как показано на рис. 281.

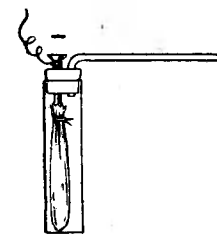


Рис. 281. Электролитическое получение сурьмянистого водорода (2).

XV. УГЛЕРОД.

1. Сухая перегонка дерева.

○ 1. Для лекционного опыта удобна тугоплавкая реторта на 300—500 мл. К реторте присоединяется при помощи каучука и

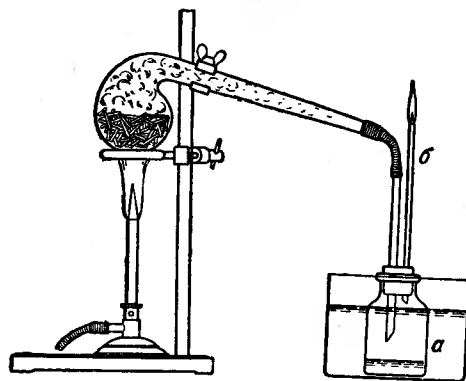


Рис. 282. Сухая перегонка дерева (1).

широкой стеклянной трубки небольшая банка *a* (рис. 282), заткнутая 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 *b* не должна быть очень тонкая (диам. 6—7 мм). Ее не следует оттягивать. Если выходное отверстие

слишком узкое, струя выходящего газа получается слишком сильная, и зажженный газ легко потухает.

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 на большой горелке 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 вытряхнуть 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 лакмусной 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 рис. 283.

Опыт. Собрать прибор, как на рис. 283. 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.

Дать пробирке остыть и разобрать прибор.

Что собралось в баночке? (Обратить внимание учащихся на неоднородность жидкости и на запах дегтя.)

Испытать жидкость в баночке синей лакмусной бумажкой. Результат? (Разъяснить, что бумажка краснеет вследствие образования при сухой перегонке дерева уксусной кислоты.)

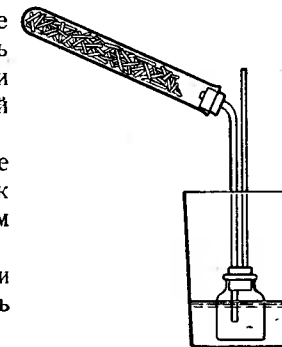


Рис. 283. Сухая перегонка дерева (2).

Высыпать из пробирки уголь. Обратит 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 рис. 284. Продукты сухой перегонки собираются у пробки в той же пробирке, в которой ведется сухая перегонка. Трубочку не следует оттягивать на конце.

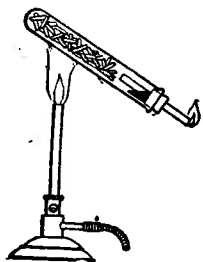


Рис. 284. Сухая перегонка дерева (3).

Опыт. Заполнить пробирку на $\frac{2}{3}$ сухими лучинками.

Вставить пробку с трубкой, как на рис. 284. 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, поджечь 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 удается, 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.

● 4. При недостаточном запасе пробок и стеклянных трубок лабораторный опыт сухой перегонки дерева можно производить в открытой пробирке (А. Н. Коковин).

Опыт. Наломать лучинок длиной 5—6 см, собрать их в пучок и вставить в отверстие сухой неширокой пробирки. При помощи карандаша или стеклянной палочки протолкнуть лучинки до дна пробирки. Укрепить пробирку с лучинками в зажиме штатива с наклоном в сторону отверстия, как показано на рис. 285. Поставить под отверстие пробирки чистый стакан, фарфоровую чашку или блюдечко.

Нагревать пробирку с лучинками на спиртовой лампочке, начиная с

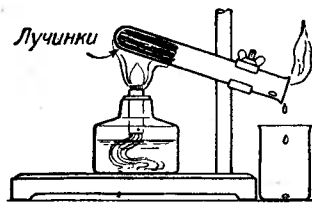


Рис. 285. Сухая перегонка дерева (4).

доньшка. Зажечь газ, выходящий из отверстия пробирки и, не прекращая нагревания, наблюдать его горение. Газ горит спокойно большим пламенем, которое не гаснет („не заплывывается“), что иногда случается при вышеописанном опыте.

Жидкие продукты сухой перегонки дерева каплями стекают в подставленный стакан, фарфоровую чашку или блюдечко.

Продолжать нагревание пробирки до тех пор, пока все лучинки не обуглятся и выделение газа не прекратится.

Когда процесс сухой перегонки закончится, показать учащимся полученные продукты: уголь, деготь и водянистую жидкость.

Испытать полученные вещества, как указано выше (опыт 2).

В вышеописанных опытах сухой перегонки дерева, при недостаточном запасе пробирок, последние можно заменять *выстреленными латунными гильзами* для охотничьего ружья 20—24 калибра.

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 мелкоистолченного 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 над ртутью (см. I, стр. 270): в одну — хлористый водород HCl (стр. 204), в другую — аммиак NH₃ (стр. 325). Обе трубки могут быть помещены в одной ванне (см. I, стр. 270) 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 смнести при помощи щипцов в пламя горелки и накаливать 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, впустив 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 рис. 286 и 287 (по Харину и Гардусу, с небольшим упрощением). Рис. 286 показывает применение прибора для опыта с газом тяжелее воздуха (HCl), рис. 287 — для газа легче воздуха (NH_3).

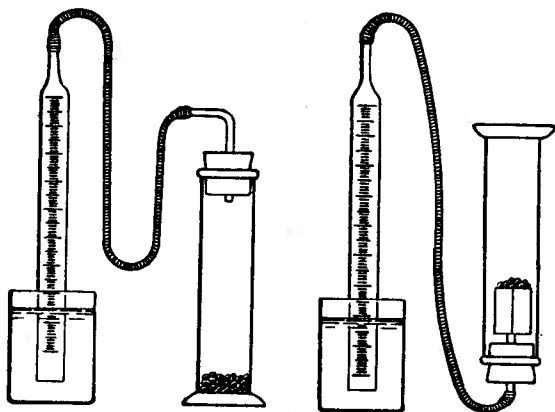


Рис. 286. Поглощение газов углем (1).

Рис. 287. Поглощение газов углем (2).

Опыт. Газ тяжелее воздуха собрать (вытеснение воздуха) в обычный цилиндр для собирания газов и закрыть стеклом (это можно сделать до урока). Снять стекло, быстро всыпать в цилиндр ложку прокаленного угля и сейчас же закрыть цилиндр хорошо подогнанной пробкой (лучше каучуковой), в которую вставлена трубка, соединенная каучуком 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, заткнуть 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 азотносвинцовой соли $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (стр. 353).

○ 4. Для иллюстрации действия противозага можно воспользоваться прибором, изображенным на рис. 288.

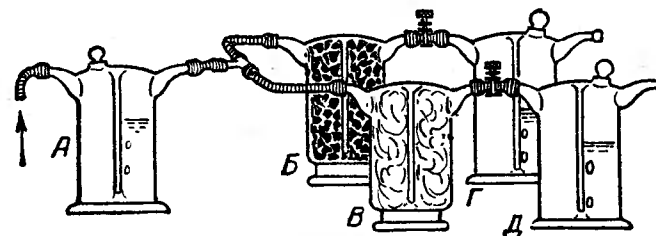


Рис. 288. Иллюстрация действия противозага (1).

В склянку Тищенко А (см. I, стр. 253—256) наливается хлорная вода, в склянки Г и Д — раствор крахмала (стр. 237) с раствором иодистого калия KI .

В склянку Тищенко для сухих веществ В 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.

Опыт. Продувать или просасывать при помощи водоструйного насоса или аспиратора воздух через всю систему. Сразу же отчет-

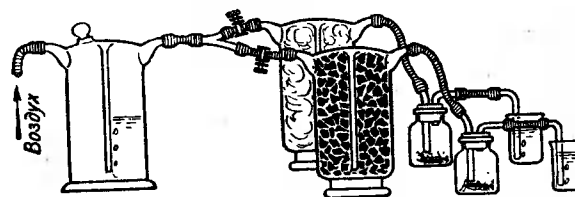


Рис. 289. Иллюстрация действия противозага (2).

ливо 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 каучуках.

При продолжительном пропускании воздуха или при быстром его токе хлор начинает через некоторое время „проскакивать“ через склянку В и жидкость в склянке Г синее.

Ясно, что склянки *А*, *Г* и *Д* могут быть заменены иными промывными склянками (см. I, стр. 251—253); склянки *Б* и *В* — колонками (см. I, стр. 255) или широкими трубками, закрытыми с концов пробками с трубками.

Склянки с раствором иодистого калия и крахмала можно заменить баночками, в которые поместить по таракану, как на рис. 289, или по мухе.

Скорость тока воздуха, содержащего хлор, регулируется при помощи зажимов. Следить за скоростью тока воздуха 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.

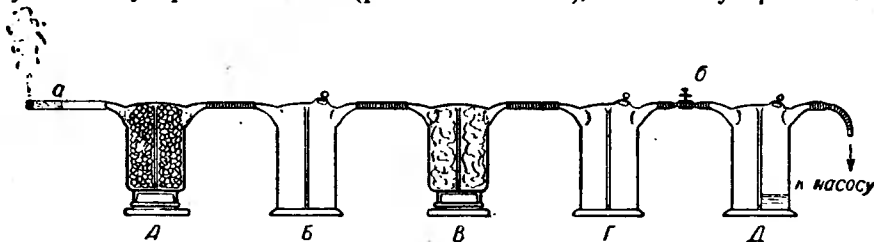


Рис. 290. Иллюстрация действия противогаса (3).

Для опыта можно воспользоваться пятью склянками Тищенко (см. I, стр. 253—256), как показано на рис. 290. 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.

Каучук *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 каучука стеклянная трубочка подходящего диаметра или мундштук.

Опыт. Пустить в действие насос или аспиратор и установить небьющий 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 прибором следует поместить **черный фои**. Вместо насоса или аспиратора можно воспользоваться каучуковой грушей (см. I, стр. 114), присоединив ее к последней склянке задним концом на широком каучуке. Таким образом она будет высасывать 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.

в) Адсорбция углем растворенных веществ.

1. ○ ● **Опыт.** В стакан со слабым раствором индиго (см. I, стр. 377) 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 (*carbo ligni pulvis subtilis*) и, хорошо взболтав стеклянной палочкой, профильтровать через слоеный фильтр (см. I, стр. 345) 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 (Харин и Гардус) нужна широкая стеклянная трубка диаметром 3—4 см и длиной 40—50 см, снабженная пробкой со вставленной в нее короткой трубкой, на которую надет каучук с зажимом (рис. 291). 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.

○ ● Для опыта требуется **окись свинца** PbO (plumbum oxidatum), **сажа** (не уголь!) и **сернистонатриевая соль** Na_2SO_3 в порошке (natrium sulfurosum siccum), которая играет роль плавня.

Отвесить 40 г окиси свинца, 1 г сажи и 5 г сернистонатриевой соли в отдельных стаканчиках.



Рис. 291. Адсорбционный фильтр.

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 сернистонатриевой соли, можно обойтись и без нее, но нагревать придется дольше.

д) Восстановление окиси меди углем.

○ ● Опыт имеет цель показать, что при восстановлении окислов металлов углем получается углекислый газ CO_2 .

Окись меди CuO удобнее всего взять в виде кусочков (сиргит *oxydatum totum pro analysi*). Немного окиси меди поместить

в пробирку размером $12,5 \times 1,5$ см и прибавить столько угольного порошка (*carbo ligni pulvis subtilis*), чтобы все кусочки были прикрыты и соприкасались с углем. Для лучшего распределения кусочков окиси меди, которая при встряхивании вся собирается на дно сосуда, пробирку со смесью, держа ее наклонно, несколько раз повернуть около оси, слегка ударя по стенкам пробирки пальцем.

Вставить в пробирку пробку с газоотводной стеклянной трубкой, изогнутой таким образом, чтобы конец ее можно было погрузить в бокал или стакан. Пробирка должна быть укреплена в

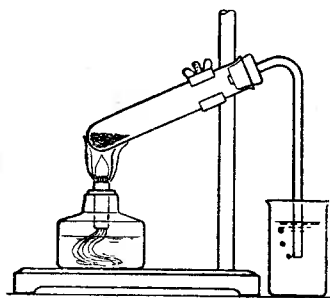


Рис. 292. Восстановление окиси меди углем.

зажиме штатива наклонно (рис. 292).

Опыт. Налить в бокал или стакан концентрированного раствора извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (см. I, стр. 377) и, осторожно прогреть пробирку со смесью окиси меди с углем, подставить под нее сильную горелку. Известковая вода скоро начинает мутнеть. Через некоторое время, когда выделение пузырьков углекислого газа почти прекратится, отставить горелку и сейчас же поднять штатив с пробиркой, чтобы вынуть конец газоотводной трубки из бокала или стакана с известковой водой. Дать пробирке остыть настолько, чтобы ее можно было держать в руке, и только тогда вынуть пробку с газоотводной трубкой. Вытряхнуть содержимое пробирки в фарфоровую чашку или на блюдечко. Сдуть избыток угольного порошка или выбрать из него пинцетом кусочки окиси меди, которые с поверхности восстановились и имеют характерный цвет меди.

Если высыпать на фарфоровую чашку или блюдечко восстанов-

ленную медь, пока она еще горячая, то медь сейчас же снова окисляется кислородом воздуха.

Для успеха опыта требуется сильное нагревание.

Чтобы полученную восстановленную медь лучше очистить от угольной пыли, можно, отобрав кусочки в фарфоровую чашку или на блюдечко, слегка покатавать их по дну пальцами, сдувая в то же время угольный порошок.

Кусочки восстановленной меди не имеют яркого металлического блеска; они получаются более или менее матовые.

За неимением окиси меди кусочками, можно взять и порошок окиси меди, но тогда ясно обнаружить металлический блеск меди можно только растиранием полученной смеси меди с избытком угольного порошка и невосстановившейся окисью меди в фарфоровой ступке или шпателем на доске. Вещества лучше отвесить, чтобы не было избытка угольного порошка, и хорошо смешать в ступке пестиком. На 2 г окиси меди CuO следует взять 0,5 г угольного порошка.

Опыт можно произвести в обрезке железной трубы (водопроводной) диаметром 1,5—2 см и длиной 30—50 см, заткнув ее с обоих концов пробками, в одну из которых вставить газоотводную стеклянную трубку. Смесь окиси меди с порошком угля следует внести в железную трубку на согнутой в длину полоске толстой бумаги так, чтобы смесь находилась в середине трубки. Удобно, если железная трубка слегка изогнута. Тогда смесь окиси меди с порошком угля хорошо держится в вогнутом месте.

Нагревать железную трубку лучше всего на жаровне (см. I, стр. 150). Предложить учащимся написать равенства реакций.

3. Сухая перегонка каменного угля.

а) В стеклянной реторте.

○ Сухую перегонку каменного угля можно производить в таком же точно приборе, как и сухую перегонку дерева (см. стр. 378, рис. 282). Только реторту (тугоплавкую) можно взять поменьше—на 100—150 мл, так как каменный уголь ложится более плотным слоем, чем дерево.

Каменный уголь следует взять истолченный на мелкие кусочки 2—3 мм в диаметре и отсеянный от пыли. Для опыта требуется, конечно, жирный каменный уголь, не антрацит, который при сухой перегонке не дает светильного газа.

Выделяющийся светильный газ можно собрать в цилиндр или зажечь непосредственно у отверстия газоотводной трубки.

Жидкие продукты сухой перегонки каменного угля, перелив их в цилиндр или бокал, следует испытать лакмусом.

Подсолная вода, содержащая аммиак, окрашивает лакмус в синий цвет.

б) В пробирке.

● Для опыта желательно иметь **пробирку** из тугоплавкого стекла. К пробирке подобрать **пробку** и в пробку вставить прямой обрезок стеклянной **трубки**, длиной 8—10 см. Конец обрезка стеклянной трубки должен выставляться внутрь пробирки на 3—4 см. В пробирку насыпать до половины ее объема **каменного угля**, измельченного и отсеянного, как указано выше (см. опыт а).

Укрепить пробирку в зажиме **штатива** таким образом, чтобы дно было немного выше отверстия (рис. 284).

Опыт. Осторожно прогреть всю пробирку, начать сильно нагревать ее с запаянного конца. Когда из трубки начнет выходить дымок, зажечь его. У пробки скопляются жидкие продукты сухой перегонки каменного угля. По окончании опыта жидкие продукты сухой перегонки каменного угля перелить в **фарфоровую чашку** или в **пробирку** и испытать **лакмусом**.

Нельзя укреплять пробирку в зажиме штатива отверстием кверху, так как жидкие продукты будут стекать на горячие части пробирки и пробирка легко может лопнуть.

в) В железной трубке.

○ ● Для опыта взять кусок **железной** водопроводной или, лучше, **стальной** велосипедной **трубы** диаметром 2—3 см и длиной 25—40 см. Один конец железной или стальной трубки заткнуть **пробкой** или плотным комком смоченной водой **асбестовой ваты**. Поместить в железную трубку мелкие отсеянные кусочки **каменного угля**, вставить в открытый конец **пробку с газоотводной трубкой**, к которой присоединить **баночку**, как на рис. 283 (стр. 379). Вместо газоотводной трубки можно вставить **обрезок** стеклянной трубки, как сказано выше (см. опыт б).

Опыт. Нагреть середину железной или стальной трубки (на достаточном расстоянии от вставленных в концы трубки пробок) на сильной **горелке**, на **примусе** или, лучше, на **жаровне**. Когда из газоотводной трубки начнет выходить дымок или усилится прохождение газа через баночку, зажечь его. Жидкие продукты сухой перегонки каменного угля собрать и испытать **лакмусом**.

г) Упрощенная модель газового завода.

○ Для получения более или менее значительных количеств светильного газа удобнее всего для сухой перегонки каменного угля воспользоваться **ретортой** из **железной газовой трубы** (см. рис. 293, А). Один конец железной трубы должен быть заделан наглухо, другой — завинчен **железной пробкой**, в которую должна быть вделана тонкая **железная** или **медная** **трубочка** для выхода

газообразных продуктов сухой перегонки каменного угля. Такую железную реторту может сделать любой водопроводчик или слесарь.

Железная труба должна быть не очень толстостенная, с наружным диаметром около 4 см (1,5"), длиной 25—30 см. Железные винтовые пробки к газовым трубам можно купить готовые. На железную трубу навинчивается короткая **соединительная муфта**, а в муфту ввинчивается пробка. В пробке просверливается отверстие. Железную или медную тонкую трубку (диаметром 8—9 мм) можно вставить в пробку на нарезке или впасть медью. Эту трубку лучше сделать подлиннее (12—15 см), чтобы не нагревался сильно надетый на нее каучук.

В противоположный конец трубы можно впасть медью железный кружок или ввинтить и припаять железную пробку.

К тонкой железной или медной трубке присоединить **стеклянную газоотводную трубку**, которая вставлена в **пробку**, закры-

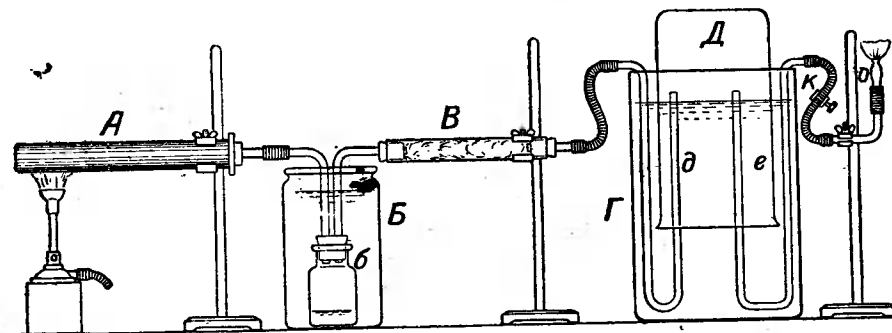


Рис. 293. Упрощенная действующая модель газового завода.

вающую **баночку б** (рис. 293) для собирания жидких продуктов сухой перегонки. Конец стеклянной газоотводной трубки должен опускаться внутрь баночки **б** на 2—3 см ниже пробки. В пробку, закрывающую баночку **б**, вставить вторую — **отводящую стеклянную трубку**, нижний конец которой чуть-чуть должен выходить из пробки, а верхний при помощи **пробки** соединить с **широкой стеклянной трубкой В**. Баночку **б** поставить в **большой стакан Б**, в который перед началом опыта налить холодной воды.

Широкая трубка **В**, диаметром около 2 см и длиной около 15 см, наполняется (не слишком туго) **гигроскопической ватой** и служит для улавливания мелких капелек жидких продуктов сухой перегонки, увлекаемых газом.

Для того чтобы показать присутствие в светильном газе сероводорода и познакомить учащихся с принципом химической очистки газа, широкую трубку **В** следует взять подлиннее и часть ее заполнить слегка смоченными водой **кристаллами уксусноцинковой**

соли $Pb(H_3C_2O_2)_2$ (plumbum aceticum rossicum), которая от сероводорода чернеет. Кристаллы уксусноцинковой соли не должны быть слишком мелкими, чтобы газ мог свободно проходить по трубке.

Широкую трубку *B* соединить при помощи **каучуковой трубки** с подводящей **стеклянной трубкой *d*** модели газгольдера, которая состоит из толстостенного, возможно большого, **стакана** или **стеклянной банки *Г*** и опрокинутого в него химического **стакана *Д***. Подводящую и отводящую **трубки *d* и *e***, чтобы их лучше было видно издали, удобно сделать из **свинцовой трубки**, употребляемой для защиты телефонного провода.

Газоподводящую и газоотводящую трубки *d* и *e* можно укрепить в **пробках**, приклеенных **менделеевской замазкой** к краям стакана *Г*. К трубке *e* присоединить при помощи **каучуковой трубки с винтовым зажимом *к*** **наконечник *о*** от газовой горелки „бабочка“. За неимением такого наконечника можно воспользоваться оттянутой **стеклянной трубкой**.

Каменный уголь следует разбить на мелкие кусочки 2—3 мм диаметром и отсеять их от пыли. Реторту *A* наполнить каменным углем приблизительно на $\frac{2}{3}$ ее объема.

Зажим штатива, в котором укреплен реторта *A*, должен быть без пробки. Для устойчивости штатива на его доску можно положить **груз**.

Опыт. Подставить под реторту *A* сильную **горелку**, а лучше, несколько горелок. Выделение газа начинается только через некоторое время, когда реторта хорошо прогреется.

Когда стакан *Д* поднимется на половину своей высоты, открыть зажим *к* и выпустить газ, не зажигая его. Так следует проделать несколько раз. Когда можно будет думать, принимая в соображение объем стакана *Д* и остальной части прибора, что весь воздух вытеснен, зажечь газ.

Можно предварительно испытать газ, собирая его в **пробирку**, как это делается при испытании водорода (см. I, стр. 36 и 467).

Закрывая и открывая полностью или частично зажим *к*, можно показать учащимся, каким образом газ в газгольдере, при различном потреблении, или накапливается на газовом заводе (ночью), или расходуется (днем).

По окончании опыта жидкие продукты сухой перегонки каменного угля из баночки *б* перелить в колбу или **стаканчик** и испытать **лакмусом**.

4. Сухая перегонка сланцев.

Горючие сланцы за последнее время широко используются в народном хозяйстве, а потому необходимо ознакомить учащихся с этим видом ископаемого горючего.

В Советском Союзе известны многочисленные мощные месторождения сланцев, главные из них находятся в Эстонской ССР, в

Ленинградской области, в Среднем Поволжье по водоразделу рек Волги и Свияги (в 30 км от гор. Ульяновска), в Нижнем Поволжье (район г. Сызрани), в Казахстане, в Башкирии, в Восточной Сибири и в других местах.

По количеству разведанных запасов горючих сланцев наша страна занимает одно из первых мест в мире.

Горючие сланцы образовались из живших в воде растительных и животных организмов, которые, умирая, падали на дно озер и морей, где, подвергаясь разложению без доступа воздуха, образовали сапропели, или гнилой ил. Из сапропелей, в результате дальнейшего процесса разложения, называемого битуминизацией, получились горючие сланцы.

Исходным материалом, из которого образовались сланцы, объясняется их состав, отличающийся от состава торфа и каменных углей.

Горючие сланцы имеют высокую зольность, достигающую до 60%, и большую влажность — около 20%; органическое вещество составляет незначительную часть.

Теплотворная способность воздушно-сухих сланцев значительно ниже теплотворной способности каменных углей — она колеблется от 2560 ккал/кг (волжские сланцы) до 3900 ккал/кг (прибалтийские сланцы).

Органическое вещество волжских сланцев имеет следующий процентный состав: 67,1% углерода, 7,1% водорода, 23,1% кислорода и 2,3% азота.

От состава минеральной части и от содержания органического вещества зависит окраска сланцев — от бежевой до темнубурой.

○ ● 1. **Опыт.** Показать учащимся имеющиеся в школе образцы горючих сланцев.

Кусок **горючего сланца** разбить **молотком** на **наковальне**. Взять **щипцами** или **пинцетом** тонкий с острыми краями кусочек сланца и внести в пламя **лучинки** или **спиртовой лампочки**. Сухой сланец легко загорается и горит как **факел** коптящим пламенем, распространяя характерный запах битумов.

Горючие сланцы используются как твердое топливо и сжигаются в топках фабрик, заводов, электростанций. Зола, остающаяся в топках после сжигания сланцев, расходуется для производства цемента, асфальта и других строительных материалов.

○ ● 2. **Опыт.** Кусок сухого горючего сланца разбить на мелкие кусочки по 2—3 мм диаметром и отсеять от пыли. Мелкими кусочками сланца наполнить **реторту** (рис. 282), **пробирку** (рис. 283, 284, 285) или **реторту из железной газовой трубы** (рис. 293) и производить нагревание так, как сказано в описаниях опытов сухой перегонки каменного угля.

Горючий газ можно собрать в **цилиндр**, испытать **горящей лучинкой** или **зажечь** у конца **газоотводной трубки** и наблюдать **горение**.

Показать учащимся твердые и жидкие продукты сухой перегонки горючего сланца и рассказать об использовании их в промышленности. Сланцевая смола идет на переработку для получения таких ценных продуктов как ихтиол, лаки и жидкое горючее.

Газ, получающийся при сухой перегонке горючих сланцев, содержит около 30% метана, много тяжелых углеводородов и до 5% сероводорода; он используется как ценное газообразное горючее в жилых домах и на заводах. В настоящее время строятся мощные сланцевые перегонные заводы, откуда по газопроводам газ поступает в города и на промышленные предприятия. Заводы в Кохтла-Ярве, выстроенные на базе месторождений горючих сланцев Эстонской ССР, по газопроводу длиной 203 км, снабжают газом ленинградские жилые дома, лаборатории, фабрики и заводы.

Переработка горючих сланцев в Советском Союзе является одним из многочисленных примеров рационального комплексного использования природного сырья, что возможно только в социалистическом государстве.

5. 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. I, стр. 372). 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. 46). 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.

Рис. 294. Горение ацетилена.

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 рис. 294. 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 ампер, 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 вольт при переменном токе и 40—50 вольт при постоянном. Если напряжение в цепи больше 40 вольт при переменном токе и 50 вольт при постоянном, то в цепь необходимо ввести сопротивление. Величину сопротивления нужно взять с таким расчетом, чтобы мог получиться ток в 25 ампер. При расчете можно принять среднее напряжение, нужное для дуги при переменном токе, — равное 35 вольтам и при постоянном — равное 45 вольтам.

Как производится расчет, ясно из следующего примера. Предположим, что имеется переменный ток с напряжением в 110 вольт. Падение потенциала в реостате должно быть, следовательно, $110 - 35 = 75$ вольт. По формуле Ома $R = \frac{E}{I}$ при силе тока $I = 25$ ампер, и при $E = 75$ вольт сопротивление R будет равно $\frac{75}{25} = 3$ ома.

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 ома. 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 рис. 295. 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, при-

ложив к ней предварительно зачищенный конец провода (шнура). Концы проволоки закручиваются плоскогубцами.

Если желательно, чтобы прибор имел более аккуратный вид (как на рис. 295), 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.

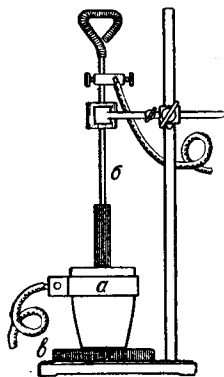


Рис. 295. Получение карбида кальция (1).

Пластика должна прилегать к тиглю *возможно плотно*. К этой пластинке присоединить провод. Тигель служит одним из электродов. Вторым электродом является уголь для дуговой лампы диаметром 1½—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 рис. 296, 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 сползала.

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. 295). Верхнюю часть стержня, чтобы его удобнее было передвигать, можно изогнуть, как на рис. 295, причем для изоляции следует надеть на него обрезок каучуковой 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 подальше от тигля, но на такой высоте, чтобы конец угля мог доходить до дна тигля.



Рис. 296. Прикрепление угля к проволоке.

В качестве материала для получения карбида кальция лучше всего взять смесь 1 вес. ч. угля с 3 вес. ч. мела CaCO_3 .

Древесный уголь для опыта мало пригоден, 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 вверх и всыпать в тигель 3—4 ложки смеси. 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 к дну тигля. Если не удастся отделить карбид щипцами, можно отковырнуть его задним концом напильника.

Карбид кальция разбить на кусочки при помощи молотка (на наковальне, на дне железной ступки и т. п.).

Несколько кусочков отложить для того, чтобы потом показать учащимся, а остальные поместить в пробирку с газоотводной трубкой (рис. 294) и, как указано на стр. 392, 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 хотябы темносинее 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. 297).

Опыт производится так же, как описано выше.

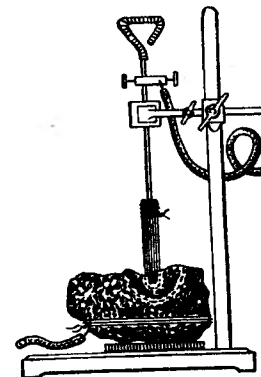


Рис. 297. Получение карбида кальция (2).

6. Получение ацетилена действием воды на продажный карбид кальция и опыты с ацетиленом.

Карбид кальция CaC_2 (calcium carbidum) продается обыкновенно в герметически закрытых жестянках.

Вскрываются жестянки при помощи отвертки и т. п. инструмента, конец которого просовывается под отогнутый край крышки. Вскрывать нужно не спеша, приподнимая крышку с разных сторон и стараясь ее не изогнуть. Тогда карбид кальция можно будет хранить 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. I, стр. 224). Стеклопробку следует смазать вазелиновой мазью (см. I, стр. 229).

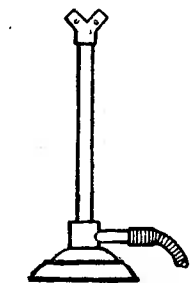


Рис. 298. Ацетиленовая горелка.

○ 1. Для получения ацетилена удобнее всего воспользоваться **колбочкой** на 250—300 мл с капельной воронкой (см. I, стр. 237, рис. 270, 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 чайных 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. I, стр. 256).

Для получения яркого некоптящего пламени ацетилена желательна особая горелка с сильным притоком воздуха (рис. 298), 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. 299 изображен в увеличенном виде).

Наконечник можно присоединить к стеклянной трубке на каучуке.

Опыт. Если есть тяга, то лучше расположить прибор *под тягой*, так как благодаря посторонним примесям ацетилен, получаемый действием воды на карбид кальция, имеет резкий, неприятный запах.

Пустить воду очень медленно, по каплям. Реакция идет весьма бурно.

Когда можно будет думать, что *весь воздух из прибора вытеснен*, испытать ацетилен в пробирке и проделать следующие опыты.

1) Собрать ацетилен в **цилиндр на пневматической ванне** и 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 **особой горелке** для ацетилена: 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.

5) Потушить горелку и, присоединив к каучуку **газоотводную трубку**, пропустить несколько пузырьков ацетилена через находящийся в бокале раствор небольшого количества **полухлористой меди** Cu_2Cl_2 (сиргит 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 азотосеребряной соли AgNO_3), отфильтровать, промыть и высушить на воздухе, прямо на фильтре, в таком месте, где никто не мог бы трогать это **взрывчатое вещество**.

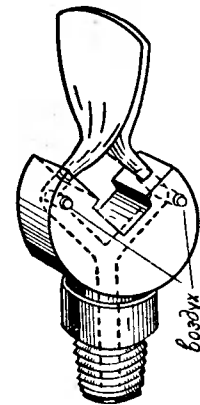


Рис. 299. Наконечник ацетиленовой горелки.

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 „касторовую скляночку“ (см. стр. 189).

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.

Вдуть в пламя ацетилена воздух паяльной трубкой и обратить внимание на различие в светимости пламени.

7. Получение болотного газа.

○ ● Болотный газ получается нагреванием смеси безводной уксусонатриевой соли $\text{Na}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (natrium aceticum purum fusum) с натронной известью (natrium oxudatum hydrisicum cum calce).

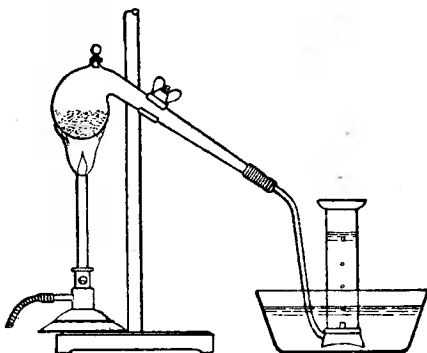


Рис. 300. Получение болотного газа.

Если имеется кристаллическая уксусонатриевая соль (natrium aceticum cryst.), то ее следует предварительно обезвожить. Для этого соль нагревается в фарфоровой чашке непосредственно 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 урегулировать таким образом, чтобы процесс шел не слишком бурно. Под конец требуется более сильное нагревание, но не следует нагревать слишком сильно, так как в таком случае может начаться разложение соли с выделением угля. Когда образование пузырьков почти прекратится, обезвоживание можно считать окончанным. Полученную при остывании массу следует измельчить и хранить в банке с залитой парафином пробкой.

Продажную безводную соль (fusum) также полезно предварительно проплавить, так как она обыкновенно содержит некоторое количество влаги.

● ○ На 1 вес. ч. безводной уксусонатриевой соли взять около 2 вес. ч. натронной извести, измельченной в порошок (можно воспользоваться остатками после отсеивания натронной извести, см. I, стр. 256). 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. 300). Реторту укрепить в зажиме штатива так, чтобы горло было направлено книзу. Для лабораторного опыта можно воспользоваться тугоплавкой или обыкновенной не тонкостенной пробиркой. Конец газоотводной трубки погрузить в пневматическую ванну или чашку с водой.

Опыт. Осторожно прогрев реторту, подставить под нее горелку. Когда можно будет думать, что весь воздух вытеснен, начать собирание газа 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 бу-

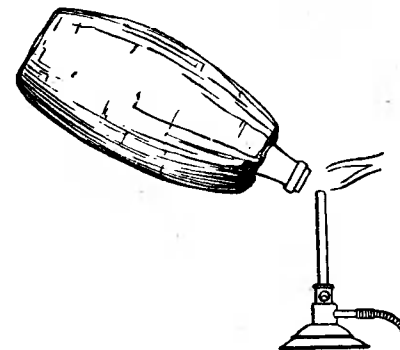


Рис. 301. Взрыв смеси болотного газа с воздухом.

тылку 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. 301). Происходит взрыв.

8. Получение углекислого газа действием кислот на соли угольной кислоты.

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 различными кислотами, происходит вскипание вследствие выделения углекислого газа.

Мрамор, предпочтительно белый, можно получать в магазинах учебных пособий. Его следует запастись несколько килограммов, так как он служит и для получения больших количеств углекислого газа (см. ниже).

Мрамор следует разбить молотком на куски в орех величины.

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 встречается почти повсюду. Его можно достать на постройке или в магазине учебных пособий. Известняк следует разбить, как и мрамор, на куски в орех величины.

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 четыре куса в отдельных бокалах (пробирках), 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 — уксусной кислоты $\text{H}(\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2)$ (30%). Во всех стаканах происходит вскипание. Обратит внимание, что там, где была прилита серная кислота, реакция быстро прекращается вследствие 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.

б) Получение углекислого газа.

○ ● Для получения углекислого газа удобнее всего воспользоваться 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. I, стр. 248—250), но можно воспользоваться и любым другим прибором, который во всяком случае должен быть достаточно велик, так как для большинства опытов с углекислым газом требуется сильная струя газа.

Сушить и промывать углекислый газ при школьных опытах нет надобности.

За неимением мрамора можно воспользоваться известняком. Если имеется только мел, то можно взять мел в порошке и серную кислоту 1:5. В последнем случае можно пользоваться только прибором с воронкой (см. I, стр. 236). Если приходится пользоваться содой Na_2CO_3 , то кислоту нужно приливать по каплям через воронку с краном.

Если имеется баллон с углекислым газом (см. I, стр. 277), то для нижеописанных опытов удобнее всего брать углекислый газ прямо из баллона.

9. Свойства углекислого газа.

а) Наполнение углекислым газом сосудов.

○ 1. Приготовить изогнутую, как на рис. 302, толстую проволоку или металлическую пластинку, подходящую к большому стакану или банке на 4—6 л. На каждую ступеньку полученной лестницы приклеить по небольшому кусочку елочной свечки.

Опыт. Зажечь свечки 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 свечки 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 „касторовой скляночки“ (стр. 189) и из любого пузырька, банки и т. п., заткнутого

пробкой с газоотводной трубкой (рис. 303). Для доливания кислоты во время опыта просто приоткрывается пробка. Небольшая примесь воздуха к углекислому газу не повредит, и смесь не представит, конечно, никакой опасности.

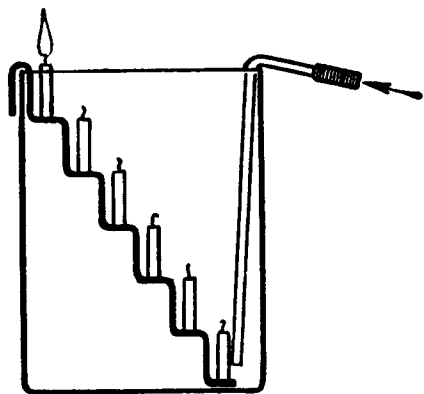


Рис. 302. Наполнение сосуда углекислым газом (1).

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 от времени до времени зажженную длинную, лучинку. Опускать нужно *быстро*, особенно если сосуд невелик,

Лесенку и т. п. приспособления можно для лабораторного урока и не делать. Учащиеся могут следить за наполнением

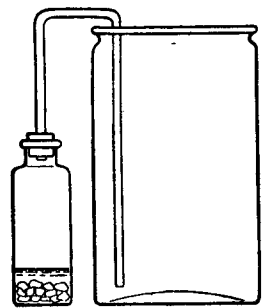


Рис. 303. Наполнение сосуда углекислым газом (2).

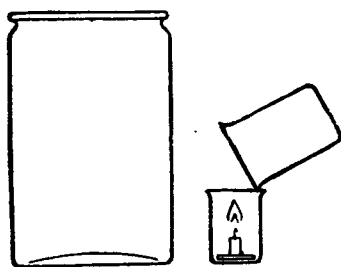


Рис. 304. Тушение горячей свечи углекислым газом.

так как при медленном опускании в сосуде образуется ток воздуха и часть углекислого газа уходит из сосуда.

С наполненным сосудом учащиеся проделывают нижеследующие опыты.

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. 304).

Опыт. Зажечь свечку в стакане при помощи лучинки. 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 прикоснулся к краю другого (рис. 304). После небольшого навыка опыт удастся наверняка.

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.

○ ● Для этого опыта можно воспользоваться теми же приборами, что и для предыдущего. Нужно только, чтобы **каучук**, присоединенный к аппарату для получения углекислого газа, был 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 рис. 305.

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.

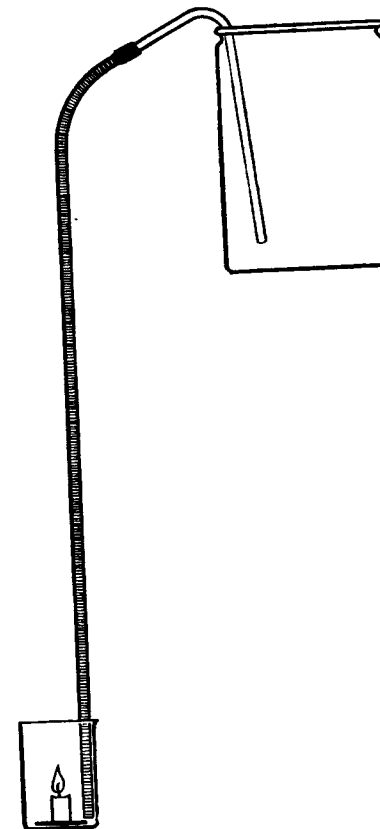


Рис. 305. Переливание углекислого газа сифоном.

Отделить каучук от прибора для получения углекислого газа и, зажав конец каучука пальцами, опустить его в стакан со свечкой. Поднять другой рукой сосуд с углекислым газом (рис. 305) и опустить каучук. Газ перетекает в стакан, и свечка гаснет.

Вместо опыта с сифоном можно показать опыт переливания углекислого газа по **наклонной плоскости**, для чего делается более или менее длинный **жолоб** 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 подалеже 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 края 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 сделать 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.** Наполнить углекислым газом склянку на 3—3½ *л*. Закрыть 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 ¼ 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 **колючком**, отрезанным от каучуковой 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 продемонстрировать 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. I, стр. 398)

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. I, стр. 375).

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, склянка для молока (см. I, стр. 158), 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 от времени до времени горячей лучинкой). Взять ленту за один конец щипцами, зажечь другой конец на горелке 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.

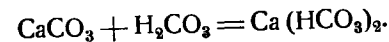
По окончании горения опустить в склянку почти до дна каучукую или стеклянную трубку и при помощи каучуковой груши или просто ртом выдуть из склянки белый дым жженной магнезии MgO. Для растворения магнезии, осевшей на дне и стенках склянки, влить в склянку немного соляной кислоты уд. в. 1,12, несколько 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.

Можно жидкость и не нагревать, а только взбалтывать некоторое время в той же склянке, но тогда растворение идет несколько дольше. Можно влить в склянку заранее нагретую (не сильно) кислоту. 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 полу-чающегося при реакции угля.

10. Соли угольной кислоты.

а) Получение средней и кислой углекальциевой соли пропусканием углекислого газа через известковую воду.

○ ● **Опыт.** В бокал или стакан налить разбавленной известковой воды $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (насыщенный раствор, см. I, стр. 377, равбавить равным объемом воды) и пропускать 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 муть CaCO_3 появляется снова.

К другой части раствора прилить известковой воды. Также образуется CaCO_3 и появляется муть.

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 полученная углекальциевая соль. В методическом отношении ценно показать, что и природная углекальциевая соль 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 бокалов 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.

При 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 взаимодействуют. Затем взять кусочек щипцами за край и нагревать в пламени паяльной горелки или лампы Бартелла, пока кусочек не накалится, хотя бы по краям, добела. Дав кусочку немного остыть, бросить его в сосуд с небольшим количеством чистой воды. Хорошо 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 рис. 306. Длина трубки с хлористым кальцием CaCl_2 около 10 см. Колбочка берется вместимостью 50—60 мл.

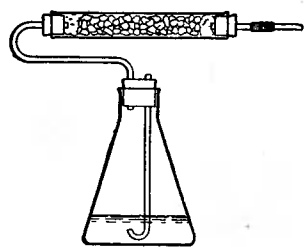


Рис. 306. Прибор для анализа мрамора.

Опыт. Составить прибор, как на рис. 306, и испытать, держит ли он. Для этого налить в колбочку немного воды, присоединить к хлоркальциевой трубке каучуковую смычку (рис. 306) 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 каучуковую смычку, 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 каучуковой смычки, открыть приборчик и осторожно спустить в него по стенке мрамор, после чего быстро закрыть приборчик.

Дождаться полного растворения мрамора и затем в течение 10—15 мин. при очень слабом подогревании продувать через прибор воздух при помощи каучуковой груши, 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 около 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 углекальциевой соли по формуле CaCO_3 . Сравнить полученные данные.

11. Получение окиси углерода.

а) Разложением муравьиной кислоты.

Опыт можно производить только под хорошей тягой. Если тяга плохая, то опыт может представить серьезную опасность отравления, так как окись углерода (в противоположность обывательскому представлению о „запахе угара“) 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. 307). Конец газоотводной трубки погрузить в пневматическую ванну или чашку с водой. Когда можно будет думать, что весь воздух вытеснен, собрать газ в цилиндр 25—30 см высотой.

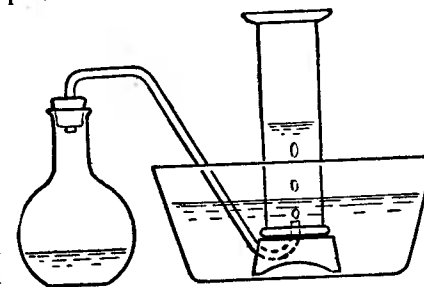


Рис. 307. Получение окиси углерода в лаборатории.

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. 308).

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.

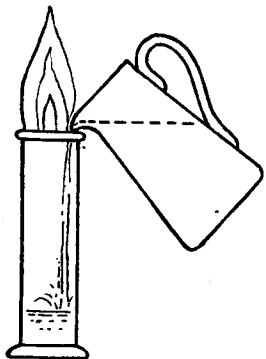


Рис. 308. Горение окиси углерода.

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 муравьинонатриевой солью NaHCO_2 (natrium formicisum), которая 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.

б) 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.

Чем сильнее накален уголь и чем больше слой накаленного угля, тем большее количество окиси углерода можно получить. Поэтому для нагревания трубки пользуются обыкновенно органической печью. В таком случае уголь можно поместить в обыкновенную железную водопроводную трубу или в фарфоровую трубку более или менее значительного диаметра. Но так как органическая печь имеется далеко не во всякой лаборатории, то я опишу только простейшую постановку опыта, при которой можно воспользоваться обыкновенными газовыми или бартелевскими горелками или жаровней.

Для опыта нужна железная трубка диаметром 1 см и длиной около 50 см. Толщина стенок трубки должна быть около 1 мм. Подобные трубки (стальные) употребляются при постройке и починке велосипедов.

Среднюю часть трубки наполнить истолченным и отсеянным от пыли свежим древесным углем (кусочки 1—3 мм в поперечнике). Если уголь несвежий, его полезно 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 асбестовой трубкой. Полоску картона следует смочить водой, затем срезать картоном. Полоску картона следует смочить водой, затем срезать картоном „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 затем залить отверстием

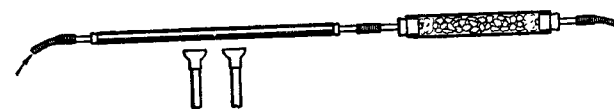


Рис. 309. Восстановление углекислого газа углем (1).

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 каучук, приводящий углекислый газ. В качестве прибора для получения углекислого газа можно воспользоваться или прибором Сен-Клер-Девилья (см. I, стр. 244), или Киппа (см. I, стр. 248), или же прибором с капельной воронкой (см. I, стр. 237, рис. 270, 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. 309) 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 (natrium oxydatum hydricum) следует взять измельченную (кусочки 2—3 мм в поперечнике) и просеянную (см. I, стр. 256). Натронная известь хорошо поглощает 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 приготовить **небольшой цилиндр** для собирания газов высотой 15—20 см.

Для **нагрева** 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. I, стр. 141) 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 воспользоваться и лампой Бартеля с большой горелкой и насадкой для плоского пламени. Еще лучше идет опыт на жаровне (рис. 310). Вообще достаточно

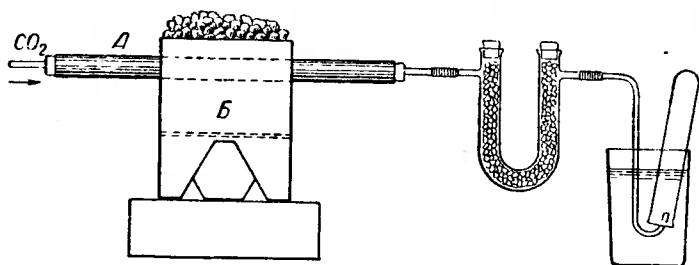


Рис. 310. Восстановление углекислого газа углем (2).

если трубка будет накалена до яркочерного каления на протяжении 8—10 см. С одной малой горелкой Теклу, хотя окись углерода и выделяется, 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. 178), 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 слабый ток углекислого газа. Когда можно будет думать, что весь воздух 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 (рис. 308). 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 струю 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.

в) Получение водяного газа.

○ 1. Для получения водяного газа можно воспользоваться такой же **стальной трубкой**, как для получения окиси углерода

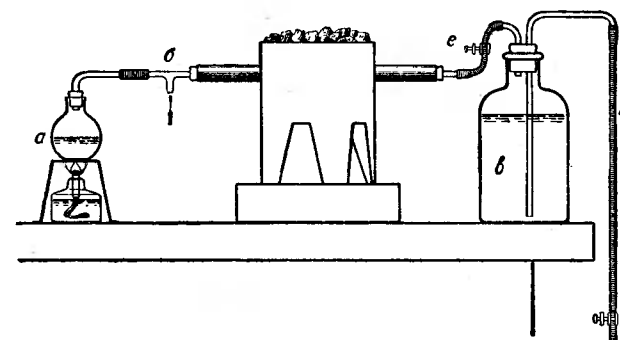


Рис. 311. Получение водяного газа в лаборатории (1).

(стр. 410). Трубка наполняется углем, как описано выше. Нагревание лучше всего вести на жаровне (рис. 311, см. также т. I, стр. 150), 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.

Газ собирается в **аспиратор в**. Аспиратор и каучуковая трубка г должны быть до начала опыта наполнены водой, зажим д — закрыт, а зажим е — открыт.

Прибор устанавливается *под тягой* (см. стр. 409).

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 *д*, 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 аспираторе 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 *д* и *е*, погасить горелку под колбочкой *а*, отделить аспиратор от прибора. К трубке *г*

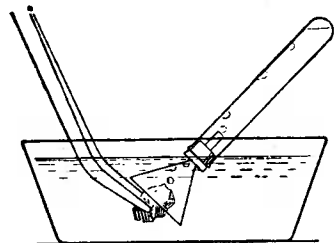


Рис. 312. Получение водяного газа в лаборатории (2).

присоединить большую воронку или обрезанную склянку. Вставить в каучук у зажима *е* изогнутую трубку. Укрепить воронку, присоединенную к трубке *г*, на некоторой высоте над склянкой в зажиме штатива. Наполнить воронку водой. Открыть зажим *д*. Поднести к отверстию отводной трубки зажженную спичку и открыть зажим *е*. Все время доливать в воронку воду.

Поддержать над пламенем водяного газа холодный стакан, чтобы показать, что при горении водорода образуется

что при горении водорода образуется 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. 312). В пробке, при помощи которой держится воронка, должен быть сделан прорез (рис. 312, 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, заткнуть пробирку под водой пальцем, вынуть и зажечь собранный газ, который горит едва заметным пламенем. Чтобы лучше видеть пламя, зажигать нужно отвернувшись от света.

12. Окись углерода как восстановитель.

○ 1. При очень хорошей тяге можно показать восстановление окисью углерода окиси меди, пропуская окись углерода, полу-

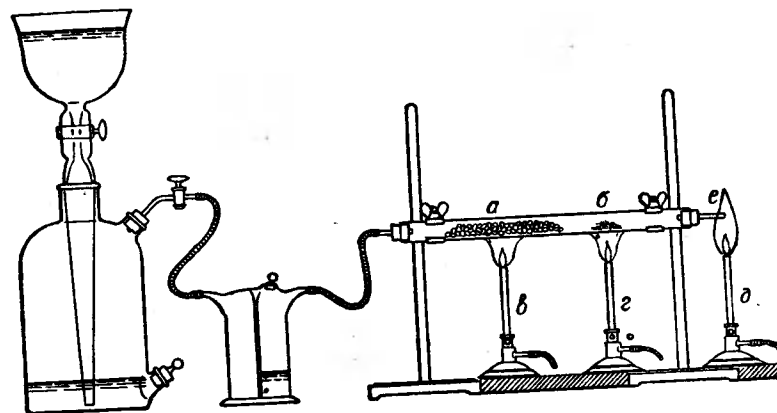


Рис. 313. Восстановление окиси меди окисью углерода (1).

чаемую действием серной кислоты на муравьиную кислоту (стр. 409), над помещенной в трубку нагретой окисью меди.

Опыт ставится в тех же условиях, что и опыт с восстановлением окиси меди водородом (стр. 25).

○ 2. При плохой тяге или при отсутствии тяги для опыта можно воспользоваться прибором, изображенным на рис. 313.

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 I, стр. 253 или иную) с небольшим количеством серной кислоты газометр с кислородом.

С другой стороны в пробку вставляется **отводная трубка e**, конец которой помещается в пламени горелки **d** (или лампочки) для сжигания образующейся окиси углерода.

Под трубку ставятся две сильные горелки **v** и **z** (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 **v** и затем сосредоточить сильное нагревание в части трубки ближе к газометру.

Прогреть окись меди горелкой **z** и поставить горелку под трубку. Зажечь горелку **d**.

Пусть сначала слабый ток кислорода, а затем, когда уголь загорится, урегулировать ток кислорода так, чтобы горение угля постепенно распространилось все дальше и дальше.

Постепенно передвигать горелку **v**.

Через некоторое время окись меди начинает превращаться в красную медь. Когда процесс закончится, загасить горелки **v** и **z** и продолжать пропускание кислорода, пока трубка не охладится и уголь не погаснет или не догорит.

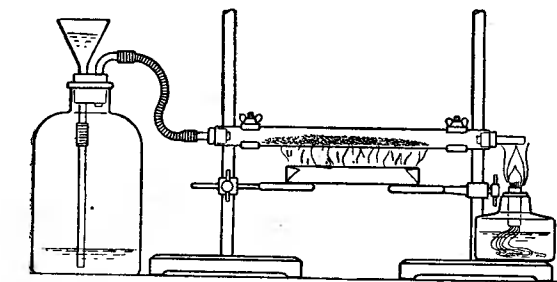


Рис. 314. Восстановление окиси меди окисью углерода (2).

После этого загасить горелку **d**. Вынуть пробку с трубкой **e** и при помощи загнутой крючком проволоки 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. I, стр. 109) или сделать из жести длинную коробочку (см. I, стр. 226), в которую положить вату и налить спирту (рис. 314). Окиси меди взять очень немного, на кончике ножа.

Газометр можно заменить бутылкой, наполненной кислородом и закрытой пробкой, в которую вставлена втулка и газоотводная трубка (рис. 314).

13. Строение пламени газовой горелки.

Для опытов лучше всего воспользоваться хорошей горелкой Теклу (см. I, стр. 140), но можно обойтись и любой газовой горелкой с регулицией 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 каучуковой грушей воздух, который и собирать в газометр. Можно также вместо газометра воспользоваться мехом или дующим водяным насосом (см. I, стр. 147). Подробности относительно карбурованного воздуха, а также о предосторожностях при работе с бензином см. т. I, стр. 120—129.

С карбурованным воздухом можно показать все нижеописанные опыты, за исключением опыта 14.

Может быть, излишне будет напомнить, что строение пламени ламп Бартеля совершенно иное, чем строение пламени газовой горелки (см. I, стр. 112, 121).

○ ● 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 кверху (рис. 315).

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.

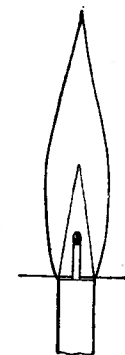


Рис. 315. Строение пламени газа (1).

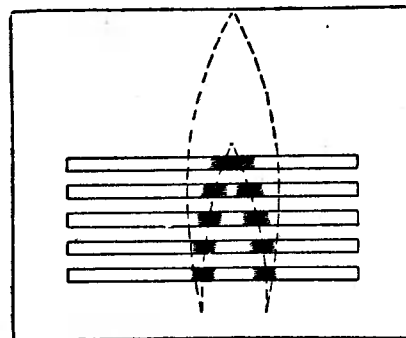


Рис. 316. Строение пламени газа (2).

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.

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 рис. 316.

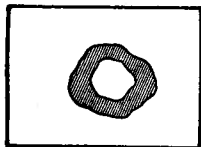


Рис. 317. Строение пламени газа (3).

● 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. 317).

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 белым клякспапиrom средней толщины, который употребляется для прессбюваров, нарезанным в полосы указанного выше размера. Возможно показать опыт и с фильтровальной или писчей бумагой.

Горелку для опыта следует взять обыкновенных 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 рис. 318 пунктиром. Держать бумагу в пламени нужно совершенно горизонтально, натянув за оба конца. При небольшом напыке 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.

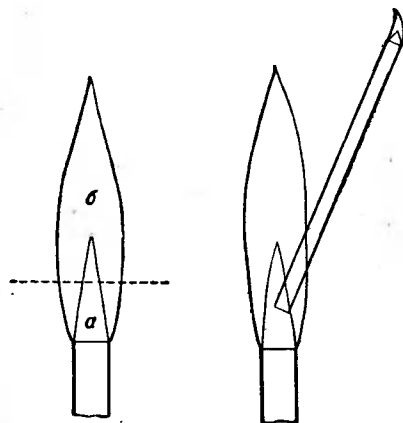


Рис. 318. Строение пламени газа (4).

Рис. 319. Строение пламени газа (5).

● 3. **Опыт.** В пламя горелки внести при помощи щипцов обрезок стеклянной трубки диам. 7—8 мм и длиной 10—15 см. Нижний конец трубки должен находиться во внутреннем конусе горелки (рис. 319). 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 накалено. Опыт показывает также распределение температуры в пламени горелки.

14. Обращенное пламя светильного газа.

○ Для того чтобы показать, что явление пламени наблюдается в месте соприкосновения двух реагирующих газов независимо от того, который из газов находится внутри пламени и который снаружи, можно воспользоваться прибором, изображенным на рис. 320. Прибор представляет собою прямой ламповый цилиндр, заткнутый с обоих концов пробками. 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*. Трубка *в* при помощи каучука соединяется с газовым краном. Кроме того, готовится еще тонкая оттянутая и изогнутая трубочка *г*, длинное и тонкое колено которой должно быть немного длиннее трубок *а* и *б*. Трубка *г* присоединяется при помощи каучука к другому газовому крану.

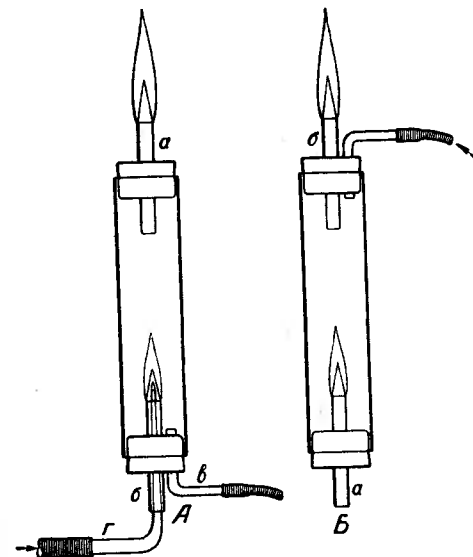


Рис. 320. Строение пламени газа (6).

Ламповое стекло укрепляется на штативе в таком положении, как на рис. 320, 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 входящим 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, окружающая 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.

Чтобы на уроке не приходилось регулировать приток газа, при подготовке опыта регулировку лучше всего производить не краном, а при помощи надетого на каучук винтового зажима, который оставить на каучуке.

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. 320, 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* — пламя светильного газа в воздухе, у трубки *а* — пламя воздуха в светильном газе (рис. 320, Б). Происходит как бы выворачивание каждого пламени.

Этот опыт можно повторить несколько раз подряд. Если при неосторожном переворачивании которое-нибудь пламя погаснет, — его снова можно зажечь посредством маленького пламени 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.

15. 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 стореда 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 при помощи стеклянной трубочки и зажечь. Трубочку нужно взять диаметром в 7 мм, не очень толстостенную и длиной 10 см.

Опыт. Зажечь свечу и, когда она разгорится, держа при помощи щипцов 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 рис. 321. Когда из отверстия трубочки покажется белый дымок, зажечь его.

Вместо того чтобы держать трубку щипцами, можно обернуть ее спирально 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 удается очень хорошо, пламя у конца трубочки получается достаточных размеров и не гаснет в течение долгого времени.

●● 2. Со свечой можно проделать и опыт внесения в пламя бумаги (см. стр. 418).

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 выделяется слой копоти. Если бумага надлежащей толщины и плотности, опыт удается очень хорошо.



Рис. 321.
Строение пламени свечи.

16. Строение пламени спиртовой лампы.

●● **Опыт.** 1. Зажечь обыкновенную спиртовую лампочку, установив фитиль на такой высоте, чтобы получилось не очень большое пламя (длиною около 10 см); фитиль полезно подрезать, чтобы он был ровный, не растрепанный. Прогреть в пламени (см. опыт 15,1) стеклянную трубочку длиной 10 см и диаметром 9 мм, держа ее щипцами. Установить трубочку наклонно, держа нижний конец ее внутри пламени, как в опытах с бунзеновской горелкой 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. 418 и 421). Бумагу следует держать на расстоянии 1—1½ 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. 418).

○● 4. Выдвинуть светильню лампочки и расправить ее возможно шире. В середину светильни вставить обломок спички длиной в 1—1½ 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. 322. Упрощенная горелка Бунзена из стеклянных трубок.

Обрезок широкой стеклянной трубки (диаметром 9 мм) длиной около 10 см укрепить вертикально в зажиме штатива. Под нею укрепить трубку, оттянутую в тонкий кончик. На трубку надеть кружок из пробки (рис. 322). Другой конец трубки соединен с газовым краном. Если при таком относительном расположении трубочек, как на рисунке, пустить газ и зажечь его у конца верхней трубки, то получается несветящееся пламя, как у бунзеновской горелки. Если же поднять нижнюю трубку, чтобы пробковый кружок закрыл доступ воздуха в верхнюю трубку, пламя делается светящимся.

Опыт можно проделывать с карбурированным воздухом (см. I, стр. 118, 127).

б) В светящемся пламени органического вещества находятся частички угля.

○● Опыт. Внести в светящееся пламя газа, бензина (лампа Бартеля) или свечи дно фарфоровой чашки или блюдечка. На дне оседает копоть.

17. 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 бунзеновской горелки, которую легко приготовить из стеклянных трубок (рис. 322).

Обрезок широкой стеклянной трубки (диаметром 9 мм) длиной около 10 см укрепить вертикально в зажиме штатива. Под нею укрепить трубку, оттянутую в тонкий кончик. На трубку надеть кружок из пробки (рис. 322). Другой конец трубки соединен с газовым краном. Если при таком относительном расположении трубочек, как на рисунке, пустить газ и зажечь его у конца верхней трубки, то получается несветящееся пламя, как у бунзеновской горелки. Если же поднять нижнюю трубку, чтобы пробковый кружок закрыл доступ воздуха в верхнюю трубку, пламя делается светящимся.

Опыт можно проделывать с карбурированным воздухом (см. I, стр. 118, 127).

б) В светящемся пламени органического вещества находятся частички угля.

○● 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 искусственно 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. 323). Для введения угля можно приготовить приборчик, изображенный на рис. 323 и состоящий из банки (или колбочки), заткнутой 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. 324). Можно зажечь скипидар на лучинке.

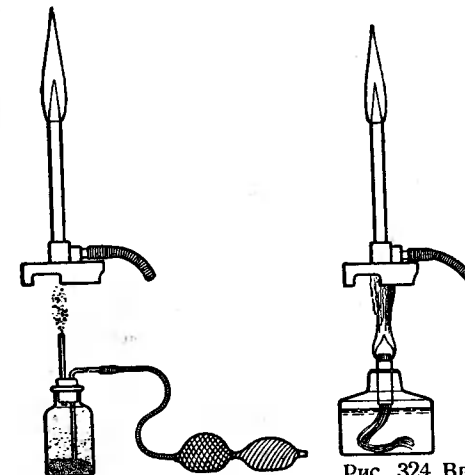


Рис. 323. Введение в пламя газа порошка.

Рис. 324. Введение в пламя газа копоти.

В качестве других твердых веществ можно воспользоваться порошками извести, мела (зубной порошок), магнeзии 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 рис. 323.

Опыт. Зажечь горелку и держать ее над скипидарной лампочкой или над описанным приборчиком, в который вдувать слабую струю воздуха.

Если имеются горелки только с боковым притоком воздуха или бартелевские, 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



Рис. 325. Введение порошка в пламя спиртовки.

конец воронки был изогнут или очень плотно вставлялся в отверстие горелки. Благодаря току воздуха копоть (или порошок) попадет в горелку в достаточном количестве.

○● 2. Для опыта со спиртовой лампочкой приборчик для вдувания порошка делается такого вида, как на рис. 325.

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.

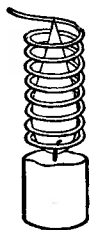


Рис. 326. Охлаждение пламени свечи.

Опыт. Накрывать светящееся пламя газовой горелки или пламя свечи спиралью (рис. 326). Пламя, пока спираль не прогреется, делается менее светящимся вследствие понижения температуры пламени.

д) При вдувании в пламя воздуха оно делается несветящимся и температура его повышается.

○● **Опыты.** 1. Показать действие паяльной горелки (см. I, стр. 144). Нагреть стеклянную трубку сначала в светящемся пламени, а затем при вдувании 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 же притоке газа (выделяющегося при горении газа тепло при малом размере пламени концентрируется, и температура несветящегося пламени получается более высокая, чем светящегося). Показать, что и у бунзеновской горелки несветящееся пламя значительно меньше светящегося. То же самое можно показать и с бензиновой горелкой, Бартеля.

Обратить внимание на размеры пламени без вдувания воздуха и при вдувании.

Тот же опыт можно проделать с керосиновой или со скипидарной лампочкой (см. выше, стр. 423).

Можно также смочить скипидаром или керосином конец лучинки, зажечь ее и вдувать в коптящее пламя воздух при помощи паяльной трубки (рис. 327).

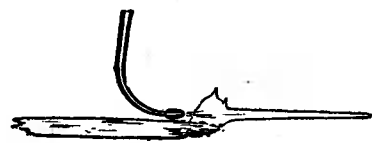


Рис. 327. Вдувание воздуха в пламя керосина, горящего на лучинке.

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. 328).

Опыт. 1. 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. 328).

Вводя кончик паяльной трубки в пламя свечи, как показано на рис. 328, вдувать в трубку воздух так, чтобы получилось острое

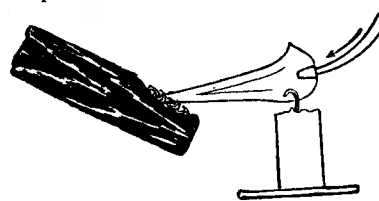


Рис. 328. Окислительное пламя.

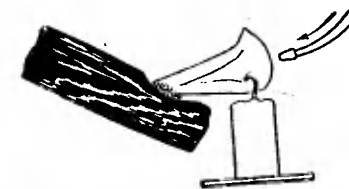


Рис. 329. Восстановительное пламя.

несветящееся пламя (окислительное пламя). 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 лакмусную бумажку, смоченную водой.

Нагреть сернистое железо при помощи окислительного пламени, держа уголь так, чтобы лакмусная бумажка находилась со стороны, противоположной свече. (Пламя, конечно, не должно касаться бумажки!)

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 вдувать через паяльную трубку воздух, не вводя кончика трубки в пламя, а только касаясь пламени. Пламя должно отклониться, оставаясь светящимся (восстановительное пламя, рис. 329). Получить при помощи такого пламени свинец из окиси свинца.

Дав шарiku 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, чтоб она едва только не коптила.

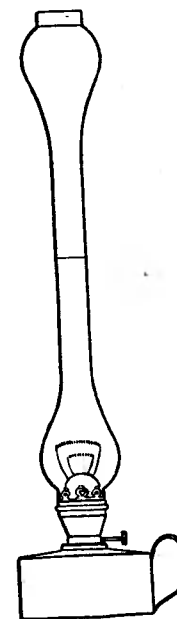


Рис. 330. Увеличение светимости пламени керосиновой лампы.

Приставить к стеклу лампы **второе стекло** (рис. 330) — пламя делается ярче.

Заменить второе стекло длинной трубкой из картона. Пламя делается менее ярким.

18. Сжигание жидкого и распыленного твердого топлива.

○ 1. Жидкое топливо (нефть, мазут) и распыленный каменный уголь сжигаются в форсунках.

Для того чтобы продемонстрировать действие форсунки для жидкого топлива, можно воспользоваться пульверизатором, применяемым в парикмахерских для распыления одеколona.

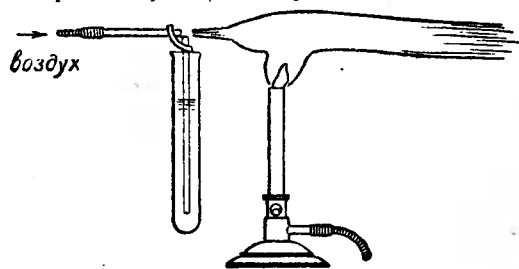


Рис. 331. Модель форсунки для жидкого топлива (1).

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 рис. 332.

Горизонтальная трубка должна быть толще вертикальной.

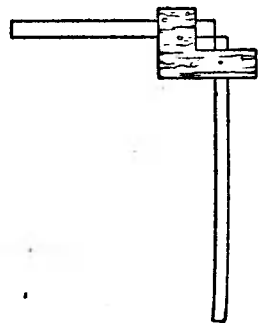


Рис. 332. Простейший пульверизатор.

Концы трубок должны соприкасаться вплотную, как на рисунке. **Опыт.** Налить в пробирку, как на рис. 331, или в скляночку керосина и сильно вдуть ртом воздух через **каучук**, присоединенный к горизонтальной трубке **распылителя**. 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 **каучуковой грушей** (см. I, стр. 118).

Наиболее яркий результат получается, если вместо простейшего распылителя взять распылитель с трубками, вставленными одна в другую (обычно применяемый в парикмахерских, рис. 333).

Пламя следует направить вдоль лекционного стола, чтобы учащиеся видели пламя сбоку. На столе не должно быть ничего, что могло бы загореться или испортиться от брызг керосина.

○ 2. Сжигание обращенного в порошок твердого топлива можно иллюстрировать при помощи приборчика, изображенного на рис. 334.

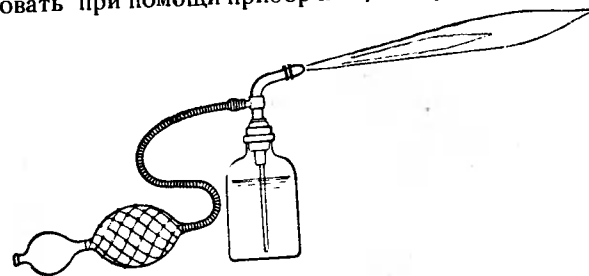


Рис. 333. Модель форсунки для жидкого топлива (2).

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 вдвывается 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 **каучуковая груша** (см. I, стр. 118).

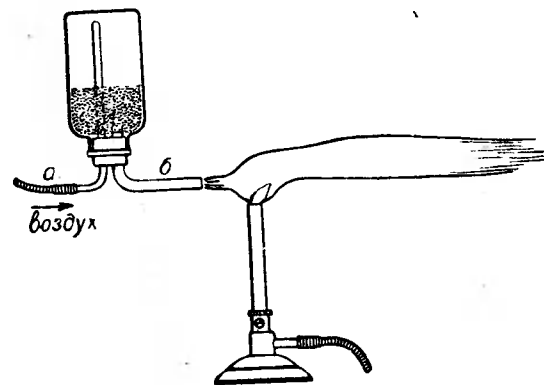


Рис. 334. Модель форсунки для твердого топлива.

Опыт. Установив приборчик с **ликоподием** против горелки и слегка встряхивая баночку вверх и вниз, вдуть воздух грушей (или ртом через **каучуковую трубку**).

Получается громадное пламя (значительно больше, чем на рисунке). Пламя, как и в предыдущем опыте, направляется вдоль лекционного стола.

XVI. КРЕМНИЙ.

1. Получение аморфного кремния и водородистого кремния.

○ 1. Для опыта нужен измельченный в очень мелкий порошок кварц (*acidum silicicum purum nativum praeparatum*) и порошковатый 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, сковородку 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, конечно, вода не должна попасть 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. 335), 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 кремневых 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.

В крайнем случае можно воспользоваться очень мелким белым или хотя бы окрашенным кварцевым песком. С ним опыт идет хуже,

но все же удается. 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 порошок, 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 (см. I, стр. 225, рис. 254) 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.

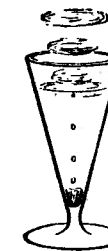


Рис 335. Самовоспламенение кремневодорода.

2. Метакремниевая кислота и ее соли.

а) Выделение студня кремнекислоты.

○ 1. Студенистая кремнекислота получается действием соляной кислоты на раствор кремненатриевой соли. Для того чтобы выделение произошло быстро и наверняка, растворы должны быть определенной концентрации и взяты в определенных количествах.

Кремненатриевую соль Na_2SiO_3 следует взять в виде 10% раствора (50 г соли на 500 мл воды). Проще всего воспользоваться готовым продажным 10% раствором (*patrium silicicum purum solutum 10%* или *liquor patrii 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 выписать твердую кремненатриевую соль Na_2SiO_3 (*patrium silicicum purum crust.*) и готовить раствор незадолго до опыта. Кремненатриевая соль крайне 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 русским жидким стеклом (*liquor patrii silicici crudus ross.*).

Для опыта на 200 мл воды следует взять 10—15 мл жидкого стекла. Но с этим раствором студень получается более мутный, не вполне прозрачный.

В качестве жидкого стекла можно использовать также обычный конторский клей, всюду имеющийся в продаже.

Соляную кислоту для опыта следует взять уд. в. 1,12.

До урока следует отмерить и налить в бокал 200 мл раствора кремненатриевой соли. Отдельно в стаканчике приготовить 10 мл соляной кислоты.

Опыт. Прилить в бокал с кремненатриевой солью 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 лакмусной 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 прилития соляной кислоты оставалась слегка щелочной.

Для того чтобы определить нужное количество соляной кислоты, проще всего поступить таким образом: взять в измерительный цилиндр или бюретку небольшой избыток соляной кислоты и затем приливать кислоту 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 кремненатриевой солью всю посуду следует сейчас же тщательно вымыть, так как раствор кремненатриевой соли сильно разъедает стекло.

● 2. При лабораторном опыте не так важно, чтобы выделение геля произошло очень быстро. Поэтому соляную кислоту можно взять слабее. Опыт производится в пробирках.

Следует заготовить такие растворы **кремненатриевой соли 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 желательно, чтобы загустевание происходило через 10—15 мин.

Если есть достаточное количество измерительных цилиндров, то, конечно, лучше отмеривать жидкости более точно.

б) Вытеснение кремниевой кислоты угольной.

● **Опыт.** Разбавить продажное растворимое стекло равным объемом воды. Взять $\frac{1}{2}$ пробирки раствора. Пропускать через раствор ток углекислого газа (прибор, см. стр. 401). Происходит постепенное выпадение осадка кремнекислоты H_2SiO_3 .

в) Выделение кремнекислоты нашатырем.

● **Опыт.** Взять в пробирку около 1 мл продажного концентрированного раствора **кремненатриевой соли** Na_2SiO_3 (жидкое стекло). Прибавить около 10 мл насыщенного раствора **хлористого аммония** NH_4Cl (*ammonium chloratum*). Размешать стеклянной палочкой.

Выпадение осадка объясняется реакцией гидролиза. Соль слабой кремниевой кислоты и слабого основания нацело разлагается водой.

Написать равенство реакции.

г) Высушивание кремнекислоты.

● **Опыт.** Полученные при предыдущих опытах осадки кремнекислоты H_2SiO_3 поместить в **стунку** 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 от кремнекислоты диализом.

● **Диализатор** (рис. 336) для опыта можно взять или готовый или приготовить из материальной банки, у которой обрезается дно (см. I, стр. 176—181). 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 рис. 336. Круг размачивается в воде, накладывается на перевернутый колокол, края загибаются правильными складками, и круг укрепляется на колоколе при помощи бечевки.

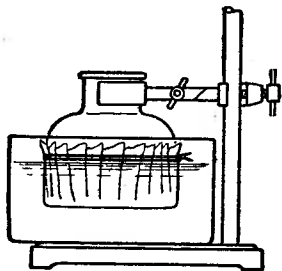


Рис. 336. Диализатор.

Диализатор укрепляется в зажиме штатива и погружается в кристаллизатор, простоквашницу или иной сосуд с водой так, чтобы края перепонки были выше уровня воды (рис. 336). 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.

В диализатор наливается разбавленный раствор **кремненатриевой соли** Na_2SiO_3 (см. выше), к которой прибавлен некоторый 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 при помощи азотосеребряной соли AgNO_3 , с которой не должно получаться мути).

Если в диализаторе не получилось осадка кремнекислоты, то жидкость из диализатора перелить в **химический стакан** и нагреть. При нагревании происходит коагуляция кремнекислоты.

(е) Растворимые соли кремниевой кислоты имеют щелочную реакцию на лакмус.

● **Опыт.** К раствору **кремненатриевой соли** Na_2SiO_3 (см. выше) 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 стунку** и растереть пестиком в порошок. Смыть порошок водою в стаканчик и прибавить несколько капель **фенолфталеина** (phenolphthaleinum). Получается ясно заметное красное окрашивание. Явление объясняется тем, что при растирании стекла происходит громадное увеличение поверхности соприкосновения с водою и количество выщелачиваемой кремненатриевой соли Na_2SiO_3 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 нужно отвесить в отдельных стаканчиках 2 г искусственно полученного **кремнезема** SiO_2 (acidum silicicum purum siccum, via humida paratum) и 6 г **оксида свинца** PbO (plumbum oxydatum purissimum или lythargyrum praeparatum).

● **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 **кусочек жести**. Получаются прозрачные стеклышки светложелтого 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 погибает, 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, накалывать 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 часу. Пропитанный и высушенный холст вносится в пламя одновременно с непитанным. Последний загорается гораздо легче.

XVII. МЕТАЛЛЫ.

1. Некоторые физические свойства металлов.

Физические свойства металлов учащиеся более подробно изучают на уроках по физике. Поэтому ниже описано лишь несколько опытов, иллюстрирующих отдельные свойства металлов.

а) 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. стр. 235 и т. I, стр. 364). 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 укреплять 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. I, стр. 467). 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 прочитать указания, приведенные в т. I, стр. 36, 466, 476). Водород

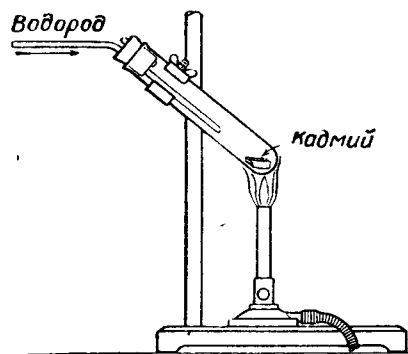


Рис. 337. Обращение в пары металла кадмия.

лучше осушать пропусканием через промывную склянку с концентрированной серной кислотой. Пробирку укрепить в зажиме штатива наклонно, как на рис. 337. **Опыт.** Пустить из прибора несильный ток водорода. **Испытать**, вытеснен ли весь воздух (**испытание обязательно**, см. I, стр. 466). Нагреть кадмий на сильной горелке. Кадмий плавится в каплю, затем начинает испаряться. Пары металла кадмия (светложелтого цвета) сначала садятся на менее нагретых частях пробирки в виде металлического зеркала, а затем налет обращается в крупные блестящие капли.

б) 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, оставив горелку, дать ему медленно остыть. 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 удастся очень хорошо.

Таким же способом можно получить и кристаллы олова, но вместо обыкновенной железной чашки лучше взять кухонную круглую 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. I, стр. 225, рис. 254).

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 рассмотрение их.

Кристаллическое сложение хорошо видно на изломе палочки цинка Zn. Кроме того, можно демонстрировать кристаллы сурьмы Sb (antimonium regulicum) и висмута Bi (bismuthum metallicum).

Очень хорошо образованные кристаллы часто наблюдаются также на натрии и калии, которые можно купить или приготовить (см. I, стр. 457) запаянными (в атмосфере аммиака) в стеклянных трубках.

в) Удельные веса металлов.

○ 1. Для демонстрации различия в удельных весах металлов полезна прилагаемая таблица-диаграмма (рис. 338).

○● 2. Для наглядного сравнения удельных весов металлов можно также воспользоваться кусками разных металлов одинакового объема. Уравневав их при помощи воды, легко получить диаграмму удельных весов, которую учащиеся зарисовывают у себя в тетрадях.¹

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 лекционных весах (или весах Роберваля и т. п., см. I, стр. 281) дробью измерительный цилиндр, могущий вместить

столько воды, чтобы она уравновешивала наиболее тяжелый из имеющихся металлических цилиндров или брусков.

Опыт. Поместить на весы алюминиевый цилиндр (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,

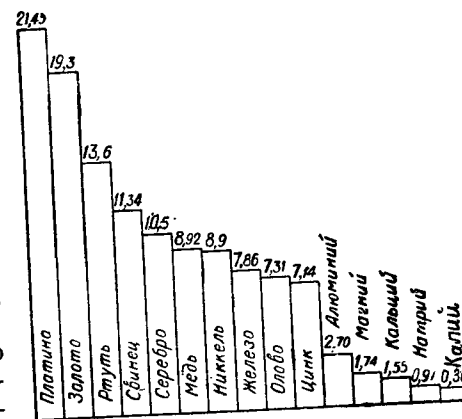


Рис. 338. Диаграмма удельных весов металлов.

¹ Нижеописанный опыт имеет смысл показать в том случае, если учащиеся не определяли удельных весов металлов на практических занятиях по физике.

наклеенной бумажкой и т. п. Снять алюминиевый цилиндр (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 цилиндров (брусков) можно тут же, погрузив один из них в измерительный цилиндр с водой и отметив, сколько миллилитров воды он вытесняет.

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 удовольствоваться только получением „диаграммы“ удельных весов.

Размеры металлических цилиндров (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 цилиндров (брусков), можно для сравнения сделать еще **деревянный**.

○● 3. Для того чтобы продемонстрировать, 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.

● 4. 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 удастся приподнять ее со стола.

г) 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. Приготовить или заказать слесарю одинаковой толщины (около 1,5 мм) пластинки из **свинца, алюминия, 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 рис. 339, и положить тиски с пластинкой на стол, подложив какую-нибудь **доску**. Держа в руках **алюминиевую пластинку**, наставить ее на конец свинцовой пластинки и ударить **молотком** по алюминиевой пластинке пока она не врежется в свинец до половины ширины пластинки.

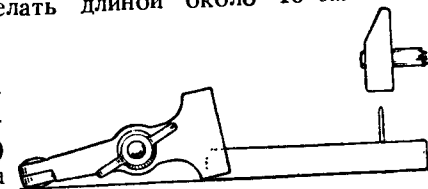


Рис. 339. Испытание твердости металлов.

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. 340) мягче алюминия, но

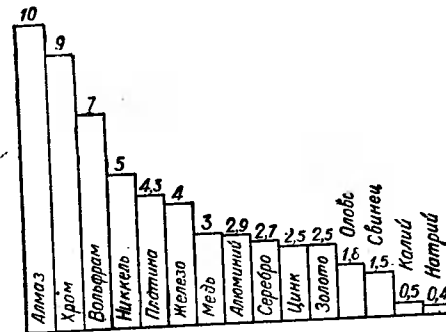


Рис. 340. Диаграмма твердости металлов по сравнению с твердостью алмаза.

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.

д) 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.

е) 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 пла-

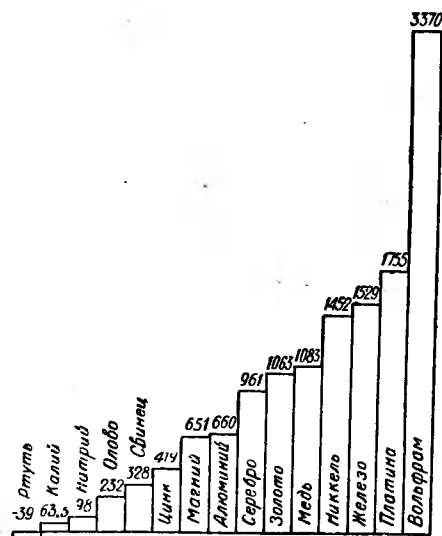


Рис. 341. Диаграмма температур плавления металлов.

стинка 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 большому.

○● 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 пла-

стинка 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 большому.

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 удастся 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. 341).

ж) Зависимость свойств некоторых металлов от температуры.

Соответствующие демонстрационные и лабораторные опыты были описаны выше (см. т. I, стр. 401—403).

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 тиглой.

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 от времени до времени подогривая, 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 рас-

плавить 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 заткнуть 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.

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** (*natrium metallicum totum*) и кусок **калия** (*kalium 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.

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 собою загорается. Это необходимо иметь в виду, и **чашку со сплавом калия и натрия следует оставлять в безопасном месте.**

в) Приготовление сплава олова и свинца.

○● **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 тру-

бочка 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).

Убедиться в том, что полученный сплав („третник“) плавится при более низкой температуре, чем взятые металлы — олово и свинец (см. выше, опыт 1, е, стр. 440).

г) Латунь тверже меди и цинка.

○● **Опыт.** Способом, указанным выше (стр. 439, опыт 1, г, 2), 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** (см. стр. 439). Латунная пластинка врезается и в медную и в цинковую пластинки. На латунной же пластинке получается лишь небольшое вдавление.

д) Бронза звенит при ударе гораздо сильнее, чем медь и олово.

○● Для опыта можно воспользоваться **палочкой бронзы** из коллекции (см. стр. 441), **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) Амальгама золота.

○● Для демонстрации опыта легкой растворимости золота в ртути, можно воспользоваться **листочками золота** (*aurum metallicum foliatum*), применяемыми при золочении.

Опыт. Поместить в **пробирку** один-два листочка золота и прилить **ртуть**. При взбалтывании золото быстро растворяется в ртути.

ж) Хрупкость чугуна.

○● **Опыт.** Показать, что **чугунная сковорода** легко разбивается при ударе **молотком**. Для лабораторного опыта раздать учащимся куски (обломки) чугуна.

з) 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.

Еще в 1868—1869 годах были опубликованы классические работы Д. К. Чернова по исследованию структуры стали и об изменении ее от температуры. В этих работах впервые были установлены критические температуры перехода или критические точки изменения структуры стали, известные ученым всех стран мира под названием — «точки Чернова».

Выдающийся советский ученый А. А. Байков, в результате многолетних научных исследований и на основе классического наследия русской науки, разработал современную теорию закалки стали. Советская металлургия обязана А. А. Байкову созданием новых марок специальных сталей, получивших широкое применение в мирной и военной промышленности.

○● 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.

и) Выделение меди и серебра из их сплавов.

● Полезно предложить учащимся следующий опыт для практических занятий на уроке или во внеурочное время (С. Ф. Силин).

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 фильтром 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. рис. 13, стр. 14). Восстановление вести до прекращения выделения хлористого водорода, для чего время от времени к отверстию пробирки подносить влажную лакмусовую бумажку. После охлаждения пробирки получить 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. рис. 13, стр. 14).

При работе с водородом проверять его чистоту!
Предложить учащимся написать равенства реакций.

3. Электролиз.¹

а) Электролиз водных растворов хлористых солей.

Электролиз хлористых металлов является простейшим случаем электролиза соли: соль разлагается на металл и галоген. Для того чтобы показать учащимся выделение того и другого, на уроке удобнее всего произвести последовательно два опыта: с хлорной медью CuCl_2 (cuprum bichloratum purum solutum) и с хлористым цинком ZnCl_2 (zincum chloratum purum solutum). Во время первого опыта показать выделение меди, а во время второго — выделение хлора. Если возможно провести лабораторные занятия, достаточно одного первого опыта.

○● 1. Для опыта раствор хлорной меди можно налить в стакан. В раствор погружаются на короткое время два электрода, соединенные с батареей или с другим источником постоянного тока. На отрицательном электроде (катоде) вскоре выделяется слой меди, который и показывают учащимся.

Для того чтобы опыт был хорошо виден издали, катод должен быть достаточных размеров. Но так как платина очень дорога, то обыкновенно приходится брать небольшие электроды. При небольших размерах электродов толщина пластинки может быть 0,05 мм. Электрод указанной толщины в 10 см^2 (2×5) весит около

¹ Описание опытов восстановления окислов металлов углем см. выше (стр. 335—386).

0,7 г и 3 см проволоки толщиной 0,5 мм (для прикрепления к электроду) — около 0,1 г. При небольшом классе можно взять катод и еще меньших размеров.

Анод может быть угольный (см. ниже), но не платиновый, так как хлор действует на платину.

Прикрепление электродов к проволоке описано выше (т. I, стр. 494). Если проволока взята короткая, то ее лучше впаять в **стеклянную трубку** (см. I, стр. 503). Соединение между платиновой проволокой и проводником может быть ртутное (см. I, стр. 499), но проще, прежде чем впаивать платиновую проволоку в стекло, прикрутить к ней кусок **медной проволоки** (при помощи тоненькой проволоочки). Конец медной проволоки должен выставляться из трубки, и к нему проводник присоединяется при помощи клеммы.

Припаивать стеклянную трубку следует возможно ближе к пластинке.

Чтобы медь садилась равномерно, катод должен быть совершенно чистый. Его следует промыть **кислотой** (лучше всего азотной), затем сполоснуть водой, протереть мокрой **тряпкой**, на которую захватить немного **гашеной извести** (см. стр. 52—53), снова хорошо промыть водой и, наконец, прокалить в пламени горелки (не касаясь внутреннего конуса).

За неимением платины опыт вполне можно показать, взяв в качестве электродов **угли для дуговой лампы**. На гладкой поверхности угля слой меди садится достаточно плотно и ровно. Концы проводов можно прикрутить к углям проволокой.

Наконец, можно взять катод **алюминиевый** — из алюминиевой пластинки, а анод — угольный.

Раствор **хлорной меди** (cuprum bichloratum purum cryst.) необходимо взять 5%. Можно также приготовить хлорную медь раствором **углемедной соли** (см. I, стр. 414) в **соляной кислоте** (на 10 г углемедной соли взять около 25 мл соляной кислоты уд. в. 1,12) и по растворении прибавить 100 мл воды.

Раствор поместить в **стакан** на 150—200 мл. Для опыта достаточно иметь **источник постоянного тока** с напряжением 5—6 вольт.

Опыт. Погрузить электроды в раствор хлорной меди. Электроды проще всего держать в руках, стараясь не касаться одним другого. Через 1—2 мин. на катоде (—) появляется сплошной розовый слой меди. У анода (+) появляются пузырьки хлора. Вынув катод из раствора, сполоснуть его водой и показать учащимся. Раствор приобретает сильный запах хлора. Если класс небольшой, то можно передать стакан учащимся.

Не следует держать электроды в растворе слишком долго или брать ток большого напряжения. В том и другом случае осадок меди может получиться темный, так как медь будет выделяться в виде рыхлой массы.

○ 2. В предыдущем опыте выделение хлора заметно только по запаху (пузырьки газа издали видны плохо). Для того чтобы обнаружить выделяющийся хлор, можно пропускать его в раствор **иодистого калия KJ** (kalium iodatum purum cryst.) с **крахмальным клейстером**, подвергая раствор хлорной меди CuCl_2 электролизу в одном из **приборов для получения гремящего газа** (см. I, стр. 502—503).

Прибор следует наполнить раствором хлорной меди так, чтобы оставалось возможно меньше свободного пространства. Так как плотность осадка меди при этом опыте не играет роли, а желательнее возможно большее выделение хлора, то можно взять ток с напряжением до 10 вольт и более.

Приготовление крахмального клейстера и раствора иодистого калия KJ указано выше (см. стр. 237).

Опыт. Погрузить газоотводную трубку прибора в **бокал** или **стакан** с раствором иодистого калия и крахмала. Замкнуть ток. Через некоторое время жидкость в бокале начинает синеть.

После урока осевшую на катоде медь растворить в **азотной кислоте** (см. стр. 345).

○ 3. При электролизе хлористого цинка ZnCl_2 очень легко обнаружить выделение хлора, но осадок цинка на катоде виден гораздо хуже, чем осадок меди. Поэтому, показав выделение металла при электролизе хлорной меди, можно затем показать выделение хлора при электролизе хлористого цинка, не производя вышеуказанного опыта открытия хлора при помощи реакции вытеснения иода.

Обнаружить выделение хлора при электролизе **хлористого цинка** (zincum chloratum purum) можно при помощи **индиго** (см. I, стр. 377). Если к раствору хлористого цинка (20 г хлористого цинка на 100 мл воды) прибавить немного индиго, то при пропускании через раствор электрического тока индиго у анода сейчас же обесцвечивается.

Для опыта достаточно иметь источник тока с напряжением в 5—6 вольт.

Опыт. Электроды (см. выше), соединенные с **батареей из трех аккумуляторов**, погрузить в **стакан** с подкрашенным индиго раствором хлористого цинка. Через 1—2 мин. раствор обесцвечивается. Для ускорения обесцвечивания жидкость следует слегка помешивать при помощи электрода.

Если опыт производится сейчас же после опыта с хлорной медью, то осевшую на катоде медь можно предварительно не растворять. Тогда ясно будет видно, как вследствие образования серого осадка цинка пропадает розовый цвет меди.

Вместо того чтобы производить опыт в стакане, лучше воспользоваться **U-образной трубкой** (см. рис. 342). В этом случае ясно будет видно, что хлор выделяется только у анода.

б) ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРА МЕДНОГО КУПОРОСА.

○● Цель этого опыта — показать, что на аноде, вследствие вторичной реакции, происходит выделение кислорода. Для опыта можно воспользоваться одним из приборов для разложения воды, описанных выше (см. I, стр. 488—501).

Ток в данном случае должен быть достаточно сильным, чтобы выделение кислорода шло возможно быстрее. Нужно напряжение зависит от сопротивления прибора. Если пользоваться прибором Гофмана, то можно взять напряжение до 40 вольт. Если взять один из упрощенных приборов, можно обойтись со значительно меньшим напряжением: 6—10 вольт. Анод может быть угольный, катод — алюминиевый.

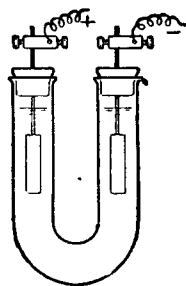


Рис. 342. Электролиз хлористого цинка.

Раствор медного купороса CuSO_4 (сиргит *sulfuricum rigrum*) следует взять 30%.

Опыт. Замкнуть ток и, когда в трубке или пробирке соберется достаточное количество газа, испытать его тлеющей лучинкой (лучинка вспыхивает).

Обращение с прибором то же, что и при электролизе раствора серной кислоты (см. I, стр. 488—501).

По окончании урока осадок меди нужно, конечно, растворить в азотной кислоте (см. стр. 345).

в) ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРА ИОДИСТОГО КАЛИЯ.

○● При электролизе раствора иодистого калия KI (*kalium iodatum rigrum*) легко показать образование едкого кали вследствие вторичной реакции на катоде, а также одновременно и выделение иода на аноде.

К 3% раствору иодистого калия прибавить несколько миллилитров крахмального клейстера (см. стр. 237) и 1—2 капли раствора фенолфталеина (*phenolphthaleinum*). Раствор поместить в U-образную трубку 12—15 см длиной. Трубку укрепить в зажиме штатива. Сзади поместить белый экран (кусочек белого картона).

Электроды могут быть или платиновые (маленькие) или угольные (см. стр. 446). Для опыта требуется источник тока с напряжением 5—6 вольт.

Опыт. Погрузить электроды в оба колена U-образной трубки (рис. 342), наполненной раствором иодистого калия с крахмальным клейстером и фенолфталеином. Слегка помешивать раствор электродами. У катода сейчас же появляется розовая окраска, у анода — жидкость синее.

г) ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРА СЕРНОНАТРИВНОЙ СОЛИ.

○● При электролизе раствора сернонатриевой соли и на аноде и на катоде происходят вторичные реакции, причем образуется щелочь (едкий натр NaOH) и кислота (серная H_2SO_4), которые легко и быстро обнаруживаются при помощи раствора лакмуса.

К 10% раствору сернонатриевой соли Na_2SO_4 (*natrium sulfuricum rigrum crust*) прибавить несколько миллилитров крепкого раствора лакмуса (см. I, стр. 375). Если раствор лакмуса не нейтральный, то прибавить еще несколько капель щелочи или кислоты, чтобы раствор лакмуса принял фиолетовую окраску.

Опыт производится в U-образной трубке при тех же условиях, как и предыдущий, или в приборе для электролиза воды.

Опыт. Погрузить электроды в раствор и помешивать ими жидкость, как сказано выше.

Вскоре в одном колене трубки лакмус краснеет, а в другом — синее.

д) ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ С МЕДНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ.

○● Цель настоящего опыта — показать учащимся растворение анода и образование раствора медного купороса.

Электроды должны быть сделаны из возможно тонкой медной пластинки (0,07—0,05 мм толщины). Такую тонкую медную пластинку можно купить под названием *sirgum metallicum in laminis*. Электроды можно вырезать в виде лопаток: прямоугольная пластинка с отходящей от нее длинной лентой, на которой пластинку можно было бы повесить (рис. 343).

Пластинку катода можно сделать $6 \times 2,5$ см; пластинку анода $3 \times 2,5$ см. Ширина отходящих от пластинок лент — около 0,5 см. Пластинки-электроды удобно приколоть кнопками к срезанным бокам пробки. Пробку вставить в отверстие цилиндра для собирания газов 15×4 см (рис. 343).

Между нижними концами электродов и дном цилиндра должно оставаться расстояние в 5—6 см.

Для опыта достаточно иметь источник электрического тока с напряжением 5—6 вольт.

В цилиндр налить раствор серной кислоты 1:5.

Опыт. Погрузить электроды в раствор серной кислоты и замкнуть ток. На катоде происходит энергичное выделение пузырьков водорода, на аноде же газ не выделяется. На близком расстоянии

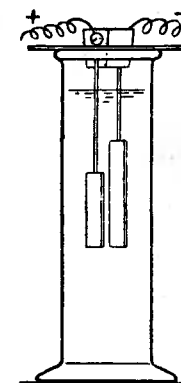


Рис. 343. Электролиз раствора серной кислоты с медными электродами.

ясно видны бегущие от анода книзу струйки синего раствора медного купороса. Через пять минут после начала опыта в нижней части цилиндра скопится такое количество синего раствора, что посинение делается ясно видимым издали. Сзади цилиндра следует поставить белый экран (лист белого картона). Минут через 10 анод оказывается уже настолько разведенным, что нижняя часть его отваливается.

Не следует брать напряжение тока больше 6 вольт, так как при слишком сильном токе анод слишком быстро разъедается в верхней части и отваливается раньше, чем в цилиндре скопится достаточное количество медного купороса. При более слабом токе процесс электролиза идет медленнее.

За неимением тонкой медной пластинки можно до урока покрыть платиновый или алюминиевый электрод слоем меди при помощи электролиза раствора медного купороса, подкисленного серной кислотой при напряжении тока в 2 вольта, на уроке же взять этот электрод в качестве анода. Катод может быть из толстой медной пластинки или платиновый.

е) Электролиз расплавленного хлористого свинца.

○ Этот опыт можно производить только *под тягой*, так как хлористый свинец $PbCl_2$ летуч и пары его ядовиты. Электролиз производится в фарфоровом тигле, вместимостью 50—60 мл. Тигель помещается на кольцо штатива. Катодом служит толстая железная проволока, анодом — уголь для дуговой лампы. Оба электрода укрепляются на пробках в зажимах штатива (рис. 344):

Для опыта требуется источник тока с напряжением около 10 вольт.

В тигель вставляется перегородка, вырезанная из асбестового картона. Перегородка должна отделять катод от анода. Между нижним краем перегородки и дном тигля должно оставаться расстояние около 1 см.

Хлористый свинец $PbCl_2$ берется в виде порошка (*plumbum chloratum purum pulvis*), которым тигель наполняется почти доверху.

Опыт. Подставить под тигель хорошую горелку и нагревать, пока весь хлористый свинец не расплавится. Если расплавленной соли будет в тигле меньше, чем до половины высоты тигля, то добавить еще хлористого свинца.

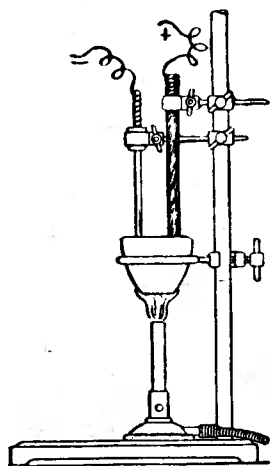


Рис. 344. Электролиз расплавленного хлористого свинца.

Когда хлористый свинец расплавится, замкнуть ток. Нагревание можно немного ослабить, но прекращать не следует. Через 10 минут прервать ток, поднять электроды и, взяв тигель щипцами, вылить расплавленный хлористый свинец на чугунную сковородку и т. п.

При разбивании застывшей массы молотком в ней легко найти несколько шариков металлического свинца. Полученный свинец можно расплющить молотком на наковальне (утюге) и показать учащимся.

4. 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 1859 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 чайных 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. При помощи горячей лучинки зажечь помещенные на смесь спичечные головки и отойти немного в сторону. В массе начинается бурная реакция, причем сковородка проплавляется, и расплавленные — 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 oxudatum*). 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 кусок 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 столовых ложки термита будет достаточно для того, чтобы получился порядочный слиток железа.

Когда тигель остынет, раздробить молотком шлаки и отделить от них выплавленное железо. Тигель обыкновенно погибает.

б) Восстановление двуокиси 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 порошком 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 минут.

Стружки алюминия нарезаются кусками около 1 см длиной при помощи слесарных ножниц. Чтобы избежать этой работы, можно купить стружки алюминия в небольших кусках, а не в виде длинных спиралей. Эти куски 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 (*barium 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 при помощи горячей лучинки. 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 граммов. 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.

5. Химические свойства металлов.

а) Горение металлов в воздухе.

Все металлы, за исключением серебра, золота и платины, непосредственно соединяются с кислородом, образуя окислы. Некоторые металлы, будучи накалены, горят в кислороде и в воздухе. Для ознакомления с горением металлов полезно сделать следующие общедоступные опыты.

○● 1. Над пламенем горелки растереть 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 вес. ч. порошка магния (*magnesium metallicum pulvis*) и 3 вес. ч. бертолетовой соли (*kalium chloricum pulvis*). Смесь составлять на чистом листе бумаги при помощи стеклянной палочки или тонкой лучинки (осторожно, не нажимать!). В смесь вставить ленту магния (*magnesium metallicum in laminis*) длиной 5—6 см. Зажечь магний при помощи длинной горящей лучинки 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 серой.

Все металлы, за исключением золота, могут непосредственно соединяться с серой. Описание опытов соединения железа, цинка, алюминия и меди с серой смотрите выше (т. I, стр. 410—412).

в) 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 щелочно-земельные металлы, а наименее активно — благородные металлы. В дополнение к опытам, описанным выше (т. I, стр. 413, а также выше, стр. 181—184, 188, 229 и 238), полезно проделать следующие опыты.

○● 1. Опыт производить только под тягой! Нагреть в сухой пробирке немного порошка металлического алюминия (*aluminium metallicum pulvis*) и осторожно сыпать его в другую пробирку,

укрепленную в зажиме штатива (рис. 345) и содержащую очень небольшое количество слегка подогретого брома (*bromum fluidum*). Происходит красивое сгорание алюминия в бrome. На стенках пробирки наблюдаются блески кристаллов образовавшегося бромистого алюминия $AlBr_3$.

Предложить учащимся написать равенство происшедшей реакции.

Под пробирку с бромом необходимо поставить чашку с водой или песком.

○● 2. Опыт производить только под тягой! Налить в пробирку очень небольшое количество брома (*bromum fluidum*) и укрепить ее в зажиме штатива (рис. 346). Подставить под пробирку чашку с водой или с песком. Слегка подогреть пробирку и внести

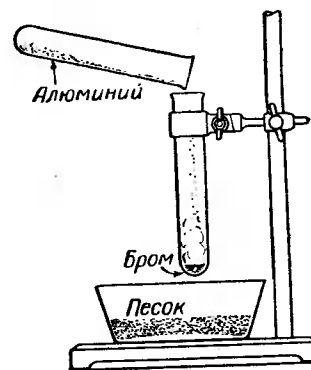


Рис. 345. Соединение алюминия с бромом.

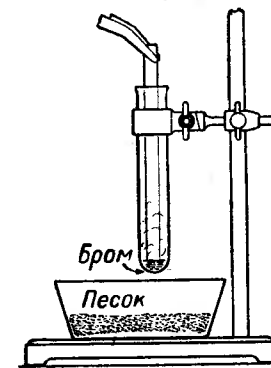


Рис. 346. Соединение меди с бромом.

в нее предварительно нагретую тонкую медную пластинку или проволочку (*cuprum metallicum in lamellis* или *in filis*). Происходит энергичное горение меди в бrome с образованием бромной меди $CuBr_2$.

Предложить учащимся написать равенство происшедшей реакции.

○● 3. Опыт лучше производить под тягой. Смешать приблизительно равные объемы (по 0,5 чайной ложки) порошка цинка („цинковой пыли“, *zincum metallicum levissimum*) и мелкого порошка иода (*jodum subtilis pulvis*). Порошки цинка и иода должны быть совершенно сухие. Смешивать порошки удобнее всего встряхиванием в сухой и чистой колбе.

Высыпать смесь кучкой на кусок асбестового картона или на кирпич, кусок жести и т. п.

На вершине кучки сделать углубление дном сухой пробирки.

При помощи стеклянной трубки, применяемой как пипетка, уронить в сделанное углубление каплю воды. Происходит энергичная реакция с образованием иодистого цинка ZnI_2 .

Предложить учащимся написать равенство происшедшей реакции. Эта реакция является наглядным примером действия воды как катализатора. На это следует обратить внимание учащихся.

г) 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. 58—61), полезно проделать следующий опыт.

● **Опыт.** В четыре чистые пробирки налить по 2 мл растворов солей: в первую — азотносвинцовой $Pb(NO_3)_2$ (plumbum nitricum) или уксусносвинцовой соли $Pb(H_2C_2O_4)_2$ (plumbum aceticum), во вторую — медного купороса $CuSO_4$ (cuprum sulfuricum), в третью — азотносеребряной соли $AgNO_3$ (argentum nitricum, 20%) и в четвертую — еще медного купороса.

В первую пробирку, в раствор азотносвинцовой или уксусносвинцовой соли, опустить кусочек цинка (zincum metallicum 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 азотносеребряной соли, опустить кусочек красной меди или тонкую медную проволочку, (cuprum 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 видна образовавшаяся белая серносвинцовая соль $PbSO_4$ на покрасневших от выделившейся меди свинцовых стружках. В третьей пробирке раствор принял синий цвет от образовавшейся азотномедной соли $Cu(NO_3)_2$. В четвертой пробирке раствор обесцветился, так как вместо синего медного купороса получилась серножелезная соль $FeSO_4$.

Предложить учащимся написать равенства происшедших реакций.

¹ Стружки нарезать ножом от свинцового листа или от свинцовой трубы.

6. Щелочные и щелочно-земельные металлы.

а) Разложение воды.

В дополнение к опытам разложения воды металлами, описанным выше (см. I, стр. 451—463), 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 (natrium 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. Разложение воды металлическим магнием можно наблюдать на следующем простом опыте (А. Е. Викторов).

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, что совершенно безопасно.

Предложить учащимся написать равенства реакций.

б) Получение щелочей.

Едкий натр NaOH или едкое кали KOH может быть получен при кипячении раствора соды — угленатриевой соли Na_2CO_3 или поташа K_2CO_3 с гашеной известью $Ca(OH)_2$.¹

○● **Опыт.** В химический стакан (или жестянку) налить 150—200 мл 20% раствора угленатриевой соли Na_2CO_3 (natrium carbo-

¹ Описание опыта получения едкого натра путем электролиза раствора поваренной соли см. выше (стр. 198).

picum) или поташа K_2CO_3 (kalium carbonicum), поставить на кольцо штатива (подложить **асбестированную сетку**) и нагреть до кипения. В кипящий раствор соды (поташа) влить понемногу равный объем **известкового молока**. Смесь кипятить 20—30 минут.

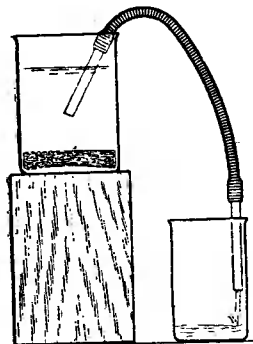


Рис. 347. Сливание жидкости с осадка при помощи сифона из каучуковой трубки.

Взять пробу — 5 мл смеси в пробирку и дать отстояться осадку. При помощи стеклянной трубки, применяемой как пипетка, осторожно по стенке пробирки прилить в пробу одну каплю раствора **соляной кислоты** (2-н). 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 охладиться.

При помощи **сифона из каучуковой трубки** слить жидкость с осадка в чистый стакан (рис. 347). Для приведения сифона в действие сначала резиновую трубку заполнить чистой водой.

Часть осадка — углекальциевой соли — 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 горячей **лучинкой**.

Предложить учащимся написать равенства происшедших реакций.

в) Разложение кислых солей угольной кислоты и щелочных металлов при нагревании.

● Поместить в пробирку немного **кислой угленатриевой соли** $NaHCO_3$ (natrium bicarbonicum) или **кислой углекалиевой соли** $KHCO_3$ (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.

Описание опытов с кислой углекальциевой солью см. выше (стр. 407).

г) Бенгальские огни.

Соли бария и стронция применяются для изготовления бенгальских огней и ракет, так как они окрашивают пламя в яркие цвета: соли бария — в зеленый, соли стронция в красный цвет. В дополнение к изложенному выше (стр. 225) можно рекомендовать следующий состав бенгальских огней:

9 вес. ч. азотнобариевой соли $Ba(NO_3)_2$ (baryum nitricum) или азотностронциевой соли $Sr(NO_3)_2$ (strontium nitricum);
3 вес. ч. тертого шеллака и
1,5 вес. ч. бертолетовой соли $KClO_3$ (kalium chloricum).

д) Растворимость солей щелочно-земельных металлов.

○ **Опыт.** Поставить в штатив четыре пары чистых пробирок. В первую пару пробирок налить по 1—2 мл раствора **хлористого магния** $MgCl_2$ (magnesium chloratum); во вторую пару пробирок — раствора **хлористого кальция** $CaCl_2$ (calcium chloratum), в третью пару пробирок — раствора **азотнобариевой соли** $Ba(NO_3)_2$ (baryum nitricum) и в четвертую пару пробирок — раствора **азотностронциевой соли** $Sr(NO_3)_2$ (strontium nitricum).

В первую пробирку каждой пары пробирок прилить такой же объем (1—2 мл) раствора **угленатриевой соли** Na_2CO_3 (natrium carbonicum), во вторую пробирку — раствора **сернонатриевой соли** Na_2SO_4 (natrium sulfuricum). На полученные осадки нерастворимых в воде солей, слив с них растворы натриевых солей, подействовать разбавленным раствором **соляной** (или **азотной**) **кислоты**. Раствор соляной кислоты приливать осторожно, по каплям, чтобы бурно выделяющимся углекислым газом не выбрасывало жидкость из пробирок. Наблюдать происходящие реакции.

Написать равенства реакций.

7. Медь.

В дополнение к опытам с медью и ее соединениями, описанным выше (см. I, стр. 414 и выше, стр. 122, 259 и др.), полезно проделать следующие.

● 1. Гидрат окиси меди $Cu(OH)_2$ очень легко разлагается даже при нагревании под водой.

Опыт. Налить в чистую **пробирку** 1—2 мл раствора (2-н) **серномедной соли** $CuSO_4$ (cuprum sulfuricum) и прибавить такой же объем раствора (2-н) **едкого натра** $NaOH$ (natrium oxudatum hydricum). Наблюдать выпадение голубого студенистого осадка гидрата окиси меди $Cu(OH)_2$.

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. *Опыт.* Испытать раствор **серномедной соли синей лакмусной бумажкой**. Лакмусная бумажка краснеет вследствие гидролиза серномедной соли.

Написать равенство реакции.

● 3. Средняя углемедная соль не получена, но широко известны основные соли двувалентной меди и угольной кислоты.

Опыт. Налить в чистую пробирку 1—2 мл раствора **серномедной соли** CuSO_4 (сиргум sulfuricum) и прибавить немного раствора **угленатриевой соли** Na_2CO_3 (natrium carbonicum). Образуется зеленый осадок основной углемедной соли $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, и выделяется углекислый газ.

Написать равенство реакции.

● 4. *Опыт.* Налить в чистую пробирку 1—2 мл раствора **серномедной соли** CuSO_4 (сиргум sulfuricum) и прибавлять **гидрат окиси аммония** NH_4OH (нашатырный спирт, ammonium causticum), до растворения образовавшегося осадка. Жидкость в пробирке окрашивается в темносиний цвет вследствие образования комплексных соединений состава от $\text{CuSO}_4 \cdot \text{NH}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ до $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{NH}_3$.

● 5. Образование комплексных соединений двувалентной меди с аммиаком полезно дополнительно показать на следующем опыте.

Опыт. На листе бумаги (лучше светлосиней или голубоватой) сделать надпись или рисунок сильно разбавленным раствором **серномедной соли** 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 **раствором аммиака** NH_4OH (ammonium causticum), — проявляется отчетливая темносиняя надпись вследствие образования вышеупомянутых комплексных соединений меди с аммиаком.

○ 6. 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 **серномедной соли** CuSO_4 (сиргум 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.

● 7. Образование сернистой меди при взаимодействии растворов солей двувалентной меди с сероводородом можно дополнительно показать на следующем опыте.

Опыт. На листе бумаги (лучше светлосиней или голубоватой) сделать надпись или рисунок разбавленным раствором **серномедной соли** 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** (aqua hydrosulfurata). Проявляется отчетливая черная надпись (или рисунок) вследствие образования сернистой меди CuS .

○ 8. Соединения меди окрашивают пламя горелки в зеленоватый цвет.

Опыт. На петельке из **медной проволоки** внести в несветящее пламя **горелки** каплю раствора **азотномедной соли** $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (сиргум nitricum) или **хлорной меди** CuCl_2 (сиргум bichloratum). Пламя горелки окрашивается в зеленый цвет.

8. Алюминий.

○● 1. 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.

○● 2. 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 **азотнортутной соли** $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (hydrargyrum nitricum) (*Осторожно! Азотнортутная соль 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 над водой и опустить только-что приготовленный и насухо протертый **фильтровальной бумагой** амальгамированный алюминий. Тотчас же начинают появляться пузырьки водорода. Заткнуть пробирку пальцем (цилиндр закрыть ладонью) и опрокинуть в чашку с водой. За 20—30 мин. можно собрать 3—4 мл водорода. Поджечь водород горячей лучинкой.

Предложить учащимся написать равенства реакций.

○● 3. Алюминий вытесняет водород из растворов **серной и соляной кислот**. С азотной кислотой алюминий не реагирует благо-

даря 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.

○● 4. При взаимодействии алюминия с едкими щелочами выделяется водород и образуется соответствующий алюминат.

Опыт. Налить в чистую пробирку 2—3 мл **двунормального** раствора **едкого натра** NaOH (*natrium oxudatum hydricum*) или **едкого кали** KOH (*kalium oxudatum hydricum*). Опустить в пробирку 2—3 небольших кусочка **алюминиевой проволоки** (*aluminium metallicum in filis*) или жести.¹ Слегка нагреть пробирку и наблюдать происходящую реакцию. Испытать выделяющийся водород горящей **лучинкой**.

Написать равенство реакции.

○● 5. 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 — алюминаты, а при взаимодействии с кислотами образует соли алюминия.

Опыт. Взять в пробирку немного раствора **серноалюминиевой соли** $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (*aluminium sulfuricum*) и приливать к нему по каплям раствор **едкого натра** NaOH (*natrium oxudatum hydricum*) или **едкого кали** KOH (*kalium oxudatum hydricum*). Выпадает белый студенистый осадок гидрата окиси алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$. 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).

Написать равенства реакций.

○● 6. Серноалюминиевая соль $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 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 **серноалюминиевой соли** $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (*aluminium sulfuricum*) и **сернокалиевой соли** K_2SO_4 (*kalium sulfuricum*) и хорошо перемешать смесь **стеклянной палочкой**. Через 2—3 мин.

осаждается много мелких, но правильных кристаллов образовавшейся сернокалиевоалюминиевой соли или алюминиевых квасцов $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$.
Написать равенство реакции.

9. Хром.

○● 1. В лаборатории окись хрома Cr_2O_3 получается при разложении двуххромовоаммониевой соли $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Описание опыта см. выше (т. I, стр. 404).

○● 2. Гидрат окиси хрома $\text{Cr}(\text{OH})_3$ получается при взаимодействии солей окиси хрома с едкими щелочами. Гидрат окиси хрома соединяется 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 **сернохромовой соли** $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (*chromium sulfuricum*) и прилить понемногу раствора **едкого натра** NaOH (*natrium oxudatum hydricum*) или **едкого кали** KOH (*kalium oxudatum 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 темномалинового цвета, может быть получен при взаимодействии насыщенного раствора двуххромовокалиевой соли $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (хромпика) с концентрированной серной кислотой. Хромовый ангидрид является сильным окислителем.

Опыт. В чистую пробирку налить 1—2 мл насыщенного раствора **двуххромовокалиевой соли** $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (*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 темномалиновые кристаллы хромового ангидрида CrO_3 .

Поместить несколько кристалликов хромового ангидрида в **фарфоровую чашку** и уронить на них 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.

¹ С порошком алюминия эта реакция идет слишком бурно.

Опыт. В три чистые пробирки налить по 1—2 мл раствора хромовокалиевой соли K_2CrO_4 (kalium chromicum). В первую пробирку прилить немного раствора хлористого бария $BaCl_2$ (barium chloratum), во вторую — азотносвинцовой соли $Pb(NO_3)_2$ (plumbum nitricum) и в третью пробирку — азотносеребряной соли $AgNO_3$ (argentum nitricum). Выпадают осадки труднорастворимых солей: хромовобариевой соли $BaCrO_4$ (желтого цвета), хромовосвинцовой соли $PbCrO_4$ (желтого цвета) и хромовосеребряной соли Ag_2CrO_4 (темнокрасного цвета).

Написать равенства реакций.

○● 5. Двухромовокалиевая соль $K_2Cr_2O_7$ (или хромпик) является окислителем. Смесь двухромовокалиевой соли $K_2Cr_2O_7$ с серной кислотой H_2SO_4 , называемая хромовой смесью, применяется для окисления органических и неорганических веществ.

Опыт. К концентрированному раствору двухромовокалиевой соли $K_2Cr_2O_7$ (kalium bichromicum) прибавить немного разбавленной серной кислоты, несколько капель спирта C_2H_5OH (alcohol vini) и смесь нагреть. Цвет раствора делается зеленым, и чувствуется характерный запах уксусного альдегида C_2H_4O , образующегося при окислении этилового или винного спирта.

Написать равенство реакции.

○● 6. Предыдущий опыт можно видоизменить, взяв в качестве восстановителя сернистонатриевую соль Na_2SO_3 .

Опыт. В чистую пробирку налить 1—2 мл подкисленного серной кислотой раствора двухромовокалиевой соли $K_2Cr_2O_7$ (kalium bichromicum). Прилить 1—2 мл раствора сернистонатриевой соли Na_2SO_3 (natrium sulfurosium) и встряхнуть содержимое пробирки. Оранжевый цвет раствора переходит в зеленый или фиолетовый, вследствие образования сернохромовой соли $Cr_2(SO_4)_3$. Сернистонатриевая соль Na_2SO_3 окисляется в сернонатриевую соль Na_2SO_4 .

Написать равенство реакции.

○● 7. Двухромовокалиевую соль $K_2Cr_2O_7$ 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 потому удобна для получения хлора в небольших количествах. С прекращением нагревания выделение хлора прекращается.

Опыт. Налить в пробирку 1—2 мл концентрированного раствора двухромовокалиевой соли $K_2Cr_2O_7$ (kalium bichromicum), прилить 1 мл концентрированной соляной кислоты HCl (acidum hydrochloricum) и смесь нагреть.

Обратить внимание на запах выделяющегося хлора.

Окисление соляной кислоты двухромовокалиевой солью 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 двухромовой кислоты $H_2Cr_2O_7$ и обратно можно наблюдать на следующем опыте.

Опыт. В чистую пробирку налить 1—2 мл хромовокалиевой соли K_2CrO_4 (kalium chromicum). Прилить по каплям раствор серной кислоты до перехода желтого цвета раствора в красно-желтый (оранжевый) цвет, вследствие образования двухромовокалиевой соли $K_2Cr_2O_7$. Затем прилить по каплям раствор едкого кали KOH (kalium oxudatum hydricum) до перехода красно-желтого цвета раствора в желтый, вследствие образования хромовокалиевой соли K_2CrO_4 .

Удобно для сравнения цвета растворов иметь еще две пробирки — одну с раствором хромовокалиевой соли K_2CrO_4 , другую с раствором двухромовокалиевой соли $K_2Cr_2O_7$.

Написать равенства реакций.

○● 9. Соли хромовой и двухромовой кислот можно получить из окиси хрома Cr_2O_3 ¹ путем следующей реакции.

Опыт. Осторожно растереть по 0,25—0,5 г бертолетовой соли² $KClO_3$ (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, окрашенный в желтый цвет, вследствие образования хромовокалиевой соли K_2CrO_4 (или хромовонатриевой соли Na_2CrO_4).

Если к полученному желтому раствору хромовокалиевой соли K_2CrO_4 (или хромовонатриевой соли Na_2CrO_4) прилить серной кислоты H_2SO_4 , раствор принимает красно-желтую окраску (оранжевую), так как получается двухромовокалиевая соль $K_2Cr_2O_7$ (или двухромовонатриевая соль $Na_2Cr_2O_7$).

Раствор вылить в фиолетовую чашку и выпарить. Получаются кристаллы соли двухромовой кислоты.

Написать равенства реакций.

10. Марганец.

Металлический марганец может быть получен путем восстановления двуокиси марганца MnO_2 алюминием (см. стр. 452).

○● 1. Марганец легко вытесняет водород из кислот, образуя соли как двухвалентный металл.

¹ Окись хрома можно получить путем разложения двуххромоаммониевой соли $(NH_4)_2Cr_2O_7$ при нагревании (см. I, стр. 404).

² Бертолетову соль растереть осторожно (см. стр. 34—35).

Опыт. Налить в пробирку 2 мл раствора **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 горящей **лучинкой**. После окончания реакции отфильтровать раствор и выпарить в **фарфоровой чашке**. Получается бледнорозовый мелкокристаллический порошок — серномарганцовая соль $MnSO_4$ (или хлористый марганец $MnCl_2$).

Написать равенство реакции.

○● 2. Гидрат закиси марганца $Mn(OH)_2$ получается при взаимодействии растворов солей двувалентного марганца с едкими щелочами.

Опыт. Налить в пробирку 1—2 мл раствора **серномарганцовой соли** $MnSO_4$ (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 буреющий на воздухе, вследствие окисления с образованием нерастворимого темнубурого гидрата двуокиси марганца $Mn(OH)_4$.

Написать равенства реакций.

○● 3. При сплавлении двуокиси марганца MnO_2 с бертолетовой солью $KClO_3$ и с едкой щелочью получается соль марганцовой кислоты $HMnO_4$.

Опыт. Растереть отдельно по 0,25—0,5 г **бертолетовой соли** $KClO_3$ (kalium chloricum) (*растирать осторожно!* см. стр. 34—35), **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 марганцовистокалиевой соли K_2MnO_4 (или марганцовистонатриевой соли Na_2MnO_4). Прилить в раствор несколько капель **серной кислоты** H_2SO_4 . Зеленый цвет раствора переходит в малиновый вследствие образования марганцовокалиевой соли $KMnO_4$ (или марганцовонатриевой соли $NaMnO_4$).

Написать равенства реакций.

○● 4. Марганцовокалиевая соль $KMnO_4$ 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 марганцовокалиевой солью $KMnO_4$. Марганцовый ангидрид Mn_2O_7 вещество непрочное, являющееся сильным окислителем.

Опыт. В чистую **фарфоровую чашку** поместить небольшое количество мелкого порошка **марганцовокалиевой соли** $KMnO_4$

(kalium hypermanganicum). Получается темнозеленая жидкость — раствор марганцового ангидрида Mn_2O_7 в **серной кислоте**.

Уронить в чашку несколько капель **спирта** C_2H_5OH (alcohol vini) или эфира $(C_2H_5)_2O$ (aether sulfuricus). Вследствие **энергичного** окисления спирта происходит вспышка. Не следует брать для опыта много марганцовокалиевой соли $KMnO_4$, так как может произойти взрыв.

Написать равенства реакций.

○ 5. Непрочность марганцового ангидрида Mn_2O_7 можно показать на следующем опыте.

Опыт. На **кирпич** или асбестовый картон насыпать немного мелкого порошка **марганцовокалиевой соли** $KMnO_4$ (kalium hypermanganicum) и уронить на порошок из **пипетки** несколько капель концентрированной **серной кислоты** H_2SO_4 . Происходит бурная реакция с выделением темнубурых хлопьев двуокиси марганца MnO_2 — продукта разложения марганцового ангидрида.

Написать равенства реакций.

Опыт лучше производить под тягой.

○ 6. 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** C_2H_5OH (alcohol vini) так, чтобы образовался слой его в несколько сантиметров. Опустить в сосуд немного мелкого порошка **марганцовокалиевой соли** $KMnO_4$ (kalium hypermanganicum). Вскоре в месте соприкосновения спирта с серной кислотой начинается реакция окисления спирта и наблюдается сгорание его отдельными эффектными вспышками.

Написать равенство реакции.

○ 7. Соли марганцовой кислоты являются сильными окислителями, что можно показать на следующем опыте.

Опыт. Растереть **марганцовокалиевую соль** $KMnO_4$ (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** $C_3H_5(OH)_3$ (glycerinum). Благодаря быстрому окислению через 1—2 мин. происходит вспышка и глицерин сгорает.

○● 8. Зависимость окисления марганцовокалиевой солью от среды, в которой это окисление происходит, можно показать на следующих опытах.

Опыт а. Налить в чистую пробирку 2—3 мл **нейтрального** раствора **марганцовокалиевой соли** $KMnO_4$ (kalium hypermanganicum) и приливать понемногу, осторожно встряхивая пробирку, **двуно-**

мальный раствор **сернистонатриевой соли** Na_2SO_3 (*natrium sulfurosum*). Выпадает бурый осадок гидрата двуокиси марганца $\text{Mn}(\text{OH})_2$.

Написать равенство реакции.

Опыт б. Налить в чистую пробирку 2—3 мл раствора **марганцовокалиевой соли** KMnO_4 (*kalium hypermanganicum*), прилить равный объем дунормального раствора **едкого кали** KOH (*kalium oxudatum hydricum*) и добавлять, осторожно встряхивая пробирку, дунормальный раствор **сернистонатриевой соли** Na_2SO_3 (*natrium sulfurosum*) до появления зеленой окраски раствора вследствие образования марганцовистокалиевой соли K_2MnO_4 .

Написать равенство реакции.

Опыт в. Налить в чистую пробирку 2—3 мл раствора **марганцовокалиевой соли** KMnO_4 (*kalium hypermanganicum*), прилить двойной объем дунормальной **серной кислоты** H_2SO_4 (*acidum sulfuricum*) и добавлять, осторожно встряхивая пробирку, раствор **сернистонатриевой соли** Na_2SO_3 (*natrium sulfurosum*) до полного обесцвечивания раствора.

Написать равенство реакции.

О применении марганцовокалиевой соли для получения кислорода и хлора см. выше (соответственно стр. 39 и 171).

11. Железо.

○● 1. В свободном состоянии железо может быть получено путем восстановления из его соединений, например, сернистого железа FeS , окиси железа Fe_2O_3 и др., водородом. Наиболее просто и легко можно получить железо в чистом виде при разложении щавелевожелезной соли $\text{Fe}(\text{COO})_2$.

Опыт. В чистой и *сухой* пробирке нагреть на сильной горелке 1—2 г *сухой щавелевожелезной соли* $\text{Fe}(\text{COO})_2$ (*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. 347).

○● 2. 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 кусочки железа растворами **серной и соляной** кислот. Испытать выделяющийся водород горящей лучинкой. Соли — серножелезная соль закиси железа FeSO_4 и хлористое железо FeCl_2 остаются в растворе.

Написать равенства реакций.

○● 3. 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** FeSO_4 (*ferrum sulfuricum oxudatum*) 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 грязнозеленым и, наконец, краснобурым.

Написать равенства реакций.

○● 4. Углекислая соль закиси FeCO_3 не растворяется в воде. Ее можно осадить из растворов солей дувалентного железа растворами солей угольной кислоты и щелочных металлов.

Опыт. Налить в пробирку 2 мл свежеприготовленного раствора **железного купороса** FeSO_4 (*ferrum sulfuricum oxudatum cryst. rimum*) и прилить немного раствора **соды** Na_2CO_3 (*natrium carbonicum*) или **поташа** K_2CO_3 (*kalium carbonicum*). Выпадает белый осадок углекислой закисной соли FeCO_3 , который при длительном стоянии на воздухе постепенно темнеет, подвергаясь гидролизу.

Написать равенства реакций.

○● 5. 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 rimum*) и прилить немного **гидрата окиси аммония** NH_4OH (*ammonium causticum*) или **едкого натра** NaOH (*natrium oxudatum hydricum*). Немедленно выпадает студенистый краснобурый осадок гидрата окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Написать равенство реакции.

○● 6. Гидролиз солей железа удобно показать на следующем опыте. **Опыт.** Налить в пробирку 2 мл раствора **хлорного железа** FeCl_3 (*ferrum sesquichloratum rimum*) и прилить избыток раствора **соды** Na_2CO_3 (*natrium carbonicum*) или **поташа** K_2CO_3 (*kalium carbonicum*). Выпадает студенистый краснобурый осадок гидрата окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и выделяется углекислый газ CO_2 .

Написать равенство реакции.

○● 7. При взаимодействии роданистых солей с солями трехвалентного железа получается родановое железо $\text{Fe}(\text{CNS})_3$, растворы которого окрашены в характерный кровавокрасный 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 NH₄CNS (ammonium rhodanatum purum), подкисленного соляной кислотой, и прибавить по каплям слабый раствор хлорного железа FeCl₃ (ferrum sesquichloratum purum). Появляется яркое кровавокрасное окрашивание раствора вследствие образования роданового железа Fe(CNS)₃.

Написать равенство реакции.

○● 8. 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 FeCl₃ (ferrum sesquichloratum purum). Содержимое пробирки окрашивается в кровавокрасный цвет вследствие образования роданового железа Fe(CNS)₃.

Опыт можно сделать проще. На кусок фильтровальной бумаги, пропитанной разбавленным раствором хлорного железа FeCl₃ и высушенной при комнатной температуре, уронить каплю слюны. На бумаге появляется кровавокрасное пятно от образовавшегося роданового железа Fe(CNS)₃.

Исследования показали, что в слюне курильщиков роданистых солей содержится больше, чем в слюне некурящих.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Агар-агар 142
 Адсорбция углем 381, 385
 Азот 316
 — двуокись 284, 343, 352
 —, горение в кислороде 332
 — окись 351
 —, получение 323
 —, содержание в воздухе 316
 Азотистокалиевая соль 284
 Азотная кислота, действие на металлы 345—348
 — —, получение и свойства 334, 341
 — —, — путем окисления аммиака 338, 339
 Азотноаммониевая соль 355
 Азотнокадмиевая " 258
 Азотнокалиевая " 62, 64
 Азотномедная " 298
 Азотнортутная " 62
 Азотносвинцовая " 62
 Азотносеребряная " 63
 Алюминаты 65, 462
 Алюминий 451, 461
 — порошок 454
 —, соединение с бромом 455
 —, — с серой 454
 — хлористый 78
 Амальгама аммония 332
 — натрия 152, 332
 Аммиак 325
 —, горение в кислороде 328
 —, диффузия 96, 101
 —, образование при гниении белковых веществ 329
 —, получение и свойства 325
 —, соединение с хлористым водородом 101, 329
 Аммоний сернистый 385
 — хлористый 78, 327
 Амфотерные окислы 52
 Анализ мрамора 408
 Анализ объемный 71
 Ангидрид ванадиевый 280
 — мышьяковистый 374
 — мышьяковый 374
 — серный 269, 275
 — серный, α и β модификации 274

Ангидрид серый, получение контактным способом 269
 — сернистый 262
 — фосфорный 54
 — хромовый 54, 57
 Анилин 245
 Асбест платинированный 269
 Асбестовый картон 238, 270, 392
 Аспиратор 284, 295, 413
 Атомный вес 164
 — — олова 166
 — — свинца 166
 Ацетилен 392
 —, опасность 396
 —, получение 396
 Ацетиленистая медь 397

Б

Байков А. А. 444
 Баллон с углекислым газом 401
 Баллоны стальные для газов 44
 Банка лейденская 4, 5
 — парафинированная 243
 Баня водяная 112
 — глицериновая 239
 — песчаная 174
 Барий серноокислый 22
 — хлористый 62, 311
 Барометр 154, 156
 Бартеля лампа 85, 433
 Бекетов Н. Н. 451
 Беление хлором 186
 Белила свинцовые 79
 Белильные соли, получение 220
 „Белый мышьяк“ 374
 — фосфор, правила обращения 357
 Белый фосфор, сжигание 48, 184
 —, тушение 359
 —, хранение 357
 Бенгальские огни 224, 459
 Бензин, огнеопасность 82
 —, предосторожности 83
 Бензойная кислота 137
 Бензол 234
 Берлинская лазурь 143
 Бертелло, озонатор 147, 148

- Бертолетова соль 34, 465
 — —, взрыв с серой 224
 — —, — с фосфором 223
 — —, получение 222
 — —, свойства 223
 — —, ядовитость 33
 Болотный газ, получение 398
 Бомбы для сгущенных газов, см. баллон с углекислым газом
 — стальные 44
 Борнонатриевая соль 78
 Бритва безопасная 363
 Бром 95, 103, 226
 —, вытеснение хлором 228
 —, диффузия 95, 103
 —, обращение с ним 226
 —, получение 226
 —, растворение 228
 —, соединение с металлами 229, 455
 —, — с фосфором 223
 Бромистый водород, получение и свойства 230
 Бромная вода 227
 Б р у с о в 97
 Бумага лакмусная 74, 331, 332
 — оловянная 182
 — иодокрахмальная 149
 Б у н з е н, прибор для электролиза 3
 Б у н з е н, эвдиометр 3, 4
 Бузеновский клапан 211
 Бура 138
 Б у т к е в и ч Г. А. 307, 308, 309
 Бутылка каучуковая 241
 — парафиновая 241
 Бюретка 67, 157, 160
 — упрощенная 71
 Б ю х н е р, воронка 36
- В**
- Ванадат аммония 280
 Ванна для эвдиометра 6
 — пневматическая 351
 — электролитическая 200
 Вар 137
 Васильки 66
 Вата асбестовая 12, 270, 337
 — стеклянная 12
 В е р е щ а г и н П. В. 110, 114
 В е р х о в с к и й В. Н., бюретки 156
 —, озонатор 147
 В е с ы химико-технические 25, 30
 Веществ измельчение, правила 370, 396
 Взрыв гремучего газа 20
 — смеси водорода с хлором 194
 Взрыв смеси водорода с хлором при нагревании 194
 — — — под влиянием света 195
 В и к т о р о в А. Е. 457
 Вишня 66
 Вода бромная 227
 —, взаимодействие с известью 52
 —, — с фосфорным ангидридом 54
 —, — с хромовым ангидридом 54
 —, — с магнием 457
 —, — с натрием 457
 —, — с хлором 197
 —, —, —, весовой состав 3
 Вода гигроскопическая 28
 — дистиллированная 141
 — жавелевая 220
 — известковая 410, 458
 — катализатор 238
 —, кристаллизационная 122
 — лаборачкова 220
 —, разложение хлором 197
 — сельтерская 405
 — сероводородная 23, 256
 — содовая 407
 —, синтез в эвдиометре 3
 —, — по Дюма 12, 14
 — хлорная 172, 192, 228
 Водород в момент выделения 258
 —, восстановление окислов меди и свинца 25
 —, вытеснение из кислот металлами 456
 —, горение в хлоре 191
 —, диффузия 97
 —, зажигание 191
 —, испытание чистоты 191
 — мышьяковистый 374
 —, пламя в хлоре 194
 —, правила испытания чистоты 191
 —, собирание для испытания 191
 —, температура воспламенения 83
 — сернистый 250, 251, 253
 — сурьмянистый 377
 — фосфористый 370
 Водяная баня 112
 Водяное число 167
 Водяной газ, получение 413
 Возгонка бензойной кислоты 137
 Возгонка иода 136
 — нафталина 137
 Воздух, выделение из воды 115
 Волос конский, воспламенение в азотной кислоте 345
 Вольтова дуга 393
 Воронка Бюхнера 36
 Воспламенение горючей жидкости, правила тушения 83

- Выпаривание на водяной бане 112
 — раствора на стекле 68
 Выпрямитель алюминиевый 199
 Вязовский И. П. 270
- Г**
- Газовая горелка 417
 Газометр, наполнение кислородом 37
 —, правила обращения 38
 Газы, правила собирания в газометр 38
 Галогены, взаимное вытеснение 235
 Г е й - Л ю с с а к, башня 2 8, 303
 Г е й - Л ю с с а к, объемный закон 152
 Гидрат окиси бария 57
 — — меди 56, 459
 — — перекиси бария 21
 Гидролиз солей 77
 Гипосульфит 128
 Гипс 124
 —, гидратация 124
 —, растворимость в воде 107
 Глауберова соль 125
 Г л о в е р, башня 298, 302, 303
 Глицерин 126, 467
 Горелка ацетиленовая 396
 — газовая 417
 Горение 80
 — железа 82
 — свечи 420
 Г о р ш е ч н и к о в В. С. 35, 37
 Г о ф м а н, эвдиометр 8
 Горение свечи в хлоре 185
 Горючие сланцы 330
 Графики растворимости 110
 Гремуций газ 6, 18, 447
 — —, взрыв в пробирке 19
 Г р е м, закон 98
- Д**
- Двуокись азота 284, 343
 — —, взаимная диффузия с водородом 95
 — —, получение 352
 — марганца 34, 40, 42, 171, 227, 236, 465
 — —, каталитическое действие 23, 35
 — свинца, восстановление 29
 — углерода жидкая 405
 — — твердая 405
 Двухромовоаммониевая соль, разложение 463
 Двухромовокалиевая соль 104, 174, 463
 — —, диффузия 104
 Диализ 143, 432
 Диализатор 432
 Диафрагма картонная 143
 Диссоциация термическая водяного пара 18
 — — нашатыря 331
 Диффузия 95
 Диффузия в жидкостях 102
 — газов, скорость 95—102
 Дрексель, склянка 163
 Дрентельн 116
 Д э в и, лампа 86, 88, 90
 Д ю л о н г и П т и, закон 166
 Д ю м а, синтез воды 12, 14
 Дятлова О. Н. 40
- Е**
- Едкий барит 22
 — —, свойства 53
 Едкое кали 53, 457
 — —, свойства 53
 Едкий натр 53, 55, 65, 75, 203, 457
 — —, свойства 53
 Ежевика 66
- Ж**
- Жавелевая вода 220
 Желатина 143
 Железный колчедан 269
 Железный купорос 59, 124
 Железо 468
 —, вытеснение медью 58
 —, горение в кислороде 45
 —, — в хлоре 183, 188, 190, 193
 —, окись 53, 270
 — пиррофорное 468
 — порошковатое 46
 — сернистое 251
 — родановое 469
 —, соединение с серой 454
 Желтая соль 143
 Жженая магнезия 406
- З**
- Зажигание водорода, правила 27, 191
 Закись азота, получение 355
 — — меди 25
 — —, приготовление 25
 — ртути 149
 Закон кратных отношений 21
 — постоянства состава 31
 Запаянные стеклянные трубки 152
 Затвор гидравлический 303
 Звонковая проволока 141
 Золото 348

Медицинские средства 170, 360
 Медный купорос 58, 60, 456
 —, диффузия 104
 —, гидратация 122
 —, обезвоженный 124
 —, процентное содержание кристаллизационной воды 124
 Медь 259, 347, 437, 438, 439, 440, 444, 455, 456, 459
 — ацегиленистая 397
 — восстановленная 13
 —, вытеснение железом 53
 —, вытеснение ртути 61
 —, — цинком 60
 —, горение в хлоре 181
 —, окисление в струе кислорода 50
 — полухлористая 397
 — сернистая 367
 —, восстановление водородом 367
 —, соединение с серой 454
 —, стружки 253, 293, 309, 345
 — чистая 30
 —, эквивалент по кислороду 166
 Менделеевская замазка 11, 207, 390
 Мениск 68
 Метакремниевая кислота 430
 —, ее соли 430, 431
 Мегафосфорносеребряная соль 371
 Метилоранж 66
 Метроном 99
 Модель завода соляной кислоты 216, 217
 — форсунки 426
 Молекулярный вес, определение 146, 154
 Мрамор 75, 400
 Муравьинонатриевая соль 410
 Мыла раствор 139
 —, приготовление 139
 Мытье посуды 174, 245
 Мышьяк 357, 374
 —, возгонка и горение 374
 Мышьяковистый ангидрид 141, 374
 — водород 374
 —, получение и разложение 374
 Мышьяковый ангидрид 374

Н.

Нагревание пробирки 28, 117
 — тонкостенной химической посуды 325
 Наждак 217, 300
 Насадка для пламени сероводорода 252
 Насадка для плоского пламени „бабочка“ 390

Насос водоструйный 281
 — водяной 284
 — разрезающий 117, 303
 Натрий иодистый 236, 238
 — сернистый 252
 —, горение в кислороде 46
 —, — в хлоре 184, 191
 —, зажигание 47
 —, очистка 47
 —, сплав с калием 442
 —, хранение 442
 Нафталин 137
 —, очистка 137
 Нашатырь, возгонка 33
 —, термическая диссоциация 331
 Нейтрализация реакция 65
 Несчастные случаи 82, 360
 Н и к и т и н 125
 Никелевый купорос, диффузия 104
 Нитроза 302

О

Обесцвечивание сернистым газом 267
 — — — фуксина 268
 — — — цветов 267
 — хлором 186
 Осмена реакция 62, 63
 Образование кристаллов 130
 — — при химических реакциях 132
 — — — застывании расплавленных веществ 133
 Обращение с фосфором 357
 Обращенное пламя 419
 Огнетушитель 404
 Огни бенгальские 224, 459
 Ожигание сернистого газа 259, 260
 — двуокиси азота 353
 Ожог 360
 Озон 146
 —, вытеснение иода из иодистого калия 149
 —, образование при химических реакциях 151
 —, окисление индиго 148
 —, — каучука 149
 —, — ртути 149
 —, получение 146
 —, разложение при нагревании 150
 —, растворение в воде 148
 Озонатор 146
 — Бертелло 148
 — Верховского 147
 — Сименса 148
 Окисление 80
 — сернистой кислоты 266
 — аммиака 333
 — белильной известью 221

Окисление алюминия 461
 Окислы 52
 — амфотерные 63, 65
 — нерастворимые в воде 53
 — основные 52
 Окись азота получение 351
 — алюминия 53
 — железа 53
 —, каталитическое действие 270
 — магния 55
 — меди 12, 14, 55
 —, восстановление водородом 25
 — свинца 29, 65
 —, восстановление 29
 — серебра 24, 41
 — углерода, восстановитель 415
 —, получение 409
 — цинка 55
 Оленовая кислота 55
 Олеинонатриевая соль 55
 Олово 63, 345, 437, 439, 440
 —, горение в хлоре 182
 —, кристаллизация 136
 Оловянная бумага 190, 194
 — фольга 182, 346
 Ома формула 393
 Опасность опытов 303
 Опилки железные 58
 Опыт Пелиго 127
 Ортофосфорнокальциевая соль 373
 Осмос 95
 Осмотическое давление 105
 Остатки запасных веществ 358, 370, 377
 Отжавель 220
 Охладительные смеси 120, 121, 259, 353
 Охлаждение пламени свечи 424

П

Пары металлов 435
 Парафин 21, 26, 240
 —, воспламенение 82
 Парменов К. Я. 145, 147
 Пары иода 235
 Пассивность железа 347
 Пелиго, опыт 127
 Пемза 288, 290, 294, 293
 Перекись бария 21
 — водорода 21
 —, беление волоса 24
 —, восстановительные свойства 24
 —, кислотные свойства 24
 —, окисление индиго 24
 —, — иодистого водорода 24
 —, — сернистого свинца 23

Перекись водорода, получение 21
 —, разложение нагреванием 22
 —, — под влиянием катализатора 23
 —, свойства 22
 —, хранение 21
 Пересыщенные растворы 125
 Перманганат калия 49
 Петров 10
 Пипетка, замена трубочкой 193
 Пирит, обжигание 263, 291
 Пирогаллол 320
 Плавиковая кислота 240
 Пламя водорода в хлоре 194
 — восстановительное 425
 — обращенное 419
 — окислительное 425
 —, светимость и температура 422
 —, строение 417, 420, 421
 Пластилин 314
 Платина, каталитическое действие 270
 — хлорная 269
 Плумбаты 65
 Плумбиты 65
 Поваренная соль, получение нейтрализацией едкого натра 68, 70, 72, 74
 —, растворимость 107
 Пожар в помещении, причины 353
 Поправка на высоту уровня жидкости 157
 Порошок угольный 310, 349, 386
 Порох черный, вспышка в углекислом газе 349
 — как смесь 349
 Поршень к стеклянной трубке 118
 Поталь, горение в хлоре 181
 Правила по технике безопасности 27
 — при нюхании веществ 190
 — работе с аммиачным раствором окиси серебра 397
 — — с бромом 226
 — — с горючими газами 27, 392
 — — с жидкостями 80, 82, 91, 404
 — — с источниками тока 146, 332
 — — с калием и натрием 46
 — — с ядовитыми и едкими веществами 34, 49, 81, 91, 171, 357, 370, 374
 Предохранительная трубка с сеткой 86
 Предохранительное стекло 195
 Прибор водородный 12, 14, 191, 251
 — для получения водорода 12, 14, 251

Прибор для получения водорода простейший 191
 — — — — — собирания серного ангидрида 276
 — — — — — электролиза воды 448
 — Марша 375
 Приборы автоматические для получения водорода 12, 14
 Принцип противотока 215
 Промывные склянки 12, 14, 178, 281, 293, 311
 Противогаз 383
 —, иллюстрация действия 383, 384
 Противопожарные меры 358
 Противодия 49, 170
 Проявитель 219, 320
 Пульверизатор 298, 426
 — простейший 426
 Пурген 66
 Пылевая камера 298

Р

Разбавление концентрированной серной кислоты 306
 Разбивание кусков карбида кальция 396
 — — — — — фосфористого кальция 370
 Разламывание стеклянной трубки, предосторожности 371
 Разложение двуххромовоаммониевой соли 463
 — углемедной соли 25
 Разумовский 278, 280
 Раствор грамммолекулярный 74
 — граммэквивалентный 74
 — иода 234
 — молярный 74
 — мыла 139
 — нормальный 74
 Растворение газов в воде 257
 —, понижение и повышение температуры 119
 Растворимость газов в жидкостях 115
 — жидкостей в жидкостях 113
 —, зависимость от температуры 107
 — твердых веществ в воде 107
 Растворы коллоидные, получение 138
 — — — — — свойства 142
 — пересыщенные 125
 Рвотный камень 142
 Реактив на соляную кислоту и ее соли 219
 Реакция нейтрализации 65
 — обмена между солями 62
 — — — — — солью и кислотой 63
 — соединения с серой алюминия 454

Реакция соединения с серой железа 454
 — — — — — меди 454
 — — — — — цинка 454
 Рейнбольдт 291
 Реторта свинцовая 242
 Роза, обесцвечивание сернистым газом 267
 Ртуть 6
 —, вытеснение медью 61
 —, вытеснение серебром 61
 —, диффузия через свинец 105
 Румкорф, спираль 10, 311

С

Сажа 385
 — голландская 145
 Самовозгорание свечи 93
 Сандал синий 187
 Сатурново дерево 60
 Сахар 25, 308
 —, обуливание 309
 Сахароза 25
 Сверление стекла 216, 298
 Светильный газ 86
 — — — — — взрыв с воздухом 87
 — — — — — воспламенение 80
 Светимость пламени 422
 Свеча, горение в кислороде 44
 — — — — — в хлоре 185, 188, 192
 —, самовозгорание 93
 Свинец 436, 437, 439, 440, 441
 —, вытеснение цинком 60, 61
 —, кристаллизация 136
 — сернистый 259
 — хлористый 450
 Сегнетова соль 25
 Сен-Клер-Девиль, прибор 12, 100
 Селитра 42, 109
 — калиевая 110
 —, растворимость 109
 Сера 244
 —, горение в кислороде 45
 — кристаллическая 30
 —, кристаллы 244
 —, перегонка 248
 —, плавление 246
 — пластическая 246, 247
 — порошком 286
 — призматическая 134
 —, раствор в спирте 138
 — ромбическая 135
 —, сжигание 31
 —, соединение с водородом 250
 — сублимированная 248
 — черенковая 245, 246

Серебро ацетиленистое 397
 —, вытеснение ртутью 61
 — иодистое 240
 — хлористое 62, 219
 Серная кислота, получение камерным способом 282
 — — — — — контактным способом 281
 — — — — — разбавление 306
 Сернистое железо 258
 Сернистонатриевая соль 265
 Сернистые металлы, получение 258
 Сернистый ангидрид 262
 — водород 250, 251, 253, 255
 — газ 253, 259
 — — — — — белиние шелка 268
 — — — — — диффузия 96
 — — — — —, получение 259, 269
 — — — — — окислением серы 266
 — — — — —, растворение в воде 265
 — — — — —, свойства 266
 — — — — —, сжижение 261
 — — — — —, установление формулы 31
 — — — — — углерод 80, 91, 93, 228, 234
 Серноалюминиевая соль 62, 77, 462
 Сернобариевая соль 22, 63
 — — — — —, растворимость 107
 Сернокадмиевая соль 64
 Сернокалиевая „ 132
 Сернокальциевая „ растворимость 107
 Серномагнезиевая соль 63
 Серномарганцовая „ 256
 Серномедная „ 63
 Сернонатриевая „ 51, 78, 124, 125
 Сернониккелевая „ 63
 Сернохромовая „ 64, 463
 Серноцинковая „ 62, 64, 256
 Серный ангидрид 269
 — цвет 249
 Сероводород 251
 —, взаимодействие с сернистым газом 253, 255
 —, горение 252
 Сероуглерод 80, 91, 93, 228, 234
 —, воспламенение 80
 —, предосторожности 80
 Сетка латунная 85
 — медная 85, 89
 — — — — — для предупреждения взрыва 86, 338
 Силин С. Ф. 40, 281, 370, 443, 457
 Сименс, озонатор 148
 Симпатические чернила 308
 Синдетикон 131
 Синтез воды по Дюма 12, 14
 Скипидар 84, 192, 194, 423
 —, горение в хлоре 185

Склянки для сжигания в кислороде 42
 Сланцы горючие 390
 Слюда 137
 Смеси окислители 358
 — охладительные 120, 121, 259, 353
 Смесь хромовая 358
 Собрание газа в газометр 37
 — — — — — над водой 41
 Сода 40
 Соли 52
 — двойные 75
 — кислые 75
 — основные 75
 — угольной кислоты 407
 Соляная кислота, см. кислота соляная
 Сольваты 234
 Спасский Л. Г. 66
 Спирт амилловый 84
 — нашатырный 339
 Спиртовая лампочка 85, 423
 Сплав олова со свинцом 442
 — — — — —, получение 442
 Стальные баллоны 44
 Станиоль 182
 Стеарин 55
 Стекло предохранительное 195, 196
 —, сверление 216, 298
 — свинцовое, получение 65, 433
 Строение пламени 420
 — — — — — свечи 420
 — — — — — спиртовой лампы 421
 Субботин Б. И. 81, 93, 227, 229, 410
 Сурик 30, 42
 Сурьма 182, 188, 191, 376, 377, 437, 439
 —, восстановление водородом 377
 —, горение в хлоре 182, 188, 191
 —, плавление и сжигание 376
 — сернистая 35
 —, свойства 376
 —, соединение с бромом 229
 — треххлористая 182, 256
 — пятихлористая 182
 — трехокись 377
 —, хрупкость 377, 439
 Сурьмянистый водород 377
 Сурьмяное зеркало 377
 Суспензии 138
 Суспензия глины 138
 — мела 138
 — серы 138
 — талька 138
 Сухая перегонка дерева 378
 — — — — — каменного угля 387
 — — — — — горючих сланцев 390

Т
 Тальк 138
 Танин 141
 Теклу, горелка 417
 Температура воспламенения 83
 — — фосфора 83
 Тепловой эффект реакции 330
 Термическая диссоциация водяного пара 18, 19
 — — нашатыря 331
 Термоскоп 119, 121, 330
 Тигель графитовый 393
 Тиндаль, явление 143
 Тиосернонатриевая соль 127
 Тиосульфат натрия 127, 226
 Тушение пожара 404
 Титр 71
 Толуол 244
 Топливо, сжигание 426
 Третник 443
 Трубка латунная 217, 298
 — шариком 13, 27, 293, 262, 281
 — предохранительная с сеткой 83
 — тугоплавкая 375
 Трубки измерительные 157
 — Марша 375
 — Отто 375
 — с двуокисью азота 354
 — с — —, запаивание 375
 Тяга в вытяжном шкафу 176

У
 Углеаммониевая соль 78
 Углекальциевая соль 78
 Углекальциевая соль кислая 75, 407
 Углекислый газ, восстановление углем 410
 — —, диффузия 404
 — —, наполнение сосудов 401
 — —, определение молекулярного веса 154
 — —, переливание 402, 403
 — —, получение 400, 401
 — —, растворение в воде 405
 — —, — — под давлением 118
 — —, свойства 401
 — —, тушение бензина 404
 Углемедная соль 25
 — —, получение 79
 — —, разложение 25
 Угленатриевая соль 62, 75, 78, 79, 457
 — — кислая 75, 458
 Углерод 373

Углерод четыреххлористый 92, 93, 228, 234
 Уголь 380
 —, адсорбция растворенных веществ 385
 — восстановитель 385, 386
 —, горение в кислороде 44
 —, поглощение газов 381
 — древесный, свойства 381
 Угольная кислота, непрочность 405
 Угольный ангидрид жидкий 405
 — — твердый 405
 Удельная теплоемкость 166
 — — воды 167
 — — металла 153
 — — стекла 168
 Уксусонатриевая соль 78, 126, 127, 338
 Уксусосвинцовая „ 60, 66, 253, 456
 — — основная 79
 Уменьшение объема воздуха при горении свечи 319
 Условия для производства опытов 34, 49, 91, 170, 226, 357, 374
 Утюг 182, 374, 376, 439

Ф
 Фенол 115
 Фенолфталеин 65
 Фиалки 66
 Фильтр адсорбционный 385
 Флотация 312
 — пенная 314
 Флуоресценция 103
 —, диффузия 103
 Фольга золотая 348
 — оловянная 182, 346
 Фонарь проекционный 143
 — с синим стеклом 176
 Формалин 141
 Форсулка модель 423, 427
 Фосфор 48, 43, 91, 223, 353
 —, воспламенение 81
 —, горение в х-оре 184
 —, изменение объема воздуха при сжигании в закрытом сосуде 316, 318
 —, раствор в сероуглероде 91, 93
 —, самовоспламенение 91
 —, хранение и обращение 81, 357
 — белый, горение в кислороде 48
 — —, получение 361
 — —, правила обращения 81, 357
 — —, превращение в красный 367
 — —, свойства 364

Фосфор белый, температура воспламенения 83, 369
 — красный, сжигание в кислороде 49
 — —, — в хлоре 184, 191, 194
 — —, превращение в белый 368
 Фосфористый водород 370
 — —, самовоспламенение 370
 — кальций 370
 Фосфорный ангидрид 54, 371
 Фотографический проявитель 219, 320
 Фтористый водород 240
 — —, действие на стекло 240
 Фуксин 266

Х

Хвосты флотационные 312
 Химические формулы, нахождение 21
 Хлор 170
 —, белиение 186
 —, взрыв смеси с водородом 194
 —, выпускание избытка за окно 178
 —, демонстрация опытов 180
 —, лабораторные опыты 189
 —, наполнение сосудов 175
 —, обращение с ним 175
 —, получение электролизом поваренной соли 198
 —, способы получения 171
 Хлористый водород, объемный состав 152
 — —, опыт с фонтаном 207
 — —, получение 204
 — —, растворение в воде 208, 213
 — —, свойства 204
 — —, соединение с аммиаком 330
 — нитрозил 348
 Хлорная вода 172, 192, 228, 236
 — медь, разложение 445
 Хлорноватокалиевая соль, см. бертолетова соль
 Хлорнокальциевая соль 34
 Хлороформ 228, 234
 Хромиты 65, 463
 Хромовая смесь 353
 Хромовокалиевая соль 62, 464
 Хромовый ангидрид 54, 57, 463
 Хроматы 65

Ц

Царская водка 348
 Целлариусы 216
 Целлофан 106

1/31 В. П. Верховский, г. П.

Целлулоид, воспламенение 80
 Цианин 66
 Цилиндр пористый 97
 Цинк 60
 —, твердость 439
 —, порошок 454
 —, хлористый 78, 445
 —, вытеснение меди 60
 —, — свинца 60
 —, окись 55, 454
 —, соединение с иодом 455
 —, соединение с серой 454
 Цинковая пыль 455
 Цинкаты 65

Ч

Чашечка из асбестового картона 46
 — из мела 46, 184
 Чашка свинцовая 280
 Черная смородина 66
 Черника 66
 Чернила, образование 143
 — „симпатические“ 308
 Черный порошок 349
 Четыреххлористый углерод 228, 234

Ш

Шелк, белиение 268
 Шеллак 131
 Шмарков в Г. Е. 280, 297, 339
 Штативы для бюрежек простейшие 67

Щ

Щелочь едкая 71

Э

Эвдиометр 3, 4, 8, 9, 11
 — школьный 6
 Эквивалент 146
 — магния 155
 — меди 166
 Эквивалент олова 164
 — цинка 135
 Эксикатор 26, 30
 Электрическая машина 5
 Электрическое распыление металлов 140
 Электроды графитовые 394
 — железные 199
 — жестяные 200
 — медные 258
 — плагинные 446

Электроды сурьмяные 377	Эфир 113
— угольные 199, 200, 201, 203, 223, 258, 377, 394	—, правила обращения 113
Электролиз 199—203, 445	Я
— с U-образной трубкой 199, 448	Явление Тиндаля 143
— поваренной соли 198	Яды 36, 170, 226, 241, 357, 370, 374
— хлористого свинца 450	Якобсон 319, 378
— — цинка 447	Ящик для наблюдения 144
Эмульсии 138, 139	

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Часть первая.

I. Весовой состав воды.

1. Синтез воды в эвдиометре	3
2. Синтез воды по Дюма (качественный опыт)	12
3. Синтез воды по Дюма (количественный опыт)	14
4. Термическая диссоциация водяного пара	18

II. Перекись водорода. Закон кратных отношений. Нахождение химических формул.

1. Получение перекиси водорода	21
2. Свойства перекиси водорода	22
3. Восстановление различных окислов меди и свинца водородом	25
4. Установление химической формулы соединения меди с серой	30
5. Сжигание серы и установление формулы полученного сернистого газа	31

III. Кислород.

1. Получение кислорода	34
2. Сжигание различных веществ в кислороде	42
3. Окисление меди в струе кислорода	50
4. Белящее действие кислорода в момент выделения	51

IV. Окислы, кислоты, соли.

1. Основные окислы	52
2. Реакции между кислотными окислами и водой	54
3. Реакции между окислами металлов и кислотами	54
4. Реакции между гидратами окислов металлов и кислотами	55
5. Взаимодействие ангидридов кислот с гидратами окислов металлов	56
6. Вытеснение металлов друг другом	58
7. Реакции обмена	62
8. Соединение двух безводных окислов	65
9. Реакция нейтрализации	65
10. Кислые, двойные и основные соли	75

V. Горение и окисление.

1. Воспламенение различных веществ	80
2. Зависимость воспламеняемости вещества от степени его раздробления	81

3. Огнеопасность бензина	82
4. Температура воспламенения	83
5. Лампа Дэви	86
6. Самовоспламенение фосфора	91

VI. Диффузия. Растворы.

1. Диффузия и осмос	95
2. Растворимость твердых веществ в воде	107
3. Растворимость жидкостей в жидкостях	113
4. Растворимость газов в жидкостях	115
5. Понижение и повышение температуры при растворении различных веществ	119
6. Кристаллизационная вода	122
7. Пересыщенные растворы	125

VII. Кристаллы.

1. Образование кристаллов	130
2. Спайность кристаллов	137

VIII. Коллоидные растворы.

1. Получение коллоидных растворов	138
2. Свойства коллоидных растворов	142

IX. Озон, молекулярный вес, эквивалент, атомный вес.

1. Получение и свойства озона	146
2. Образование озона при химических реакциях	151
3. Объемный состав хлористого водорода	152
4. Определение молекулярного веса углекислого газа	154
5. Определение химических эквивалентов цинка и магния	155
6. Определение химического эквивалента олова по кислороду	164
7. Определение химического эквивалента свинца по цинку	165
8. Определение химического эквивалента меди по кислороду	166
9. Закон Дюлонга и Пти. Определение атомного веса олова или свинца	166

Часть вторая.

X. Хлор.

1. Обращение с хлором	170
2. Способы получения хлора и наполнение им сосудов	171
3. Демонстрация различных опытов с хлором	180

4. Лабораторные опыты с хлором	189
5. Взрыв смеси хлора с водородом	194
6. Разложение воды хлором под влиянием света	197
7. Получение хлора электролизом раствора поваренной соли	198
8. Получение и свойства хлористого водорода	204
9. Получение соляной кислоты	214
10. Реакции соляной кислоты	218
11. Получение белильных солей	220
12. Получение хлорной (белильной) извести	221
13. Окисляющее действие хлорной извести	221
14. Получение бертолетовой соли	222
15. Свойства бертолетовой соли	223

XI. Бром, иод, фтор.

1. Бром, его получение и свойства	226
2. Бромистый водород и его свойства	230
3. Иод и его свойства	233
4. Иодистый водород	233
5. Фтористый водород и плавиковая кислота	240

XII. Сера.

1. Кристаллы серы	244
2. Плавление серы и получение пластической серы	246
3. Перегонка серы	248
4. Образование сероводорода при соединении серы с водородом	250
5. Получение сероводорода. Опыты с сероводородом	251
6. Восстановление сернистой меди водородом в момент выделения	258
7. Получение сернистого газа, растворение его в воде и сжижение	259
8. Свойства сернистого газа и сернистой кислоты	266
9. Обжигание пирита	269
10. Получение серного ангидрида контактным способом. Свойства серного ангидрида	269
11. Получение серной кислоты камерным способом	282
12. Получение серной кислоты прокаливанием железного купороса	304
13. Свойства серной кислоты	305
14. Опыт, демонстрирующий действие аппарата Коттреля	311
15. Флотация	312

XIII. Азот.

1. Содержание азота в воздухе	316
2. Получение азота	323
3. Получение аммиака и растворение его в воде	325
4. Горение аммиака в кислороде	328

5. Образование аммиака при гниении белковых веществ	329
6. Соли аммония	—
7. Возгонка и термическая диссоциация нашатыря	331
8. Амальгама аммония	332
9. Получение окислов азота из воздуха	—
10. Получение азотной кислоты	334
11. Свойства азотной кислоты	341
12. Соли азотной кислоты	348
13. Получение окиси азота	351
14. Получение и свойства двуокиси азота	352
15. Получение закиси азота	355

XIV. Фосфор, мышьяк, сурьма.

1. Хранение фосфора и обращение с ним	357
2. Получение небольших количеств белого фосфора для опытов	361
3. Физические свойства белого фосфора	364
4. Переход белого фосфора в красный и красного в белый	367
5. Температура воспламенения белого и красного фосфора	369
6. Самовоспламенение фосфористого водорода	370
7. Получение фосфористого кальция	370
8. Фосфорный ангидрид и фосфорные кислоты	371
9. Возгонка и горение мышьяка	374
10. Получение и разложение мышьяковистого водорода	374
11. Свойства сурьмы	376
12. Восстановление сурьмы и ее соединений водородом в момент выделения	377

Часть третья.

XV. Углерод.

1. Сухая перегонка дерева	378
2. Свойства древесного угля	381
3. Сухая перегонка каменного угля	387
4. Сухая перегонка горючих сланцев	390
5. Получение карбида кальция	392
6. Получение ацетилена действием воды на продажный карбид кальция и опыты с ацетиленом	396
7. Получение болотного газа	398
8. Получение углекислого газа действием кислот на соли угольной кислоты	400
9. Свойства углекислого газа	401
10. Соли угольной кислоты	407
11. Получение окиси углерода	409
12. Окись углерода как восстановитель	415
13. Строение пламени газовой горелки	417

14. Обращенное пламя светильного газа	419
15. Строение пламени свечи	420
16. Строение пламени спиртовой лампы	421
17. Светимость и температура пламени	422
18. Сжигание жидкого и распыленного твердого топлива	426

XVI. Кремний.

1. Получение аморфного кремния и водородистого кремния	428
2. Метакремниевая кислота и ее соли	430

XVII. Металлы.

1. Некоторые физические свойства металлов	435
2. Сплавы	441
3. Электролиз	445
4. Восстановление окислов металлов алюминием	451
5. Химические свойства металлов	453
6. Щелочные и щелочно-земельные металлы	457
7. Медь	459
8. Алюминий	461
9. Хром	463
10. Марганец	465
11. Железо	468
Алфавитный указатель	471

Редактор А. Н. Коковин
Техн. редактор М. Е. Зендель
Корректор А. А. Морозова

Подписано к печати 7/II 1949 г. М-03071.
Печ. л. 30½. Уч.-изд. л. 34,95

Отпечатано в тип. Н-12 с матриц 2-й типографии
„Печатный Двор“ им. А. М. Горького треста
„Полиграфкинга“ ОГИЗа при Совете Мини-
стров СССР. Ленинград, Гатчинская, 26.

Цена 13 р. 25 к.

10 10