

В. А. ЗИБЕР

ЗАДАЧИ-ОПЫТЫ
ПО
ФИЗИКЕ



УЧПЕДГИЗ
1953

В. А. ЗИБЕР

ЗАДАЧИ-ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ
СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Под редакцией
К. Н. ЕЛИЗАРОВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
МОСКВА 1953 ЛЕНИНГРАД



Scan AAW

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повышения качества знаний учащихся по физике разрешается в средней школе различными путями, в частности, усилением экспериментальной стороны преподавания, организацией самостоятельной работы учащихся. Этим целям прекрасно служат экспериментальные задачи, решение которых находится опытным путем.

Вместе с тем задачи-опыты, содействуя овладению учащимися практически полезными навыками, способствуют выполнению школой директив XIX съезда КПСС о политехнизации обучения в средней школе.

Характерной особенностью задач-опытов являются выставленные для учащихся простые физические приборы, предметы и материалы, собранные или не собранные в экспериментальную установку, причем в последнем случае сами ученики осуществляют сборку нужной для задачи установки.

От учащихся требуется не только теоретическое, но и опытное решение задачи. В условии некоторых задач ставится вопрос только об опытном решении, однако, при этом учащимся говорится и подчеркивается, что решение любой задачи-опыта требует обязательного объяснения тех физических явлений и законов, которые связаны с ней и ее решением.

Задача-опыт дает возможность ученику проявить в той или иной мере свою творческую самостоятельность и причает его при решении конкретных вопросов исходить из неразрывной связи теории с опытом. Вследствие этой связи весь ход решения задачи и его физический смысл приобретают особую ясность для

учащихся. В итоге задачи-опыты способствуют углублению и закреплению физических знаний учащихся, возбуждают их интерес к физическим явлениям, дают дополнительные навыки, в частности, такие, которые необходимы для подготовки учащихся к практической деятельности. Задачи-опыты, несомненно, воспитывают чувство самостоятельности, развивают инициативу, особенно в проведении опыта, т. е. в конечном счете закладывают семена практического изобретательства. В этом смысле многие задачи-опыты идут навстречу присущей большинству подростков склонности к строительству, их врожденной любви созидать что-то новое, их неизменному интересу к работе с вещью.

Некоторые задачи-опыты, из числа содержащихся в настоящем сборнике, с успехом могут быть использованы на уроках физики, в целом же они могут быть особенно полезны в работе кружка по физике в плане внеклассных занятий. Решение учащимися задач-опытов может идти следующим путем.

1. Учащиеся знакомятся с экспериментальной установкой. Если нужно, делается чертеж, записываются условия задачи, а в необходимых случаях и дополнительные вопросы к ней.

2. Устанавливается физическая сущность явления, закона, которому оно подчиняется. Намечается путь опытного решения задачи.

3. Осуществляется опытное решение задачи и определяются нужные вычисления, если они предусмотрены данной задачей.

4. Полученные результаты обсуждаются всеми участниками решения задачи.

Задачи легкие, с простым экспериментом, могут быть решены и обсуждены на одном занятии кружка. Осуществление опытного решения более сложных и трудных задач может потребовать от учащихся более длительной подготовки. В этих случаях целесообразно решение задачи и обсуждение его отнести на следующее занятие кружка.

Вообще, следует организацию решения задач варьировать в соответствии с характером каждой данной задачи и особенностями работающей группы учащихся.

Каждая задача имеет название, соответствующее ее основной теме. Название задачи позволяет преподава-

телю, не читая текста самой задачи, получить предварительное представление о ней. Название задачи во многих случаях является ответом на вопрос задачи или, во всяком случае, подсказывает путь к ее решению, благодаря чему сокращается материал, излагаемый в разделе втором.

Название задачи, которое подсказывает ее решение или определяет раздел физики, к которому она относится, не должно быть известно учащимся. В тех случаях, когда название задачи не дает учащемуся дополнительных указаний к тем, которые содержатся в условиях задачи, оно может быть доведено до сведения ученика. Это всегда усиливает интерес к задаче, фиксируя мысль на основном поставленном в ней вопросе.

Экспериментальная установка дается в руки учащихся только после того, как преподаватель получил с ее помощью вполне четкие и устойчивые результаты.

Не все учащиеся могут одинаково успешно решить задачу, во всяком случае одни решат ее раньше, другие позже. Было бы неверно считать, что данной группе учащихся можно предлагать задачи, рассчитанные на среднего ученика. Наоборот, если задача интересна большинству, то успехи сильных товарищей в ее решении могут благоприятствовать развитию соревнования всего коллектива.

Если учащимся не удастся самостоятельно найти путь к решению задачи, то преподаватель может подсказать им физическую сущность решения или его первый этап, или напомнить учащимся физическое явление, близкое или аналогичное тому, которое связано с решением задачи, или, наконец, указать на литературу (учебник, задачник, журнал и т. п.), в которой можно найти описание явлений, связанных с решением задачи. Во всяком случае, надо сначала испытать прием наведения на мысль о способе, с помощью которого можно решить задачу, и только, если прием окажется неудачным, решить самому преподавателю. Следует учесть способности и особенности учащихся, чтобы иметь уверенность в том, что предлагаемая задача окажется по силам если не всем, то некоторым ученикам. Однако то обстоятельство, что учащиеся в отдельных случаях не смогут самостоятельно решить задачу, не должно расцениваться как отрицательный момент в

педагогической работе учителя. Многое в задаче окажется полезным для учеников даже в том случае, когда почти вся инициатива в отыскании путей к решению перейдет к преподавателю. Очень желательно, чтобы и в этом случае экспериментальная часть задачи проводилась самими учащимися по указаниям преподавателя.

Почти каждая задача-опыт, кроме основного вопроса, имеет дополнительные, которые выделены в особую группу.

Введение дополнительных вопросов вызвано следующими соображениями.

1. Задача может быть связана с некоторыми достаточно интересными вопросами, включение которых в условие задачи усложнит ее решение и отвлечет внимание учеников. Такие вопросы целесообразно поместить в дополнениях.

2. Иногда, как уже отмечалось, для облегчения решения задачи полезно дать учащимся наводящие указания. В некоторых дополнениях помещены вопросы именно такого порядка.

3. Вопросы, связанные с практическим использованием полученных учащимися итогов решения задачи, ставятся также в дополнениях.

4. Вопросы, связанные с побочными физическими явлениями, возникающие при решении задачи, предлагаются в дополнениях, если они представляют интерес с точки зрения углубления или закрепления вопросов курса физики.

5. Для выяснения основного вопроса задачи или для расширения его значения иногда целесообразно, кроме основного эксперимента, предложить учащимся дополнительный, который, по ряду причин, не вводится в условие задачи. Такой вопрос-опыт предлагается тоже в дополнениях.

Для каждой задачи-опыта возможны некоторые варианты экспериментальных установок. Поэтому предлагаемые варианты не должны связывать преподавателя, который может вносить в установки самые различные изменения в связи с реальными возможностями физического кабинета школы. Это относится в равной мере как к материалам, так и к приборам, входящим в установку.

Вполне возможно дать для некоторых задач не одну,

а несколько одинаковых установок, что приводит не только к экономии времени, но и к большему интересу к задаче со стороны учащихся, соревнующихся между собой при коллективном решении ее.

В тех случаях, когда возможна порча приборов или электрической сети, принимаются соответствующие предохранительные меры, о которых говорится в разделе втором.

Форма текста условия задачи может и даже должна изменяться в зависимости от целого ряда условий (средств кабинета, развития учащихся, условий помещения, в котором дается экспериментальная установка, и т. п.).

Так, например, текст условия может быть вывешен около экспериментальной установки, например, на стене. В тех случаях, когда задача решается на уроке или дается для домашнего решения, целесообразнее, чтобы учащиеся записали ее условие под диктовку преподавателя.

Поиски учащимися путей к решению задач-опытов изобилуют многими неожиданностями для преподавателя.

Неверный прием, примененный учениками при решении обычных расчетных задач, приводит неизбежно к ошибочному результату. Решение задачи, которое не вполне соответствует ее условию, также приходится считать неверным. В том и в другом случае результаты не имеют почти никакой ценности, и учащимся предлагается продумать еще раз, пересмотреть решение и с помощью преподавателя или самостоятельно заново решить задачу.

Совсем иная ситуация может возникнуть в аналогичных случаях при решении задач-опытов. Может случиться, что задачу не придется переделывать и результаты ее решения окажутся ценными и поучительными не только в том случае, когда ученики провели работу непредусмотренным методом или не вполне в соответствии с условием, но иногда даже в тех случаях, когда экспериментальный вопрос остался нерешенным вследствие опытных неудач.

Неверное решение расчетной задачи указывает на допущенную ошибку в применении закона физики или в математических операциях, что приводит к неверному, а иногда к нелепому результату.

Результат опыта не может быть неверным, а тем более нелепым. Опыт может привести к результату, которого не ожидает экспериментатор, но он, в силу закона причинности, всегда развертывает закономерную цепь причин и следствий. Экспериментатор может не учесть должным образом взаимную связь явлений, он может не принять во внимание того или иного процесса, протекающего одновременно с тем, который он анализирует. Опыт отражает весь сложный комплекс связанных с ним физических явлений, экспериментатор же не всегда может правильно оценить те из них, которые играют доминирующую роль в данном опыте.

Приведем примеры из практики решения задач, имеющих в настоящем сборнике, которые подтвердили бы указанное различие в оценке неверного решения расчетной задачи, с одной стороны, и задачи опыта, с другой.

1. Задача 12. стакан с чистыми стенками и второй со стенками, покрытыми тонким слоем парафина, наполняются водой так, чтобы она не доходила до краев стакана приблизительно на 1 см. Если на поверхность воды в каждом стакане положить по легкому стальному перу, то в стакане с чистыми стенками перо будет держаться только посередине стакана, так как поверхность воды вогнутая, а во втором стакане перо будет держаться только у края стакана (поверхность воды выпуклая).

Однажды в условии задачи не было указано, что уровень воды расположен ниже края стакана „приблизительно на 1 см“. Учащиеся наполнили водой стакан до самых краев. Естественно, что результат опыта получился противоположный тому, какой предполагался в задаче. Но разве эта „неудача“ не позволила решить вопрос о форме поверхности жидкости, о смачивании стенок стакана на основании поведения пера, когда оно вместо ожидаемого равновесия в центре поверхности жидкости держалось около края стакана? Надо ли было переделывать задачу, решать ее заново, если она осветила исследуемый вопрос, пожалуй, даже более интересно, чем предполагалось?

2. Задача 28. Вода в колбе доводится до кипения, после чего нагревательный прибор (например, спиртовка) отставляется, а колба закрывается пробкой, к которой на ниточке подвешен маленький колокольчик. После то-

го как колба остынет, раскачивают ее, заставляя звучать колокольчик. При этом слышен очень слабый звук.

Когда ученики закрывали пробкой колбу после кипячения в ней воды, то, вследствие недостаточно плотного закупоривания, в колбу проник воздух и к моменту ее остывания она была наполнена воздухом при атмосферном давлении и некоторым количеством водяного пара. Так как в результате этого физические условия в колбе после опыта ничем не отличались от условий до опыта, то при встряхивании колбы попрежнему слышался звон бубенчика. Опыт не привел к желаемому результату, но он продемонстрировал одно из существенных положений физики: если данная система (воздух — пар) в результате происходящих в ней изменений (нагревание, испарение и т. д.) вернулась в свое первоначальное состояние (плотность, температура и т. д.), то любой процесс, например, процесс распространения звука, протекает в ней так же, как он протекал при ее первоначальном состоянии.

Не будь указанной случайной „неудачи“, этот вопрос остался бы, конечно, не затронутым.

3. Задача 36. Две колбы закрыты пробками, сквозь которые пропущены концы стеклянной толстостенной трубки, согнутой П-образно. В колбы налито небольшое количество воды, в которую опущены концы трубок, тоже наполненные водой. К середине трубки прикреплена тонкая верёвка, с помощью которой трубка с колбами подвешивается так, чтобы трубка установилась горизонтально. Кроме того, дана электрическая лампочка, поставив которую на одинаковом расстоянии от колб, поочередно направляют от нее лучи то на правую, то на левую колбу. Вода, поочередно нагреваясь, переливается из одной колбы в другую и обратно. Этим переливанием осуществляется качание колб.

С помощью указанной установки учащиеся не могли решить задачу. Они придумали свой способ решения. Под колбы были подставлены две горящие спиртовые лампочки. После того как одну из колб немного опустили, рычаг начинал совершать длительные колебания. По формальным соображениям следовало бы сказать, что задача не решена, так как не выполнено условие задачи и не использована данная установка. Тем не менее, по существу задача была, безусловно, решена

и решена блестяще. Ясно, что в этом случае следовало бы указать учащимся на их отступления от условий задачи и вместе с тем всемерно поощрить их творческие поиски новых путей решения, в результате которых были бы вскрыты именно те основные физические явления, ради которых и ставилась задача.

Таких примеров может быть приведено очень много, но и из указанных здесь видно, что неудачи и ошибки учащихся можно использовать для раскрытия многих физических явлений. В связи с этим не следует затуманивать неудачу или некоторую нечеткость опыта. Наоборот, преподавателю совместно с учащимися следует вскрыть физические причины „неудачи“. В некоторых случаях „неудачи“ могут дать материал для создания новых задач-опытов, часто даже не связанных с темой основной задачи.

Кроме задач-опытов, в настоящем сборнике имеется небольшое количество задач-вопросов (17 задач), из которых семь являются чисто вопросными задачами, а десять представляют собой также задачи-опыты, но для них не дается экспериментальной установки по различным соображениям.

Например, в задаче 38 речь идет о том, что если открыт водоспускной кран в паровом котле с давлением в нем в 8 *атм*, то из крана пойдет не вода, как этого ожидают учащиеся, а пар, так как вода в котле при давлении в 8 *атм* имеет температуру около 170° С. Выходя наружу, она кипит, обращаясь в пар. Опыт прекрасно удастся с котлами от моделей паровых машин. Однако установка с моделью паровой машины противоречила бы принципу простоты экспериментальных установок.

В задаче 51 говорится о том, что если на один шелковый чулок (на ноге) надеть другой, то после этого снять один верхний чулок очень трудно, так как чулки наэлектризовываются и слипаются. И в этом случае от экспериментальной установки целесообразно отказаться.

Задачи-опыты находят все большее применение в школе. Дальнейшая работа учителей физики в этом направлении, несомненно, будет содействовать повышению качества знаний учащихся по физике и подготовке их к практической деятельности.

РАЗДЕЛ I.

ЗАДАЧИ-ОПЫТЫ И ЗАДАЧИ-ВОПРОСЫ.

Настоящий раздел книги содержит описания „Экспериментальных установок“¹ и „Условия задач“. Кроме того, большинство задач имеют „Дополнения“. Учащимся не дают описаний установки — они получают лишь условие задачи, вывешенное около установки или продиктованное учителем. В зависимости от соображений преподавателя учащимся могут быть даны вместе с условием задачи и некоторые или все вопросы, помещенные в дополнениях.

При налаживании задач-опытов преподавателю рекомендуется ознакомиться не только с их решением (раздел второй), но и с примечаниями, которые даются в том же разделе.

Для некоторых задач необходимы спички (зажигание свечи, спиртовой лампочки и пр.). О них не упоминается в описании установки. Предполагается, что преподаватель сам решит, включать ли их в установку или выждать, пока учащиеся попросят их у преподавателя.

СВОЙСТВА ТЕЛ.

1. Измерение площади.

Установка. Весы той или иной конструкции (аптекарские, достаточно чувствительные пружинные или другие). Разновес, имеющий миллиграммовые разновески. Измерительная линейка с миллиметровыми делениями или полоска миллиметровой бумаги. Два куска, отрезанные от одного листа папки, картона, толстой

¹ Далее для краткости будем говорить просто „установка“.

бумаги и т. п.: один небольшой, прямоугольный, другой возможно более неправильной формы, большого размера.

Условие задачи. Как можно определить с помощью выставленных весов и полоски миллиметровой бумаги площадь большого куска папки неправильной формы?

Дополнения. 1. Как тем же приемом измерить площадь Московской области, пользуясь географической картой? Сравните полученные результаты с географическими данными. Когда получится более точный результат: при использовании географической карты большего или меньшего масштаба (размера)?

2. Измерьте площадь круга, вырезанного аккуратно из папки, при помощи того приема, который вы применяли для решения задачи 1. Сличите эти результаты измерения с теми, которые вы получите, измерив радиус круга и определив его площадь по формуле: $S = \pi r^2$.

2. Измерение толщины тонких пластин.

Установка. Та же, что в задаче 1. Вместо двух кусков папки дается прямоугольный кусок алюминиевой фольги приблизительно 30×20 см и та или иная книга (учебник, задачник и т. п.), в которой имеется таблица удельных весов с указанием удельного веса алюминия.

Условие задачи. Определите с помощью выставленных приборов толщину алюминиевой фольги.

Дополнения. 1. Как можно определить толщину алюминиевой фольги, имеющей произвольно неправильную форму?

2. Сравните ваши результаты с теми, которые получаются при непосредственном измерении толщины фольги с помощью калибромера.

3. Удельный вес.

Установка. Стекланная банка, в которую до половины ее высоты налита вода. На дне лежит картофелина.

Условие задачи. Как следует изменить состав воды для того, чтобы, не касаясь картофелины, заставить ее подняться к поверхности воды?

Если для решения задачи вам понадобится что-нибудь, не входящее в ее установку, попросите необходимое для вас у учителя.

Дополнения. 1. Когда вы решите задачу и заставите картофелину всплыть, то придумайте способ, с помощью которого можно, не касаясь картофелины и не выливая воды из банки, заставить ее снова опуститься на дно.

2. Что произойдет с картофелиной, плавающей у поверхности воды, если нагревать воду?

4. Средний удельный вес.

Установка. Стеклянная банка, имеющая сужение у верхнего края диаметром 5—6 см (рис. 1). В банку налита вода, на поверхности которой плавает целая скорлупа яйца, острым концом вниз. В нем имеется отверстие, сквозь которое предварительно удалено содержимое яйца (см. приготовление яйца в разделе II), и затем в него налита вода в количестве, близком к тому, от которого скорлупа пошла бы ко дну.

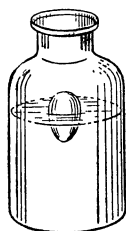


Рис. 1.

Условие задачи. На поверхности воды плавает скорлупа яйца, имеющая в нижнем конце отверстие, через которое в скорлупу проникло некоторое количество воды.

Что нужно сделать для того, чтобы, не дотрагиваясь до скорлупы, заставить ее опуститься на дно банки?

Дополнения. 1. Что нужно сделать для обратного опыта: заставить скорлупу, лежащую при нормальных условиях на дне банки, подняться вверх?

2. Что произойдет со скорлупой, плавающей на поверхности воды, если на ее верхушку капать очень холодной водой? А если горячей?

5. Удельный вес двух жидкостей.

Установка. Бутылка из-под молока (0,5 л), наполненная водой. Широкая стеклянная банка (1 л), в которую налит подкрашенный керосин. Объем керосина несколько меньше объема воды. Кусочек гладкой бумаги (см. раздел II).

Условие задачи. В банке — подкрашенный керосин. В бутылке — вода. Как перелить керосин в бутылку, а воду в банку, пользуясь только выставленными предметами?

Дополнения. 1. Когда прекратится переливание керосина в бутылку, если ее горло опустить в керосин значительно ниже его поверхности?

2. Почему керосин переливается в бутылку не сплошной струей, а отдельными „шариками“?

6. Измерение удельного веса жидкости.

Установка. Легкая деревянная палочка (диаметр 5—6 мм, длина 30 см) укреплена на оси, проходящей через ее середину. Она применяется в качестве равно-

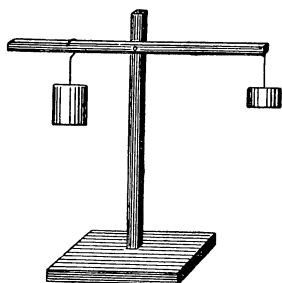


Рис. 2.

плечего рычага, к одному концу которого подвешен на проволоочной петле кусочек алюминия, весом приблизительно 20 г. Петлю вместе с куском алюминия можно перемещать вдоль плеча рычага. На втором плече подвешен на тонкой нитке, привязанной к рычагу, второй кусок алюминия, уравнивающий первый. Вес его примерно в два раза меньше первого.

Стакан с насыщенным раствором NaCl и полоска миллиметровой бумаги или линейка с миллиметровыми делениями (рис. 2).

Условие задачи. Как с помощью выставленного рычага и полоски миллиметровой бумаги найти приблизительное значение удельного веса жидкости, налитой в стакан?

На рычаге подвешены грузики из алюминия, удельный вес которого равен $2,7 \text{ Г/см}^3$.

Дополнения. 1. Упростятся ли измерения и вычисления, если будет дан вес большого грузика? Обоих грузиков?

2. Увеличится ли точность результата ваших вычислений при определении удельного веса жидкости, если в задаче будет указан вес большого грузика, измеренный с очень большой (недоступной для вас) точностью?

3. Когда получится бóльшая точность результата измерения удельного веса жидкости: при погружении в нее большого или малого алюминиевого грузика?

7. Измерение удельного веса твердого тела.

Установка. См. описание установки, данной для задачи 6. Вместо алюминия можно подвесить грузики из иного материала, например, железные пластинки. В стакане налита вода.

Условие задачи. Как найти приблизительное значение удельного веса железа, применив рычаг, к которому подвешены железные пластинки, полоску миллиметровой бумаги и стакан с водой?

Дополнение. Удельный вес вещества каких пластинок — железных или алюминиевых — может быть измерен более точно указанным приемом?

8. Упругость твердого тела.

Установка. Плоскодонная колба, наполненная водой (можно подкрашенной), в которую плотно вставлена пробка со стеклянной трубкой так, чтобы небольшой излишек воды из колбы перешел в трубочку. К стеклянной трубке прикреплена полоска бумаги с делениями.

Условие задачи. Как увеличить длину столбика воды в стеклянной трубке, не нагревая колбы и не трогая пробки?

Дополнения. 1. Какая зависимость высоты подъема воды в трубке от диаметра колбы и диаметра просвета стеклянной трубки?

2. Как можно иным приемом увеличить длину столбика воды в трубке, если в условии задачи не оговаривать „не трогать пробки“?

9. Прочность тела, зависящая от его формы.

Установка (см. описание установки, данное в задаче 8).

Условие задачи. Выясните опытным путем, получатся ли одинаковые результаты при нажме

с одинаковой силой на плоскую и на выпуклую поверхности колбы.

Дополнение. У какой колбы давление на ее дно не вызовет подъема воды в стеклянной трубочке?

10. Давление жидкости.

Установка. Стеклянный широкий сосуд с водой и погруженным в нее стеклянным усеченным конусом, закрытым снизу стеклянной пластинкой. На этой пластинке внутри конуса лежит свинцовый или железный цилиндр весом, например, $0,5\text{ кг}$ (рис. 3).

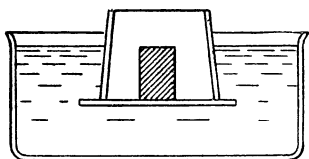


Рис. 3.

(Если из-за недостатка деталей трудно будет осуществить установку, можно перенести задачу в отдел задач-вопросов.)

Условие задачи. Давление цилиндра весом в $0,5\text{ кг}$ недостаточно для того, чтобы оторвать стеклянную пластинку от основания конуса.

Если из конуса вынуть цилиндр и затем налить в конус воды, вес которой также равен $0,5\text{ кг}$, то может случиться так, что стеклянная пластинка оторвется от конуса и погрузится на дно сосуда. Почему?

Дополнения. 1. Можно ли тот же опыт проделать, насыпав в конус $0,5\text{ кг}$ песку?

2. Что следует изменить в установке, для того, чтобы произошло обратное явление: вода, налитая в конус, не отрывала бы, а железный цилиндр отрывал бы стеклянную пластинку?

11. Поверхностное натяжение жидкости.

Установка. Заостренная в виде стрелки лучинка — рычаг (рис. 4). Отношение плеч рычага примерно $1:15$. Осью вращения служит цилиндрический гвоздик. Гвоздик вбивается в верхний конец какой-нибудь вертикальной деревянной стойки. К широкому, короткому концу стрелки прикрепляется веревка, которая другим концом привязывается к гвоздику, вбитому в нижнюю часть стойки. При этом стрелка подтягивается так, чтобы ее

ось составляла со стойкой угол примерно в $60-70^\circ$. За острым концом стрелки укрепляется, например, на стене лист белой бумаги с нанесенными на нем черточками, одна из которых располагается против острия стрелки.

Под нижний конец веревки подставляется низкий небольшой пустой судик. Пробирка или химический стаканчик с носиком, наполненный водой.

Условие задачи. Как следует поступить, чтобы острый конец стрелки поднялся вверх? При этом нельзя ни двигать веревки, ни трогать лучинки.

Дополнения. 1. Сообразите, каким образом можно измерить (в миллиметрах) величину сокращения длины веревки при ее смачивании.

2. Какой бы вы предложили способ, при помощи которого можно измерить силу, возникающую при сокращении веревки?

3. Какое практическое значение имеет это явление?

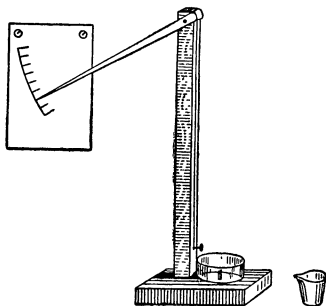


Рис. 4.

12. Форма поверхности жидкости, смачивающей и не смачивающей стенки сосуда.

Установка. Два одинаковых стакана или кристаллизатора, диаметр которых $6-7$ см. У одного стакана стенки тщательно промыты сначала теплой водой с мылом, а затем чистой водой. У другого стакана внутренние стенки покрыты тонким слоем парафина. Это можно осуществить, например, натирая их концом парафиновой свечи. (Не следует наносить толстый слой парафина. Лучше слегка натереть парафином горячие стенки стакана. Внутренние стенки стакана должны быть при этом совершенно сухими.) Бутылка с водой. Два одинаковых стальных пера (малого размера).

Условие задачи. Налейте в оба стакана столько воды из бутылки, чтобы она не доходила до края стакана приблизительно на 1 см.

Как с помощью двух перьев, которые лежат перед вами, можно доказать, что стенки одного стакана смачиваются, а другого не смачиваются водой?

Если решение этой задачи вас очень затруднит, то ее условие можно несколько упростить, указав вам на первый этап решения. Вам следует одно стальное перо положить на поверхность воды, налитой в один стакан, а второе — на поверхность воды, налитой в другой стакан. Осуществляется это просто. Положите сухое перо выпуклой его стороной на стол. Зажмите его среднюю часть между большим и указательным пальцем правой руки и приподымите перо над столом, держа пальцы вертикально. Перо при этом расположится в горизонтальной плоскости. Поднесите перо к поверхности воды в стакане, опуская его по вертикали. Выпустите перо из пальцев в тот момент, когда кончики пальцев почувствуют соприкосновение с водой. Следите, чтобы перо в ваших пальцах не отклонялось от горизонтальной плоскости, т. е. чтобы оно было все время расположено параллельно поверхности воды.

Вопрос задачи остается тот же самый: как с помощью двух перьев, плавающих на поверхности воды, налитой в два стакана, можно доказать, что стенки одного стакана смачиваются, а другого не смачиваются водой?

Дополнения. 1. О чем непосредственно можно судить по поведению перьев: о форме поверхности жидкости или о характере смачивания стенок стакана?

2. Какая связь между формой поверхности жидкости в сосуде и смачиванием жидкостью его стенок?

3. Какая причина заставляет одно перо упорно держаться около стенки стакана, а другое так же упорно — в средней части поверхности воды?

13. Упругость газа.

Установка. Большая бутылка, в которую налита вода (объем воды примерно равен $\frac{1}{5}$ объема бутылки). Горлышко бутылки закрыто пробкой, сквозь которую пропущена стеклянная трубочка. Нижний конец ее опущен в воду сантиметра на 3—4, а верхний согнут под прямым углом и на него надета короткая резиновая трубочка. Рядом с бутылкой ставится стакан и кладется лист чистой бумаги.

Условие задачи. Как из выставленной бутылки налить воду в стакан, не вынимая из нее пробки?

Дополнения. 1. Когда больше выльется воды из бутылки: когда ее мало или много?

2. Одна бутылка высокая и узкая, другая — широкая и низкая. Объем их одинаковый. Количество налитой в них воды также одинаково. Из какой бутылки выльется больше воды, если пользоваться одной и той же трубкой?

14. Давление газа.

Установка. См. описание установки в задаче 13. Кроме большой бутылки, ставится маленькая бутылочка (0,1 л), которая закрыта пробкой с трубкой, так же как и большая бутылка. Количество воды в обеих бутылках одинаковое.

Условие задачи. Оберните чистой бумажкой кончик резиновой трубки и вдуйте в нее воздух в большую бутылку. Когда вы выпустите кончик трубки из рта, вода из бутылки потечет в стакан. То же проделайте с маленькой бутылочкой.

Почему при этом количество воды, вытекающей из большой бутылки, значительно больше количества воды, вытекающей из маленькой?

Дополнения. 1. Почему легче вдуть воздух сжатыми щеками, чем раздутыми?

2. Почему при раздутых щеках вы испытываете болезненное ощущение в них?

15. Атмосферное давление.

Установка. В штативе закреплен высокий большого диаметра перевернутый стеклянный цилиндр, который до трех четвертей наполнен водой. Открытый его конец закрыт куском бумаги (см. раздел II).

Условие задачи. В цилиндре над поверхностью воды имеется воздух. Следовательно, вода должна испытывать одинаковое давление сверху вниз со стороны воздуха, находящегося в цилиндре, и снизу вверх, вследствие внешнего давления атмосферы.

Почему же при этих условиях вода не выливается из цилиндра?

Дополнения. 1. Снимите цилиндр, переверните его и уберите бумажку. Возьмите новый кусок бумаги, наложите на края цилиндра и переверните его, надавливая ладонью на бумажку. Если не с первого, то со второго, третьего раза вы добьетесь, что вода не будет выливаться из цилиндра, когда вы отнимете руку от бумажки. Почему бумажка при этом оказывается вдавленной внутрь цилиндра?

2. Почему этот опыт совершенно не удастся, если вместо бумаги взять кусок толстого жесткого картона?

3. Почему опыт с куском картона прекрасно удастся, если цилиндр до краев наполнен водой?

16. Сифон.

Установка. Резиновая трубка, длиной приблизительно в 40 см, привязанная к железной проволоке (диаметр около 1 мм) и согнутая вместе с проволокой в виде сифона. Банка с водой и тазик.

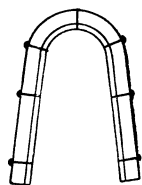


Рис. 5.

Условие задачи. Перед вами резиновая трубка, привязанная к железной проволоке для того, чтобы ей можно было придавать различные изгибы, которые, благодаря проволоке, будут сохранять свою форму. Она согнута в виде сифона. Вам известно, что существенный недостаток такого сифона заключается в следующем: если сифон вынимается из жидкости, то жидкость выливается из него и в сифон каждый раз приходится втягивать жидкость перед употреблением.

Какую форму следует придать сифону, для того чтобы из него не вытекала вода, когда он вынимается из нее, при условии, что он будет висеть, а не лежать?

Дополнения. 1. Как, ничего не меняя в конструкции сифона, регулировать скорость вытекающей из него воды?

2. Будет ли вода держаться в сифоне, вынутом из жидкости, если одно его колено сделать короче другого? Имеется в виду, что вы придали сифону ту форму, которая требуется задачей.

МЕХАНИКА.

17. Сложение сил.

Установка. Резиновый тонкий шнур, длиной примерно в 30 см, имеющий на своих концах петельки, с помощью которых его можно надевать на гвозди (или винты), вбитые около конца какой-нибудь горизонтальной рейки или планки (рис. 6.) (Может быть использована так называемая рама по механике.) Оба конца шнура надеты на гвоздик. Второй гвоздик вбивается в планку на таком расстоянии от первого, которое равно длине резинового шнура. Небольшой грузик с крючком на верхнем конце и полоска миллиметровой бумаги или линейка с миллиметровыми делениями.

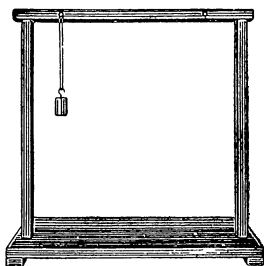


Рис. 6.

Условие задачи. Подвесьте на нижний конец двойного резинового шнура гирьку, зацепив ее концом за петлю, которую образует шнур. Измерьте, насколько от этого увеличится длина резинки.

Что нужно сделать для того, чтобы при том же грузике приращение длины шнура стало значительно больше?

Дополнения. 1. Приподнимите рукой грузик, подвешенный на резиновом шнуре, настолько, чтобы шнур не был растянут. Если выпустить его из руки, он падает, натягивая шнур. Почему при падении грузика шнур оказывается сильнее растянутым, чем в том случае, когда грузик просто висел на нем?

2. Как объяснить, что в результате опыта, описанного в первом вопросе, грузик некоторое время качается по вертикали?

18. Разложение сил.

Установка. Маленькие весы (аптекарские). Одна чашка весов перевернута выпуклой стороной вверх. Стекланная трубочка с оттянутым кончиком. Она с помощью резиновой трубки соединена с резиновым баллоном от пульверизатора. Миллиграммовый разновес.

Условие задачи. Возьмите стеклянную трубочку в левую руку, а баллон от пульверизатора — в правую. Держите стеклянную трубочку вертикально над серединой перевернутой чашки весов, а правой рукой начните равномерно нажимать на резиновый баллон.

Под действием струи воздуха чашка весов опустится. Не переставая нажимать на баллон, отклоните трубочку от вертикали приблизительно на 45° , направляя попержнему ее кончик на середину чашки весов и не меняя его расстояния от чашки. Вы заметите, что чашка весов будет отклонена вниз меньше, чем в первый раз. Увеличьте угол между трубочкой и вертикалью почти до 90° , и в результате этого чашка весов почти совсем не отклонится вниз.

Объясните, почему отклонение чашки весов зависит от угла, под которым действует на нее та же самая струя воздуха? Поясните этот опыт с помощью графика сил.

Дополнение. Чем дальше от чашки весов держите вы кончик стеклянной трубочки, тем меньше отклоняется вниз чашка весов. Почему?

19. Рычаг.

Установка. Деревянный рычаг, укрепленный на штативе (применяемом для демонстрации рычагов).

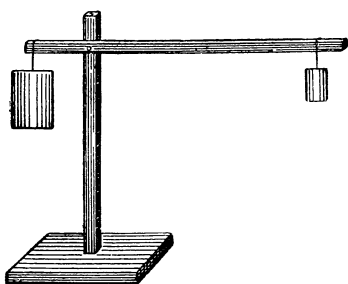


Рис. 7.

Рычаг должен быть неравноплечим и уравновешен грузами возможно малого веса, для того чтобы излишек веса длинного плеча самого рычага существенно влиял бы на общую силу, приложенную к длинному плечу. Положим, что равновесие получено тогда, когда длинное плечо рычага в 4 раза длиннее короткого. Весы,

с помощью которых можно измерить вес грузиков, подвешенных к рычагу, и разновес (рис. 7).

Условие задачи. По закону рычага вес грузика, подвешенного к короткому плечу рычага, должен быть

в четыре раза больше веса грузика, подвешенного к его длинному плечу. Проверьте это, взвесив оба грузика на весах.

Почему вес большого грузика значительно больше четырехкратного веса маленького?

Дополнения. 1. Что является основной причиной, искажающей результат вычисления — вес рычага или удельный вес материала, из которого он сделан?

2. Ответив на первый вопрос, скажите, почему же в таком случае для демонстрации в классе предпочитают применять рычаги, сделанные из дерева, а не из железа? Ведь можно взять железный рычаг, вес которого был бы равен весу деревянного.

3. Почему отступления от закона рычага получаются тем меньше, чем меньше разница длины обоих плеч рычага?

4. В каком случае при любом весе рычага закон рычага будет точно выполняться?

20. Сложение движений.

Установка. Две прочно укрепленные вертикальные стойки или деревянная рамка. Между верхними концами стоек (рамки) натянута горизонтальная проволока. К правой стойке прикреплен маленький деревянный блок, который употребляется для демонстрации сложения сил. Второй такой же блок лежит около установки. Кроме того, даны: катушка швейных ниток, отрезок медной проволоки приблизительно в 5 см длиной и маленький рисунок самолета, прикрепленный к свинцовой пластинке или иному грузу.

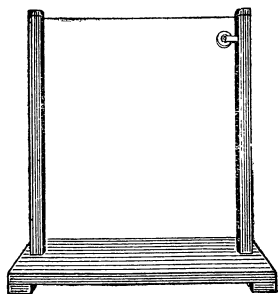


Рис. 8.

Условие задачи. Для школьного спектакля необходимо было по ходу пьесы, чтобы небольшая модель самолета поднялась по диагонали из нижнего левого угла сцены к верхнему правому. Натянуть по диагонали проволоку было невозможно, так как она

мешала действующим лицам пьесы. Тогда натянута была вверх не видная публике горизонтальная проволока через всю сцену и с правой стороны был укреплен блок. Схема подобной установки стоит перед вами.

Как с помощью выставленных предметов можно осуществить движение рисунка самолета с грузиком из нижнего левого угла рамки в верхний правый таким образом, чтобы рука экспериментатора, движущая рисунок, не находилась бы внутри рамки (сцены)?

Дополнения. 1. Какое должно быть соотношение между длиной и высотой рамки для того, чтобы можно было осуществить указанное движение рисунка самолета?

2. Как будет двигаться рисунок самолета, если длина рамки больше ее высоты?

3. Зачем к рисунку самолета укрепляется грузик?

21. Инерция.

Установка. Два ведра, одно из которых наполнено водой, другое — песком (или землей), вес которого равен весу воды.

Условие задачи. Возьмите ведро с водой за середину ручки, например, в левую руку, а ведро с песком — в правую и начните, опустив руки с ведрами, быстро поворачивать кисти рук то в одну, то в другую сторону. Ведро с водой послушно будет следовать за движением вашей руки. С другим ведром вам этого никак не удастся проделать.

Почему же, несмотря на то, что масса одного ведра и его содержимого равна массе другого, первое легко поворачивается в одну и другую сторону, а другое — нет?

Дополнение. Получится ли одинаковый эффект с железными ведрами, в одно из которых налита вода, а в другое — равное по весу количество ртути?

22. Инерция и трение.

Установка. Два одинаковых ведерка (игрушечных) или две консервных банки и т. п. подвешиваются каждое на тонкой веревке, сложенной вдвойне или на шнуре к какой-нибудь горизонтальной рейке, стержню и т. п.

Условие задачи. Два одинаковых ведерка висят на веревках. Если вы начнете рукой вращать ведерки вокруг их оси (вертикальная ось цилиндра), то тем самым вы закрутите веревки. Выпустив ведерки из рук, вы заставите их вращаться в обратном направлении, вследствие раскручивания веревок.

Чем надо наполнить ведерки, для того чтобы при раскручивании веревок одно из них сделало бы приблизительно в два раза больше оборотов, вращаясь в одном направлении, а другое — в два раза меньше при таком же вращении, чем сделали вы при закручивании веревок?

Дополнение. Прodelайте тот же опыт с одним (большим) ведром, подвесив его на толстой веревке к какой-нибудь перекладине.

Почему вращающееся ведро, наполненное водой, вы легко и быстро остановите, стиснув его ладонями рук, а то же ведро, наполненное влажным песком (вес песка равен весу воды), вы не сможете остановить сразу, и ваши руки начнут вращаться вслед за ведром?

23. Инерция жидкости.

Установка. Два рядом стоящие штатива. В одном укрепленa воронка, в другом — стеклянная трубка с оттянутым концом, обращенным кверху. Трубка и воронка соединены резиновой трубкой (длина 0,5 м). Кружка с водой. Таз или банка.

Условие задачи. Установите верхний конец воронки на одинаковой высоте с кончиком стеклянной трубки. Из кружки медленно наливайте воду в воронку до тех пор, пока она не наполнит воронки, не дойдя на 1 см до ее края. На таком же расстоянии от кончика вода установится в стеклянной трубке. Вылейте из кружки остаток воды и затем снова слейте в пустую кружку всю воду из установки, перевернув воронку. Укрепите воронку в прежнем положении и вылейте сразу всю воду из кружки в воронку. Вода обязательно выльется из кончика трубки, может быть, даже брызнет вверх.

Почему же вода вылилась из трубки, если ее не хватало даже для того, чтобы наполнить воронку до ее края и трубку до острого кончика?

Дополнения. 1. Какие еще причины, кроме основной, могут сильно способствовать описанному эффекту?

2. Каким способом можно добиться того же явления без кружки, если воронка и трубочка уже наполнены водой, как сказано в задаче?

24. Инерция при вращательном движении жидкости.



Рис. 9.

Установка. Стеклянная банка из-под консервов, в которую налита вода приблизительно до четверти ее высоты. На воде плавает пробка, по оси которой высверлен канал (диаметр примерно 4—5 мм). Сквозь канал пробки свободно проходит нижний конец спицы (для вязанья) до нижней части пробки. Верхний конец спицы воткнут в середину большой деревянной или иной пробки, закрывающей банку (рис. 9).

Условие задачи. Как снять со спицы плавающую на воде пробку, не открывая при этом банки?

25. Инерция при вращательном движении жидкости.

Установка. Большая воронка, укрепленная в штативе. Кружка или банка с водой и тазик под воронкой.

Условие задачи. Закройте пальцем нижнее отверстие воронки и наполните ее до краев водой. Затем отнимите палец. При выливании воды из воронки в воде образуется коническое углубление и даже сквозной канал. Почему?

Дополнение. Почему при описанном опыте в воде не образуется углубления, если опустить поперек воронки пластинку жести или картона, держа их в вертикальной плоскости? Почему иногда и без перегородки не образуется ни канала, ни углубления в вытекающей жидкости?

26. Сопротивление среды.

Установка. Листок из ученической тетради или прямоугольный кусок какой-либо бумаги, размером примерно 21×17 см.

Условие задачи. Перед вами лежит листок из тетради.

Как, не изменяя его формы и веса, можно получить разные скорости его падения на стол?

Опускать его следует с высоты примерно в 50 см над столом.

Дополнения. 1. Почему, если опускать листок с высоты примерно в 125 см, то он начинает падать зигзагообразно или даже еще более прихотливо?

2. Как сделать, чтобы листок с любой высоты падал по вертикали, если изменить его вес и не изменять форму?

27. Интерференция и резонанс механических колебаний.

Установка. К двум прочным штативам или к боковым рейкам деревянной рамки привязывается горизонтально тонкая прочная веревка (шнур), длиной примерно в 0,5 м. На расстоянии 10 см от конца веревки к ней прикрепляется конец швейной нитки. На расстоянии 15 см от нее прикрепляется к веревке конец второй швейной нитки и, наконец, на расстоянии 15 см от второй — конец третьей швейной нитки. К первой нитке, длиной в 30 см, подвешен грузик. Два такого же веса грузика лежат на столе. Длина двух других ниток больше на 15 см, чем длина первой нитки.

Условие задачи. Если вы отклоните грузик перпендикулярно направлению веревки, то грузик начнет совершать колебания, вследствие чего начнет смещаться взад и вперед натянутая веревка.

Если к свободным концам остальных двух ниток также привязать грузики, лежащие на столе, то они вследствие колебательных движений горизонтальной веревки могут также начать колебаться.

Как следует подвесить грузики на второй и третьей нитке, чтобы колебания крайнего грузика не вызвали бы колебаний соседнего и, наоборот, вызвали бы колебания третьего, удаленного?

(Второй грузик должен висеть свободно, чтобы ничто не задерживало его движений.)

Дополнения. 1. Все три грузика подвешиваются к ниткам равной длины.

Почему средний грузик не колеблется, если два крайних отклонить на одинаковые расстояния от

вертикали, но в противоположных направлениях, и затем предоставить им свободно колебаться?

2. Почему амплитуда колебаний среднего грузика значительно возрастет, если будет колебаться не один грузик (крайний), а оба в одном и том же направлении?

ЗВУК.

28. Распространение звука.

Установка. В штативе укреплена круглодонная колба, закрытая резиновой пробкой с проходящей сквозь нее стеклянной трубочкой. К нижнему концу трубочки на короткой швейной нитке подвешен маленький колокольчик или бубенчик, а на верхний конец надет небольшой отрезок резиновой трубки с зажимом Мора. В колбу налито небольшое количество воды (рис. 10). Спиртовка.

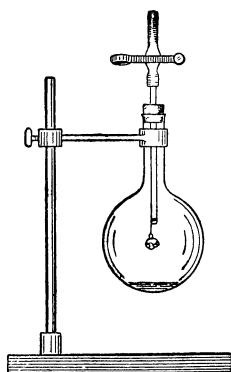


Рис. 10.

Условие задачи. Выньте пробку вместе с бубенчиком из горла колбы. Подставьте под колбу зажженную спир-

товку. Через 5 мин. после того как закипит вода, вставьте плотно пробку с бубенчиком обратно в колбу и быстро отодвиньте после этого спиртовку. Погасите ее. Подождите, пока колба с водой совершенно не остынет. Тогда выньте колбу из штатива и, раскачивая ее, заставьте зазвучать бубенчик. Вы услышите очень слабый звон.

Почему звон значительно усилится, если открыть зажим Мора и через некоторое время снова сжать резиновую трубку?

Дополнение. С какой жидкостью вместо воды опыт дал бы значительно лучший результат? (После остывания колбы звук бубенчика на расстоянии одного метра совершенно не слышен.)

29. Зависимость частоты звуковых колебаний от длины столба воздуха.

Установка. Длинная и короткая пробирки приблизительно одинакового диаметра.

Условие задачи. Если вы приложите открытый конец пробирки к губам и будете дуть в пробирку, то она начнет издавать звук определенной высоты.

Как можно от длинной пробирки получить звук такой же высоты, какой возникает в короткой?

Если для решения задачи вам понадобится что-нибудь, не входящее в установку, попросите необходимое вам у учителя.

Дополнение. Является ли пробирка основным источником издаваемого звука?

30. Звуковой резонанс.

Установка. Четыре камертона, из которых два имеют одну и ту же частоту колебаний. Два других имеют частоту колебаний, значительно отличающуюся от первой и отличную друг от друга. К ножкам трех камертонов, имеющих различную частоту колебаний, приклеены или привязаны маленькие бумажки, на которых указана собственная частота колебаний камертонов.

Условие задачи. На трех лежащих на столе камертонах обозначена частота их колебаний.

Каким способом можно найти частоту колебаний четвертого камертона?

Дополнение. С какими камертонами удобнее проводить опыт: с такими, какие даны в задаче, или с укрепленными на резонаторных ящиках?

ТЕПЛОТА.

31. Тепловое расширение воздуха.

Установка. Колба, укрепленная в штативе дном вверх и закрытая пробкой, сквозь которую пропущена стеклянная трубочка, нижний конец которой опущен в стаканчик с водой. Нижняя часть трубочки заполнена водой (см. раздел II).

Условие задачи. Как, не дотрагиваясь до выставленных приборов, понизить уровень воды в трубке?

Дополнения. 1. Как повысить уровень воды в трубке?

2. Как влияет объем колбы на повышение или понижение столбика воды в трубке?

3. С какой жидкостью получится более значительное перемещение столбика воды в трубке?

32. Воздушный термометр.

Установка. См. описание установки в задаче 31. К стеклянной трубке прикреплен прямоугольный кусок бумаги с мелкими делениями.

Условие задачи. При повышении температуры столбик воды в трубке опускается, а при понижении — поднимается. Следовательно, выставленную перед вами установку можно использовать в качестве термометра даже более чувствительного, чем обычный.

В чем заключается главная причина, вследствие которой показания такого термометра совершенно не надежны?

Дополнения. 1. Какая еще причина, кроме главной, нарушает правильность показаний такого термометра?

2. С какими жидкостями подобный термометр будет несколько более надежным?

33. Расширение и сжатие газа.

Установка. стакан с водой. Стеклянная трубка (диаметр 1—1,5 см, длина 20 см), запаянная с одного конца и имеющая на другом оттянутый кончик с отверстием.

Условие задачи. Как перелить часть воды из стакана в трубку?

Дополнения. 1. Влияет ли диаметр трубки на количество переходящей в нее воды?

2. Если в один прием не удастся получить в трубке достаточное количество воды, то как следует поступить, для того чтобы увеличить количество воды в трубке?

34. Конвекция воздуха и расширение твердого тела.

Установка. Прямой отрезок железной проволоки (диаметр 1 мм, длина 30—40 см), к концам которой прикреплены две круглые жестяные пластинки (диаметр 6 см), каждая на трех нитках. Это примитивное коромысло весов устанавливается в равновесии на деревянной или пробочной призме, как показано на рис. 11. Для того чтобы коромысло не вращалось на ребре призмы, в горизонтальной плоскости для коромысла прорезается небольшая ложбинка. Две спиртовые лампочки.

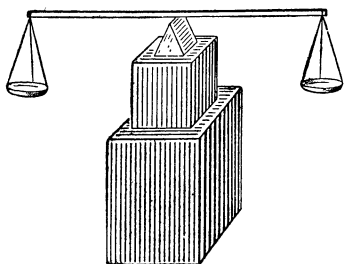


Рис. 11.

Условие задачи.

Как, не трогая коромысла этих примитивных весов, но действуя на его правую сторону пламенем спиртовой лампочки, добиться того, чтобы в одном случае правое плечо коромысла стало подниматься, а в другом — опускаться?

Дополнения. 1. Зависит ли поднимание и опускание плеч коромысла от материала, из которого сделано коромысло?

2. Зависит ли поднимание и опускание плеч коромысла от размера подвешенных к коромыслу жестяных пластинок?

35. Измерение разности температур.

Установка. Круглодонная колба (емкость 250—300 см³), закрытая резиновой пробкой с проходящей через нее стеклянной трубкой с загнутым концом. Колба укреплена в штативе (рис. 12). Широкая банка с водой и возможно более узкий калиброванный стеклянный цилиндр. Маленький химический стакан с носиком. Кусок бумаги.

Условие задачи. Как с помощью выставленных предметов определить приблизительно, на сколько

градусов температура ваших рук выше температуры воздуха в классе?

Дополнения. 1. Зависит ли точность результата от объема колбы?

2. Какой температуры должна быть вода в банке для более точных результатов измерений?

3. Загнутый конец стеклянной трубки можно уста-

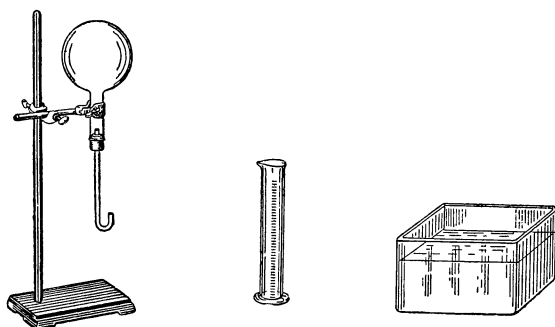


Рис. 12.

новить около дна банки и около поверхности жидкости. В каком случае получится более точный результат измерений?

36. Превращение тепловой энергии в механическую.

Установка. Две одинаковые колбы, закрытые пробками, сквозь которые пропущены два конца стеклянной толстостенной трубки, согнутой П-образно, как показано на рис. 13. В колбы налито небольшое количество воды, в которую опущены концы трубки, которая заполнена водой. На середину стеклянной трубки надета пробка, к которой привязана тонкая двойная веревка (см. раздел II). Пробка передвигается так, чтобы трубочка установилась в горизонтальном положении. Кроме того, выставляется штатив с электрической лампочкой примерно на 100—200 *вт*, которая может быть включена в сеть, и кусок картона, длина которого несколько

больше длины горизонтальной части стеклянной трубки, а ширина примерно равна диаметру колб.

Условие задачи. Как с помощью выставленных предметов осуществить длительное качание колб вверх и вниз, не дотрагиваясь ни до них, ни до стеклянной трубки и пробки?

Дополнения. 1. С какими колбами получается больший эффект — с прозрачными или зачерненными?

2. Вся колба или ее часть должна быть зачернена для улучшения эффекта?

3. Какой формы сосуды, взятые вместо колб, дадут лучшие результаты?

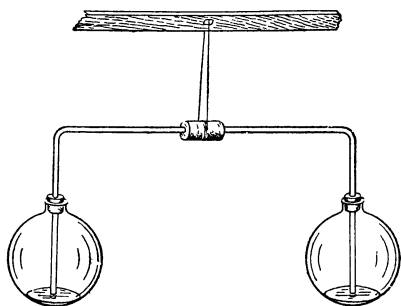


Рис. 13.

37. Конденсация пара.

Установка. Круглодонная колба с очень небольшим количеством воды. Большая фотографическая кюветка с водой. Спиртовая лампочка.

Условие задачи. Как наполнить колбу находящейся в кюветке водой, не трогая при этом самой кюветки?

Дополнения. 1. Почему вода входит в колбу вначале очень медленно, а затем быстро?

2. Почему в момент наполнения колбы водой ощущается резкий толчок?

3. Как, не вынимая горла колбы (после ее наполнения) из воды, оставшейся в кюветке, удалить из колбы воду?

38. Температура и давление пара.

Условие задачи. Паровой котел, имеющий водоспускной кран ниже уровня наполняющей его воды, работает при давлении в 8 атм.

Будет ли при этом давлении вытекать вода из открытого водоспускного крана? Почему кран называется водоспускным?

СВЕТ.

39. Точечный источник света.

Установка. К большой пробке или к деревянной дощечке прикреплена вертикально гребенка, так что ее зубья расположены горизонтально (рис. 14). Керосиновая семилинейная лампочка с плоским фитилем. Вертикальный экран.

Условие задачи. Зажгите керосиновую лампочку, подождите немного, пока пламя не разгорится,

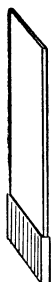
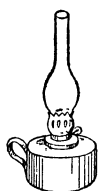


Рис. 14.

выкрутите до нормы фитиль горелки и, поставив лампочку за гребенкой на расстоянии от нее в 20 см, спроектируйте ее тень на экран, установленный примерно в 10 см от гребенки. Тень от зубьев гребенки будет сильно размытая.

Как сделать тень от зубьев гребенки четкой, не меняя расстоя-

ния между экраном, гребенкой и лампой и не касаясь гребенки и экрана?

Дополнение. Почему при приближении гребенки к экрану, ее тень становится все более и более четкой? Поясните чертежом.

40. Линейный источник света.

Установка. Описание установки дано в задаче 39. Гребенка укреплена горизонтально, зубьями вверх.

Условие задачи. Зажгите керосиновую лампу и выкрутите до нормы ее фитиль.

Поставьте ее за гребенкой на расстоянии от нее приблизительно в 20 см и спроектируйте тень гребенки на экран, поставленный приблизительно на расстоянии 10 см от гребенки.

Пламя семилинейной лампы плоское. Установите лампу так, чтобы плоскость пламени была параллельна плоскости гребенки. Вы получите при этом на экране

размытую тень гребенки. После этого установите лампу так, чтобы плоскость пламени была расположена перпендикулярно к плоскости гребенки. При таком расположении пламени тень от гребенки получается на экране четкой. Почему?

41. Тень и полутень.

Установка. Описание установки дано в задаче 39.

Условие задачи. Зажгите керосиновую лампочку и выкрутите до нормы фитиль ее горелки. Поставьте ее на расстоянии приблизительно 20 см от гребенки и спроектируйте тень гребенки на экран, поставленный на расстоянии примерно 10 см от гребенки. Тень от зубьев гребенки получится сильно размытая.

Как сделать тень от зубьев гребенки четкой, не меняя расстояния между лампой, гребенкой и экраном и не касаясь лампы и экрана?

Дополнение. Почему, если к гребенке приближать керосиновую лампочку, то тень гребенки на экране делается все более размытой? Поясните чертежом.

42. Отражение и преломление.

Установка. Маленькая колбочка, емкостью 50 см³.

Условие задачи. Поставьте колбу так, чтобы на нее падали солнечные лучи. Колбу требуется наполнить сначала одной жидкостью, а затем, вылив ее, другой.

Какими жидкостями следует ее наполнить, для того чтобы получить от колбы в одном случае сходящиеся, а в другом — расходящиеся лучи солнца? Как убедиться в этом на опыте?

Необходимое для опыта попросите у учителя.

Дополнение. Почему в „Условии задачи“ говорится о лучах солнца, а не о лучах иного источника света?

43. Измерение радиуса сферического зеркала.

Установка. Стоячее сферическое зеркало, фокусное расстояние которого порядка 20—25 см. Метровая линейка с сантиметровыми делениями.

Условие задачи. Найдите в сантиметрах приблизительное значение радиуса кривизны выставленного перед вами зеркала. Пользоваться нельзя ничем, кроме метровой линейки.

Дополнения. 1. Почему, рассматривая свое лицо на близком расстоянии от данного вам зеркала и постепенно отодвигая его, вы начинаете замечать, что изображение лица расплывается?

2. Почему при дальнейшем удалении зеркала от вашего лица его изображение делается обратным?

44. Показатель преломления.

Установка. Две одинаковые круглодонные колбы, емкостью примерно в 0,5 л. Одна колба наполнена водой, другая спиртом (этиловым) или (лучше) уксусной кислотой.

Обе колбы герметически закрыты пробками, которые залиты сургучом (см. раздел II). Колбы укреплены в штативе.

Два экрана. (Листы плотного картона.) Справочник или любая книга, в которой указаны значения показателей преломления воды и спирта (уксусной кислоты).

Условие задачи. В одной колбе налита вода, в другой — спирт.

Как с помощью оптического метода, используя только выставленные предметы, можно определить, в какой колбе вода, а в какой спирт?

Дополнения. 1. С большими или малыми колбами получится более определенный результат?

2. Не найдете ли вы в физическом справочнике (книге) такой жидкости, которую еще увереннее можно было бы отличить от воды, чем спирт, с помощью примененного вами оптического метода?

45. Определение главного фокусного расстояния.

Установка. Круглодонная колба, наполненная водой до основания ее шейки и укрепленная в штативе. На шейку колбы наклеена бумажка с обозначением ее емкости.

Условие задачи. Вычислите, не прибегая к опыту, величину главного фокусного расстояния колбы,

наполненной водой, рассматривая ее как двояковыпуклую линзу. Затем найдите опытным путем значение ее главного фокусного расстояния и сравните результаты.

Для опыта можете использовать любые необходимые вам предметы, которые можете попросить у учителя.

Дополнения. 1. Перечислите, с помощью каких различных способов можно определить опытом главное фокусное расстояние колбы?

2. Можно ли, зная главное фокусное расстояние, найти радиус колбы, не производя измерений?

46. Преломление лучей в линзе.

Установка. Свеча в подсвечнике. Укрепленная на высоте пламени свечи двояковыпуклая линза (от очков). Экран. Кусочек картона, которым можно полностью закрыть линзу.

Условие задачи. Зажгите свечу и спроектируйте увеличенное изображение ее пламени на экран. Добейтесь возможно более четкого изображения пламени на экране. Возьмите кусочек картона и около самой линзы начните им постепенно закрывать ее, передвигая картон сверху вниз.

Почему при этом сохраняется целым изображение пламени, хотя вы отсекаете, опуская картон, сначала верхние, а затем и часть нижних лучей, проходящих через линзу? Что при этом наблюдается?

Дополнения. 1. В том случае, когда получается изображение пламени от крайней части линзы, оно оказывается значительно менее четким, чем изображение, полученное от всей линзы. Почему?

2. Если оставить незакрытым центральный участок линзы, то изображение пламени получается, наоборот, более четким, чем в том случае, когда линза полностью открыта. Почему?

47. Полное внутреннее отражение.

Установка. Электрическая лампочка, которая может быть включена в сеть. Экран с небольшим круглым отверстием и сплошной белый экран. Треугольная стеклянная призма, положенная на столик или укрепленная в штативе (рис. 15).

Условие задачи. Вам известно, что если пучок лучей направить на грань призмы, то он, пройдя призму, отклоняется к ее основанию. Включите электрическую лампочку, установите экран с отверстием вблизи призмы так, чтобы на нее падал сравнительно не очень широкий пучок световых лучей, и попытайтесь так установить призму, чтобы лучи, выйдя из нее, отклонились бы к ее вершине, а не к основанию.

Почему это может произойти?

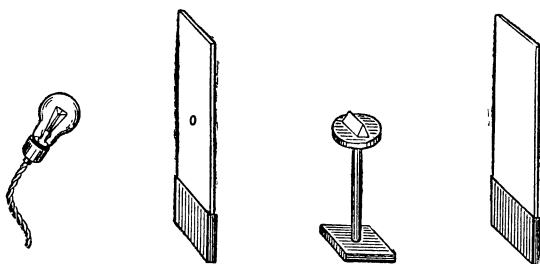


Рис. 15.

Дополнение. Как с помощью чертежа можно пояснить это явление?

48. Избирательное поглощение.

Установка. Бутылочка или баночка из желто-коричневого прозрачного стекла. Приблизительно равная ей по емкости бутылочка или баночка из бесцветного прозрачного стекла, наполненная насыщенным раствором медного купороса (см. раздел II).

Условие задачи. Посмотрите днем на окно комнаты через пустую баночку и через ту часть другой баночки, которая заполнена жидкостью. Вы заметите, что через желто-коричневое стекло одной баночки и синий раствор медного купороса, налитый в другую, проходят лучи света.

Как следует поступить (ничем не пользуясь, кроме выставленных предметов), для того чтобы прозрачное желтое стекло баночки и прозрачный раствор медного купороса перестали пропускать свет?

Дополнения 1. Какого цвета в результате проделанного вами опыта оказывается стекло баночки и раствор медного купороса? Почему?

2. Почему, смотря на яркий источник света (нить лампочки накаливания) сквозь стенки желтой баночки, в которую налит раствор медного купороса, вы замечаете зеленоватые лучи?

49. Спектр поглощения.

Установка. Стекланный цилиндр, наполненный насыщенным раствором медного купороса. Белый экран.

Условие задачи. Возьмите стекланный цилиндр, наполненный насыщенным раствором медного купороса, и поставьте его на стол или подоконник так, чтобы он освещался лучами солнца. За цилиндром поместите экран и перемещайте его относительно цилиндра до тех пор, пока на нем не будет отчетливо видна картина несколько своеобразного спектра солнечных лучей.

Разъясните два вопроса: 1. Почему возникло явление дисперсии света, если лучи не проходили сквозь призму?

2. Почему получился спектр солнечных лучей, не вполне совпадающий с тем, который получается с помощью стекланный призмы?

Дополнения 1. Изменится ли характер спектра, если в цилиндр налить чистой воды вместо раствора медного купороса?

2. Как изменится спектр, если вместо раствора медного купороса налить в цилиндр раствор железного купороса или раствор хромлика?

3. Какой получится спектр, если перед цилиндром с раствором медного купороса поставить банку с плоскопараллельными стенками, наполненную раствором хромлика?

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ.

50. Электризация.

Установка. Свеча в подсвечнике. Катушка швейных ниток.

Условие задачи. Перед вами очень простой набор предметов. В опыте принимают участие только

три тела: вы, свеча в подсвечнике и катушка швейных ниток.

Докажите, что одно из трех тел может быть наэлектризовано и электризация может быть доказана на опыте с помощью других тел.

Дополнения. 1. Попробуйте с помощью того же способа доказать электризацию других тел по вашему выбору.

2. Какие из них легче наэлектризовать и какие сильнее электризуются?

51. Электризация тел и нейтрализация электрических зарядов.

Условие задачи. Существует рассказ: в XVIII в. один старик, натягивая поверх черного шелкового чулка белый, заметил, что этот белый чулок вывернут наизнанку. Он решил стащить его с ноги; но как он ни старался, не смог этого сделать, так как чулки, вследствие трения, наэлектризовались и слиплись. В раздражении он стащил оба чулка и швырнул их в стену. Так как чулки были очень сильно наэлектризованы, они прилипли к стене.

Что в этом рассказе противоречит и что не противоречит физике?

52. Изоляторы (диэлектрики).

Установка. Свеча в подсвечнике. Газета.

Условие задачи. Докажите с помощью свечи и газеты, что стеарин является изолятором, а не проводником.

Ничего дополнительного брать для опыта нельзя.

53. Диэлектрик и проводник.

Условие задачи. Первые опыты применения бездымного пороха для винтовочных патронов были связаны с большим неудобством, благодаря одной особенностью этого пороха. Во время взвешивания или отмеривания бездымного пороха его зерна прилипали ко всему: к рукам, к совочку, к весам, к мерке. Это крайне затрудняло работу. Тогда была введена дополнитель-

ная операция при изготовлении бездымного пороха: графитование. Она была очень проста; поверхность зерна пороха покрывалась графитом.

Может быть, вы сумеете объяснить, почему после графитования порох переставал прилипать ко всем предметам и в чем заключалась физическая причина его „прилипания“?

54. Взаимодействие одноименных зарядов.

Установка. Две свечи; каждая в подсвечнике. Катушка тонких черных швейных ниток.

Условие задачи. Как с помощью выставленных предметов доказать на опыте, что одноименные электричества взаимно отталкиваются?

Брать что-нибудь дополнительно для опыта нельзя.

Дополнения. 1. С помощью каких двух приемов можно осуществить требующийся в задаче опыт?

2. Какой из приемов удобнее и проще?

55. Распределение электричества по внешней поверхности проводника.

Установка. Деревянная доска, размером приблизительно 40—60 см, к которой прикреплены четыре короткие „ножки“ из изоляторов (см. раздел II). Эта изолированная скамейка должна выдержать вес школьника, который становится на нее.

Скамейка ставится на пол перед столом или перед полкой, на которой установлен электроскоп. К его стержню прикреплена тонкая проволока длиной примерно в два метра. Эбонитовая или стеклянная палочка с соответствующим натирателем для электризации.

Условие задачи. Возьмите в руку свободный конец проволоки, соединенный с электроскопом, и встаньте на скамейку, предварительно установив ее так, чтобы проволока не касалась никаких предметов. Пусть ваш товарищ наэлектризует трением стеклянную палочку и с ее помощью наэлектризует вас вместе с электроскопом, прикладывая палочку к проволоке около вашей руки. Ему придется несколько раз проделать это, каждый раз снова электризуя стеклянную палочку для того, чтобы листочки электроскопа заметно разошлись. Однако лучше прекратить дальнейшую

электризацию, когда угол между листочками станет равным приблизительно 40° .

После этого прекратите заряджение вашего тела.

Сообразите, что вы, находясь на скамейке, должны сделать для того, чтобы угол между листочками электроскопа значительно увеличился?

Дополнения. 1. Можно ли сказать, что в результате проделанного вами опыта увеличилась плотность электричества на поверхности вашего тела?

2. Какой опыт, виденный вами в классе, иллюстрировал то же электрическое явление, которое связано с решением этой задачи?

3. Нельзя ли так организовать процесс заряджения вашего тела, чтобы вы сами могли себя заряжать?

56. Электрическая индукция.

Установка. Школьный электроскоп (с банкой из стекла). Кусок кожи.

Условие задачи. Перед вами незаряженный электроскоп, листочки которого опущены.

Что и как надо наэлектризовать с помощью выставленных предметов, для того чтобы эту электризацию обнаружить по листочкам электроскопа, раздвинувшимся на некоторый угол?

Дополнения. 1. Можно ли считать, что в результате выполненного вами решения задачи электроскоп зарядился электричеством?

2. Что необходимо сделать дополнительно для того, чтобы электроскоп зарядился?

3. Будут ли при этом раздвинуты листочки электроскопа?

57. Электрическая индукция.

Установка. Шаровой проводник. Электрический маятник. Стеклянная (или эбонитовая) палочка с натирателем для ее электризации.

Условие задачи. Зарядите шаровой проводник с помощью наэлектризованной стеклянной палочки. Установите около него электрический маятник так, чтобы он отклонился от вертикали в сторону шарового проводника, но находился бы от него на расстоянии приблизительно в 5 см.

Каким образом, не изменяя расстояния между точкой подвеса маятника и шаровым проводником и не изменяя заряда последнего, вызвать по желанию увеличение и уменьшение угла отклонения маятника от вертикали?

Действовать на маятник можно только со стороны, противоположной шаровому проводнику.

58. Электризация и индукция.

Установка. Стеклянная палочка, употребляемая для электризации. Металлическая палочка или трубка, закрытая с двух концов (см. раздел II). Электроскоп. Кусок кожи и меха. Деревянная подставка с изолятором, на который можно было бы положить металлическую палочку.

Условие задачи. Можно ли на концах стеклянной палочки получить два одновременно существующих разноименных заряда?

Можно ли на концах металлической палочки получить два одновременно существующих разноименных заряда?

Попытайтесь с помощью опыта ответить утвердительно или отрицательно на оба предложенные вопроса.

Кроме выставленных предметов, ничем пользоваться нельзя.

Дополнения. 1. В задаче решаются два вопроса. Если вы будете решать их одновременно вместе с товарищем и выберете для себя решение первого вопроса, то какие дополнительные предметы понадобятся вашему товарищу для решения второго вопроса?

2. Что дополнительно понадобится вам, если ваш товарищ первым выберет для себя решение второго вопроса?

59. Нейтральный и заряженный проводник.

Установка. Электроскоп. Стеклянная и эбонитовая палочка с соответствующими натирателями для их электризации.

Условие задачи. Наэлектризуйте стеклянную палочку и зарядите ею электроскоп так, чтобы угол между его листочками не превышал $50-60^\circ$. Уберите стеклянную палочку и больше ее не трогайте.

Как с помощью наэлектризованной эбонитовой палочки, не касаясь ею электроскопа: 1) разрядить листочки электроскопа, 2) зарядить их отрицательным электричеством, 3) снова разрядить их и, наконец, 4) зарядить их положительным электричеством.

Дополнения. 1. Можно ли, проделав первый опыт, сказать, что электроскоп разрядился?

2. Можно ли, проделав второй опыт, сказать, что электроскоп зарядился отрицательным электричеством?

3. Проделайте второй опыт. Приложите палец к шарiku электроскопа. Отнимите палец и уберите эбонитовую палочку. Какого знака и какое количество электричества сравнительно с первым зарядом получил теперь электроскоп?

60. Процесс заряжения проводника.

Установка. Листок алюминиевой фольги. Ножницы. Свеча (без подсвечника). Стеклянная или эбонитовая палочка с соответствующими натирателями для их электризации.

Условие задачи. Вырежьте ножницами из листа алюминиевой фольги квадратные кусочки (каждая сторона примерно в 2 см), положите их на стол, наэлектризуйте свечу трением о ладонь руки, охватив свечу пальцами, затем поднесите наэлектризованную поверхность свечи к середине квадратного куска фольги. Он притянется к свече, но не оттолкнется.

Возьмите теперь стеклянную палочку и сильно наэлектризуйте ее. Поднесите ее к вырезанному вами кусочку фольги. Результат получится противоположный — кусочек фольги притянется к стеклянной палочке и затем оттолкнется от нее.

Чем вы объясните обнаруженные вами явления, если известно, во-первых, что проводник, поднесенный к наэлектризованному телу, сам заряжается одноименным с телом электричеством и, во-вторых, что одноименные электричества взаимно отталкиваются?

Дополнения. 1. Возьмите металлическую палочку с изолированной ручкой. Зарядите ее электричеством. Можно ли, используя ее вместо наэлектризованной свечи, воспроизвести те опыты, которые вы проделали со свечой?

2. Оторвите от газеты небольшой кусочек. Примерно такой же кусочек отрежьте от нее ножницами. Положите эти кусочки на край толстой книги или коробки так, чтобы оторванный край одной бумажки и отрезанный край другой несколько выступали за край коробки или книги. Поднесите по очереди к этим краям наэлектризованную стеклянную палочку.

О какой бумажке можно с большей уверенностью сказать, что она не оттолкнется от наэлектризованной палочки?

61. Заряжение проводника односторонне и двусторонне наэлектризованным диэлектриком.

Установка. Толстая плоско-параллельная стеклянная пластинка, например, из оптического набора. (Толщина ее 0,5—1 см. Размер ее не меньше 100 см².) Натирагель, который вы применяете для электризации стеклянной палочки. (Лучше амальгамированная кожа.) Электроскоп.

Условие задачи. Наэлектризуйте трением верхнюю поверхность стеклянной пластинки. Затем поднесите ее к шарiku электроскопа, для того чтобы его зарядить. Этому вам не удастся сделать. Почему?

Что сделать, чтобы, используя этот же метод непосредственного соприкосновения пластинки с шариком электроскопа, можно было его зарядить?

Дополнения. 1. Почему требуется уточнение: „Используя этот же метод непосредственного соприкосновения пластинки с шариком электроскопа“?

2. Если не следовать этому указанию, то нельзя ли каким-нибудь иным приемом зарядить электроскоп? Каким электричеством он при этом зарядится?

62. Притяжение тел к наэлектризованному и поляризованному диэлектрикам.

Установка. Свеча. Книжечка (стопка) курительной бумаги.

Условие задачи. Выньте один листок из стопки курительной бумаги и положите его на стол. Затем возьмите в правую руку один конец свечи и положите

второй конец на ладонь левой руки. Двигайте свечу скользящим движением поперек ладони так, чтобы при этом наэлектризовалась только нижняя часть ее боковой поверхности. Можно проделать это несколько раз. После этого поднесите свечу наэлектризованной стороной к краю папиросной бумажки. Бумажка притянется к свече, и если вы начнете приподымать свечу, то бумажка потянется за ней. Однако вряд ли вам удастся удержать ее на весу над столом.

Положите вновь свечу на ладонь и охватите ее пальцами, согнув ладонь. Не разжимая ладони, выньте свечу скользящим движением. Теперь вы наэлектризовали почти всю боковую поверхность свечи. Поднесите ее к краю папиросной бумажки. Бумажка быстро притянется к свече, и вы без всякого труда подымете ее над столом вместе со свечой.

Почему, даже при многократной электризации одной стороны боковой поверхности свечи сила притяжения возбужденного на ней электричества оказывается значительно меньше, чем в том случае, когда электризуется вся поверхность свечи (даже при однократной электризации)?

Обдумайте как следует ваш ответ, чтобы указать на главную причину наблюдаемого явления, так как чаще всего указывают на второстепенную причину.

63. Заряжение проводника наэлектризованными диэлектриками с плоской и цилиндрической поверхностью.

Установка. Тонкая, гладкая пластинка из целлулоида размером 15×25 —30 см. (Нужна тонкая пластинка для того, чтобы ее можно было свернуть в трубочку диаметром 3—4 см и длиной 25—30 см.) Кусок меха. Электроскоп с шариком на конце стержня.

Условие задачи. Наэлектризуйте отрицательным электричеством целлулоидную пластинку, натерев ее мехом. Снимите ее со стола и поднесите к шарiku электроскопа для того, чтобы зарядить его. Вам не удастся зарядить электроскоп.

Что следует сделать для того, чтобы с помощью наэлектризованной пластинки целлулоида зарядить электроскоп отрицательным электричеством?

Дополнения. 1. При снимании наэлектризованной пластинки целлулоида со стола вы замечаете, что она как будто прилипла к его поверхности. Почему?

2. Почему при этом, если прислушаться, раздаются иногда потрескивания и шорох?

64. Заряжение проводников, имеющих различные радиусы кривизны.

Установка. Электроскоп, соединенный тонкой, голой проволочкой (диаметр порядка 0,1 мм) с шаровым проводником возможно большего диаметра. Эбонитовая палочка и кусок суконки.

Условие задачи. Если вы сильно наэлектризуете эбонитовую палочку, то, поднося ее к боковой стенке шарового проводника, зарядите и его и электроскоп. Если же вы наэлектризуете эбонитовую палочку слабо, то, приложив ее к шаровому проводнику, вы не сможете зарядить его электричеством.

Как следует поступить для того, чтобы с помощью такой слабо наэлектризованной эбонитовой палочки зарядить шаровой проводник и электроскоп отрицательным электричеством?

Пользоваться можно только выставленными предметами.

Примечание. Самый простой способ получения „слабой электризации“ эбонитовой палочки заключается в следующем. Когда вы натираете палочку суконкой, то не охватывайте сукном всей ее поверхности. Положите суконку на раскрытую ладонь или на стол и проводите по ней эбонитовой палочкой. При этом будет электризоваться только небольшая часть ее боковой поверхности. После нескольких проб вы легко найдете тот прием электризации палочки, при котором она не будет заряжать проводника указанным в задаче способом, но без труда зарядит его тем новым способом, который вы сами придумаете.

Дополнение. Сколькими принципиально различными приемами можно решить эту задачу, если не обращать внимания на знак заряда электричества?

65. Напряженность электрического поля.

Установка. Шаровой проводник. Стеклянная или эбонитовая палочка с соответствующими натирателями для электризации. Электрический маятник. Два пробных

шарика. Чувствительный электроскоп, арматура которого заземлена.

Условие задачи. Сильно зарядите шаровой проводник с помощью наэлектризованной стеклянной палочки. Возьмите в руку электрический маятник и издали приближайте его к шаровому проводнику. Маятник все больше начнет отклоняться от вертикали.

В курсе электричества вы решали задачу: как, зная угол отклонения маятника и вес его шарика, вычислить силу, с которой электрическое поле действует на шарик.

От чего зависит эта сила: от напряженности электрического поля или от его потенциала?

Вновь сильно зарядите шаровой проводник. Установите на расстоянии $1-1,5$ м от него электроскоп. Возьмите в одну руку один пробный шарик (за ручку), а во вторую — другой. Поднесите один пробный шарик к шаровому проводнику на расстояние примерно 15 см. Коснитесь его вторым пробным шариком, подведя его к первому со стороны, противоположной шаровому проводнику. Затем отнимите его от первого шарика и положите на стол. Первым пробным шариком коснитесь стержня электроскопа. Листочки электроскопа обнаружат некоторый заряд.

Проделайте тот же опыт с пробным шариком, подведенным к шаровому проводнику на расстояние примерно в 5 см. Электроскоп обнаружит больший заряд на пробном шарике.

Почему возникают заряды на пробном шарике и что они позволяют определить: напряженность или потенциал электрического поля?

Дополнения. 1. Если бы электроскоп имел калиброванную шкалу, то можно было бы измерить, во сколько раз один заряд пробного шарика больше другого. Какой метод при этом условии дал бы более точные результаты измерения: метод применения маятника или метод применения пробных шариков?

2. Надо ли для измерений с помощью пробных шариков пользоваться шариками равных диаметров?

3. Следует ли для точности результата заземлять арматуру электроскопа?

4. С большими или малыми шариками получится более точный результат определения свойств электрического поля в определенной его точке?

Вы должны решить, что подразумевается под свойствами электрического поля: его напряженность или его потенциал.

5. С большими или маленькими шариками получится большее отклонение листочков электроскопа?

66. Потенциал электрического поля.

Установка. Установка та же, что дана в предыдущей задаче, за исключением электрического маятника. Вместо двух пробных шариков дается один, соединенный тонкой проволокой (длиной в 1,5 м) с электроскопом. Шаровой проводник и электроскоп устанавливаются на подставке высотой примерно в 30 см. Свеча.

Условие задачи. Сильно зарядите шаровой проводник с помощью наэлектризованной стеклянной палочки. Возьмите в руку пробный шарик (за ручку) и начните приближать его к шаровому проводнику. Так как пробный шарик соединен с электроскопом проволокой, то листочки электроскопа начнут подниматься. (Следите, чтобы соединительная проволока не касалась во время опыта стола или других проводящих предметов.)

Что можно определить по показаниям электроскопа: напряженность или потенциал электрического поля?

Зарядите снова шаровой проводник и держите пробный шарик как можно дальше от него, но на таком расстоянии, при котором можно заметить слабый подъем листочков электроскопа. Попросите вашего товарища зажечь свечу вдали от вас и затем, заслоняя ее рукой, быстро подойти к вам и коснуться пламенем пробного шарика. В тот же момент листочки электроскопа поднимутся сильнее.

Почему происходит это явление?

Для измерений (вы сами должны решить, чего — напряженности или потенциала поля) пользуются пламенем свечи без пробного шарика.

Снимите проволочку с пробного шарика и, намотав несколько раз ее конец вокруг свечи около фитиля, закрутите ее, чтобы она не сползла со свечи. Кончик проволоки подведите к фитилю так, чтобы при горении свечи он находился в ее пламени. Зажгите свечу и проводите все предыдущие опыты.

Если вместо электроскопа пользоваться электрометром, то можно провести ряд измерений при опытах.

В каком случае измерения дадут более точный результат — с помощью пробного шарика или с помощью свечи?

Дополнения. 1. Почему свечу надо зажигать вдалеке от заряженного шарового проводника?

2. Почему со свечой (вместо пробного шарика) нельзя исследовать электрическое поле вблизи заряженного проводника?

3. Почему для соединения пробного шарика или свечи с электроскопом нужна очень тонкая проволока?

4. Почему электроскоп должен быть удален на большое расстояние от заряженного проводника?

5. Необходимо ли до внесения в поле пробного шарика на момент заземлить его?

67. Нейтрализация тяготения при помощи электризации Земли.

Условие задачи. Земной шар имеет отрицательный заряд. Если бы этот заряд начал по каким-нибудь причинам непрерывно и быстро увеличиваться, то все тела, находящиеся на земной поверхности, приобретали бы также все больший и больший отрицательный заряд, вследствие чего электрическая (кулоновская) сила отталкивания от земной поверхности все более возрастала бы. Можно представить себе, что в конце концов кулоновская сила, отталкивающая, скажем, ваше тело от Земли, сравнялась бы с силой тяготения и вы стали бы невесомы.

Докажите, что, если бы все сказанное могло случиться и вы действительно стали бы невесомыми, то все остальные тела не сделались бы невесомыми и что вообще ни при каких условиях сила электрического отталкивания не могла бы скомпенсировать вес всех тел, находящихся на Земле.

Для облегчения решения этой задачи представьте себе, что тела, находящиеся на Земле, имеют форму шара. Вам тогда легче будет отыскать в ходе ваших размышлений ту характерную для шара величину, от которой зависят как электрическая сила отталкивания, так и гравитационная сила притяжения (т. е. вес тела), но зависят по-разному.

ЦЕПЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.

68. Ток в трамвайной линии.

Условие задачи. Рано утром электрическая подстанция, находящаяся в трамвайном парке, включила трамвайную линию. Вслед за этим из парка вышел первый трамвайный вагон. С какой скоростью распространяется электрический ток вдоль трамвайного провода?

69. Замыкание цепи.

Установка. Двухполюсный предохранитель, смонтированный на вертикальной стойке (рис. 16). С помощью шнура, присоединенного к его верхним клеммам, предохранитель включается в сеть городского тока. (О предохранительных мерах см. раздел II.) Электрическая лампочка, ввинченная в патрон, имеющий шнур приблизительно в 0,5 м длины с зачищенными концами проводов. В предохранитель вставлены пробки, из которых одна перегоревшая.

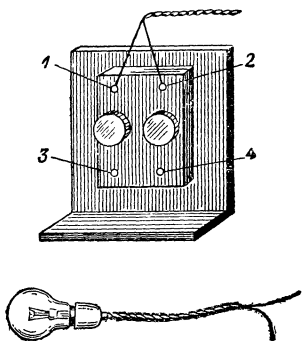


Рис. 16.

Условие задачи. Как, не вынимая пробок из предохранителя и не отвинчивая их крышек, можно с помощью лампочки точно указать, какая из двух пробок перегорела?

Дополнения. 1. Можно ли тем же способом определить, одна или обе пробки перегорели?

2. Если в квартире погасло электрическое освещение, то как можно выяснить, произошло ли это вследствие обрыва провода в квартире, перегорания пробок предохранителя или отсутствия тока во внешней линии?

Имеется в виду, что все эти три вопроса вы решаете, исследуя основной двухполюсный предохранитель, установленный в вашей квартире.

Проверьте ваши соображения на опыте.

70. Замкнутая электрическая цепь и электродвижущая сила.

Установка. Два одинаковых сухих гальванических элемента. Их положительные полюсы соединены между собой проводником. К их отрицательным полюсам присоединена лампочка накаливания от карманного фонаря (рис. 17).

Условие задачи. Перед вами два элемента, соединенные между собой. К их свободным полюсам прикреплена лампочка накаливания.

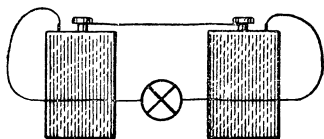


Рис. 17.

Почему она не светит?
Что нужно сделать для того, чтобы нить лампочки накалилась?

Дополнения. 1. Сколькими способами можно осуществить накал нити лампочки?

2. Почему при одном способе нить лампочки накаливается сильнее, чем при другом?

3. Почему установка задачи не представляет собой замкнутой электрической цепи, если она состоит из замкнутого ряда проводников?

4. Какие два условия необходимы для того, чтобы какую-либо установку можно было назвать замкнутой электрической цепью?

71. Последовательное включение.

Установка. Используется установка задачи 69.

К ней добавляется еще одна лампочка, такая же, как и первая, с патроном и шнуром. У второй лампочки концы проводов шнура должны быть также зачищены.

Кроме того, ставится настольная электрическая лампочка, которая приключается с помощью шнура к нижним клеммам предохранителя. Обе пробки предохранителя целы.

Условие задачи. Включите вилку шнура, идущего от верхних клемм предохранителя, в стенную розетку электрической сети. Этим вы включите настоль-

ную лампу. Если перегорит одна из пробок, лампа погаснет.

Когда это происходит с квартирным предохранителем, то вся квартира погружается во мрак. Это представляет двойное неудобство: во-первых, в темноте трудно отыскать перегоревшую пробку и заменить ее новой. Во-вторых, нельзя быть уверенным, что причина, вызвавшая короткое замыкание в цепи, устранена к моменту замены пробок, причем в этом случае новая пробка также перегорит.

Как с помощью выставленных перед вами предметов можно осуществить автоматически действующий сигнализатор, который:

1) осветил бы предохранитель в момент перегорания одной или двух пробок,

2) указал бы, какая пробка предохранителя перегорела,

3) дал бы возможность выяснить, существует ли еще в цепи короткое замыкание.

72. Параллельное соединение.

Установка. Сухой элемент. Электрический звонок. Кнопка, монтированная на дощечке, в которую вделаны две клеммы. На нижней стороне дощечки укрепляется сопротивление, сделанное из тонкой изолированной проволоки высокого сопротивления. Одна клемма соединена с одним концом сопротивления, другая — с одним из контактов кнопки. Второй контакт кнопки соединяется со вторым концом сопротивления. Весь монтаж делается на нижней стороне дощечки (рис. 18). Соединительные провода.

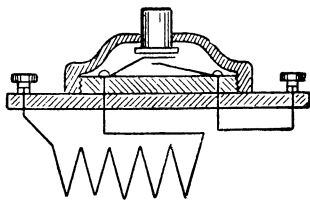


Рис. 18.

Условие задачи. Включите в звонковую цепь кнопку таким образом, чтобы ее действие было обратным обычному: нажатая кнопка прекращала бы работу звонка, а при ненажатой кнопке звонок начинал бы звонить.

Дополнения. 1. В каком случае гальванический элемент сильнее истощается: при работе звонка или наоборот — когда звонок не звонит?

2. Проходит ли ток через звонок, когда кнопка нажата, а звонок не звонит?

73. Замыкание цепи землей.

Условие задачи. На фасадах некоторых загородных домов натягиваются параллельными рядами вертикальные проволоки, по которым поднимаются вверх вьющиеся растения (дикий виноград, хмель и т. п.). Если к фасаду дома подходят провода, подводящие ток, то вьющиеся растения, дотянувшись до них, начинают обвивать провода на протяжении нескольких сантиметров, а иногда и половины метра. Если эти провода идут от электростанции постоянного тока, то можно наблюдать любопытное явление: растение обвивает только один провод, никогда не два. Почему?

Мало того, если осторожно снять растение с провода и насильно навить часть его на другой провод, то оно самостоятельно сматывается с провода и вновь начинает цепляться своими усиками за первый провод. После такой насильной навивки часть листьев и усиков погибает. О чем говорят эти опыты с растением?

74. Сопротивление земли.

Установка. Школьный телеграфный аппарат. Ключ для него. Пять карманных батареек, последовательно соединенных (или эквивалентная им по э. д. с. батарея). Головной телефон. Два квадратных железных листа примерно 30×30 см, с совершенно чистой поверхностью, не покрытой ни краской, ни маслом. К каждому листу припаяна изолированная проволока, длиной около 2 м. Моток изолированного провода. Деревянный ящик, высотой 35 см, шириной 30 см и длиной 35 см. В него должны свободно входить вертикально железные листы, расстояние между которыми оставляется около 10 см. Лейка или кувшин. Лопата. Табуретка.

Условие задачи. Возьмите вместе с товарищами все выставленные предметы и материалы и вынесите их на школьный двор или сад.

Установите на табуретке телеграфный ключ и батарею. Соедините их последовательно, но оставьте свободным один полюс батареи и один контакт (клемму) телеграфного ключа. Для замыкания цепи (при нажатом ключе) необходимо еще соединить проводником свободный полюс батареи со свободным контактом (клеммой) ключа. В качестве этого проводника используйте землю. Вложите в ящик два железных листа и, расположив их вертикально, на расстоянии приблизительно 10 см один от другого, плотно засыпьте их влажной землей до краев ящика. Теперь соедините проволоку, идущую от одного железного листа со свободным полюсом батареи, а другую проволоку, идущую от второго железного листа, со свободным контактом ключа. Нажмите ключ. Телеграфный аппарат будет бездействовать. Проверьте вашу цепь электрического тока, включив вместо телеграфного аппарата головной телефон. Каждое замыкание и размыкание цепи ключом вызовет в телефоне щелчок. Чем же объяснить, что в вашем опыте телеграфный аппарат отказывается работать?

Вам известно, что в телеграфных линиях применяется земля в качестве второго провода, расстояние между заземлениями равно не 10 см, а сотням километров. Разница между вашим опытом и практическими установками заключается в том, что вы железные электроды зарыли в землю, а на практике их зарывают в Землю. Проверьте, имеет ли это значение. (Обратите внимание на написание слова „Земля“.)

Выньте обе железные пластины из ящика. Выройте лопатой неподалеку от телеграфного аппарата яму. Ройте до тех пор, пока песок или земля в ямке не станут слегка влажными на ощупь. Тогда поставьте вертикально на дно ямки один железный лист и плотно засыпьте его землей. Полейте сверху водой. Для второй ямки, в которую должен быть зарыт лист, выберите место как можно более удаленное от первой. Это расстояние ограничивается только с одной стороны размерами двора или сада, в котором вы проводите опыты, и с другой стороны — длиной изолированной проволоки, которую дал вам учитель, свернутой в моток. Когда вы зароете в землю второй железный лист (землю сверху польете водой), можете присоединить провода от первого и второго листа к вашей установке.

Каждое нажатие ключа теперь сопровождается работой телеграфного аппарата.

Почему же сопротивление земляного проводника длиной в 10 см оказывается в сотни раз больше, чем сопротивление земляного проводника, длиной в несколько метров и даже десятков метров в вашем втором опыте?

Дополнения. 1. Как изменяется сопротивление телеграфной цепи в зависимости от размеров заземленных электродов?

2. Как изменяется сопротивление телеграфной цепи в зависимости от расстояния между заземленными электродами?

75. Ток в массивном проводнике.

Установка. Большая фотографическая кювета, наполненная водой. (Кювета сделана из непроводящего электрический ток материала.) На одной стороне ее в двух углах укреплены две проволоочки, опущенные в воду и соединенные с помощью шнура с сетью электрического освещения. В цепь последовательно включается маломощная лампочка накаливания (рассчитанная на напряжение сети) в качестве предохранительного сопротивления. Головной телефон. Штепсельная розетка, монтированная на дощечке, от которой идут две изолированные проволоки, длиной примерно в 30 см каждая, с зачищенными концами.

Условие задачи. В ванночку (кювету) налита вода, в которую опущены две проволоочки (около задней стенки), включенные в сеть городского переменного тока. Электрический ток проходит по жидкости между опущенными в нее проволочками.

Наденьте головной телефон, который включен в розетку. От розетки идут две проволоочки, концы которых опустите на некотором расстоянии один от другого в воду у передней стенки ванночки.

Почему через ваш телефон, включенный в цепь в стороне от проволочек, соединенных с сетью, проходит электрический ток? (Телефон звучит.)

Этим приемом широко пользовались во время войны 1914 г. для перехватывания вражеских телефонных переговоров.

Дополнения. 1. Как изменяется сила тока в телефоне, если вы будете увеличивать и уменьшать расстояние между опущенными в жидкость концами проволок? Почему?

2. Чему равна сила тока в телефоне, если расстояние между концами проволок равно нулю? Почему?

3. Как изменяется сила тока в телефоне, если концы проволок приближать к задней стенке? Почему?

76. Изменение сопротивления металла при понижении его температуры.

Установка. Тонкая железная проволочка (*ав*) натянута на П-образную деревянную рамку с роликами на концах.

Проволочка соединена своими концами с гибкими проводниками (шнуром) (рис. 19); с помощью этих проводников проволочка последовательно, через реостат с движком и рубильник включена в цепь батареи аккумуляторов. Банка с водой, в которую можно вставить одну половину рамки с проволокой.

Условие задачи. Замкните рубильник и медленно передвигайте движок реостата до тех пор, пока железная проволока не раскалится (темнокрасный накал) электрическим током.

Как, не изменяя положения движка реостата, можно значительно увеличить накал одной половины железной проволоки?

Дополнения. 1. Меняется ли сила тока в цепи при выполнении опыта?

2. Как изменяется при этом сопротивление одной и другой половин железной проволоки?



Рис. 19.

77. Изменение сопротивления металла при повышении его температуры.

Установка. Установка описана в задаче 76. Вместо банки с водой выставляется одна или две спиртовые лампочки.

Условие задачи. На деревянную рамку натянута тонкая железная проволока, которая последовательно через реостат и рубильник может включаться в цепь

батареи аккумуляторов. Замкните рубильник и медленно передвигайте движок реостата до тех пор, пока железная проволока не раскалится (темнокрасный накал) электрическим током.

Как, не изменяя положения движка реостата, уменьшить накаливание (свечение) одной половины железной проволоки?

Дополнение. Спиртовой лампочкой нагревают одну половину проволоки.

В каком случае получится больший эффект, указанный в задаче, — тогда ли, когда вы держите спиртовку неподвижно, или тогда, когда вы проводите ее пламенем вдоль всей половины проволоки?

78. Температурный коэффициент сопротивления металла.

Установка. Лампочка накаливания на 127 в, 75 вт. Для нее патрон со шнуром. Аккумулятор (4 в). Амперметр с ценой деления порядка 0,1 а. Соединительные провода.

Условие задачи. Возьмите лампочку накаливания, осмотрите ее внимательно и запишите ее характеристику. Вычислите на основании отмеченных на ней данных сопротивление нити лампочки. Вы получите приблизительно 212 ом. Проверить это численное значение величины сопротивления нити лампочки с помощью переменного тока городской сети не всегда возможно, так как в школе может не оказаться необходимого амперметра переменного тока. Однако перед вами выставлен достаточно чувствительный амперметр постоянного тока и батарея аккумуляторов, состоящая из двух элементов. Воспользуйтесь ими и, не считаясь с внутренним сопротивлением аккумуляторов, так как оно очень мало, определите сопротивление нити лампочки.

Во сколько раз оно меньше ожидаемого? Почему?

Дополнения. 1. Можно ли из ваших данных найти приблизительное значение температурного коэффициента сопротивления вольфрама, считая, что температура нити накала лампочки во время ее горения равна 1300°С?

2. Имеет ли смысл при определении температурного коэффициента подставлять в формулу разность темпе-

ратур $1300^{\circ}-20^{\circ}$, а не 1300° , считая, что вы измеряли сопротивление нити лампочки при комнатной температуре (около 20°C)?

3. В чем заключается главный источник неточности в определении температурного коэффициента сопротивления?

4. В чем заключается главный источник неточности ваших вычислений?

79. Сопротивление контактов.

Установка. Отрезок цепочки от часов „ходиков“, длиной около 0,5 м. К крайним ее звеньям припаяны гибкие изолированные проводники, например, от шнура осветительной сети. Длина их около метра. Батарея элементов или аккумуляторов ($\epsilon = 4-6 \text{ в}$). Демонстрационный амперметр, вся шкала которого рассчитана на 1—2 а. Выключатель. Соединительные провода.

Условие задачи. Составьте замкнутую цепь из батареи и последовательно соединенных амперметра, цепочки и выключателя. Для этого разложите цепочку на столе во всю длину и соедините один гибкий проводник, припаянный к ее концу, с клеммой амперметра. Вторую клемму амперметра присоедините к полюсу батареи. Второй полюс батареи соедините с клеммой выключателя и, наконец, ко второй его клемме присоедините гибкий проводник, идущий от второго конца цепочки.

Замкните цепь выключателем и, взявшись руками за ее крайние звенья (а не за проводники, чтобы они не оборвались), подымите ее над столом так, чтобы она провисала между руками.

Смотрите на стрелку амперметра и начните раздвигать руки, постепенно увеличивая натяжение цепочки. При этом амперметр будет указывать все большее и большее возрастание силы тока.

Чем объясняется это явление?

Дополнения. 1. Когда цепочка свободно провисала в ваших руках, все ее металлические звенья соприкасались между собой, и следовательно, цепь была замкнута. Почему же при этом амперметр не отмечал наличия тока в цепи?

2. Какие места цепочки нагреваются сильнее всего во время опыта?

3. Если имеется сложная цепь электрического тока с многочисленными контактами, то на что следует обращать особое внимание?

4. Иногда штепсельная розетка и вложенная в нее вилка, присоединенная к каким-либо электрическим приборам, начинают сильно нагреваться. Почему? Что нужно сделать для устранения этого ненормального разогревания?

80. Падение потенциала в цепи.

Установка. Стеклоянная ванночка удлиненной формы наполнена раствором NaCl , в который опущены два плоских электрода. Последовательно с лампочкой накаливания (127 в, 60 вт), выполняющей роль реостата, ванночка включается в сеть электрического освещения. Лампочка накаливания от карманного фонаря с присоединенными к ней двумя гибкими проводниками, концы которых припаяны к двум небольшим электродам.

Условие задачи. Включите ванночку с раствором хлористого натрия в сеть электрического освещения. После включения в ванночке проходит электрический ток.

Как следует поступить, чтобы от этого тока накаливалась лампочка от карманного фонаря? (Изменять установку нельзя.)

Вы должны заранее продумать, как начать выполнение этого опыта, чтобы быть уверенным, что вы не пережжете лампочку.

Дополнения. 1. Сколькими способами можно прекратить накал лампочки, не вынимая присоединенных к ней электродов из раствора соли?

2. Меняется ли сила тока в цепи, когда вы опускаете в раствор электроды лампочки?

3. Какими тремя приемами можно добиться постепенного ослабления и усиления света лампочки? (Установка попрежнему остается без изменений.)

81. Зависимость падения потенциала от сопротивления проводника.

Установка. Установка такая же, как описана в задаче 80.

Дополнение к ней заключается в следующем: лампочка от карманного фонаря закрепляется в

штативе. Её электроды подвешиваются к горизонтальной планочке, которая прикрепляется к тому же штативу.

Электроды опущены в раствор¹ и устанавливаются на таком расстоянии один от другого, чтобы нить лампочки накаливалась при очень малой концентрации соли в растворе.

Условие задачи. Включите ванночку с очень слабым раствором хлористого натрия в сеть электрического освещения.

Вы увидите, что при этом накаливается лампочка от карманного фонаря.

Каким образом, не касаясь электродов и не выливая раствора из ванночки, можно прекратить свечение лампочки?

Если для решения этого вопроса вам что-нибудь понадобится, чего нет в установке задачи, спросите у учителя. Никаких изоляторов для опыта применять нельзя.

Дополнения. 1. Чем больше сопротивление раствора в ванночке, тем сильнее становится накал лампочки. Почему это происходит?

2. Каким другим способом можно решить задачу, не нарушая ее условия?

82. Разветвленная цепь.

Установка. Тонкая голая проволока высокого сопротивления, укрепленная на двух стойках, как указано на рис. 20.

К концам проволоки прикреплен шнур для включения ее в сеть электрического тока.

К средней части нижней половины проволоки высокого сопротивления присоединена в двух ее точках лампочка накаливания от карманного фонаря. Вся установка рассчитана так, что при включении ее в сеть лампочка светится не полным накалом.

Отрезок той же проволоки высокого сопротивления, длина которого несколько больше расстояния между

¹ Раствор наполняет банку ниже ее края приблизительно на 0,5 см.

нижней и верхней половинами проволоки. К хорошо зачищенным концам этой проволоки присоединены мятые кусочки алюминиевой фольги.

Условие задачи. Включите установку в сеть электрического освещения. Ответвленный электри-

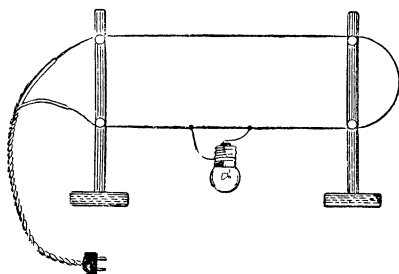


Рис. 20.

ческий ток пойдет через лампочку, и она начнет светить.

Как, ничего не меняя в установке, можно с помощью лежащего перед вами отрезка проволоки усилить и ослабить свечение лампочки?

Дополнения. 1. Каким другим способом можно ослабить свет лампочки, не меняя попрежнему ничего в самой установке?

2. Какая причина заставила учителя присоединить к концам отрезка проволоки, с которым вы экспериментировали, мятые кусочки алюминиевой фольги?

83. Ответвление электрического тока.

Условие задачи. Проходит ли электрический ток через птиц, сидящих на голых проводах линии передачи электрической энергии?

АВТОМАТЫ.

84. Электрический звонок постоянного тока.

Установка. Электрический звонок постоянного тока. Гальванический элемент. Соединительные провода.

Условие задачи. Как следует присоединить провода, идущие от полюсов элемента к электрическому звонку, для того чтобы замыкание цепи вызвало только один удар молоточка звонка о звонковую чашечку?

Дополнения. 1. Начертите схему электрического звонка, молоточек которого при замыкании цепи производил бы один удар по чашечке звонка.

2. Какая деталь звонка при такой схеме совершенно не нужна?

85. Автомат, сигнализирующий открывание дверей и окон.

Установка. Электрический звонок постоянного или переменного тока. Для его питания два элемента или штепсельная розетка, включенная в сеть переменного тока. Соединительные провода. Пластинка жести (10×10 см), дощечка (5×10 см). Шесть маленьких шурупов; один большой. Две отвертки, ножницы, шило.

Условие задачи. Как, используя все, что выставлено перед вами, построить автоматически действующий сигнализатор, который включал бы электрический звонок при каждом открывании двери и вновь выключал бы его при ее закрывании?

Укажите случаи, когда такое устройство могло бы быть полезным на практике?

Примечание. Из жести вырезаются две пластинки, служащие контактами для включения звонка. Они привинчиваются к дощечке, которая прикрепляется к двери. Прежде чем вырезать их из жести, вырежьте их из бумаги, чтобы не портить напрасно жечь, и, прикладывая их к различным участкам двери, сообразите, где лучше всего их прикрепить и какую им придать наиболее удобную форму.

Дополнения. 1. Как следует построить автомат, чтобы звонок звонил при закрытом окне и не звонил при открытом? При каких условиях это может иметь практическое значение?

2. Можно ли построить автомат для того, чтобы при открывании двери зажигалась лампочка, рассчитанная на питание от городского тока? Что необходимо предусмотреть в таком автомате?

3. Как сделать автомат, который не сигнализировал бы, когда окно или дверь настежь (полностью) открыты, но тотчас давал бы сигнал, если они случайно или намеренно прикрываются, а тем более закрываются.

86. Сигнализатор высокой температуры.

Установка. Электрический звонок постоянного тока. Гальванический элемент. Соединительные провода. Деревянный прямоугольный брусочек примерно в 2 см высоты и ширины и 10 см длины. Две полоски жести, длиной около 10 см и шириной около 1,5 см. На одном конце каждой полоски жести проделаны два маленьких отверстия. Четыре маленьких шурупа, с помощью которых полоски жести могут быть привинчены учеником к деревянному брусочку (см. решение задачи). Отвертка. Кусок парафина или стеарина, лежащий на блюдецке.

Условие задачи. Как с помощью выставленных перед вами предметов и материалов построить простое приспособление для автоматической сигнализации о пожаре?

Имеется в виду, что при повышении в комнате температуры воздуха примерно до 60°С электрический звонок начинает автоматически звонить.

Дополнение. Какой главный недостаток построенного вами автомата?

87. Автоматический переключатель.

Установка. Большой электрический звонок постоянного тока. Электрическая настольная лампа (127 в, 40 вт), от которой идет шнур с вилкой для включения в сеть. Один провод шнура перерезан и к образовавшимся концам его присоединена штепсельная розетка, привинченная к дощечке. Вилка с отрезком шнура для этой розетки. Карманная батарейка и лампочка от карманного фонаря с припаянными к ее цоколю двумя проводами. Соединительный проводничок. Маленькая отвертка. Плоскогубцы. (Вилка настольной лампы включена в штепсельную розетку городского тока.)

Условие задачи. В некоторых бесперебойно работающих исследовательских лабораториях устанавливается дополнительно аккумуляторное освещение на случай какой-нибудь аварии с городским током. При этом переключение освещения с городского тока на аккумуляторный происходит автоматически.

Как можно построить такой автоматический переключатель из звонка, сделав для этого небольшие переключения его соединительных проводов?

Как такой „автомат“ включить в сеть городского тока и присоединить его к цепи, составленной из карманной батарейки и маленькой лампочки, заменяющих в вашей установке аккумуляторную батарею и большие лампочки накаливания?

З а м е ч а н и е. Сделанный вами автоматический переключатель следует включать в сеть городского тока с помощью вилки со шнуром, которая дана в установке. Концы шнура присоединяются к „автомату“.

Ни в коем случае нельзя вставлять вилку в стенную розетку. Ее необходимо вставлять в штепсельную розетку, стоящую на столе.

Дополнения. 1. Будет ли ваш приборчик автоматически переключать карманную лампочку на настольную, если (воображаемая) порча сети исправлена и подача городского тока возобновлена?

2. Почему „автомат“ гудит, когда через него проходит городской ток? Как можно значительно ослабить это гудение?

ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.

88. Нагревание проводника электрическим током.

Установка. Стеклянная банка, наполненная на две трети водой. Деревянная толстая дощечка (толщина примерно 2 см), которой можно прикрыть банку, как крышкой. В дощечке прорезаны два узких, параллельных друг другу щелевидных отверстия на расстоянии примерно в 3 см одно от другого.

Сквозь эти отверстия могут вкладываться две жестяные пластинки, шириной 6—10 см и длиной, зависящей от высоты банки. К жестяным пластинкам прикреплены концы шнура с вилкой для включения в электрическую сеть.

Банка, деревянная дощечка и две пластинки жести со шнуром выставляются отдельно друг от друга.

Условие задачи. Как вскипятить воду в банке, используя энергию городского тока и выставленные перед вами предметы?

Будьте осторожны! Не вставляйте вилки в штепсельную розетку, пока жестяные пластинки не будут надежно установлены. Если одна из них коснется другой, произойдет короткое замыкание!

Дополнения. 1. Почему в вашем опыте стекло банки не трескается, когда вы нагреваете воду, налитую в банку, доводя ее до кипения?

2. Почему вскипятить воду в стеклянной банке, поставленной на обыкновенную плиту или электрическую плитку, совершенно невозможно, так как задолго до кипения стекло банки даст трещину от нагревания?

3. Почему при решении этой задачи вы замечаете, что вода уже начинает закипать (пузырьки пара начинают подниматься на поверхность воды), а стенки банки около дна холодные? (Только по прошествии долгого времени вся банка разогревается и до нее нельзя дотронуться рукой.)

4. Имеет ли практическое значение осуществленный вами способ нагревания воды? Какой его недостаток?

89. Теплоотдача проводов.

Установка. Тонкая проволока высокого сопротивления, натянутая на П-образную деревянную рамку (см. стр. 57), включена последовательно с соответствующим реостатом в сеть городского тока. Реостат с движком.

Над столом с установкой укрепляется деревянная полка.

Условие задачи. Передвиньте движок реостата на наибольшее его сопротивление. Возьмите рамку с проволокой в руку и другой рукой включите установку в сеть городского тока. Держа рамку неподвижно в одной руке, начните другой передвигать движок реостата до тех пор, пока проволока в рамке не накалится до темнокрасного накала. Начните очень медленно отводить движок обратно и остановите его, когда свечение проволоки перестанет быть заметным. Затем подведите рамку под полку так, чтобы нагреваемая про-

волока расположилась вдоль полки и ниже ее приблизительно на 3 см.

Вы увидите, что проволока сильно раскалилась. Почему?

Дополнения. 1. Как меняется накал проволоки в зависимости от ее расстояния до полки?

2. Почему голые уличные провода допускают большую плотность тока, чем покрытые изоляцией?

Посмотрите в справочнике, какие существуют нормы силы тока для голых и изолированных проводов.

3. В какое время года провода наружной проводки могут выдерживать большую плотность тока?

90. Периодическое кипение.

Установка. Прямоугольная плоская стеклянная банка („аккумуляторная“) с опущенными в нее двумя жестяными пластинами почти такой же ширины, как и ширина банки (рис. 21).

В банку налит раствор NaCl не более $\frac{2}{3}$ ее высоты. К жестяным пластинам припаяны изолированные провода. Один провод соединен с концом одного из проводов шнура, снабженного штепсельной вилкой для включения его в сеть городского тока. Второй провод соединен с одной клеммой амперметра переменного тока, другая клемма которого соединяется с концом второго провода шнура.

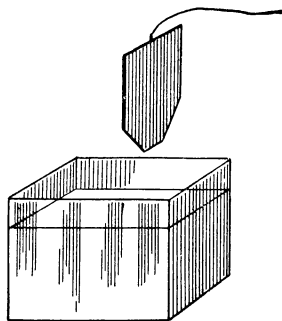


Рис. 21.

Условие задачи. Установка состоит из последовательно включенных: амперметра переменного тока и сосуда с раствором соли (NaCl), в который опущены два электрода.

Включите установку в цепь городского тока, вставив штепсельную вилку в розетку. Внимательно следите за состоянием жидкости в банке и за показанием амперметра. Сила тока растет, жидкость начинает закипать около электродов. Заметен пар. Кипение усиливается до бурного, сила тока в этот момент достигает своего

максимума и вдруг резко падает почти до нуля. Одновременно прекращается кипение. Немедленно снова начинает расти сила тока, кипение увеличивается до бурного, и вновь весь процесс почти полностью приостанавливается.

Так продолжается до тех пор, пока вы не выключите установку из городской сети.

Чем же объяснить возникновение этого периодического кипения жидкости и периодического изменения силы тока в цепи?

Дополнения. 1. Почему кипение жидкости возникает в первую очередь около поверхности электродов?

2. Какая причина вызывает в начале опыта увеличение силы тока в цепи?

3. Проводят ли пузырьки пара электрический ток?

4. Можно ли подобную установку назвать медленно действующим автоматическим прерывателем тока?

5. Как, по-вашему, зависит частота прерываний тока от размеров пластин? Выключите установку. Возьмите вместо одной пластины проволоку и опустите ее в раствор. Включите установку. Увеличилась ли при этом частота прерываний тока или уменьшилась? Проверьте это на опыте.

6. Выключите установку. Оставьте один электрод в сосуде. Вторым электродом выньте из сосуда и вместо него присоедините к шнуру голую проволоку (медную, железную) диаметром в 0,5 мм или тоньше. Включите установку в сеть и, опуская сверху вниз свободный конец проволоки, коснитесь им поверхности электролита. Опустите его постепенно на глубину 1 см.

Обратите внимание на то, как бурно происходит сейчас процесс около проволоки. Его даже нельзя назвать бурным кипением, так как он сопровождается свечением раскаленного конца проволоки, вспышками желтого пламени и резким, периодически повторяющимся трескучим звуком.

Попытайтесь, насколько можете, объяснить это явление.

7. Не напоминает ли вам опыт, который вы проделали в предыдущем вопросе, работу какого-нибудь прибора, с которым знакомил вас во время демонстрации учитель физики?

8. Почему в опыте вопроса 6 и, особенно, в опыте 7 амперметр не отмечал перерывов тока, хотя ухо отчетливо улавливало очень большую частоту прерываний и замыканий тока в цепи?

9. Можно ли получить все описанные эффекты, пользуясь постоянным током?

91. Непрерывное изменение сопротивления раскаленной железной проволоки.

Условие задачи. Вы видели на уроке физики, как тонкая железная проволока, протянутая над демонстрационным столом, раскаляется до светлокрасного каления под действием электрического тока. Если бы вы проделали такой опыт, включив последовательно с раскаленной проволокой амперметр, то заметили бы, что сила тока в цепи постепенно убывает. Наоборот, если бы вы поддерживали в цепи постоянную силу тока, то проволока начинала бы раскаляться все сильнее и сильнее, пока не перегорела бы.

Попытайтесь объяснить причину, вызывающую это явление, исходя из соображений о тех процессах, которые происходят на поверхности раскаленной проволоки (железной), когда она окружена воздухом.

92. Периодическое нагревание проводника переменным током.

Установка. Две одинаковые лампочки на 40 *вт* (127 *в*) ввинчены в патроны со шнуром и, соединенные последовательно, могут одновременно включаться в сеть городского тока. В баллоне одной лампочки сделано отверстие.

Условие задачи. Перед вами две одинаковые, последовательно соединенные лампочки накаливания, однако в верхней части одной из них сделано отверстие. Включите их в сеть городского тока.

Как с помощью этой установки можно доказать на опыте, что проходящий через лампочки ток — переменный?

Дополнения. 1. Установите ось лампочки с отверстием в баллоне горизонтально. Поднесите к отверстию

пламя спички или свечи. Включите затем лампочку в сеть. Что при этом происходит? Почему?

2. Выключите лампочку из сети. Что при этом происходит с пламенем? Почему?

ЭЛЕКТРОЛИЗ. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

93. Закон электролиза.

Установка. Обычный электролизер, употребляемый для получения из подкисленной воды водорода и кислорода. Стеклянные трубочки, в которых собирается кислород и водород, имеют деления, калиброванные на объем газа. Электролизер включен в цепь аккумулятора через рубильник. Справочник, в котором указан электрохимический эквивалент водорода и его плотность.

Условие задачи. Запишите, с каким делением трубочки совпадал уровень жидкости перед замыканием цепи. (Отсчитывайте деления в той трубочке, где выделяется водород.) Включите прибор для электролиза в цепь, замкнув рубильник. Через некоторое время, когда уровень жидкости в водородной трубочке подойдет к какому-нибудь новому делению, находящемуся от первого на расстоянии приблизительно 5 см, выключите рубильник.

Сколько минут прошло от момента включения до момента выключения рубильника?

П р и м е ч а н и е. Каждое деление трубочки соответствует 0,5 см³.

Дополнения. 1. В каком случае вы получили бы более точный результат — при измерении выделившегося водорода или кислорода?

2. Какие две причины приводят к меньшей точности измерений, проводимых с кислородом?

3. За какой промежуток времени вы получите более точный результат?

4. В настоящее время с помощью электролиза можно определить с весьма большой точностью электрохимические эквиваленты. Можно ли с такой же точно-

стью, на основании этих эквивалентов и пользуясь методом электролиза, определять интервалы времени?

5. Почему не применяют на практике „электролитические часы“?

94. Вещества, выделяющиеся при электролизе.

Установка. Баночка со слабым раствором HCl и баночка со слабым раствором H_2SO_4 . Две узкие медные пластинки или два тонких угольных электрода, например, вынутые из отработавшей карманной батарейки. Соединительные провода. Батарея аккумуляторов на 6 в, снабженная предохраняющим ее от короткого замыкания буферным сопротивлением ($R \approx 3\Omega$). Плоскогубцы.

Условие задачи. В одной баночке раствор хлористо-водородной (соляной) кислоты, а в другой — раствор серной кислоты.

Как определить с помощью выставленных перед вами предметов и материалов, какая из банок наполнена раствором серной кислоты?

Дополнения. 1. Какие электроды — угольные или медные — дают более убедительные результаты, будучи опущенными в раствор соляной кислоты?

2. Какие электроды, опущенные в раствор серной кислоты, дают более убедительные результаты?

3. Имеет ли значение при электролизе раствора серной и соляной кислоты, из какого материала сделан катод — из угля или из меди?

95. Изменение сопротивления заземлений.

Установка. В банку насыпана земля, смоченная раствором NaCl . Две железные пластины, имеющие форму, указанную на рис. 21. К ним припаяны проводники. Размеры пластин, вообще говоря, безразличны, но они должны свободно помещаться в банке, так как учащимся придется глубоко вдавливать их в землю, разрезая ее остроугольной стороной пластинок. Миллиамперметр, или амперметр, в зависимости от э. д. с. источника тока. Батарея гальванических элементов (анодная батарея) или мощный выпрямитель переменного тока и т. п. Соединительные провода. Выключатель.

Условие задачи. Составьте цепь из батарей элементов и последовательно включенных амперметра, выключателя и земли в банке с опущенными в нее двумя железными электродами. Электроды погружайте в землю их остроугольной стороной, сильно надавливая рукой, обернутой платком, на верхний край электрода.

Замкните цепь выключателем и запишите показания амперметра. Примерно через каждые две минуты записывайте новые показания амперметра. Оставьте включенной установку и вернитесь к ней через час. Вновь запишите показания амперметра.

Как изменилась сила тока? Какие причины вызвали эти изменения?

Дополнения. 1. Выньте из земли электрод, соединенный с положительным полюсом батареи. Затем, не шевеля второго электрода, начните выгребать землю из банки чайной ложкой со стороны вынутого электрода. Удаляйте землю из банки так, чтобы около поверхности электрода остался пласт земли, толщиной примерно в 1—2 см. Затем возьмите второй (вынутый ранее) электрод, осторожно просуньте его между пластом земли и первым электродом и отделите, насколько возможно, весь пласт от первого электрода. Рассмотрите внимательно поверхность пласта земли, соприкасавшуюся с электродом.

Не заметили ли вы в ней некоторых особенностей, с помощью которых можно очень просто объяснить увеличение сопротивления заземления при длительной работе с достаточно сильным током?

2. Как вы полагаете, восстановится ли первоначальное значение сопротивления заземленных электродов, если в течение длительного времени не включать их в цепь электрического тока?

3. При большой или малой поверхности заземленных электродов быстрее увеличивается сопротивление цепи? Почему?

4. Можно ли для данных заземленных электродов подобрать такую рабочую силу тока, при которой практически изменения их сопротивления не произойдет? Объясните.

5. Какие выводы вы можете сделать из ваших опытов о правилах заземления при различных практических установках (телеграф, радиоприемник, телефон и т. д.).

96. Вычисление тепла, выделяющегося при электролизе.

Условие задачи. В небольшой стакан налит раствор серной кислоты и опущены два платиновые электрода, соединенные с аккумулятором, э. д. с. которого 2 в. Через некоторое время температура раствора повысилась на $0,5^{\circ}\text{C}$.

После этого разомкнули цепь, выждали, пока раствор примет первоначальную температуру, и включили в цепь два последовательно соединенных аккумулятора, э. д. с. которых равна 4 в. Через тот же промежуток времени снова измерили температуру жидкости. Получился совершенно непонятный результат: она теперь повысилась на 25°C . Непонятное заключается в следующем.

Если одно и то же количество вещества (раствор) нагрелось во втором опыте до температуры в 50 раз более, чем в первом опыте, то ему необходимо было сообщить в 50 раз больше теплоты. Из закона Джоуля-Ленца следует, что для этого энергия электрического тока, проходящего через раствор, должна была быть во втором опыте в 50 раз больше, чем в первом. Так как при вычислении внутренним сопротивлением аккумулятора можно пренебречь (оно очень мало), то силу тока в первом опыте найдем из закона Ома:

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1}{r},$$

где r — сопротивление раствора.

Во втором опыте:

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2}{r}.$$

Отношение энергии тока во втором опыте к энергии тока в первом равно:

$$\frac{\varepsilon_2 I_2}{\varepsilon_1 I_1} = \frac{\varepsilon_2^2}{\varepsilon_1^2} = 4.$$

Как же объяснить, что вычисление указывает на увеличение энергии тока в 4 раза, а опыт — в 50 раз?

97. Выделение кислорода и водорода на одном электроде.

Установка. Стакан с раствором соды. Из жести вырезаны три одинаковых электрода, ширина которых равна внутреннему диаметру стакана. Два из них выгибаются по форме стакана так, что могут вставляться в него вплотную к его стенкам. Эти два электрода прикрепляются к краю стакана, как показано на рис. 22.

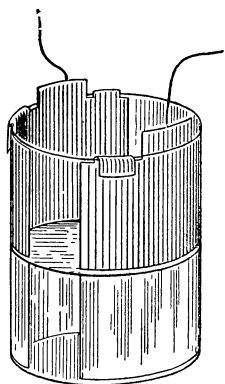


Рис 22.

К каждому из них припаян конец изолированной проволоки, длиной около 10 см. (В выставленной установке эти два электрода, так же как и плоский — третий, лежат отдельно от стакана.) Карманная батарейка (лучше две, последовательно соединенные). Выключатель. Соединительные провода. Нож. Плоскогубцы.

Условие задачи. В стакан налит раствор соды. При электролизе этого раствора на катоде выделяется водород, а на аноде — кислород. Отличить во время опыта выделение водорода от выделения кислорода, особенно при жестяных электродах, можно очень просто, так как пузырьки газа на поверхности катода выделяются несравненно обильнее, чем на поверхности анода.

Составьте цепь для электролиза, воспользовавшись в качестве источника карманной батарейкой и включив последовательно в цепь выключатель. Замкните выключатель и проверьте, работает ли ваша установка. Разомкните цепь выключателем.

У вас остался неиспользованным третий электрод, вырезанный из жести, но не присоединенный к проволоке.

Как следует включить этот электрод в составленную вами цепь, не присоединяя его ни к положительному, ни к отрицательному полюсу батарейки, чтобы при этом на его поверхности начали одновременно выделяться кислород и водород?

Дополнения. 1. При осуществлении опыта, указанного в задаче, вы убедитесь, что водород выделяется

не только на катоде, но и на третьем электроде. Сравните приблизительно на глаз количество выделяющихся пузырьков водорода с поверхности катода без третьего электрода с количеством пузырьков того же газа, выделяющихся с поверхности катода и третьего электрода.

Какое из трех предположений кажется вам более вероятным: 1) количество пузырьков в первом и во втором случае одинаковое? 2) количество пузырьков в первом случае больше, чем во втором? 3) количество пузырьков в первом случае меньше, чем во втором?

Как объясните вы тот результат, который кажется вам наиболее вероятным?

2. Правильно ли сказать, что водород выделяется только на том электроде, который присоединен к отрицательному полюсу источника тока? (Тот же вопрос относительно кислорода и положительного полюса.)

3. Правильно ли называть катодом только такой электрод, который присоединен к отрицательному полюсу источника тока? (Аналогичный вопрос относительно анода.)

4. Какое определение понятия „анод“ и „катод“ дал Фарадей? Будет ли оно справедливо для любого случая электролиза и, в частности, для вашего опыта?

5. Как можно объяснить с точки зрения идей Фарадея, что в вашем опыте третий электрод выполняет одновременно функции катода и анода?

98. Последовательное соединение электролизеров.

Установка. Установка описана в предыдущей задаче, но плоских электродов не один, а два. Желательно вместо карманных батареек иметь аккумуляторы (4 в) и раствор соды заменить раствором NaCl . Кроме того, выставляется амперметр.

Условие задачи. В стаканчик налит раствор соли (NaCl), который служит электролитом. Составьте цепь для электролиза, воспользовавшись в качестве источника тока батареей аккумуляторов и включив последовательно в цепь амперметр и выключатель. Замкните цепь и измерьте силу тока.

Как следует включить лежащую на столе пластинку в цепь для того, чтобы сила тока в цепи уменьшилась?

Дополнения 1. Как вы объясните такой странный факт, что жестяная пластинка, имеющая удельное сопротивление в сотни раз меньшее, чем удельное сопротивление электролита, не уменьшает, а увеличивает сопротивление цепи, если ее опустить в электролит?

2. Опустите в электролит на некотором расстоянии от первой жестяной пластинки вторую. Как при этом изменится сила тока?

3. Сколько электролизеров образуется, когда вы опустите в электролит одну жестяную пластинку? Как они включены?

4. Сколько образуется электролизеров, когда вы опустите в электролит две жестяные пластинки? Как они включены?

99. Униполярная проводимость.

Установка. Установка описана в задаче 97, однако с тем изменением, что вместо третьего электрода из жести дается электрод из пластины алюминия. Кроме того, выставляется лампочка от карманного фонаря с припаянными к ее цоколю двумя проводами. С помощью трансформатора или потенциометра напряжение городского тока понижается до того же значения, которое имеет постоянный ток (2—3 карманные батарейки, соединенные последовательно). Клеммы или провода переменного тока, к которым учащиеся будут присоединять установку, должны быть отделены от трансформатора или потенциометра, чтобы не допустить ошибочного включения.

На клеммах или проводах должно быть указано, какой ток: переменный или постоянный, и его напряжение, например: „Переменный ток напряжением в 10 в“.

Вся установка собрана, согласно задаче 97, и включена в цепь постоянного тока последовательно с лампочкой.

Условие задачи. Замкните цепь выключателем. От этого начнет светиться электрическая лампочка, а на электродах, опущенных в раствор соды, начнут выделяться кислород и водород. Возьмите алюминиевую пластинку и опустите ее посередине банки в электролит между электродами и параллельно им. Лампочка

начнет светиться слабее, а через 5—10 мин. свет ее окончательно померкнет.

Приступите ко второму опыту. Разомкните цепь выключателем и отключите провода от батареи, присоединив их к клеммам, на которых написано: „Переменный ток, напряжением в 10 в“. Затем замкните цепь выключателем. Лампочка снова, хотя и несколько слабее, начнет светиться. Сколько бы вы ни ожидали, свечение ее не изменится.

Как вы объясните результаты этих двух опытов?

Дополнения. 1. Если в первом опыте после прекращения свечения лампочки вынуть из электролита алюминиевую пластинку, лампочка снова начнет светиться. Опустите вновь алюминиевую пластинку в электролит таким образом, чтобы та ее сторона, которая в первом опыте была обращена к катоду, теперь оказалась бы повернутой к аноду. Опустив ее, вы заметите, что лампочка продолжает светиться, однако, как и в первом опыте, свет ее через 5—10 мин. окончательно меркнет. Почему для возобновления тока надо было перевернуть пластинку?

2. Когда электрический ток перестанет проходить в цепи после перевертывания алюминиевой пластинки, включите установку в цепь переменного тока. Теперь лампочка не светит, включенная в цепь даже и переменного тока. Почему?

3. Не напоминают ли вам все эти опыты какого-нибудь прибора, употребляющегося для выпрямления переменного тока?

100. Максимальный ток аккумулятора.

Условие задачи. На одном из свинцовых аккумуляторов школы имеется надпись, сделанная на заводе: „Максимальный ток разряда — 4 ампера“.

Когда мы измерили внутреннее сопротивление аккумулятора, то оно оказалось равным 0,12 ома. Учитывая, что свинцовый аккумулятор имеет э. д. с., равную 2 в, получаем, согласно закону Ома (при замыкании полюсов аккумулятора проводом, имеющим очень малое сопротивление), максимальный ток, равный 15—17 а.

Почему же завод указывает на максимальный ток разряда всего 4 а?

101. Угольный аккумулятор.

Установка. Два пористых угля, вынутых, например, из отработавших элементов с воздушной деполяризацией („ВД“ или „МВД“), предварительно сильно проваренных в чистой воде и промытых (см. раздел II). Банка с раствором NaCl. Банка имеет деревянную или толстую картонную крышку с двумя отверстиями. В эти отверстия вкладываются угли. Батарея аккумуляторов или элементов на 6 в. Миллиамперметр. Выключатель. Соединительные провода.

Условие задачи. На уроке физики вам показывали модель свинцового аккумулятора: две свинцовые пластинки, опущенные в раствор серной кислоты. Такая система не давала электрического тока. Но стоило ее включить в цепь постоянного электрического тока всего на 5—10 мин., и после этого аккумулятор превращался в источник тока.

Перед вами выставлена модель иного аккумулятора: две угольные пластины, опущенные в раствор соли (NaCl). Эта система также не дает электрического тока. Проверьте это, составив цепь из последовательно соединенных: угольного аккумулятора, миллиамперметра и выключателя.

Отключите теперь угольный аккумулятор и присоедините его к батарее, состоящей из четырех гальванических элементов. Через четверть часа отключите угольный аккумулятор от батареи и вновь включите его в цепь, собранную вами, последовательно с миллиамперметром и выключателем. Замкните цепь выключателем. Миллиамперметр покажет наличие в цепи электрического тока.

Вспомните, какие вещества выделяются при электролизе раствора хлористого натрия и скажите свои соображения о тех причинах, вследствие которых система, состоящая из двух угольных пластин, опущенных в раствор соли, превратилась в гальванический элемент.

Дополнения. 1. Чем насыщается при зарядке угольного аккумулятора тот уголь, который присоединен к положительному полюсу батареи?

2. Чем насыщается при зарядке тот уголь, который присоединен к отрицательному полюсу?

3. Зарядите угольный аккумулятор, держа его под током в течение часа. Затем выньте из него уголь, соединенный с отрицательным полюсом батареи. Разомкните цепь и вставьте вместо вынутого угля пластинку цинка. Измерьте э. д. с. этого элемента с помощью вольтметра. Сравните ее с э. д. с. одного из обычных гальванических элементов. Что представляет собой полученный прибор?

4. Включите в построенный вами элемент лампочку от карманного фонаря. Проследите в течение 5—10 мин. за ее накалом. Он практически не изменяется. Что же выполняет роль деполяризатора в этом элементе?

5. Какой основной недостаток построенного вами элемента?

102. Гальванический элемент с одной жидкостью.

Установка. Баночка со слабым раствором серной кислоты. Кусок цинка или цинковая палочка. Отрезок изолированного провода длиной примерно в 1 м. Гальванометр (нулевой). Нож.

Условие задачи. В баночку налит раствор серной кислоты. Все остальное рассмотрите сами.

Как с помощью выставленных предметов и материалов можно построить гальванический элемент, и как можно доказать, что элемент действительно дает электрический ток?

Дополнения. 1. Как называется этот элемент?

2. Можно ли получить гальванический элемент, опустив в раствор хлористого натрия графит от карандаша и гвоздь? Проверьте это.

103. Гальванический элемент с двумя жидкостями.

Установка. Стеклянная банка. Глиняный пористый сосуд, входящий в банку. Две угольные палочки. Соединительные провода. Бутылка с раствором хлористого натрия и бутылка с уксусом. Гальванометр. Нож.

Условие задачи. В одной бутылке раствор соли, в другой — раствор кислоты.

Как, используя выставленные перед вами предметы, построить гальванический элемент с двумя жидкостями и как можно доказать, что построенный вами элемент действительно дает ток?

Примечание. Медную проволоку и нож нельзя использовать в качестве электродов для элемента

Дополнения 1. Возникает ли в этом элементе химическая реакция?

2. Происходят ли какие-нибудь изменения с электродами и жидкостями во время работы элемента?

3. В чем основной недостаток построенного вами элемента?

104. Концентрационный гальванический элемент.

Установка. Установка описана в задаче 103, только вместо двух бутылок — одна, наполненная чистой водой. Баночка с NaCl. Чайная ложка.

Условие задачи. В бутылке — чистая вода. В баночке — соль (NaCl).

Как с помощью выставленных перед вами предметов и материалов построить гальванический элемент с двумя жидкостями и как доказать, что построенный вами элемент действительно дает ток?

Примечание. Медную проволоку и нож нельзя использовать в качестве электродов для элемента.

Дополнения 1. Возникает ли в этом элементе химическая реакция?

2. Происходят ли какие-нибудь изменения с электродами и жидкостями во время работы элемента?

3. В чем основные недостатки и достоинства построенного вами элемента?

4. Какой уголь превращается в положительный полюс элемента?

5. Когда элемент перестает работать?

ИОНИЗАЦИЯ ГАЗА. ЭЛЕКТРОНЫ.

105. Газовые ионы.

Установка. Электрофорная машина. Электроскоп, арматура которого заземлена. Отрезок голой проволоки (длина около 10 см) с заточенным, острым концом. У электрофорной машины должны быть раздвинуты полюсные электроды.

Условие задачи. Установите электроскоп на расстоянии 1 м от одного из полюсов электрической машины. Осмотрите внимательно все, что дано в установке.

Что необходимо сделать для того, чтобы, вращая машину, можно было зарядить электроскоп, ничем не соединяя его с полюсом машины?

Дополнения. 1. Можно ли зарядить электроскоп положительным электричеством? Отрицательным?

2. Одинаково ли интенсивно заряжается электроскоп электричеством от одного полюса машины тогда, когда противоположный полюс остается свободным, и тогда, когда он заземляется, например, рукой экспериментатора?

3. Можно ли зарядить электроскоп, если между ним и машиной возникнет поперечный поток воздуха, например, от размахивания куском картона?

106. Острие.

Установка. Электроскоп. Стеклянная палочка с натирателем. Небольшой отрезок (6—8 см) очень тонкой голой проволоки (диаметром 0,1 мм).

Условие задачи. Как следует использовать выставленные перед вами предметы для того, чтобы можно было с помощью стеклянной палочки зарядить электроскоп положительным электричеством? При этом стеклянной палочкой (наэлектризованной) нельзя ничего касаться.

Дополнения. 1. Перейдет ли при выполненном вами опыте положительное электричество со стеклянной палочки на электроскоп?

2. При каком условии указанный опыт проходит еще успешнее?

3. Можно ли этот опыт проделать с эбонитовой палочкой?

107. „Истечение электричества с острия“.

Условие задачи. Если вы решали задачу 105, то вы знаете, что с помощью острия, присоединенного, например, к положительному полюсу электрической машины, можно зарядить положительным электричеством

электроскоп, установленный на довольно большом расстоянии от острия.

Можно ли объяснить это явление тем, что положительное электричество стекает с острия?

Сообразите, что должен был бы представлять собою поток положительного электричества, „стекающий“ с металлического острия?

108. Проводимость пламени.

Установка. Установка изображена на рис. 23. Она представляет собою монтированные провода, соединен-

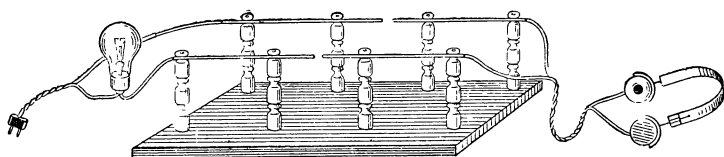


Рис 23.

ные с одной стороны с головным высокоомным телефоном и с другой — со шнуром, который с помощью вилки может быть включен в штепсельную розетку городского переменного тока. В шнур включена последовательно лампочка накаливания в качестве предохранительного сопротивления. Провода в двух местах перерезаны. Расстояние между их концами порядка 1 мм (см. раздел II).

Условие задачи. Включите установку в сеть городского тока, наденьте головной телефон. Вы не услышите характерного для переменного тока вибрирующего звука, так как цепь в двух местах разомкнута.

Замкните двумя проводниками разрывы в цепи, чтобы можно было услышать в телефон звук, производимый переменным током, причем проводниками не могут служить ни твердые тела, ни жидкости.

Сообразите, что надо попросить у учителя для решения этой задачи.

Дополнения. 1. Можно ли обнаружить ток в цепи, если вместо телефонов включить гальванометр?

2. С помощью какого средства можно значительно увеличить ток в цепи, замыкая ее попрежнему примененным вами способом?

3. Как вы думаете, почему в установке применен переменный, а не постоянный ток?

109. Разделение газовых ионов.

Установка. Раздвижной плоский конденсатор. Электрофорная машина, полюса которой соединены проводничками с пластинами конденсатора. Расстояние между пластинами около 10 см. Белый экран и электрическая лампочка накаливания в качестве „точечного“ источника света. Свеча.

Условие задачи. В пламени имеются положительные и отрицательные ионы.

Куда следует поставить горящую свечу, чтобы разделить ионы ее пламени на два потока? Как сделать видимыми эти два потока ионов?

Дополнение. Можно ли с помощью пламени свечи разрядить положительно заряженный проводник? Отрицательно заряженный?

110. Заряженные частицы углерода в пламени свечи.

Установка. Электрофорная машина. Лист тонкой писчей белой бумаги. Тонкая проволока длиной в 20 см. Свеча в подсвечнике с длинным фитилем, дающим коптящее пламя.

Условие задачи. Оторвите от листа бумаги кусочек, которым плотно оберните шарик на одном из полюсов электрической машины. Обвяжите бумажку проволокой в том месте, где шарик соединяется со стержнем. То же самое сделайте со вторым полюсом машины.

Затем зажгите свечу и выждите, пока она не разгорится полностью и пламя ее не станет коптящим. Раздвиньте полюса машины так, чтобы между ними не проскакивала искра. Попросите товарища вращать машину, а сами приблизьте свечу к одному из полюсов машины так, чтобы пламя свечи касалось бумажки, которой вы обернули шарик на полюсе. Через минуту отодвиньте свечу от бумажки и посмотрите, не закопчилась

ли слегка поверхность бумажки. Если нет, то еще раз подведите пламя свечи к бумажке и через минуту вновь осмотрите ее. Обнаружите вы на ней налет копоти или нет, в любом случае подведите теперь пламя свечи к бумажке второго полюса машины.

В результате вы убедитесь, что один полюс машины покрывается сажей, а другой нет. О чем это свидетельствует?

Попросите у учителя все, что вам нужно для определения знака полюсов машины. Определите, положительным или отрицательным был тот полюс, на котором бумажка покрывалась сажей.

Какой заряд несут раскаленные частицы углерода, находящиеся в пламени свечи?

Дополнения. 1. Вы, конечно, заметили, что во время опыта, который вы проделывали со свечой, пламя свечи нагибалось в сторону отрицательного полюса и, наоборот, отклонялось от положительного полюса машины. Почему?

2. Как можно было бы чисто теоретически предвидеть, какой заряд должен возникать на раскаленных твердых частицах углерода? Вспомните, с каким электрическим явлением связан накал твердого проводника до высокой температуры.

III. Уничтожение дыма.

Установка. Стеклянная широкогорлая бутылка. Она накрывается сверху кусочком картона или папки, который предварительно тщательно парафинируется.

В этой парафинированной пластинке протыкается посередине отверстие, сквозь которое пропущена проволока с загнутой петлей на верхнем конце. Кроме того, вырезается круглое отверстие для ввода трубки при наполнении бутылки дымом. Стеклянная и эбонитовая палочки с соответствующими натирателями для их электризации. Приспособление для вдувания дыма в бутыл. Оно состоит из стеклянной или металлической трубки с внутренним диаметром приблизительно в 2 см и длиной около 18 см. Трубка с обоих концов закрывается пробками с отверстием посередине; сквозь каждую пробку пропущена стеклянная трубочка (рис. 24). Диаметр одной (длинной) трубочки надо подобрать таким,

чтобы на трубочку можно было плотно надеть папиросу. Внешний конец второй (короткой) трубки можно соединить с резиновым баллоном от пульверизатора, если нежелательно производить вдвухание воздуха ртом. Кусок бумажки.

Условие задачи. Проверьте с помощью маленьких кусочков бумаги, хорошо ли электризуется стеклянная и эбонитовая палочка. Если все в порядке, положите обе палочки на стол, завернув их электризуемые концы в соответствующие натиратели.

Выньте пробку из стеклянной трубки вместе с папиросой. Зажгите папиросу и вложите ее обратно вместе с пробкой в стеклянную трубку. Начните нажимать рукой на резиновый баллон. Когда из стеклянной трубки,

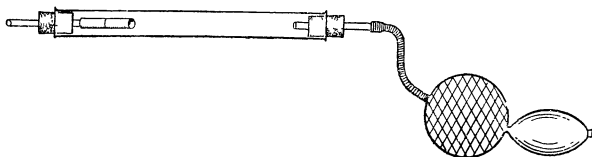


Рис. 24.

на которую надета папироса, пойдет густой дым, перестаньте нажимать на баллон.

Попросите товарища начать наэлектризовывать эбонитовую палочку, а сами в это время введите конец стеклянной трубочки в бутылку, сквозь вырезанное в ее крышке отверстие, и наполните ее дымом. (Наполнение ее дымом производить не больше чем полминуты, так как дым начинает постепенно оседать на дно и стенки бутылки.) Наполнив бутылку дымом, выньте стеклянную трубочку из бутылки и попросите товарища поднести наэлектризованную эбонитовую палочку к петле на проволоке, проходящей сквозь крышку бутылки.

Что происходит с дымом в бутылке? Почему?

Если надо, можно вторично наэлектризовать палочку и снова поднести к петле на проволоке, входящей в бутылку.

Попросите теперь товарища начать наэлектризовывать стеклянную палочку, а сами, как и в первом опыте, наполните бутылку дымом, и наполнив ее, выньте трубочку из бутылки. Внимательно следите, что происходит

с дымом, когда ваш товарищ подносит наэлектризованную стеклянную палочку к петле на проволоке.

Чем объяснить такое поведение дыма в бутылке?

Дополнения. 1. Почему дым в бутылке начинает особенно клубиться и перемещаться уже тогда, когда наэлектризованная палочка только приближается к петле на проволоке?

2. Держите наэлектризованную эбонитовую палочку на расстоянии 1 см от петли на проволоке. Очень быстро дым в бутылке рассеется. Зарядилась ли при этом проволока, проходящая в бутылке? Если да, то каким электричеством?

3. Если опыт, описанный в предыдущих пунктах, проделать с наэлектризованной стеклянной палочкой, то зарядится ли при этом проволока, проходящая в бутылке? Если да, то каким электричеством?

4. В заводской практике для улавливания частиц дыма применяются, наряду с дымовыми фильтрами, и электрические, принцип устройства которых основан на том физическом явлении, какое вы наблюдали в этой задаче. Какие две практические цели преследуются при применении электрических дымовых фильтров?

112. Пламенный детектор.

Установка. Детекторный приемник со включенным кристаллическим детектором и головным телефоном. К приемнику приключена наружная антенна и заземление. Спиртовая лампочка, у которой значительно вытянут наружный конец фитиля. Его надо сильно растрепать и посыпать солью (NaCl). Это делается для того, чтобы можно было получить большое и хорошо проводящее пламя. Разумеется, вытянутый кончик фитиля не должен служить помехой при закрывании фитиля колпачком. Жестяная пластинка, шириной примерно в 2 см и длиной около 15 см. К одному ее концу приклепывается (припаивается) медная проволока. Этот конец жестяной пластинки прикрепляется к дощечке (шириной в 2—3 см и длиной около 10 см), которая служит в качестве ручки. Штепсельная вилка с двумя гибкими изолированными проводами, свободные концы которых зачищены. Отрезок голой медной проволоки длиной в 15 см. Плоскогубцы.

Условие задачи. Наденьте головной телефон и настройте приемник на прием местной радиостанции. Снимите после этого колпачок с горелки спиртовой лампочки, намотайте на металлическую трубку горелки, сквозь которую проходит фитиль, несколько витков голой медной проволоки и закрепите ее, закрутив плоскогубцами. Выньте из гнезд кристаллический детектор и вложите вместо него штепсельную вилку с двумя гибкими проводниками. Конец одного соедините с проводом, идущим от жестяной пластинки, а конец другого — с проводом, идущим от горелки спиртовой лампочки. Зажгите фитиль лампочки и, взяв в руку деревянную дощечку, к которой прикреплена жестяная пластинка, внесите пластинку в верхнюю часть пламени спиртовки.

В головной телефон вы услышите радиопередачу местной радиостанции, на которую был настроен приемник.

Приближайте жестяную пластинку к фитилю, удаляйте от него, располагайте ее в различных плоскостях, пока не получите наибольшей громкости передачи.

Почему же пламя спиртовки можно использовать в качестве детектора?

Дополнения. 1. Почему пламенный детектор хуже кристаллического?

2. Усилится ли слышимость в телефоне, если пламя будет иметь более высокую температуру (примус, паяльная лампа) и если ввести в него соль (NaCl)?

113. Предельное значение напряженности и потенциала электрического поля.

Условие задачи. Вам известно, что потенциал металлического шара рассчитывается по формуле $U = \frac{Q}{r}$, где Q — заряд, сообщенный шару, а r — его радиус. Напряженность электрического поля около самой поверхности шара можно определить по формуле $E = \frac{Q}{r^2}$. По этим формулам можно вести расчет в том случае, когда шаровой проводник находится в воздухе, диэлектрическая постоянная которого почти равна $\epsilon = 1$.

Вопрос о получении высоких потенциалов на шаровых проводниках очень интересует физиков в связи с исследованием ядерных процессов в атомах вещества. Еще до Великой Отечественной войны в Харьковском физико-техническом институте строился специальный генератор, шаровой металлический полюс которого мог заряжаться до потенциала в 5 миллионов вольт.

Можно ли на металлическом шаре получить какой угодно высокий потенциал и какую угодно высокую напряженность поля около его поверхности, если вы имели бы возможность заказывать на наших заводах металлические шары любого радиуса?

Для решения этого вопроса вам необходимо вспомнить, что ударная ионизация воздуха начинается приблизительно при напряженности $E = 2 \cdot 10^4$ в/см.

Дополнения. 1. Какого приблизительно радиуса должен быть металлический шар, для того чтобы на нем можно было получить потенциал, равный 10^7 в?

2. Почему на самом деле радиус шара приходится брать больше расчетного?

3. Шаровой проводник, помещенный в высокий вакуум, в котором ионизационные процессы не возникают, заряжается отрицательным электричеством.

Можно ли в этом случае получить около поверхности шара любое значение напряженности электрического поля?

114. Термоэлектроны.

Установка. Пустотная лампочка накаливания, установленная в вертикальном патроне, соединенном со шнуром и штепсельной вилкой (см. раздел II). Кусок алюминиевой фольги размером 20×20 см. Тонкая медная проволочка (диаметр 0,1—0,2 мм). Электроскоп. Стекланная и эбонитовая палочки с соответствующими натирателями для их электризации.

Условие задачи. Сильно раскаленный металл выделяет электроны (термоэлектроны). Следовательно, и раскаленная нить обыкновенной электрической лампочки излучает поток электронов. Если в лампочке достигнут высокий вакуум (пустотная лампочка накаливания), то в ее баллоне возникнет большое количество электронов. Как с помощью выставленных предметов и

материалов можно убедиться в том, что в баллоне лампочки существует отрицательный пространственный заряд, созданный электронами?

Дополнения. 1. Можно ли убедиться в том, что положительный заряд практически отсутствует в баллоне пустотной лампочки накаливания?

2. Можно ли выполненный вами опыт произвести с газонаполненной лампочкой?

3. Можно ли проделанный вами опыт выполнить без алюминиевой фольги?

4. Стекло баллона лампочки представляет собой изолятор. Как же вы объясните результат вашего опыта?

115. Замыкание цепи потоком электронов.

Установка. Установка дана в задаче 114. Вместо электроскопа и палочек для электризации дается гальванометр (см. раздел II) и анодная батарея или кенотронный выпрямитель.

Кроме того, дается еще медная проволока (лучше эмалированная), длиной около 2 м и диаметром порядка 0,3 мм. (Эта проволока нужна для плотного обвязывания алюминиевой фольги вокруг баллона электрической лампочки.)

Условие задачи. Оберните лампочку листом алюминиевой фольги и обвяжите ее эмалированной проволокой так, чтобы фольга, по возможности, плотно лежала на баллоне. (Складки не имеют значения.)

Благодаря фольге температура баллона лампочки, включенной в сеть, сильно повышается и стекло превращается в проводник тока.

Как следует составить цепь для того, чтобы доказать, что электрический ток батареи действительно проходит через вакуум, так как в нем имеются электроны?

Прежде чем приступать к практическому решению задачи, внимательно обдумайте ее.

Дополнения. 1. Происходят ли в вашем опыте какие-либо изменения в стекле?

2. Проходят ли электроны сквозь стекло баллона?

3. Как называется тот род проводимости, которую приобрело стекло при высокой температуре?

4. Опишите приблизительно передвижение электронов в собранной вами замкнутой электрической цепи.

116. Униполярная проводимость.

Установка. Установка описана в задаче 115. Лампочка уже заранее обернута фольгой и плотно обвязана проволокой.

Условие задачи. Как можно доказать, что пространство внутри баллона выставленной перед вами лампочки обладает униполярной проводимостью, если лампочку включить в сеть городского тока?

Униполярной называют такую проводимость какой-нибудь системы тел, при которой электрический ток может проходить через систему только в одном направлении.

Дополнения. 1. Можно ли использовать электрическую лампочку вашей установки в качестве выпрямителя переменного тока?

2. Когда вы соединили положительный полюс батареи с цоколем лампочки, а отрицательный — с фольгой, обернутой вокруг баллона, то в замкнутой цепи ток отсутствовал. Какой из этого можно сделать вывод относительно возможного существования положительных ионов внутри баллона лампочки?

3. На основании ваших опытов приходится считать, что электроны внутри баллона лампочки могут двигаться только от нити лампочки к стенке баллона, а в обратном направлении двигаться не могут. (Униполярная проводимость.)

Чем же объяснить, что электрон не может перемещаться в направлении от стенок баллона к нити, если к стенкам прикладывается отрицательный, а к нити положительный потенциал?

4. Если включить последовательно с лампочкой реостат с движком и постепенно ослаблять накал нити лампочки, то как это отразится на токе, проходящем через гальванометр? Почему?

117. Тепловая энергия электронов.

Установка. Любая электронная лампа с чистой вольфрамовой нитью (не оксидированной, не торированной и т. п.) прямого накала. Аккумулятор или трансформатор, предназначенный для накала лампочки. Реостат для регулирования накала и выключатель. Вольт-

метр, включенный в цепь накала. Гальванометр. Соединительные провода. Электронная лампа укрепляется на штативе штырьками вверх. Цепь канала собирается до того, как предлагается задача. В условии задачи предполагается, что нормальное напряжение накала 6 в.

Условие задачи. Осмотрите внимательно установку. Если электронная лампа, кроме анода, имеет сетку, то соедините их вместе концом проволоочки, тогда вы получите более сложный, но лучше действующий анод лампы. Начертите схему соединения лампы с аккумулятором.

Каким образом можно доказать, что в известных условиях электронная лампа сама превращается в источник постоянного электрического тока?

Примечание. Нормальное напряжение накала лампы 6 в. На короткое время (1 мин.) можете, если это понадобится, довести его до 8 в.

Дополнения. 1. Одна клемма гальванометра соединена с анодом лампы, а другая — с тем концом катода, который присоединен к положительному полюсу батареи накала. Через гальванометр проходит электрический ток. Доказывает ли этот опыт, что электрический ток в цепи гальванометра возник благодаря кинетической энергии электронов, приобретенной ими в результате накала нити?

2. То же соединение, но вторая клемма гальванометра присоединена к тому концу катода, который подключен к отрицательному полюсу батареи. Доказывает ли этот опыт, что электрический ток в цепи гальванометра возник благодаря тепловой энергии электронов?

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.

118. Формы энергии, наблюдаемые в баллоне электрической лампочки.

Условие задачи. Включите электрическую лампочку. Энергия питающего лампочку тока вызывает в ней различные явления.

В какие новые формы преобразуется энергия электрического тока и в каких формах проявляется она в баллоне лампочки?

119. Магнитная индукция.

Установка. Прямоугольный кусочек ($0,5 \times 1$ см) жести подвешен на двух швейных нитках к штативу. Деревянный брусок или коробка. Высота их над столом равна расстоянию от поверхности стола до нижнего края висящего кусочка жести. Большой молоток. Магнит.

Условие задачи. Подвиньте коробку к подвешенной пластинке жести с правой стороны. Положите на коробку молоток так, чтобы он был обращен к пластинке плоской ударной частью головки.

Как следует поступить для того, чтобы жестяная пластинка притянулась к молотку, если приближать к ней магнит с левой стороны?

Дополнения. 1. Почему в вашем опыте пластинка жести притягивается к молотку, а не к магниту?

2. При каком условии опыт даст обратный результат?

120. Индукция и взаимодействие магнитных полюсов.

Установка. На штативе подвешены две пластинки жести (длина 5 см, ширина 0,5 см). Швейные нитки, на которых они висят, укрепляются в одной точке штатива. Магнит.

Условие задачи. Как следует поступить, чтобы под влиянием магнитного поля пластинки жести, висящие вплотную, разошлись?

121. Намагничивание железа магнитным полем земли.

Установка. Компас. Кочерга или железная труба малого диаметра (длина 1—1,5 м). Молоток.

Условие задачи. Положите кочергу на стол и убедитесь с помощью компаса в том, что оба ее конца не намагничены. Если окажется, что она все-таки слабо намагничена, то, расположив ее на столе перпендикулярно стрелке компаса (с востока на запад), сильно ударьте несколько раз молотком по ее концу (направление удара параллельно оси кочерги). Кочерга размагнитится.

Каким способом можно намагнитить кочергу, сначала не пользуясь молотком, а затем с его помощью?

Дополнения. 1. Можно ли утверждать, не прибегая к компасу, на каком конце кочерги (в вашем опыте) возник южный, а на каком северный полюс?

2. Что необходимо выполнить, для того чтобы возможно сильнее намагнитить кочергу?

122. Компас с плавающей стрелкой.

Установка. Магнит. Стальное перо. Стекло-чанная чашечка с чистой водой (кристаллизатор) (см. раздел II и задачу 12).

Условие задачи. Сообразите, как из выставленных перед вами предметов построить компас, используя стальное перо в качестве стрелки компаса? (Вспомните задачу 12.)

Дополнения. 1. Как следует намагничивать перо для получения наилучшего результата?

2. Каким полюсом магнита следует намагничивать острый конец пера для того, чтобы на нем образовался северный полюс?

3. Не применяются ли где-нибудь на практике системы компасов с плавающей магнитной системой?

123. Компас с подвешенной стрелкой.

Установка. Аккумулятор с отмеченными знаками полюсов (емкость 30—40 ампер-час).

Предохранительный реостат (см. раздел II). Выключатель. Соединительные провода. Иголка. Медная проволока с эмалевой изоляцией (диаметр ее 0,2 мм), длиной 30 см. Тонкая некрученая ниточка длиной в 40 см.

Условие задачи. Как с помощью выставленных предметов сделать намагниченную стрелку, определить знаки ее полюсов и указать с ее помощью, в каком направлении находятся северный и южный полюса Земли?

124. Остаточный магнетизм.

Установка. Электромагнит, укрепленный в штативе полюсами вниз и включенный в цепь гальванических элементов последовательно с ключом. Пластина

из железа или большой гвоздь прямоугольного сечения и т. п. Все эти железные предметы, притянутые электромагнитом, не должны самостоятельно отрываться от его полюсов при размыкании цепи электромагнита. Поэтому надо подобрать такой железный предмет, у которого при относительно малом весе было бы нужное для опыта значение остаточного магнетизма.

Условие задачи. Положите железную пластинку на ладонь левой руки и приложите ее к полюсам электромагнита. Пластинка не притягивается к ним. Тогда, держа ее на ладони так, чтобы расстояние между полюсами и пластинкой равнялось примерно 1 см, замкните цепь электромагнита, нажав правой рукой на ключ. Железная пластинка отделится от вашей ладони, притянувшись к полюсам электромагнита. Разомкните цепь, сняв руку с ключа. Пластинка не отделится от полюсов. Понадобится некоторое заметное усилие, для того чтобы оторвать пластинку от полюсов. Теперь снова приложите пластинку к полюсам. Она, как и раньше, не будет к ним притягиваться.

Как вы объясните такое поведение пластинки в ваших опытах?

Дополнение. Положите на ладонь железную пластинку и накройте ее кусочком бумаги. Затем замкните цепь электромагнита, нажав на ключ, и поднесите на ладони пластинку вместе с листком бумаги к полюсам электромагнита. Пластинка притянется, зажав между собой и полюсами бумажку. Теперь разомкните цепь электромагнита, сняв руку с ключа. Пластинка немедленно отделится от полюсов и упадет вместе с бумажкой на ладонь вашей руки. Чем объяснить это новое явление? Какую роль играла бумажка?

125. Электромагнит с двумя одноименными полюсами.

Установка. Железный цилиндр (палочка, большой винт) длиной приблизительно 10 см, диаметром 0,5—1 см. Звонковый изолированный провод. Гальванический элемент. Сопротивление 3—4 ома. Выключатель. Компас. Изолировочная лента.

Условие задачи. Если намотать на железный цилиндр один ряд изолированной проволоки и пропу-

стить через нее электрический ток, то вы получите электромагнит.

Как следует намотать проволоку на железный цилиндр и как надо соединить ее с гальваническим элементом, для того чтобы на концах цилиндра образовались одноименные полюсы?

Примечание. Последовательно в цепь электромагнита обязательно включите выключатель и сопротивление в 3 ома для того, чтобы избежать напрасного расходования энергии элемента и его перегрузки.

Дополнения. 1. Как следует включить в цепь сделанный вами электромагнит для того, чтобы, не изменяя его обмотки, можно было получить на его концах разноименные полюсы?

2. Каким другим способом можно намотать проволоку на железный цилиндр, чтобы получить электромагнит с двумя одноименными полюсами?

3. Каким другим способом можно намотать проволоку на железный цилиндр, чтобы получить электромагнит с двумя разноименными полюсами?

4. Правильно ли считать, что электромагнит с двумя одноименными полюсами является действительно одним электромагнитом?

126. Сложение векторов магнитного поля.

Установка. Два одинаковых дугообразных постоянных магнита. Такие два магнита можно снять, например, с телефонного индуктора (от телефонного аппарата с индукторным вызовом). Железный брусок (якорь), которым можно замкнуть полюса магнитов (см. раздел II).

Условие задачи. Возьмите в левую руку один магнит и держите его полюсами вниз. В правую руку возьмите второй магнит, повернув его полюсами вверх, и поднесите его полюса к полюсам первого магнита.

Если вы приложите нижний магнит к верхнему разноименными полюсами, то магниты с большой силой притянутся один к другому. Разнимите их и приложите теперь один магнит к другому одноименными полюсами. При хороших магнитах вы обнаружите значительную силу взаимного отталкивания. Во всяком

случае при таком расположении полюсов верхний магнит не может удержать на весу нижний.

Как следует поступить для того, чтобы в этом случае (нижний магнит расположен своими полюсами против одноименных полюсов верхнего) верхний магнит удерживал бы на весу нижний?

Дополнения. 1. Когда вы решите задачу, то поверните нижний магнит так, чтобы его полюсы были обращены к разноименным полюсам верхнего.

Чем вы объясните полученный вами результат?

2. Вполне ли правильно утверждение, что верхний магнит удерживает на весу нижний?

3. Зависит ли результат вашего опыта от толщины железного бруска? Приложите к полюсам вместо бруска жестяную пластинку. Какой при этом получится результат? Почему?

127. Определение знака полюса электромагнита.

Установка. К установке подводятся провода от источника постоянного тока [аккумуляторы ($\epsilon = 4$ в), элементы ($\epsilon = 3$ в) или карманная батарейка]. Последовательно в цепь включается предохранительное сопротивление, например, лампочка от карманного фонаря. Источник тока и предохранительное сопротивление должны быть совершенно скрыты, так что к установке подводятся только два провода или шнур, концы которого присоединяются к двум клеммам, смонтированным на деревянной дощечке. Электромагнит с хорошо видимой обмоткой. Выключатель. Соединительные провода. Рюмка с водой. Баночка с NaCl . Ложечка. Нож.

Условие задачи. К двум клеммам, которые смонтированы на одной дощечке, подведен постоянный ток.

Присоедините к этим клеммам (через выключатель) электромагнит и определите, какой его полюс — южный, а какой — северный? Пользоваться при этом можно только тем, что дается в установке. В рюмке — вода, в баночке — соль (NaCl).

Дополнения. 1. Надо ли для определения направления электрического тока выключать электромагнит из его цепи?

2. Вы можете в вашем опыте судить о направлении электрического тока по нескольким характерным признакам. Каким?

Запишите, какой конец электромагнита (левый или правый) является северным полюсом. Затем, попросив у учителя компас, проверьте, правильно ли вы определили знак полюса электромагнита.

128. Ампер-витки.

Установка. Два одинаковых электромагнита, но у одного катушка из проволоки большего сечения, а у другого — из проволоки малого сечения. (Например, у первого проволока имеет диаметр 0,6 мм, а у второго 0,1 мм.) Первый электромагнит включается в цепь последовательно с реостатом переменного сопротивления, ключом и двумя клеммами, смонтированными на дощечке. Эти клеммы предназначены для включения демонстрационного амперметра. Вся цепь присоединяется к двум последовательно соединенным элементам. Вторым электромагнит присоединяется к последовательно соединенным четырем карманным батарейкам. В его цепь последовательно включены две клеммы, смонтированные на дощечке для включения демонстрационного амперметра, и ключ. Установка первого электромагнита размещается с левой стороны стола, а второго — с правой. Отдельно выставляется демонстрационный амперметр, который позволяет с помощью шунтов измерять токи порядка одного ампера и нескольких сотых ампера.

Соединительные провода. Массивная пластина железа, которую может на весу удерживать правый электромагнит.

Условие задачи. Рассмотрите внимательно, чем отличается левый электромагнит от правого. Включите с помощью клемм, последовательно в цепь правого электромагнита амперметр таким образом, чтобы можно было измерять силу тока в несколько сотых долей ампера. Нажмите ключ и запишите силу тока, которую указывает амперметр. Не выключая тока, поднесите правый электромагнит к толстой железной пластине и поднимите ее над столом. Опустите электромагнит вместе с пластиной на стол и разомкните цепь, убрав руку с ключа. Повторите такой же опыт с левым

электромагнитом (последовательно с ним включив амперметр и реостат), пуская ток той же силы, что и в первом опыте. Поднесите левый электромагнит к железной пластине. Вам не удастся поднять ее электромагнитом над столом. Передвигая движок реостата до тех пор, пока ток не достигнет максимума, ограниченного шкалой амперметра, снова поднесите электромагнит к железной пластине. Если ее опять не удастся отделить от стола, то, включив шунт и амперметр, продолжайте повышать силу тока, проходящего через электромагнит, до тех пор, пока он не поднимет железной пластины. Запишите, какую при этом силу тока показывает амперметр. Сливив ее с первой записью, вы увидите, что для получения той же подъемной силы правый электромагнит можно питать значительно более слабым током, чем левый. Почему?

Дополнения. 1. Допустим, что вы ответите на вопрос, поставленный в задаче, приблизительно так: „Чем больше витков мы намотаем на катушки электромагнита, тем слабее можно пропускать через них ток для получения той же самой подъемной силы электромагнита“. Вполне ли точен такой ответ?

2. Увеличивая все более и более число витков на катушках электромагнита и соответственно уменьшая силу тока, проходящего через них, мы можем получить при какой угодно самой малой силе тока любую, какую угодно большую подъемную силу электромагнита. Справедливо ли это заключение?

3. Энергия электрического тока пропорциональна силе тока. Следовательно, на основании высказанного соображения в дополнении 2, можно предположить, что величина подъемной силы электромагнита не зависит от значения питающей его энергии. Из этого следует, что работа электромагнита, совершаемая им, например, при подъеме различных грузов, не зависит от затрачиваемой на питание электромагнита энергии электрического тока. Какому закону противоречит это предположение?

4. Как можно, исходя из одной особенности, отличающей левую установку задачи от правой, показать, что для получения одной и той же подъемной силы у левого и правого электромагнита должна затрачиваться одинаковая энергия электрического тока?

5. Найдите, чему равно отношение значений силы тока, питающего левый и правый электромагнит? Чему приблизительно должно быть равно отношение напряжений тока, питающего левый и правый электромагниты?

129. Гальванометр.

Установка. Кристаллизатор. Изолированная проволока диаметром порядка $0,1\text{ мм}$. Длина ее определяется следующим образом.

Намотайте приблизительно 100 витков этой проволоки вокруг кристаллизатора, как показано на рис. 25. Затем снимите ее, аккуратно сверните и положите в установку.

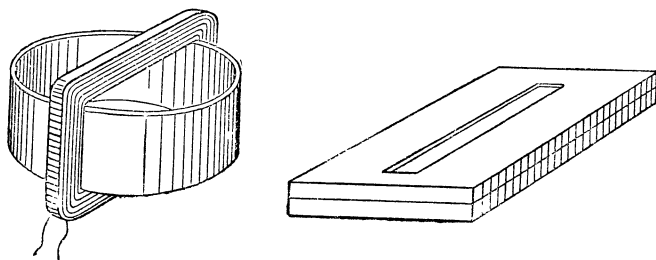


Рис. 25.

Коробка из-под папирос с прорезанной крышкой, как показано на рис. 25. Бутылочка с водой. Намагниченное стальное перо. Сильно истощенный гальванический элемент (или нормальный, но со включенным в один полюс сопротивлением приблизительно в 250 ом , например, катушка от головного телефона). Нож. Наждачная бумага.

Условие задачи. Рассмотрите внимательно, что дано в установке. Перо намагничено. В бутылке вода.

Если вы решали задачу о постройке компаса из пера и кристаллизатора, то вы без труда постройте его и в этой задаче.

Как, используя этот компас, можно превратить его в гальванометр, применив для этого изолированную проволоку и папиросную коробку в качестве подставки к гальванометру?

Примечание. Проверяя работу построенного вами гальванометра, не соединяйте его непосредственно с полюсами элемента, так как вас должен интересовать вопрос, обнаруживает ли гальванометр слабые токи. Если вы приключите один провод гальванометра к сопротивлению, которое присоединено к полюсу элемента, то сила тока в цепи будет порядка тысячных долей ампера.

Дополнения. 1. Как следует располагать плоскость витков относительно плоскости магнитного меридиана? При каком угле между ними получится наибольшая чувствительность гальванометра?

2. Как следует установить работающий гальванометр для того, чтобы любой ток, проходящий через него, совершенно не отклонял бы перышка?

3. Проверьте, какая зависимость существует между чувствительностью гальванометра и числом витков намотанной на нем проволоки?

130. Движение магнита в неоднородном магнитном поле.

Установка. Установка описана в задаче 129. Отличие заключается в следующем: 1) Проволока должна быть предварительно намотана на кристаллизатор и последний установлен на коробочке. 2) Вместо одного берутся два нормально действующих элемента. 3) Ключ. 4) Реостат с движком примерно на 300 ом. В установке цепь уже собрана. Последовательно включены батарея, ключ, обмотка на кристаллизаторе и реостат. Намагниченное перо лежит отдельно.

Условие задачи. Налейте из бутылки воду в кристаллизатор до половины его высоты и опустите на ее поверхность стальное намагниченное перо. (Если вы решали задачу 122 или 129, то вы уже знаете, как следует положить намагниченное перо, чтобы оно не погрузилось в воду.)

Установите витки, охватывающие кристаллизатор, в плоскости магнитного меридиана. Поставьте движок реостата на максимальное его сопротивление и замкните цепь, нажав ключ. Возникшее при этом магнитное поле отклонит ось пера на некоторый угол от плоскости меридиана. Не размыкая цепи, начните уменьшать сопротивление реостата. Перо начнет отклоняться, образуя

все больший угол. При некоторой силе тока перо начнет поступательно перемещаться параллельно своей оси к тому участку стенки кристаллизатора, по которому проходят витки обмотки. Разомкните цепь. Перо вернется на середину поверхности воды и, снова повернувшись на 90° , установится в плоскости магнитного меридиана. Не изменяя сопротивления реостата, замкните цепь ключом. Перо быстро повернется на 90° и снова начнет перемещаться параллельно своей оси к стенке кристаллизатора, по которой проходят витки проволоки.

Почему возникает это боковое поступательное движение пера?

Дополнения. 1. Почему при своем поступательном движении перо подходит к вертикальной части витков всегда своей средней частью?

2. Почему перо при замыкании цепи движется то к одному вертикальному участку витков, то к противоположному?

3. Чем объяснить, что поступательное движение пера не возникает при слабых токах?

4. Возникнет ли поступательное движение пера, если перо с абсолютной точностью будет расположено в самом центре витков обмотки?

5. Как при замкнутой цепи изменится давление пера на поверхность воды, если налить воду тонким слоем на дно кристаллизатора?

6. Как изменится давление пера на поверхность воды, если ее налить до краев кристаллизатора? (Цепь установки замкнута.)

7. Какие ценные практические указания для постройки высококачественных гальванометров можно извлечь из всех проделанных вами опытов?

ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА ИНДУКЦИИ. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК.

131. Электродвижущая сила индукции.

Установка. На детский обруч намотано сто витков изолированной проволоки. Направление обмотки должно быть отчетливо видно. Диаметр провода порядка 0,2 мм. Для прочности витки приклеены к обручу.

Тонкие соединительные провода, каждый длиной не менее 2 м. Гальванометр. Компас.

Условие задачи. Как с помощью выставленных предметов получить электрический ток и доказать его наличие с помощью гальванометра?

Дополнения. 1. Сколько различного рода движений можно сообщить обручу для возбуждения в нем э. д. с. индукции?

2. При каких движениях обруча в нем не будет возбуждаться э. д. с. индукции?

3. Зависит ли величина э. д. с. индукции от скорости движения обруча?

132. Направление силовых линий магнитного поля индукционного тока.

Установка описана в задаче 131. Компас не дается.

Условие задачи. Как с помощью обруча, на который намотана изолированная проволока, и гальванометра можно с известной точностью определить направление проходящего через вас магнитного меридиана?

Дополнения. 1. Можно ли с помощью данной вам установки определить, в каком от вас направлении находится северный географический полюс?

2. Что придется вам взять у учителя, если вы забыли, в какую сторону отклоняется стрелка гальванометра, когда к его правой клемме присоединен положительный полюс источника тока?

133. Электродвижущая сила самоиндукции.

Установка. Электрический звонок постоянного тока. Крышка его снята. Звонок включен в цепь электрического тока последовательно с кнопкой и батареей из двух гальванических элементов.

Условие задачи. Нажмите левой рукой кнопку и двумя смоченными водой пальцами правой руки отыщите на звонке такие две точки, в которых возбуждается напряжение настолько большое, что приложенные к ним пальцы испытывают болезненное раздражение.

Нарисуйте схему звонка и объясните, почему происходит указанное явление.

Дополнения. 1. Будет ли в вашем опыте изменяться физиологическое ощущение при регулировке прерывателя звонка (поворот винта в одну и в другую сторону)?

2. Какая зависимость между физиологическим ощущением и частотой прерываний электрического тока?

3. Можно ли на основании физиологических ощущений судить об изменении величины э. д. с. самоиндукции?

134. Возбуждение электродвижущей силы индукции прерывистым постоянным током.

Установка. Электрический звонок постоянного тока. В качестве рабочей оставлена одна катушка электромагнита, ближайшая к звонковой чашечке. Концы второй катушки оставлены свободными, и если они слишком короткие, то к ним припаиваются два отрезка (5 см) тонкой изолированной проволоки.

Звонок включается в цепь, состоящую из трех гальванических элементов и последовательно включенного в цепь выключателя. Головной телефон.

Условие задачи. Рассмотрите внимательно схему самого звонка — она несколько изменена по сравнению с обычной. Зарисуйте ее схематически и обдумайте следующее: где при работе звонка возникает э. д. с. индукции и как можно обнаружить индукционный ток с помощью выставленных перед вами предметов?

Примечание. Электрический звонок приводится в действие замыканием выключателя.

Дополнения. 1. Звонок работает от постоянного тока. Как же постоянный ток может возбуждать э. д. с. индукции?

2. Число витков одной и другой катушки звонка одинаковое. Следовательно, разности потенциалов между двумя концами первой и двумя концами второй также должны быть одинаковы. Так как первая катушка звонка включена через прерыватель в цепь батареи, то будет ли справедливо утверждение, что разность потенциалов на концах второй катушки, во всяком случае, не может превышать э. д. с. батареи?

3. Можно ли с помощью головного телефона обнаружить влияние частоты прерывания тока батареи на

силу индукционного тока, а, следовательно, и на э. д. с. индукции.

4. Какими двумя приемами можно увеличить э. д. с. индукции во второй катушке звонка, не изменяя при этом частоты прерывания тока батареи?

135. Индуктивное сопротивление.

Установка. Соленоид на деревянном каркасе. Железный цилиндр, свободно входящий в соленоид и имеющий длину несколько большую длины соленоида. Цилиндр составлен из пучка изолированных железных проволок или пластинок. Соленоид включен в сеть переменного тока последовательно с лампочкой накаливания и выключателем. Цилиндр лежит отдельно от установки.

Условие задачи. Включите в сеть переменного городского тока лампочку накаливания, последовательно к которой приключен соленоид.

Как, не дотрагиваясь до установки, ослабить силу света лампочки?

Дополнения. 1. Изменилось ли сопротивление цепи в результате вашего опыта?

2. Какими дополнительными приемами можно еще больше ослабить переменный ток в цепи, не изменяя ее омического сопротивления?

136. Обнаружение индуктивного сопротивления.

Установка. Деревянный ящик, в котором находится катушка самоиндукции. На крышке ящика смонтирована маловольтная лампочка накаливания (автомобильная), соединенная последовательно с катушкой. На боковой стенке ящика имеются две клеммы, к одной из которых присоединен провод лампочки, а к другой — провод, идущий от катушки. Внутренность ящика недоступна для осмотра учащимся. Понижающий трансформатор, вторичная обмотка которого дает 4—6 в. Батарея элементов с э. д. с. 4,5—6 в. Соединительные провода.

Условие задачи. Перед вами стоит деревянная коробка, на крышке которой укреплена автомобильная лампочка накаливания. Она последовательно соединена

с неизвестным прибором, который скрыт в деревянном ящике.

Лампочку и последовательно соединенный с ней прибор можно включить в цепь постоянного тока с помощью двух клемм, вделанных в стенку ящика.

Определите, какого рода прибор скрыт в ящике.

Примечание. На клеммах понижающего трансформатора 6 в. Если снять лампочку накаливания с крышки ящика и присоединить ее к клеммам трансформатора, то она нормально светит. Проверьте это.

137. Емкостный ток.

Установка Деревянный ящик, в котором находится конденсатор ($C = 4 - 10 \text{ мкф}$). На крышке ящика смонтирован патрон с ввинченной в него электрической лампочкой (120 в, 25 вт). Патрон соединен последовательно с конденсатором. От них (сквозь отверстие в коробке) идут провода шнура с укрепленной на них штепсельной вилкой для включения установки в сеть переменного и постоянного тока.

Внутренность ящика недоступна для осмотра учащимися.

Анодная батарея на 80—120 в, полюса которой присоединены к штепсельной розетке, укрепленной на дощечке.

Условие задачи. На крышке деревянной коробки укреплена лампочка накаливания. Она последовательно соединена с неизвестным прибором, который скрыт в деревянном ящике.

Лампочку и последовательно соединенный с ней прибор можно включать в сеть переменного и постоянного тока с помощью штепсельной вилки, которая находится на конце шнура, идущего от коробки.

Определите, какого рода прибор скрыт в ящике.

Примечание. Шнур, идущий от ящика, можно непосредственно включать как в штепсельную розетку городского переменного тока, так и в розетку, соединенную с анодной батареей.

Дополнения. 1. Убедитесь, что нить лампочки, непосредственно включенная в батарею, накаливается.

2. Можно ли утверждать, что постоянный ток совершенно не проходит через прибор, скрытый в ящике?

3. При каком устройстве прибора он достигает минимума?

138. Гальванометр постоянного тока в качестве индикатора переменного тока.

Установка. Демонстрационный гальванометр. Банка со слабым раствором соли и опущенными в него двумя электродами. (Раствор с электродами играет роль предохранительного сопротивления, см. раздел II.) Ключ. Вся установка, состоящая из последовательно соединенных гальванометра, ключа и банки, включается в сеть переменного тока.

Условие задачи. Гальванометр постоянного тока включен через сопротивление в сеть городского переменного тока. Замкните цепь, нажав на ключ. Стрелка гальванометра от этого не отклоняется, хотя сила тока вполне достаточна для того, чтобы стрелка отклонилась почти до края шкалы.

Почему же стрелка не отклоняется?

Отпустите ключ и резким, коротким ударом пальца по ключу замкните и разомкните цепь. Прodelайте это несколько раз (10 раз) и наблюдайте за стрелкой гальванометра.

Почему она при некоторых замыканиях цепи отклоняется в одну сторону, а при других — в другую?

Дополнения. 1. Почему при мгновенном замыкании цепи стрелка отклоняется на самые различные углы, как в одну, так и в другую сторону?

2. Почему иногда при мгновенном замыкании цепи стрелка остается неподвижной?

3. Внимательно смотрите на кончик стрелки гальванометра и замкните цепь ключом. Почему вместо четко очерченного кончика стрелки вы видите на белом фоне шкалы ее размытый контур до тех пор, пока цепь остается замкнутой?

4. Что мешает стрелке гальванометра следовать за всеми изменениями переменного тока?

5. Если можно было бы построить безинерционный гальванометр, могли бы вы следить за движением его стрелки, когда он включен в сеть городского переменного тока?

6. Какие вы знаете приборы, которые в состоянии регистрировать не только изменения городского переменного тока, но и высокочастотного радиотока?

7. Иногда бывает, что при замыкании цепи переменного городского тока, в которую включен гальванометр, стрелка отклоняется на некоторый небольшой постоянный угол. Как вы объяснили бы причину подобного явления?

139. Возбуждение индукционного переменного тока.

Установка. Два одинаковых электромагнита. Один из них включен непосредственно или через понижающий трансформатор в сеть городского тока. Цепь электромагнита замыкается рубильником. Второй электромагнит ни с чем не соединяется и кладется в стороне от первого. Лампочка от карманного фонаря с припаянными к ней двумя проводочками.

Условие задачи. Если вы замкнете рубильник, то включите электромагнит в цепь переменного тока.

Как следует поступить, чтобы, не касаясь этой электрической цепи, можно было использовать энергию питающего ее тока для свечения лампочки от карманного фонаря?

Дополнения. 1. Нельзя ли так расположить детали установки, чтобы она иллюстрировала передачу энергии на расстояние без помощи проводов?

2. Что мешает использовать подобную передачу энергии на большие расстояния?

3. Изменяется ли сила тока в первом электромагните, когда в цепи второго накаливается нить лампочки?

4. Изменяется ли сила тока, проходящего через первый электромагнит, если к его полюсам приложить полюса второго при выключенной лампочке?

5. Какой технический прибор напоминает вам ваша установка?

140. Цепь переменного и выпрямленного электрического тока.

Условие задачи. На рисунке схематически изображена цепь переменного тока, в которой D — динамомашина переменного тока, L — лампочка накаливания и B — выпрямитель переменного тока, с помощью которого заряжается аккумулятор A (рис. 26).

Укажите на схеме цепь переменного тока и выпрямленного.

Дополнения. 1. Накладывается ли переменный ток на постоянный?

2. В цепь переменного тока включена лампочка.

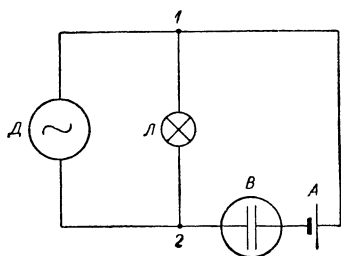


Рис. 26.

Средняя сила переменного тока, проходящего через нее, I . В цепь включается выпрямитель, сопротивление которого так мало, что им можно пренебречь. Чему равна при этом средняя сила тока?

3. Можно ли по характеру свечения лампочки узнать, включена она в цепь переменного или

выпрямленного тока, если температура накала нити в обоих случаях одинаковая?

4. Какой ток проходит через лампочку L (рис. 26): переменный или частично выпрямленный?

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ И ПОЯСНЕНИЯ К НИМ.

В тех случаях, когда объяснение явления безусловно известно преподавателю, оно не приводится в решении задач. Однако от учащихся следует требовать теоретических объяснений, связанных с опытным решением задачи.

На некоторые дополнительные вопросы, которые не могут вызвать недоразумений, также не дается ответа, поскольку они являются курсовыми вопросами.

Во многих задачах по электричеству используется переменный ток городской сети или электрический ток аккумуляторов и гальванических элементов. Во всех этих случаях необходимы известные меры предосторожности. Для того чтобы не повторять описания их в каждой задаче, мы ограничимся общими соображениями, одинаково пригодными для любого частного случая.

Штепсельная розетка, от которой пользуются городским током для экспериментальной установки, должна быть снабжена предохранителем, помещенным в самой розетке или включенным в шнур розетки на такой высоте, чтобы, встав на стул, можно было свободно заменять перегоревшие пробки новыми.

Кроме того, следует обязательно включать (до розетки или после нее) последовательно в цепь предохранительное сопротивление.

В качестве такого сопротивления удобнее и проще всего использовать лампочку накаливания (25—100 *вт*), рассчитанную на нормальное напряжение сети.

В этом случае „короткое“ замыкание проводов, с которыми экспериментируют учащиеся, ничем не будет сопровождаться, кроме свечения лампочки.

Весьма желательно, чтобы подобное предохранительное сопротивление было совершенно изолировано от

экспериментальной установки, а когда применена лампочка — даже полностью закрыто. В противном случае, во-первых, отвлекается внимание учащихся деталью, которая ничего общего не имеет ни с установкой задачи, ни с ее решением, и, во-вторых, создается опасность, что во время налаживания опыта учащиеся могут случайно замкнуть концы сопротивления каким-нибудь прислоненным к нему металлическим предметом.

Использовать лампочку накаливания в качестве предохранительного сопротивления удобно еще по одному соображению. Когда, согласно задаче, требуется в самой установке использовать, например, две последовательно включенные лампочки, то для осуществления этого достаточно вывинтить лампочку-сопротивление и вместо

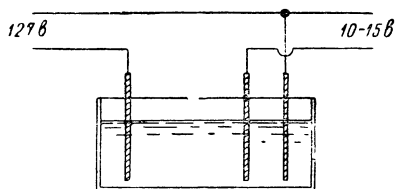


Рис. 27.

нее ввинтить пробку предохранителя большого диаметра или цоколь от перегоревшей лампочки с замкнутыми контактами. (В цепи всегда остается тот предохранитель, о котором говорилось выше.)

Когда в задачах указывается, что лампочки рассчитаны на 127 в, имеется в виду, что напряжение сети равно 127 в. В тех случаях, когда напряжение сети имеет иное значение, следует пользоваться лампочками, рассчитанными на это напряжение.

Если для экспериментальной установки требуется переменный ток низкого напряжения порядка 10—20 в, то можно использовать для этого трансформатор или потенциометр. В том и другом случае, если нет специальных указаний, приборы, понижающие напряжение тока, должны быть совершенно отделены от экспериментальной установки и недоступны для учащихся. Если в физическом кабинете нет необходимого трансформатора и проволоочного потенциометра, можно использовать жидкостный. Его включение показано на рис. 27. (Электроды — железные. Раствор соды или хлористого натрия.) Нагревание раствора и порча железных электродов не имеет практического значения, так как опыты длятся весьма недолго.

Если для задачи требуются аккумуляторы, то, независимо от того, применяется ли предохранительное сопротивление или нет, в аккумуляторную цепь обязательно включается предохранитель, рассчитанный на безопасную для аккумулятора силу тока. Этим достигаются две цели: во-первых, аккумулятор оберегается от порчи и, во-вторых, контролируется внимательность и дисциплинированность учащихся во время опытного решения задачи. Используя предохранительное сопротивление, преподаватель, конечно, может быть спокоен за сохранность своих аккумуляторов, но он никогда не сможет выяснить, даже приблизительно, насколько беспорядочно или неумело решалась опытная часть задачи. Наоборот, предохранитель, включенный в цепь аккумулятора, превращается, так сказать, в автоматический регистратор каждого короткого замыкания или перегрузки аккумуляторов, возникших вследствие небрежности, неумелости или невнимательности учащихся. Поэтому существенно монтировать предохранитель на самом аккумуляторе и сделать недоступными для учащихся как полюсы самого аккумулятора, так и предохранитель. Проще всего этого можно добиться, заключив аккумулятор с предохранителем в ящик. Крышка делается на петлях и запирается с помощью всяческого или иного замка. В крышке высверливается маленькое отверстие для удаления газов. На боковой стенке ящика монтируются клеммы, соединенные внутри ящика с полюсами аккумулятора (через предохранитель), около которого привинчиваются (одним винтиком каждый) два небольших прямоугольных куска картона с отметками полюсов (+) и (—). Обозначения полюсов лучше не ставить непосредственно на стенке ящика, так как для некоторых задач может потребоваться аккумулятор, знаки полюсов которого должны быть неизвестны учащимся. В этом последнем случае кусочки картона снимаются. При этом можно внутри ящика переключить соединение клемм с полюсами аккумуляторов.

В качестве предохранителя для аккумуляторов удобно воспользоваться не специальным предохранителем, а просто двумя клеммами, в которые зажимается тонкая медная проволока ($D \approx 0,1$ мм).

При работе с гальваническими элементами предохранитель излишен и надо удовлетвориться включением

в их цепь предохранительного сопротивления для того, чтобы избежать напрасной перегрузки элементов.

Успешное опытное решение некоторых задач зависит от достаточной чувствительности электроскопа, который следовало бы заменить в этих случаях электрометром. Так как такая замена в подавляющем большинстве случаев невозможна, то для некоторых опытов можно рекомендовать следующий прием, значительно повышающий чувствительность электроскопа, точнее — дающий возможность с помощью обычного электроскопа наблюдать очень малые изменения электрического поля. Для этого употребляют не нейтральный, а уже заряженный электроскоп. Электроскопу сообщается такой заряд, чтобы его листочки отклонились от вертикали примерно на $10\text{--}15^\circ$ каждый. Если, например, электроскоп зарядить положительным электричеством, то при увеличении напряженности электрического поля угол между его листочками увеличивается. При этом можно отчетливо наблюдать такую напряженность внешнего поля, которая совершенно недостаточна для заметного подъема листочков нейтрального электроскопа.

Если с помощью такого положительно заряженного электроскопа требуется определить знак заряда подносимого к нему тела, то он даст однозначный ответ только при увеличении угла между листочками — тело заряжено положительно. Уменьшение угла между листочками указывает, что тело либо заряжено отрицательно, либо нейтрально. Для окончательного решения вопроса электроскоп необходимо зарядить отрицательным электричеством и вновь приблизить к нему исследуемое тело. Если при этом угол между листочками попрежнему уменьшается, значит тело нейтрально, если увеличивается — тело заряжено отрицательно. Если известно, что тело несет отрицательный заряд и требуется только подтвердить это экспериментально, то наибольшая чувствительность электроскопа получится в том случае, если он заряжен положительно и его листочки с вертикалью образуют угол в $70\text{--}80^\circ$.

Последнее общее замечание относится к тем двум задачам, в которых применяется раствор серной кислоты. Несмотря на то, что пользуются слабым раствором ($3\text{--}5\%$), учащимся следует напомнить об осторожном обращении с раствором, вполне безопасным для

их рук, но не для одежды. Возможно, что в „Условие“ задачи следует включить соответствующее примечание, вроде следующего:

Примечание. Будьте осторожны! Не капните раствором серной кислоты на одежду. Даже мельчайшие брызги ее могут прожечь сукно, бумажные ткани и пр. Не вытирайте рук носовым платком, а тотчас же после окончания опыта вымойте руки.

Переходим к решениям и замечаниям, относящимся к каждой задаче. Порядковая нумерация замечаний соответствует номерам задач. Относительно каждой задачи дается указание, для какого класса она предназначена. Однако это надо понимать только как указание на наибольшую пригодность задачи для данного класса. Отсюда не следует делать вывод, что задачу нельзя использовать и для других классов.

1. (6-й кл.) Полоской миллиметровой бумаги или линейкой измеряются стороны прямоугольного куска картона и вычисляется его площадь S_1 . С помощью весов измеряется вес прямоугольного куска P_1 и куска неправильной формы P_2 .

Очевидно, площадь второго куска картона S_2 пропорциональна его весу, т. е. $\frac{S_2}{S_1} = \frac{P_2}{P_1}$.

Дополнения. 1. На карту накладывается калька, папиросная или иная полупрозрачная бумага и карандашом обводится контур Московской области. Затем калька наклеивается или накальвается на картон, из которого по линии карандаша и вырезается соответствующая фигура. Из того же картона вырезается прямоугольный или круглый кусок.

Более точный результат получится при карте большего масштаба.

2. Часто результаты весьма близкие.

Если задача решается во время урока, то дополнения предлагаются после решения задачи. Учащиеся должны самостоятельно решить дополнительные вопросы во внеурочное время.

Вместо площади Московской области можно определять площадь какой-нибудь республики, входящей в состав СССР, или площадь моря и т. п.

Для кружковых занятий целесообразно давать в установке вместо прямоугольного куска картона вырезанный из него круг.

2. (6-й кл.) Измеряется площадь куска алюминиевой фольги S , аналогично измерению картона в задаче 1. Затем измеряется ее вес P . Найдя в справочнике удельный вес алюминия d и воспользовавшись формулой $d = \frac{P}{V}$, где $V = Sh$ — объем куска фольги и h — его толщина, получим:

$$h = \frac{P}{dS}.$$

Дополнения. 1. Используя методы первой и второй задачи.

2. При точном взвешивании и измерении сторон прямоугольной фольги результат будет не хуже того, который можно получить, пользуясь школьными калибрами.

Более точные результаты получаются с фольгой или очень тонкими пластинками из материала, имеющего большую плотность (свинцовая фольга, медные, латунные пластинки, обычная жесть тонкая и т. п.).

3. (6-й кл.) У учителя следует попросить соль (NaCl) и ложку. Растворяя соль в воде, увеличиваем плотность воды, вследствие чего при достаточно большой концентрации картофеляина всплывает.

Дополнения. 1. Налить в банку чистой воды.

2. Если быстро нагреть (конечно, не в банке), картофеляина может опуститься на дно.

Дополнения можно дать вместе с задачей.

4. (6-й кл.) Рот должен быть плотно охвачен отверстием банки, а щеки и подбородок прижаты к краям. В таком положении вдвывается воздух.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Втянуть в себя часть воздуха из банки.

2. От холодной воды скорлупа может опуститься, но тотчас всплывет. От горячей воды скорлупа еще больше поднимется.

Удаление белка и желтка из скорлупы яйца можно осуществить с помощью трех приемов.

1. В остром конце яйца иголкой протыкается в скорлупе отверстие и осторожно расширяется приблизительно до таких размеров, чтобы в него входила спичка. Затем в это отверстие вводится спица или жесткая проволока, с помощью которой перемешивается содер-

жимое яйца. Затем яйцо устанавливается на тарелке воздушного насоса над чашечкой, отверстием вниз и накрывается колпаком. При выкачивании воздуха из-под колпака содержимое яйца вытекает в чашечку. Внутренность яйца тщательно промывают водой. Для этого удобнее всего использовать стеклянную трубку с оттянутым кончиком, соединенную с помощью резиновой трубки с небольшой воронкой (можно воспользоваться сифоном и банкой с водой). Оттянутый кончик вводится в отверстие скорлупы, а в воронку наливается небольшое количество воды, достаточное для заполнения четверти объема скорлупы. Стеклянная трубка вынимается из скорлупы, а вода в ней взбалтывается встряхиванием руки. Затем скорлупа поворачивается отверстием вниз и освобождается от жидкости встряхиванием. Промывают скорлупу до тех пор, пока вытекающая из нее вода не будет совершенно прозрачной. После этого скорлупа наполняется до половины чистой водой и опускается отверстием вниз в воду, налитую в банку. Если скорлупа плавает, то необходимо в нее добавить еще воды, чтобы она затонула. После этого скорлупу вынимают из воды (отверстие внизу!) и удаляют из нее одну-две капли воды легким встряхиванием или подведя к отверстию в скорлупе кусочек промокательной или фильтровальной бумаги. Если после этого скорлупа снова затонет, еще раз удаляют из нее одну-две капли воды и так продолжают до тех пор, пока скорлупа не останется на поверхности воды. Этим приемом добиваются наименьшей пловучести скорлупы, что важно для успеха опыта, т. е. для решения задачи.

2. Второй прием удаления содержимого яйца отличается от первого тем, что для него не нужен воздушный насос. Оттянутый кончик стеклянной трубки делают длиной примерно в 5 см. В левой руке держат яйцо отверстием вниз над какой-нибудь чашкой. Содержимое яйца уже перемешано. Правой рукой вводят в отверстие скорлупы оттянутый кончик трубки почти до верхнего конца яйца. С помощью резиновой трубки, соединенной со стеклянной, вдувают в яйцо воздух, вследствие чего его содержимое вытекает из скорлупы. Вдувать воздух можно ртом или резиновой грушей от пульверизатора и т. п.

Остальное проделывается так же, как указано в п. 1.

3. Третий прием отличается от второго тем, что для него не нужна стеклянная трубка. В скорлупе с тупого конца яйца делается иглой второе отверстие. После перемешивания спицей содержимого яйца его удаляют из скорлупы, вдвывая ртом в верхнее отверстие яйца воздух или просто сильно встряхивая яйцо. Промывается яйцо всасыванием воды в скорлупу через верхнее отверстие. (Можно просто погрузить скорлупу в воду.) Наполняется скорлупа таким же приемом. Затем нижнее отверстие закрывается пальцем и скорлупа вынимается из воды. Верхний конец досуха вытирается, в отверстие вкладывается кусочек парафинированной или вошеной ваты и затем заливается парафином или воском.

5. (Все классы.) Кусочком бумаги накрывают горлышко бутылки и, прижимая его ладонью руки, переворачивают бутылку. Руку отнимают, а горлышко бутылки вставляют в банку с керосином. Надавливая краем бумажки на стенку банки, сдвигают бумажку в сторону и освобождаются от нее.

Когда керосин заполнит бутылку, наклоняют ее возможно сильнее в сторону, не выводя ее горлышка из-под поверхности воды, перелившейся в банку. Затем быстрым движением руки переворачивают бутылку горлом вверх.

Дополнения. 1. Переливание прекратится, когда уровень воды в банке достигнет горлышка бутылки.

2. Вопрос из курса физики.

Первый вопрос дополнений дается вместе с задачей. Второй вопрос может и совсем не задаваться, так как он касается уже иной физической темы.

В банку можно налить и обыкновенный, не подкрашенный керосин, но желательно тогда, чтобы керосин был неочищенным и имел желтоватый или даже светлорыжий цвет, чтобы поверхность раздела двух жидкостей была отчетливо видна. (Если керосин подкрасить эозином, он приобретет цвет красного вина.)

Вместо керосина можно употребить любую другую жидкость, которая не смешивалась бы с водой и имела бы плотность, значительно отличную от плотности воды.

6. (8-й кл.) Производятся два измерения плеча рычага, на котором подвешивается в равновесии большой алюминиевый грузик. Первое измерение l_1 произ-

водится, когда грузик в воздухе, а второе — l_2 , когда он опущен в жидкость.

Обозначая вес большого грузика в воздухе через P , в жидкости — через P' , вес малого через p и длину плеча, на котором он подвешен, через l , найдем:

$$\frac{P'}{p} = \frac{l}{l_2} \text{ и } \frac{P}{p} = \frac{l}{l_1}.$$

Отсюда получим:

$$\frac{P'}{P} = \frac{l_1}{l_2}. \quad (1)$$

Удельный вес жидкости находим из равенства:

$$d_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{ж}}}{V_{\text{ж}}} = \frac{P_{\text{ж}}}{V}, \quad (2)$$

где V — объем большого грузика, равный $V = \frac{P}{d}$, где d — удельный вес алюминия.

Подставляя найденное значение V в (2), получим:

$$d_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{ж}}}{P} d. \quad (3)$$

Вес вытесненной жидкости $P_{\text{ж}}$ равен разности весов:

$$P_{\text{ж}} = P - P'.$$

Тогда из (3) получим:

$$d_{\text{ж}} = \left(1 - \frac{P'}{P}\right) d. \quad (4)$$

Сопоставив (4) с (1), найдем:

$$d_{\text{ж}} = \left(1 - \frac{l_1}{l_2}\right) d. \quad (5)$$

Дополнения. 1. Измерения остаются те же, что и в задаче. Вычисления значительно усложнятся, если только вес большого грузика будет использован учащимися для измерений, а это наверное случится именно так. В самом деле, их рассуждения будут примерно такими. Дан вес грузика в воздухе P и из справочника найден удельный вес алюминия d . Следовательно,

найдем его объем, равный объему вытесненной им жидкости:

$$V = \frac{P}{d} \text{ (деление двух чисел).}$$

Удельный вес жидкости равен $d_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{ж}}}{V}$, причем вес вытесненной жидкости $P_{\text{ж}}$ равен разности веса груза P в воздухе и его веса в жидкости P' , т. е. $P_{\text{ж}} = P - P'$. Вес P' неизвестен, но его можно найти из закона рычага [см. (1) в задаче]:

$$P' = \frac{l_1}{l_2} P \text{ (деление двух чисел и умножение).}$$

Подставляя найденное P' , получим:

$$P_{\text{ж}} = P - P' \text{ (вычитание двух чисел).}$$

Откуда удельный вес жидкости равняется:

$$d_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{ж}}}{V} \text{ (деление двух чисел).}$$

Итак, в процессе вычисления трижды применяется деление чисел, один раз умножение, и один раз вычитание.

Тогда как, решая задачу на основании равенства (5), используем только одно деление, одно вычитание и одно умножение.

Дополнение 1 в этом отношении очень поучительно.

Если дать вес малого груза, то это еще больше усложнит решение задачи.

2. Точный или неточный вес груза не имеет никакого значения, так как при правильном решении задачи он вообще выпадает из окончательного равенства (5), по которому вычисляется удельный вес жидкости.

Чем больше производится различного рода арифметических вычислений (особенно делений), тем меньше будет точность результата.

3. При погружении в жидкость большого груза.

Дополнения не имеет смысла давать вместе с задачей, так как задача трудная и не следует отвлекать внимания учащихся такими дополнительными вопросами, которые не могут облегчить ее решения. Однако после решения задачи все три дополнительных вопроса существенно углубляют и уясняют физическую сущность связанных с задачей явлений.

Проще всего для устройства рычага воспользоваться школьной линейкой. Вдоль линейки, отступя от края на 0,5 см, накладывают вторую линейку и затем вдоль ее края проводят несколько раз острым ножом. Отделенная от линейки полоса и применяется в качестве рычага. Отверстие для оси просверливается посередине отрезанной полосы. Для того чтобы избежать бокового перекоса такого рычага, рекомендуется до высверливания отверстия наклеить на обе стороны средней части рычага две пластинки, отрезанные от той же линейки, размером каждая $0,5 \times 1$ см. После этого высверливается отверстие для оси, проходящее через тройную толщину рычага. Это практически вполне устраняет перекося рычага.

7. (8-й кл.) Очевидно, задачу можно решить аналогично предыдущей.

Вместо равенства (5) предыдущей задачи найдем:

$$d = \frac{l_2}{l_2 - l_1} d_{\text{ж}}.$$

Если считать, что удельный вес воды $d_{\text{ж}} = 1$, то получим удельный вес вещества твердого тела равным:

$$d = \frac{l_2}{l_2 - l_1}.$$

Дополнение. Алюминиевых.

8. (6-й кл.) Взяв колбу за шейку в левую руку, надавливаем пальцем правой руки на ее дно. (Надавливание на боковые стенки колбы нужного эффекта не дает вследствие большей прочности сводаобразной части колбы).

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Ответ общеизвестен.

2. Надавить на пробку.

9. (6-й кл.) Ответ общеизвестен.

Дополнение (дается вместе с задачей). У круглодонной.

10. (6, 8-й кл.) Задача решается на основании закона Паскаля.

Дополнения. 1. Можно и сухим песком.

2. Перевернуть усеченный конус основанием вверх. Вес тела (0,5 кг), так же как и его форма (цилиндр),

взяты совершенно произвольно. Результаты опыта определяются размерами и углом усеченного конуса.

11. (9-й кл.) Веревка смачивается водой (с верхнего конца) из стаканчика или пробирки. Укорачивание веревки происходит вследствие действия сил поверхностного натяжения.

Дополнения. 1. Стрелка представляет собой рычаг. Измерив его плечи и измерив расстояние, на которое передвинулся кончик стрелки при смачивании веревки, определяют, насколько уменьшилась длина веревки.

2. Принципиально вопрос решается просто. На острый конец стрелки навешивается такой груз, который уравновесил бы силу натяжения смоченной веревки. По закону рычага рассчитывается сила натяжения веревки. Однако эта сила так велика, что не только лучинка-стрелка, но и стальная проволока, взятая вместо нее, не выдержит такой нагрузки. Практически такую задачу можно решать только с массивным железным или стальным рычагом. Задача очень поучительна, поскольку дает возможность наглядно убедиться в огромных силах поверхностного натяжения воды.

3. При расчете допустимого натяжения наружных веревочных или канатных оттяжек следует учитывать значительное увеличение их натяжения при смачивании их дождем.

Для задачи можно употребить любую веревку небольшого диаметра. Однако при налаживании установки следует испробовать несколько различных сортов и выбрать тот, который дает лучший результат.

12. (9-й кл.) В стакане, у которого стенки смачиваются водой, перо держится на середине поверхности воды, и его невозможно подвести к стенкам — оно, так сказать, скатывается на середину вследствие вогнутой формы мениска. В сосудах большого диаметра наблюдается только отплывание пера от стенок.

В стакане, у которого стенки не смачиваются, наблюдается обратное явление: перо держится около стенки, не может удержаться на середине поверхности жидкости вследствие выпуклой формы мениска. Диаметр сосуда и в этом случае играет существенную роль.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. О форме поверхности.

2. Вопрос из курса физики.

3. Ответ дан в решении задачи.

Можно использовать перья малого размера, применяемые для авторучек или для черчения. С пером любого размера получается одинаковый эффект с той, однако, разницей, что большое перо не может так близко подойти к стенке стакана, как маленькое, и район его возможных движений более ограничен.

13. (6-й кл.) Маленьким листком бумаги следует обернуть кончик резиновой трубки.¹ Взяв его в рот, вдвывают в бутылку воздух. Зажимают пальцами резиновую трубку и, вынув трубку изо рта, подставляют стакан. Разжав пальцы, наливают в стакан воду.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Когда мало воды.

2. Больше воды выльется из низкой бутылки, так как вода в ней должна подниматься по вертикальной части трубки на меньшую высоту. Имеется в виду, что давление воздуха в обеих бутылках одинаковое.

14. (6-й кл.) До вдвухания объем воздуха в большой бутылке больше, чем объем воздуха в маленькой. Так как вдвухать воздух в ту и в другую бутылку можно до тех пор, пока давление не достигнет приблизительно одного и того же (возможного для вас) значения, то, очевидно, избыток воздуха, по сравнению с его нормальным количеством, также будет больше в большой бутылке.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Вдвухая воздух в бутылку при сжатых щеках, мы действуем, главным образом, полостью рта между губами и кончиком языка. Поверхность полости рта, подвергаясь непосредственному давлению воздуха, находящегося в бутылке, значительно сокращается. Поэтому усилие мышц в щеках, направленное против силы давления воздуха на щеки, значительно уменьшается. (Закон Паскаля в газах.)

2. Ответ следует из первого пункта.

15. (8, 6-й кл.) Воздух над цилиндром несколько разрежен. Давление его меньше атмосферного. Сумма его давления и давления столба воды на бумажку равна атмосферному.

¹ Из гигиенических соображений.

Дополнения. 1. Перевернув цилиндр, вы надавливаете на бумажку ладонью. От этого бумажка несколько вдавится внутрь цилиндра и из него вытечет небольшое количество воды. Столб воды в цилиндре понизится, давление воздуха в цилиндре уменьшится. Этого достаточно для того, чтобы можно было осуществить рассмотренное явление.

2. Из предыдущего понятно, почему замена мягкой бумажки жестким картоном или жестью не может дать желаемого результата.

3. Вопрос из курса физики.

Дополнения даются в том случае, если задача решается в классе или в кружке.

Налаживание опыта и его объяснение требуют некоторых дополнительных пояснений. Опыт с таким же успехом удастся, если вы и не прибегаете к особому приему надавливания на бумажку, о котором говорится в решении задачи (Дополнение 1). Если вы будете просто придерживать бумажку ладонью, то, перевернув цилиндр, увидите, что между краем цилиндра и бумажкой просачивается вода, а бумажка вдавливается внутрь цилиндра, принимая форму купола. Чем сильнее требуется разредить воздух в цилиндре для равновесия системы, тем больше вдавливается бумажка. Когда вода перестала вытекать из цилиндра, можно отнять руку.

Указанный в задаче стеклянный цилиндр не является обязательным для опыта. Если задача дается для домашнего решения, то в условии говорится, например, о стеклянной консервной банке (0,5 л). С такой банкой, конечно, труднее получить длительное равновесие системы, тем не менее, смоченная бумажка после частичного выливания воды принимает сильно вогнутую форму, при которой давление на бумажку сверху и снизу уравнивается.

Строго говоря, в этих опытах следует учесть и силы сцепления жидкости. Если к краям перевернутой пустой банки приложить мокрую бумажку, она не отпадет. Однако легко показать, что удерживающие ее силы сцепления не имеют решающего значения. Если вместо бумажки взять кусок смоченной в воде папки (например, от коробки папиросных гильз), то она не удержится на краях банки, вследствие своего веса. Но если

наполнить банку водой, закрыть ее тем же куском папки и перевернуть, придерживая папку ладонью, то она не отпадет от краев банки, после того как ладонь от нее отнимут. Если отлить половину воды из банки и снова проделать опыт, можно убедиться в том, что и на этот раз папка не отпадает. Проведя осторожно несколько раз пальцем по папке, обнаруживаем небольшую, но отчетливо заметную вогнутость. Вследствие того, что вогнутость папки очень небольшая, система находится на пределе устойчивости. Поэтому возможно, что опыт не удастся с первого раза.

16. (6-й кл.) Оба конца сифона должны быть загнуты вверх. Достаточно загнуть 5—7 см от каждого конца трубки. (Сифон напоминает букву Л.)

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Меняя погружение конца сифона в воду.

2. Нет.

17. (6, 8-й кл.) Снять один конец резинового шнура с гвоздика и надеть его на второй гвоздик. (В этой задаче особенно существенно объяснение явления учащимися).

Дополнения. 1. Грузик, висящий на конце растянутого им шнура, произвел работу, затраченную на растяжение шнура $A = Pl$, где P — вес грузика и l — приращение длины шнура. Падающий грузик приобретет кинетическую энергию $k = \frac{1}{2}mv^2$, где m — масса грузика и v — его скорость в момент натягивания шнура. Кинетическая энергия расходуется на работу растяжения шнура A' . Следовательно, суммарная работа, затрачиваемая в этом последнем случае, равна $A + A'$.

2. Вопрос из курса физики.

18. (6-й кл.) Вопрос из курса физики. (Разложение силы на нормальную и тангенциальную составляющую.)

Дополнение (дается вместе с задачей). Чем дальше кончик трубки от чашки весов, тем большее количество воздуха, находящегося между трубкой и чашкой, приводится в движение. Значительная часть его минует чашку весов. (Более точного ответа, конечно, нельзя требовать от учащихся.)

19. (6-й кл.) Ответ вытекает из описания экспериментальной установки задачи.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Вес рычага.

2. Вследствие малой жесткости железного рычага при его весе, равном деревянному.

3 и 4. Вопросы из курса физики.

20. (6-й кл.) Решение задачи понятно из рис. 28.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Высота рамки равна ее длине.

2. Если рисунок самолета начнет подниматься из левого нижнего угла, то он скроется наверху, не дойдя до верхнего правого угла. Для того чтобы он дошел до угла, его следует установить между левым и правым нижними углами.

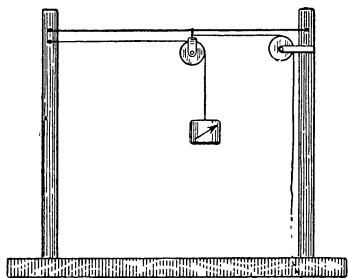


Рис. 28.

3. Для того чтобы нити, поддерживающие рисунок, были натянуты.

Установка настолько проста, что позволяет в каждом отдельном случае, особенно при домашнем решении, приспособиться к окружающей обстановке. Проволока

может быть натянута между ножками стула или стола, протянута поперек окна и т. п. В зависимости от этого следует внести соответствующие указания и в задачу.

21. (8-й кл.) Вращающиеся массы различны. В первом случае вращается практически только само ведро. (Начинает вращаться тонкий слой воды непосредственно около стенок. Остальная масса остается в покое вследствие весьма незначительного внутреннего трения.) Второе же ведро, с песком, вращается как одно целое. Вследствие этого во втором случае силы инерции значительно больше, чем в первом.

Дополнение. Нет. Стенки железного ведра смачиваются водой, но не смачиваются ртутью. Поэтому вместе с первым ведром будет вращаться тонкий слой воды, а вместе со вторым ведром слой ртути вращаться не будет. Легче вращать в одну и в другую сторону, как указано в задаче, ведро со ртутью.

22. (8-й кл.) Первое — песком, второе — водой. Первое вследствие вращения всей массы (после того как веревка раскрутится) начнет закручивать веревку, продолжая по инерции вращаться в том же направле-

нии. Вращение второго ведра тормозится из-за внутреннего трения между слоем воды, который вращается вместе со стенками ведра, и остальной массой воды. Вследствие значительной не упругой деформации веревки число оборотов ведра с водой будет, как показывает опыт, немногим более половины тех, которыми вы закручивали веревку.

Дополнение. Большая вращающаяся масса у ведра с песком и, следовательно, большая кинетическая энергия.

Если при подготовке опыта обнаруживается, что вследствие деформации данной веревки число оборотов ведерок значительно отличается от указанного в задаче, необходимо внести соответствующее изменение в условие задачи.

23. (6-й кл.) Вследствие инерции воды, движущейся в трубке.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Соотношение между диаметром отверстия на кончике стеклянной трубки и диаметром резиновой, между диаметром резиновой и ее длиной и между величиной ее провисания и расстоянием стеклянной трубки от воронки.

2. Стеклообразную трубку поднимают вверх так, чтобы вода из резиновой трубки перелилась в воронку. Зажимают пальцами резиновую трубку около воронки и устанавливают стеклообразную трубку в прежнем положении. Разжимают пальцы.

24. (8-й кл.) Держа вертикально банку в одной или двух руках, приводят воду в банке в быстрое вращение соответствующими движениями руки (или рук). Вследствие образующегося в воде конического углубления пробка соскакивает со спицы.

25. (8-й кл.) Объяснение дано в ответе на дополнение.

Дополнение (дается вместе с задачей). Коническое углубление и канал образуются в вытекающей из воронки воде только при условии ее вращательного движения в результате проявления инерции. Если стенки воронки совершенно гладкие, вытекающая вода испытывает во всех точках поверхности стенок одинаковое сопротивление, вращательное движение воды не может возникнуть само по себе. В этом можно убедиться следующим способом.

Закройте нижний конец воронки пальцем, бросьте в воронку спичку и затем наполните ее водой. Если при этом плавающая на поверхности воды спичка не вращается (если вращается, надо подождать, пока она не перестанет вращаться вместе с водой), то, открыв нижнее отверстие воронки, вы не получите ни углубления в воде, ни канала. Наоборот, если вода вращается, то, открыв нижнее отверстие воронки, вы заметите, что спичка начинает вращаться все быстрее и быстрее, пока не втянется в углубление, образующееся в воде и не будет выброшена через канал из воронки.

Все это следует учесть, чтобы возможная „неудача“ опыта не только не разочаровала бы учащихся, а, наоборот, явилась бы дополнительным доказательством справедливости их теоретических соображений.

26. (8-й кл.) Листок бумаги располагается сначала в горизонтальной, а затем в вертикальной плоскости.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Вследствие большой высоты падения образующиеся воздушные вихри достигают такого значения, которое достаточно для искажения линейного падения листка.

2. Приколоть к его нижнему краю гвоздик.

Оба дополнительных вопроса можно дать вместе с задачей.

27. (10-й кл.) Длина третьего маятника равна длине первого. Длина второго значительно отличается (в 2 раза) от длины первого.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1 и 2. Интерференция колебаний. В первом случае — сложение равных амплитуд противоположных знаков, во втором — сложение амплитуд одного знака.

Опыт редко демонстрируется, несмотря на его простоту и большую методическую ценность. Если задача используется для домашней работы, то для экспериментальной установки совсем не обязательно пользоваться двумя штативами, которые ученики видят в установке. Вместо них можно, например, использовать ножки стола.

28. (9-й кл.) Вследствие конденсации пара в колбе после ее остывания получается весьма разреженная среда. После впуска в колбу воздуха плотность среды, проводящей звук, делается нормальной.

Дополнение (дается вместе с задачей). С ртутью,

плотность пара которой при комнатной температуре почти в 13 тысяч раз меньше плотности пара воды.

В „Условиях задачи“ говорится: „Слышимость звонка значительно усилится, если открыть зажим Мора и через некоторое время снова сжать резиновую трубку“. Последнее уточнение делается только для того, чтобы не возникала мысль о том, что звонок усиливается именно потому, что открытая резиновая трубка дала „свободный выход звуковым колебаниям“.

29. (9-й кл.) Налить столько воды в длинную пробирку, чтобы длина воздушного столба в ней стала равной длине столба воздуха в короткой пробирке.

Дополнение (дается вместе с задачей). Нет. Основным источником является сложный шипящий звук, возникающий в результате трения струи воздуха из вашего рта о край пробирки. Сама пробирка является только резонатором, усиливающим частоту сложного звука, которая соответствует собственной частоте колебаний заключенного в ней столба воздуха.

30. (9-й кл.) Методом резонанса. (Задача на повторение пройденного в курсе физики материала.)

Дополнение (дается вместе с задачей). С камертонами, укрепленными на резонаторных ящиках.

31. (6-й кл.) Подвести к колбе руку, щеку илидохнуть на нее.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Любым приемом понизить температуру колбы, например, положив на нее полотенце, смоченное холодной водой.

2. Зависимость прямая.

3. С жидкостью, имеющей малый удельный вес.

Трубка заполняется водой следующим образом. Колба с трубочкой укрепляется в штативе так, как указано в установке задачи. Затем колба нагревается ладонями рук, и когда из конца трубочки выделилось 2—3 пузырька воздуха, руки снимают с колбы. Если после остывания колбы в трубочку вошло недостаточное количество воды, то еще раз нагревают колбу, пока вновь не выделится из нее некоторое количество воздуха.

32. (6-й кл.) Изменения атмосферного давления.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Испарение жидкости.

2. С жидкостями, слабо испаряющимися, например, с жидкими маслами.

33. (6-й кл.) Сильно натереть трубочку суконкой или другим соответствующим натирателем. Опустить ее оттянутый конец в воду и выждать, пока она остынет.

Дополнения (даются как задачи-вопросы на дом).

1. Чем больше диаметр трубки, тем больше (при одной и той же температуре) перейдет в нее воды.

2. Перевернуть трубку оттянутым концом вверх и затем, быстро перевернув, тотчас же опустить открытый конец ее в воду.

Поскольку в „Условиях задачи“ не ставится никаких ограничений, то нагревать трубочку, вообще говоря, любыми средствами, например, нагревая ее в кипятке или в пламени спички. Существенно только, чтобы ее температура не была слишком высока, так как при этом может треснуть стекло во время наполнения трубочки холодной водой. Удалить воду из трубочки можно встряхиванием, держа трубочку оттянутым концом вниз.

34. (6, 9-й кл.) В первом случае пламя подводится под жестяную пластинку. Во втором случае в пламя двух спиртовок вводится правое плечо рычага.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Чем больше температурный коэффициент расширения материала, тем значительнее второй эффект. Первый не зависит от материала, из которого сделан рычаг.

2. Первый эффект зависит, второй — нет.

Если задача дается для домашней работы, то в условиях задачи следует говорить не о спиртовых лампочках, а о керосиновой лампе или свече.

35. (9-й кл.) Калиброванный цилиндр наполняется с помощью стаканчика водой из банки и закрывается бумажкой, которую придерживают пальцами. Перевернув, его погружают в воду, налитую в банку так, чтобы в цилиндр не проник воздух. Бумажка снимается с отверстия цилиндра и в него вводится загнутый конец стеклянной трубки, соединенный с колбой. Тогда колба охватывается ладонями обеих рук. Колба нагревается до тех пор, пока из кончика загнутой трубки не перестанут выделяться пузырьки воздуха. Отсчитывается по делениям цилиндра объем воздуха V' , выделившегося из колбы.

После этого, вынув из колбы пробку и сняв ее со штатива, измеряем ее объем. Для этого наливаем из

банки с помощью стаканчика воду — сначала в калиброванный цилиндр, а затем из него переливаем в колбу. Прodelывается это до тех пор, пока колба до основания шейки не наполнится водой. Этим приемом определяется ее объем, а следовательно, и объем воздуха V до нагревания.

Таким образом, объем нагретого воздуха равен $V + V'$. По известной формуле

$$V + V' = V(1 + \alpha t)$$

находим разность температур между температурой рук t_1 и температурой воздуха в классе t_2 .

$$t = t_1 - t_2.$$

Дополнения. 1. Лучший результат получится при такой колбе, поверхность которой можно полностью охватить руками. Меньшего и большего диаметра колбы дадут худшие результаты.

2. Температуры воздуха в классе.

3. Во втором, так как выходу воздуха из трубочки будет меньше мешать давление воды.

36. (9-й кл.) Если установку с колбами поместить перед экспериментатором, то штатив с лампочкой ставится за установкой на одинаковом расстоянии от обеих колб. Осуществить колебания колб можно двумя приемами. Заслоните картоном от лучей лампочки правую колбу. Включите лампочку. В результате нагревания левой колбы часть воды начнет переливаться в правую. Левая колба начнет подниматься. Заслоните теперь тем же картоном левую колбу от лучей лампочки: она начнет остывать, а правая нагреваться. В результате левая начнет опускаться и т. д. Можно, однако, создать автоматический периодический заслон колб от лучей лампочки. Для этого расположите полосу картона между колбами и лампочкой так, чтобы опустившаяся колба попадала в лучи света лампочки, а поднимавшаяся, наоборот, входила бы в тень от картонной полосы.

Дополнения. 1. С зачерненными.

2. Часть, обращенная к источнику света.

3. С широкой плоской стенкой, обращенной к источнику света.

Если в кабинете физики не найдется достаточно толстостенной и длинной стеклянной трубки, которая

могла бы выполнять роль рычага, то можно использовать любую стеклянную трубку и даже отрезки трубки, соединенные между собой резиновой трубкой. Однако при этом всю систему необходимо прикрепить к легкому, но прочному деревянному рычагу, в качестве которого можно употребить длинную тонкую линейку. (Это, конечно, осложняет всю установку.)

Пробку надевают на стеклянную трубку до того, как сгибают оба ее конца в пламени спиртовой лампы. Пробка должна передвигаться вдоль трубки со значительным трением.

Бифилярный подвес делается для того, чтобы система не совершала колебаний в горизонтальной плоскости. Проще всего концы бифилара прикрепить к проволоке, укрепленной на пробке.

П-образная трубка до опыта должна быть обязательно заполнена водой, для того чтобы она представляла собой сифон, соединяющий колбы. Выполнить это можно с помощью следующего приема.

Налейте в одну колбу воды (приблизительно $\frac{1}{3}$ ее объема). Введите в колбу один конец П-образной трубки, но не закрывайте горла колбы пробкой. Затем наклоните колбу и попросите помощника высосать воздух через второй конец П-образной трубки, в результате чего вода начнет выливаться из колбы. Введите теперь этот конец трубки в горло второй колбы, которая начнет наполняться водой. Когда количество воды в обеих колбах станет приблизительно одинаковым, вдвиньте еще больше конец трубки во вторую колбу и закройте ее пробкой. Одновременно выпрямите первую колбу, переводя стеклянную трубку в горизонтальное положение, и закройте ее пробкой.

После двух-трех упражнений вы легко добьетесь нужного вам результата.

Если вы нальете в первую колбу нужное вам количество воды, равное примерно $\frac{1}{3}$ ее объема, то необходимо, до того как вы подставите вторую колбу, слить значительную часть воды в таз. Чем меньше воды останется в колбах (в допустимых пределах), тем лучше работает установка.

Начиная наполнять трубку, нужно употребить больше воды потому, что при небольшом ее количестве труднее произвести описанные манипуляции.

Концы стеклянной трубки при закрытых пробками колбах должны доходить почти до самого их дна.

37. (6, 9-й кл.) Вскипятить воду в колбе. Кипятить ее минуты три и затем быстро опустить горло колбы в воду, налитую в кюветку.

Дополнения. 1. Быстрое наполнение водой колбы происходит с того момента, когда входящая в нее холодная вода сильно понижает температуру ее стенок. Нарастающая быстрота наполнения колбы связана, кроме того, со следующим: чем сильнее охлаждаются стенки водой, тем быстрее идет процесс конденсации пара и уменьшение давления в колбе. От этого вода начинает быстрее наполнять колбу, быстрее охлаждать ее стенки и т. д.

2. Скорость воды, наполняющей колбу, очень велика. Удар ее о дно колбы и ощущается как толчок.

3. Наклонить резервуар колбы и вскипятить воду в ней на спиртовой лампочке.

38. (6-й кл.) Выходит пар с брызгами воды. При давлении 8 *атм* вода в котле имеет температуру около 170° С.

Каждому грамму воды, находящейся при комнатной температуре (20° С), можно дополнительно сообщить не больше 80 *кал* (100°—20°) для того, чтобы вода не начала кипеть при нормальном давлении.

В паровом же котле каждый грамм воды получил дополнительно 150 *кал*, т. е. почти в два раза больше того количества тепла, которое доводит его до температуры кипения.

Водоспускной кран применяется для удаления из остывшего котла воды.

39. (7-й кл.) Прикручивается фитиль лампы так, чтобы возможно сильнее уменьшить его размеры. (Опыт очень нагляден, если проводится в затемненной комнате.)

Дополнение. Вопрос из курса физики.

Колпачок горелки имеет глубоко прорезанную щель. Наиболее отчетливый результат получается в том случае, если щель горелки направлена на экран.

Чертеж тени и полутени учащиеся делают, конечно, для одного зуба гребенки.

Гребенка должна иметь редкие зубья. Если гребенка частая, то следует выломать все нечетные зубья.

Разумеется, только опыт может указать на необходимость этой операции.

40. (7-й кл.) Ответ содержится в теме задачи.

41. (7-й кл.) Повернуть гребенку в вертикальной плоскости на 90° так, чтобы ее зубья расположились вертикально.

Дополнение. Вопрос из курса физики.

Чертеж тени и полутени делается для одного зуба гребенки.

42. (7-й кл.) В первом случае колба наполняется водой, во втором — ртутью. Во втором случае при любом расстоянии от колбы до экрана (стена, лист бумаги и т. п.) получается на последнем световой круг большего диаметра, чем диаметр колбы.

В первом случае при удалении экрана от колбы обнаруживается световой круг уменьшающегося диаметра.

Дополнение (дается вместе с задачей). Солнечные лучи упомянуты в условии задачи потому, что только при параллельном пучке лучей преломленные лучи будут всегда сходящимися. Если не подчеркнуть этого, задача не будет иметь однозначного решения, так как лучи, прошедшие сквозь колбу с водой, могут быть и расходящимися, если источник света помещен между фокусом и оптическим центром колбы.

Согласно условию задачи, ее можно решать только в том случае, если через окно класса или комнаты проходят солнечные лучи. Это обстоятельство значительно ограничивает реальную возможность решения задачи, особенно в условиях данного класса и урока. Однако преподаватель имеет полную возможность, внося соответствующее изменение в текст задачи (вместо „солнечные лучи“ — „параллельные лучи“), получить с помощью самых примитивных средств (сферическое зеркало, линза) пучок приблизительно параллельных лучей.

Так как задача, прежде всего, должна быть решена теоретически, то она может быть предложена учащимся в качестве домашней работы, которая затем проверяется на опыте в школе.

Если в школе не окажется ртути (50 см^3 !), то все же задача не потеряет своего значения.

43. (10-й кл.) Отодвинув свое лицо от зеркала так, чтобы получилось уменьшенное обратное его изображение, начните медленно приближать голову к зеркалу

до тех пор, пока видимое изображение лица не расплывется. Это произойдет на двойном фокусном расстоянии. Если между собой и зеркалом положить линейку, то можно приблизительно, даже без помощи ассистента, определить в сантиметрах найденное расстояние, которое и равно радиусу зеркала.

Удобнее фиксировать свое внимание на какой-нибудь части лица, например, на носе. Дольше всего заметны ноздри в виде чуть темных пятнышек, которые в конце концов тоже исчезают. Это исчезновение следует считать признаком того, что расстояние от зеркала до основания носа равно приблизительно радиусу зеркала. При небольшом навыке распознавания момента „расплывания“ деталей лица ошибка в определении радиуса зеркала редко превышает 4%.

Когда лицо находится в плоскости, проходящей через центр зеркала, его изображение находится в той же плоскости, т. е. расстояние между ним и глазом практически равно нулю. При таком расстоянии на сетчатке глаза, конечно, никакого изображения предмета получиться не может.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Лицо попадает в фокальную плоскость.

2. Вопрос из курса физики.

44. (10-й кл.) Обе колбы устанавливаются на одинаковом расстоянии от окна. На экранах получают возможно более четкое изображение переплета окна от одной и другой колбы. При этом один экран приходится установить несколько дальше другого. Этого достаточно для того, чтобы определить, в какой колбе вода и в какой — спирт.

Показатель преломления спирта больше показателя преломления воды. Следовательно, главный фокус колбы-линзы со спиртом меньше фокуса колбы с водой. Из формулы

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$$

следует, что расстояние изображения f_1 , которое дает первая колба, меньше расстояния f_2 второй колбы.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. С большими, если использовать только центральные лучи.

2. Сероуглерод ($n \approx 1,6$).

Уксусная кислота лучше спирта, потому что ее показатель преломления (1,3694) больше показателя преломления этилового спирта (1,3605). Потому с помощью того примитивного „оптического анализа“, который указан в решении задачи, легче отличить уксусную кислоту от воды, чем спирт.

Колбы так тщательно закупориваются только для того, чтобы запах спирта или уксусной кислоты не позволил бы учащимся решить задачу, не прибегая к оптическому методу.

45. (10-й кл.) Зная объем колбы, вычисляем ее радиус. По формуле

$$F = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)}$$

вычисляем F , поскольку n известно из курса физики.

Опытное определение F известно из курса физики.

Дополнения. 1. Известно из курса физики.

2. Вопрос, обратный поставленному в задаче.

46. (10-й кл.) Курсовой вопрос.

Дополнения (даются вместе с задачей).

1 и 2. Вследствие сферической аберрации краевые лучи дают менее четкое изображение.

Если считать, что в домашней обстановке большинства учащихся найдется линза (лупа, очки), то, очевидно, задачу можно дать для домашнего решения. Свеча, конечно, не является обязательной, ее может заменить керосиновая или электрическая лампочка. В этом случае следует внести в условие задачи соответствующие изменения.

47. (10-й кл.) Ответ дан в теме задачи.

Дополнение (дается вместе с задачей). Курсовой вопрос.

Если в кабинете физики имеется призма, вделанная в металлическую арматуру со стержнем, который можно использовать в качестве оси вращения, то такую призму следует предпочесть другим.

48. (7, 10-й кл.) Влить раствор медного купороса в баночку из желто-коричневого стекла.

Дополнения. 1. Черные — бесцветные. Практически — полное поглощение рассеянных лучей.

2. Зеленые лучи поглощаются стеклом баночки и раствором не полностью, что делается заметным только

при большой яркости источника света. Оба конца спектра отсекаются полностью.

Если задача решается на уроке, то дополнительные вопросы предлагаются после ее решения. Если же задача дается для домашнего решения, то дополнения даются вместе с задачей.

Вместо раствора медного купороса можно использовать с большим или меньшим успехом множество других окрашенных жидкостей. В частности, для домашнего решения можно указать на раствор в воде синих чернил, употребляемых для авторучек. Концентрация раствора подбирается на опыте; она должна удовлетворять условиям задачи. Для опыта удобнее бутылочки с плоскими приблизительно параллельными друг другу стенками.

49. (10-й кл.) Дисперсия обусловлена преломлением белых лучей в цилиндре, как и в телах иной формы, например, в призме.

Ответ на второй вопрос задачи содержится в ее теме.

Дополнения. 1. Получится сплошной спектр.

2. Наиболее яркой будет зеленая линия в случае купороса и красно-оранжевая в случае хромпика.

3. Практически спектр исчезнет.

Диаметр цилиндра (обычный химический цилиндр) не должен быть меньше 6 см.

Хромпик — двуххромовокислый калий или натрий.

Для урочных занятий можно применить искусственный источник света.

50. (7-й кл.) Свечой проводят по ладони руки. Конец швейной нитки притягивается к наэлектризованной свече.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1 и 2. Ответы могут быть самые разнообразные. Существенно, чтобы загрязнения поверхности диэлектрика или абсорбирующая влага не ввели учащихся в заблуждение.

51. (7-й кл.) Два куска различно окрашенного шелка электризуются при трении друг о друга, так как соприкасающиеся поверхности их различны вследствие различных красящих веществ. При некоторых красителях электризация происходит весьма эффективно. Даже один кусок шелка, пестро окрашенный, например, узбекский платок, сильно электризуется, когда одна часть его скользит по другой.

Пара наэлектризованных чулок представляла собой нейтральное тело, потому что при их электризации

положительный заряд одного чулка равнялся отрицательному заряду другого.

52. (7-й кл.) Свеча электризуется, как указано в решении задачи 50. Ее электризация доказывается на основании притяжения к ней маленьких обрывков газеты. То обстоятельство, что электричество удерживается на поверхности свечи, а не переходит через руку экспериментатора в землю, указывает, что свеча не является проводником.

53. (7-й кл.) Причина прилипания зерен бездымного пороха заключается в его электризации при трении о стенки совочка, мерки и т. п. Графит — проводник; следовательно, графитование давало возможность разряжать зерна пороха. Кроме того, на тех участках поверхности зерен пороха, которые были покрыты слоем графита, вообще не происходило соприкосновения между бездымным порохом и посторонними предметами.

54. (7-й кл.) Выньте обе свечи из подсвечников. Оторвите от катушки нитку длиной примерно в 0,5 м. Возьмите в левую руку одну свечу и расположите ее горизонтально. Наложите правой рукой середину нитки на свечу так, чтобы оба конца ее свешивались вниз. Правой рукой возьмите вторую свечу, проведите ею несколько раз по натирающей или о тыльную сторону ладони левой руки, как указано в решении задачи 50, и приложите ее наэлектризованной стороной к верхней части нитки на первой свече. Нитки разойдутся.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Первый прием указан в решении задачи. Второй — заключается в том, что обе свечи электризуются и подвешиваются в горизонтальном положении на нитках. Наблюдается взаимное отталкивание свечей.

2. Первый прием.

55. (10-й кл.) Сесть на скамейку, поджав ноги и охватив их руками. Потенциал тела увеличится вследствие уменьшения его активной внешней поверхности. Это обнаружит электроскоп.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Так как при переходе из стоячего положения в сидячее активная внешняя поверхность тела S уменьшается, а заряд тела Q остается постоянным, то поверхностная плотность электричества $\sigma = \frac{Q}{S}$ возрастет.

2. Зависит от того, какая демонстрация проводилась в классе.

3. Можно различными способами. Самый простой и эффективный следующий.

Стеклянная палочка плотно прикреплена к столу (или ее держит помощник). Тот, кто стоит на скамейке, держит в руке кусок кожи и обычным приемом натирает палочку. После нескольких натираний тело его получит вполне достаточный заряд.

В качестве ножек для скамейки удобно использовать четыре фарфоровых изолятора, употребляемых для наружной проводки. Можно обойтись вообще без скамейки, встав на какой-нибудь изолирующий материал или надев галоши (предварительно, конечно, надо выяснить, насколько хорошим изолятором они являются).

Без скамейки учащийся приседает на корточки, обхватив ноги руками.

56. (10, 7-й кл.) Стенки электроскопа (против его листочков) электризуются при помощи натирания их кожей.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Несмотря на разошедшиеся листочки, стержень электроскопа (электроскоп) не зарядился.

2. Коснуться шарика рукой.

3. При заряженном электроскопе листочки будут опущены.

Стеклянный колпак электроскопа тщательно очищается от грязи и жира в том случае, если он не электризуется или слабо электризуется. Его надо обмыть теплой мыльной водой, затем чистой водой и высушить в теплом токе воздуха, не вытирая. Можно промыть еще спиртом.

Как всегда, лучший результат электризации стекла при натирании его кожей получается с амальгамированной кожей.

57. (10-й кл.) Приближая руку к шарiku маятника со стороны, противоположной шаровому проводнику, вызовем уменьшение угла. Наоборот, приближая к шарiku наэлектризованную стеклянную палочку, вызываем увеличение угла отклонения маятника от вертикали.

58. (7, 10-й кл.) Стеклянная палочка, натертая мехом, электризуется отрицательно. Электризация эта слабая, поэтому обязательным условием для успеха опыта является требование, чтобы палочка ни разу не

электризовалась положительно. Отрицательную электризацию новой стеклянной палочки можно отчетливо обнаружить на электроскопе, заряженном положительным электричеством. Натерев кожей противоположный конец палочки (держа ее за середину), убеждаемся с помощью положительно заряженного электроскопа, что один ее конец несет положительный, а другой — отрицательный заряд.

На изолятор подставки кладут горизонтально металлическую палочку. К одному ее концу подносят положительно наэлектризованный конец стеклянной палочки и возбуждают на концах металлической палочки индукционные заряды. Обычным приемом с помощью положительно заряженного электроскопа определяют знаки зарядов на концах металлической палочки.

Дополнения. 1. Стеклянная палочка, кожа, электроскоп.

2. То же самое.

Металлическую трубку можно закрыть с двух концов пробками, обернутыми в алюминиевую фольгу.

Наэлектризованная стеклянная палочка (так же, как эбонитовая) через некоторое время разряжается, так что с помощью даже очень чувствительного электроскопа или электрометра на ней нельзя обнаружить свободного положительного заряда. Однако значительная доля положительного заряда сохранилась на поверхности палочки и только нейтрализовалась благодаря осевшим на ней отрицательным ионам воздуха. Образовавшийся в результате этого двойной электрический слой удерживается на поверхности палочки очень продолжительное время. Поэтому, когда такую, казалось бы, вполне нейтральную стеклянную палочку, пытаются наэлектризовать отрицательным электричеством с помощью меха, то она электризуется положительно. Вследствие механического трения с поверхности палочки удаляется слой отрицательных ионов и вновь появляется положительный слой электричества, образовавшийся ранее при трении палочки о кожу. Вот почему для полного успеха опыта следует пользоваться стеклянной палочкой, которая ни разу не была наэлектризована положительным электричеством.

59. (7-й кл.) Приближая эбонитовую палочку к шарiku электроскопа и затем вновь удаляя от него.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1 и 2. Нет. Электроскоп в обоих случаях заряжен положительно.

3. Электроскоп после опыта имеет положительный заряд, величина которого больше первоначального.

60. (10-й кл.) Любой процесс заряжения проводника начинается с возбуждения на нем индукционных зарядов. По соприкосновении наэлектризованного диэлектрика с проводником результаты могут быть различные, в зависимости от нескольких причин (см. решение дополнений к этой задаче и решение задач 62, 63 и 64) и, в частности, от поверхностной плотности электричества на диэлектрике. Когда она имеет небольшое значение (на свече), индукционный заряд проводника не может быть нейтрализован тем количеством электричества, которое находится на части поверхности диэлектрика, соприкасающейся с проводником. Заряд всей остальной части диэлектрика будет попрежнему притягивать проводник. Естественно, что при больших плотностях электричества на поверхности диэлектрика (стеклянная палочка) этого явления не произойдет. Чаще всего при сильной электризации проводник начнет отталкиваться от наэлектризованной палочки до возникновения между ними подлинного контакта. До контакта возникает искровой разряд.

Дополнения. 1. Нет. На алюминиевую фольгу переходит заряд со всей поверхности металлической палочки.

2. О бумажке с оторванным краем. По этому краю торчат волокна (видимые даже простым глазом), которые не допускают возникновения контакта между бумажкой и наэлектризованной палочкой.

61. (10-й кл.) Когда, положив стеклянную пластинку на стол, вы наэлектризуете ее верхнюю поверхность, то в результате действия поверхностного слоя электричества на массу стекла оно поляризуется, как и любой другой диэлектрик в подобных условиях.

В рассматриваемом случае молекулы стекла своими отрицательными полюсами преимущественно ориентируются вверх и в значительной мере связывают поверхностный положительный заряд пластинки. Однако эта связь прекращается, если вы в равной мере наэлектризуете и нижнюю поверхность стеклянной пластинки, поскольку при этом поляризация диэлектрика исчезнет.

Вполне понятно, что в первом случае зарядить электроскоп значительно труднее, чем во втором.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Электроскоп можно зарядить методом наведения индукционных зарядов.

2. Отрицательным.

62. (10-й кл.) Вообще говоря, две причины способствуют подъему бумажки во втором опыте: 1) увеличение суммарного заряда на свече и 2) отсутствие ее поляризации. Влияние первой причины очень мало. В этом нетрудно убедиться, сличая, например, результаты притяжения бумажки свечой, когда вся нижняя половина поверхности свечи наэлектризована, с притяжением, когда наэлектризована только узкая часть ее поверхности, которая подносится к краю бумажки. В первом случае наблюдается едва заметное усиление, при котором бумажка не удерживается на весу. Но достаточно наэлектризовать значительно более удаленную от бумажки верхнюю половину поверхности свечи, для того чтобы возрастание силы притяжения резко бросилось в глаза.

Вторая причина разъяснена в решении задачи 61.

63. (10-й кл.) Наэлектризованная пластинка сворачивается в трубочку. В результате этого две причины способствуют более легкому заряджению электроскопа: 1) исчезновение поляризации (см. решение предыдущих задач) и 2) возникновение отталкивающей силы между диаметрально противоположными поверхностями зарядами, когда пластинка свернута в цилиндр.

Дополнения. 1. На поверхности стола возбуждается наведенный положительный заряд.

2. Поверхность стола и нижняя поверхность пластины создают двойной электрический слой, который можно рассматривать как систему конденсатора, одна пластина которого (стол) заряжена положительно, а другая (нижняя поверхность пластины в результате поляризации) — отрицательно. При поднимании пластины расстояние между пластинами конденсатора увеличивается, емкость его уменьшается, а разность потенциалов пластин возрастает и достигает таких значений, при которых возникают многочисленные мелкие искровые разряды.

64. (10-й кл.) Слабо наэлектризованной палочкой касаются не шарового проводника, а тонкой медной

проволоки. Процесс заряжения проводника связан с возбуждением на нем индукционных зарядов (см. решение задачи 61), а самый момент заряжения наступает независимо от его механизма, когда напряженность электрического поля E достигает значения, при котором возникает интенсивная ионизация газа (воздуха).

При равных прочих условиях поверхностная плотность возбужденного индукционного заряда σ будет больше на проволоке (малый радиус кривизны), чем на шаровом проводнике (большой радиус кривизны). Согласно равенству $E = 4\pi\sigma$, получаем значение напряженности поля около поверхности проволоки больше, чем ее значение около поверхности шара.

Дополнение. Кроме приема, указанного в решении этой задачи, электроскоп можно зарядить с помощью слабо наэлектризованной палочки, используя известный метод наведения индукционных зарядов.

В этом случае электроскоп получит положительный заряд.

Кроме приема, указанного в „Условия задачи“, можно получить слабую электризацию эбонитовой палочки еще следующим приемом.

После обычной электризации палочка на очень короткое время подносится к пламени спиртовой лампочки. При этом палочку поворачивают вокруг ее оси. В результате заряд палочки уменьшается. Если он уменьшился недостаточно, палочку еще раз приближают к пламени.

65. (10-й кл.) Какая бы ни давалась формулировка определения потенциала, она так или иначе указывает на основное положение этого определения: потенциал точки характеризуется работой электрического поля при перемещении заряда из этой точки в точку нулевого потенциала.

Совершенно ясно, что если в опыте с маятником можно говорить о работе поля, затраченной на отклонение маятника, а в опыте с пробными шариками — о работе, затраченной на перемещение возбужденных в них электрических зарядов, то ни первый, ни второй опыт совершенно не удовлетворяют второму требованию определения понятия потенциала — точка нулевого потенциала не участвует в этих опытах. Следовательно, ни первый, ни второй опыт не могут дать определения

потенциала поля в той его области, где проводятся опыты.

Наоборот, напряженность поля характеризует его силовое действие, которое можно определить и через работу, но уже на совершенно произвольном отрезке поля l , ограниченном любыми потенциалами. В самом деле, при постоянном заряде Q получим из $E = \frac{F}{Q}$ пропорциональность силы F напряженности поля. Это равенство при определении E через работу A примет вид $E = \frac{A}{Ql}$, откуда вытекает сказанное выше.

Зная массу маятника и угол его отклонения от вертикали, мы можем непосредственно найти действующую на него силу F , которой и будет пропорциональна напряженность поля. (Подобные задачи даются почти в каждом сборнике задач.)

Напряженность поля около пробного шарика может быть определена значительно проще и удобнее вне всякой связи с работой. Она определяется на основании пропорциональности E около поверхности пробного шарика поверхностной плотности электричества $\sigma = \frac{Q}{S}$.

Так как у пробного шарика $S = \text{const}$, то E пропорционально возникающему на нем заряду Q . Таким образом, электроскоп, которому сообщается заряд Q , позволяет определить напряженность электрического поля, а не его потенциал.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Метод пробных шариков, так как он требует одного измерения, а метод маятника — двух (масса и угол). Кроме того, измерение массы маятника и угла его отклонения не может быть произведено с той степенью точности, которой можно достичь со специальным электрометром.

2. Не надо, но значительно проще.

3. Да.

4. С шариками малого радиуса.

5. С шариками большого радиуса.

66. (10-й кл.) На основании соображений, высказанных в решении задачи 65, следует, что установка, данная в задаче 66, удовлетворяет первому и второму требованиям определения понятия потенциала. Работа электрического поля затрачивается на перемещение

электричества из точки, в которой находится пробный шарик, в точку нулевого потенциала, в которой расположены листочки заземленного электроскопа. Эта работа и проявляется в работе, затрачиваемой на подъем листочков. Однако точности результата мешает отрицательный заряд, возникающий на пробном шарике, поскольку его действие на положительный заряд электроскопа противоположно действию поля. Для уничтожения этого заряда применяют „пламенный зонд“, ионы которого разряжают пробный шарик или конец провода, если опыт ведется без пробного шарика.

Дополнения. 1. Ионизированные газы пламени (см. задачи 105—108) начнут разряжать шаровой проводник, если свеча располагается вблизи него.

2. Причина указана в п. 1.

3. Чем больше емкость проволоки, тем меньший заряд получит электроскоп.

4. Чтобы электроскоп практически оказался за пределами электрического поля.

5. Да, необходимо.

Шаровой проводник и электроскоп устанавливаются на подставках для того, чтобы проволока, прикрепленная к пробному шарiku, не касалась поверхности стола.

67. (10-й кл.) Если массу одного шара обозначить через m , объем — V_1 , радиус — r_1 , плотность — ρ_1 , то вес его будет:

$$P_1 = m_1 g = \rho_1 V_1 g = \frac{4}{3} \pi r_1^3 \rho_1 g.$$

Вес второго шара:

$$P_2 = \frac{4}{3} \pi r_2^3 \rho_2 g.$$

Отношение равно:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{r_1^3 \rho_1}{r_2^3 \rho_2}. \quad (1)$$

Силы электрического отталкивания этих же шаров от Земли, при данном ее заряде Q и расстоянии от центра Земли до шаров R , равны

$$F_1 = \frac{QQ_1}{R^2} \quad \text{и} \quad F_2 = \frac{QQ_2}{R^2}.$$

Отношение равно:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{Q_1}{Q_2}, \quad (2)$$

где Q_1 и Q_2 — заряды шаров.

Так как потенциалы шаров, находящихся на земной поверхности,

$$U_1 = \frac{Q_1}{r_1} \quad \text{и} \quad U_2 = \frac{Q_2}{r_2}$$

равны между собой, то получим:

$$\frac{Q_1}{r_1} = \frac{Q_2}{r_2}.$$

Откуда

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Подставляя в (2), получим:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1}{r_2}. \quad (3)$$

Равенства (1) и (3) показывают, во-первых, что сила тяготения изменяется пропорционально радиусу шара в третьей степени, а сила электрического отталкивания меняется пропорционально радиусу только в первой степени. Кроме того, тяготение зависит от плотности вещества шаров, а электрическое отталкивание не зависит. Таким образом, железный и алюминиевый шары одинакового радиуса отталкиваются от поверхности Земли с одинаковой силой, а притягиваются к Земле — с различной.

68. (7-й кл.) Электрическая цепь замкнута трамвайным вагоном, следовательно, электрический ток проходит только по той части трамвайной линии, которая ограничена с одной стороны подстанцией, а с другой — движущимся вагоном. Таким образом, скорость распространения электрического тока вдоль линии равна скорости движения трамвайного вагона.

69. (7, 10-й кл.) Присоединяют провода от лампочки сначала к клеммам 1—4, а затем к 2—3 (рис. 16). Если в первом случае лампочка накаливается, то правая пробка не перегорела, если не накаливается, то, значит,

она перегорела. Аналогичные рассуждения применимы и для второго присоединения. Они относятся к левой пробке.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Можно (см. решение задачи).

2. Если лампочка, присоединенная к клеммам 3—4, светит, то разрыв цепи произошел в квартире. Если не светит, то либо перегорели пробки, либо отсутствует ток во внешней цепи. Однако если лампочка включена в клеммы 1—2 и накаливается, то это свидетельствует о перегорании пробок. Если же она не накаливается, то, очевидно, электрический ток отсутствует во внешней цепи.

70. (10, 7-й кл.) Лампочка не светит потому, что э. д. с. в цепи равна нулю ($\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 0$, так как $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$). Для того чтобы лампочка накалилась, необходимо так включить ее, чтобы в цепи действовала э. д. с.

Дополнения (1 и 2 даются вместе с задачей, 3 и 4 — после ее решения). 1. Двумя: а) сохранить соединение элементов и включить лампочку параллельно в цепь, т. е. один провод от лампы присоединить к положительным полюсам, другой — к отрицательным, и б) переключить элементы на последовательное соединение.

2. Курсовой вопрос.

3. Потому что в ней нет э. д. с.

4. Во-первых, замкнутая цепь проводников и, во-вторых, наличие в ней э. д. с.

71. (10, 7-й кл.) Одна сигнальная лампочка присоединяется к клеммам 1—3, другая к клеммам 2—4 (рис. 16). При перегорании пробок сигнальные лампочки включаются в цепь, замкнутую квартирными электрическими лампочками или приборами. При перегорании левой пробки включится левая сигнальная лампочка, при перегорании правой — правая. При коротком замыкании обе сигнальные лампочки (или одна лампочка) дают максимальный накал, не зависящий от включения или выключения квартирных лампочек или приборов.

72. (7-й кл.) Кнопка включается параллельно звонку.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Элемент сильнее истощается при нажатой кнопке, т. е. когда звонок не звонит.

2. Проходит, но недостаточный для того, чтобы вызвать работу звонка.

Включить сопротивления необходимо для того, чтобы при нажатой кнопке элемент не был бы замкнут накоротко.

Сопротивление имеет порядок 3—5 *ом*. Оно должно быть так подобрано, чтобы при нем нажатая кнопка прекращала колебания звонкового молоточка. Разумеется, чем больше будет при этом сопротивление, тем меньше будет расходоваться энергия элемента. Проще и удобнее всего свернуть изолированную проволоку высокого сопротивления в плоскую спираль, расположить ее на нижней стороне перевернутой дощечки с кнопкой и приклеить ее к дощечке.

Это дополнительное сопротивление скрыто от учащихся с единственной целью не отвлекать их внимания от основной темы и не вносить путаницы в их мысли такой деталью установки, которая совершенно не нужна для осуществления опыта. Кроме того, преподавателю будет небезинтересно выяснить, найдется ли хоть один учащийся, которому покажется такое соединение кнопки недопустимым, безграмотным, именно вследствие возникающего при нажатии ее короткого замыкания.

Разумеется, после решения задачи следует обязательно обратить внимание учащихся на дополнительное сопротивление и на причину его включения.

73. (7, 10-й кл.) Один из проводов заземляется на электрической станции. Таким образом, растение, касаясь второго провода, замыкает через себя и землю электрическую цепь. Когда усик или стебелек касаются второго провода, в них возникает электролитическое разложение соков, сопровождающееся выделением газов (главным образом, O_2 и H_2). Так как газы выделяются интенсивнее в том участке поверхности стебелька, который касается провода, то поверхность его вздувается — увеличивается и стебелек заворачивается в сторону не удлинённой части. Вследствие этого он отклоняется от провода.

74. (7, 10-й кл.) Сопротивление земляного проводника, как и любого иного, зависит не только от его длины, но и от площади его поперечного сечения.

Земляной проводник в ящике имел сечение порядка $S_1 = 10^3 \text{ см}^2$. Сечение Земли во втором опыте имеет порядок $S_2 \approx 10^{18} \text{ см}^2$.

Если считать, что расстояние между заземлениями в первом опыте $l_1 = 10$ см, во втором положим даже $l_2 = 1000$ км $= 10^8$ см и удельное сопротивление земли ρ , то будем иметь:

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{S_1} = 10^{-2} \rho \text{ и } R_2 = 10^{-10} \rho.$$

Практически сопротивление не зависит от расстояния между заземлениями и определяется главным образом сопротивлением контакта между поверхностями металлических пластинок и землей (см. решение задачи 79).

Дополнения. 1. Чем больше поверхность заземленных электродов, тем меньше контактное сопротивление, а следовательно, и общее сопротивление телеграфной цепи.

2. Практически не изменяется.

Как легко видеть из условия задачи, длина изолированного провода определяется тем максимальным расстоянием, на котором можно (в условиях школьного двора или сада) закопать электроды.

75. (7, 10-й кл.) Линии тока расходятся по всему объему воды, как и по всему объему любого массивного проводника. Они распределяются так же, как распределяются силовые линии электрического поля между опущенными в воду проводами электрической сети.

Дополнения 1, 2 и 3. Вопросы из курса физики.

Вместо головного телефона можно использовать репродуктор, а вместо кюветы — глубокую обеденную тарелку. Таким образом, каждый учащийся, у которого дома имеется головной телефон или репродуктор, получает возможность решать задачу 75 в домашней обстановке.

Проволоки, подводящие ток к кювете, проще всего укрепить к ее краям, согнув их в виде пружинящих головных шпилек и насадив их на край.

76. (7, 10-й кл.) Опустить половину проволоки в воду.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Увеличивается сила тока.

2. Сопротивление половины проволоки, опущенной в воду, уменьшается. Сопротивление же половины, не

опущенной в воду, увеличивается благодаря более высокой температуре проволоки, но не на ту же величину, на которую уменьшилось сопротивление первой половины.

77. (7, 10-й кл.) Одна половина проволоки нагревается двумя спиртовыми лампочками.

Дополнение. В последнем случае.

78. (10-й кл.) Приблизительно в 7—8 раз. Потому что удельное сопротивление вольфрама при температуре порядка 1300°C в 7—8 раз больше его удельного сопротивления при нормальной температуре.

Дополнения. 1. Можно найти приблизительное значение температурного коэффициента сопротивления вольфрама из формулы

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t),$$

где $\rho = 7,5\rho_0$ и $t = 1300^{\circ}\text{C}$.

Среднее значение $\alpha = 0,005 \text{ град}^{-1}$.

2. Не имеет смысла, так как температура накала нити зависит от фактического напряжения сети, от мощности лампочки и даже у одинаковых лампочек колеблется больше чем на 20°C . Поэтому значение температуры нити в 1300°C дано весьма приблизительно.

3. В том, что измеряется сила тока, проходящего через холодную нить лампочки.

4. В неточном значении температуры нити.

79. (10-й кл.) Ответ дан в теме задачи.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Чем меньше давление между контактирующими поверхностями, тем больше сопротивление контакта.

2. Места соприкосновения звеньев, т. е. места контактов.

3. На хорошую проводимость контактов. Поверхности контактов должны быть чистыми и плотно прижатыми одна к другой. Там, где это возможно, следует применить спаивание контактирующих поверхностей, например, при скрутке двух проводников.

4. Чаще всего потому, что или ослабляется контакт между штырьками вилки и гнездами штепсельной розетки или ослабляется контакт между штырьком и проводом вследствие того, что штырек слегка вывинчен. В последнем случае необходимо завинтить штырек

до отказа, а в первом случае несколько расширить раздвоенный конец штырька.

80. (7, 10-й кл.) Опустить два электрода, идущие от лампочки и прижатые один к другому, в раствор NaCl , а затем медленно раздвигать их.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Сблизив электроды, соединенные с лампочкой, или расположив их в плоскости, перпендикулярной линиям тока.

2. Сила тока увеличивается.

3. Первые два указаны в первом пункте. Третий прием — постепенно вынимать электроды из раствора.

81. (7, 10-й кл.) Требуется соль (NaCl) и ложка для размешивания раствора. Установка выключается из сети и концентрация раствора увеличивается до тех пор, пока лампочка от карманного фонаря не перестанет светить. Пробу приходится делать несколько раз.

Дополнения 1. Увеличивается разность потенциалов на электродах, соединенных с лампочкой. Предел этому кладет убывающая сила тока.

2. Первый способ дается в решении задачи. Второй — заключается в применении обратного процесса: ослабления концентрации раствора (прибавлением чистой воды в ванночку). В последнем случае нить лампочки перестает накаливаться вследствие ослабления силы тока.

82. (7—10-й кл.) Присоединить отрезок проволоки с помощью кусочков алюминиевой фольги к двум проволокам высокого сопротивления: вблизи лампочки, между ней и сетью (накал лампочки ослабеет или прекратится) и за лампочкой (накал увеличится).

Дополнения. 1. Первый способ указан в решении задачи. Второй — включить отрезок проволоки параллельно лампочке.

2. Тонкие проволоки высокого сопротивления, наложенные непосредственно одна на другую, имеют очень большое контактное сопротивление. Вследствие этого, во-первых, из-за сильного нагревания контакта их не удержать в руке, и, во-вторых, изменения в свечении лампочки будут незначительны.

83. (7, 10-й кл.) Проходит, но не ощущается птицами, в виду его крайне незначительной величины.

84. (7-й кл.) Включив в цепь электромагнит (минуя прерыватель), коснувшись его проводов в наиболее удобном месте.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Основное — в схеме должен отсутствовать прерыватель.

2. Прерыватель.

85. (7-й кл.) Решений может быть несколько, и они просты.

Дополнения. 1. При открытом окне или двери контактные пластинки раздвинуты. При закрытом — гвоздь нажимает на одну пластинку, соединяя ее со второй (см. рис. 29).

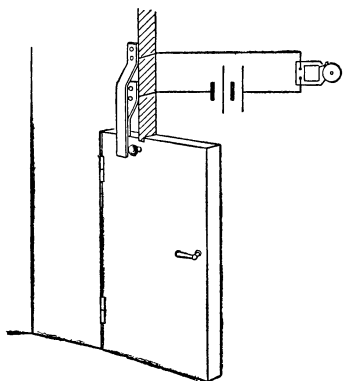


Рис. 29.

2. Можно. Необходима тщательная изоляция проводов и особенно контактных пластин и гвоздя. Дерево уже не может служить изолятором.

3. Контактное устройство переносится с верха двери или окна на их боковые поверхности.

86. (7-й кл.) Решение показано на рис. 30.

Дополнение. Недостаток заключается в том, что от температуры и более низкой, чем 60°C , например, от тепла печки, парафин размягчается. Благодаря давлению пластинок, парафин деформируется, и в конце концов контактные пластинки соприкасаются одна с другой.

87. (7-й кл.) Решение показано на рис. 31.

Дополнения. 1. Будет.

2. Гудение происходит вследствие периодического перемагничивания железного сердечника трансформатора. Процесс перемагничивания сопровождается изменением ориентации „молекулярных магнетиков“, что вызывает колебание листов железа, из которых сделан сердечник.

88. (7, 10-й кл.) Решение понятно из описания установки.

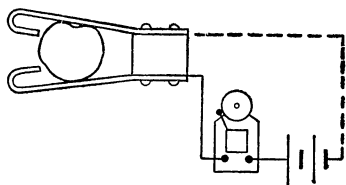


Рис. 30.

Дополнения. 1. Нет большой разности температур между внутренней и внешней поверхностями стенки банки, так как источник нагревания находится внутри жидкости.

2. Ввиду большой разности температур внешней и внутренней поверхности дна банки.

3. Ввиду того, что сопротивление контакта электрод — вода больше сопротивления соответствующей толщины остальных слоев воды. Сопротивление контакта еще больше увеличивается при появлении на поверхности электродов первых микроскопических пузырьков пара, поскольку пар — диэлектрик.

Верхняя часть банки значительно горячее нижней, благодаря тому, что плотность воды более высокой температуры меньше плотности воды более низкой температуры, в результате чего происходит очень четкое разделение горячей воды и холодной. Это разделение воды прекращается, когда наступает бурное кипение, перемешивающее всю воду в банке.

4. На этом способе построены электрические водогреи, которые представляют собою насадку на водопроводный кран, имеющую размеры, примерно, катушки швейных ниток. Во время Отечественной войны широко пользовались этим способом. Для кипячения воды переменным током в чайниках в воду опускался специальный нагреватель, сделанный в виде двухслойного железного цилиндра с фарфоровой изоляцией.

Недостатки этого способа заключаются, во-первых, в том, что кипятить можно только воду, и, во-вторых, в том, что вода приобретает железистый вкус. При постоянном токе вода делается совершенно непригодной для питья.

89. (7, 10-й кл.) Теплопроводность воздуха мала. Конвекция же затруднена вследствие наличия полки

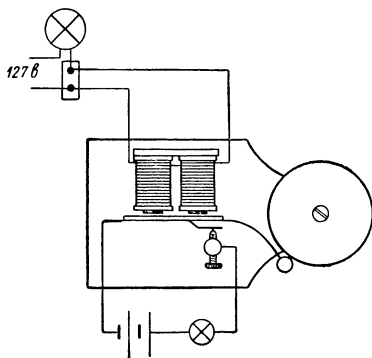


Рис. 31.

Дополнения (даются вместе с задачей) 1, 2 и 3.
Курсовые вопросы.

Проволоку можно подвести под стол вместо полки или, наоборот, поднести к ней сверху лист фанеры, доску, кусок картона и т. п.

При таких заменах в условие задачи вносятся соответствующие поправки.

90. (10-й кл.) Вследствие все более увеличивающегося количества пузырьков пара, покрывающих поверхность электродов, последняя через некоторое время практически полностью изолируется от жидкости. В результате этого цепь размыкается, кипение прекращается и электроды вновь контактируют с раствором. Снова начинается кипение и т. д.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Ответ дан в решении задачи 88.

2. Нагревание раствора уменьшает его сопротивление.

3. Нет.

4. Можно.

5. Чем меньше размер одной пластинки, тем чаще происходят перерывы тока в цепи. Причина этого понятна из решения задачи. При этом существенно не уменьшать, насколько возможно, силы тока. Поэтому надо уменьшить размер одной пластины и несколько увеличить концентрацию раствора соли.

6. Вследствие большого сопротивления поверхности тонкой проволоки возникает значительное повышение температуры, которое может оказаться достаточным для периодического накала проволоки. Периодичность накала незаметна, так как частота прерываний тока очень велика. В системе, состоящей из одного очень большого электрода и другого очень малого, возникает частичная униполярная проводимость. В результате происходит электролиз, и водород, выделяющийся на малом электроде, смешанный с мельчайшими капельками раствора NaCl , вспыхивает желтым пламенем. Кислород и водород возникают также в результате температурного разложения водяного пара.

7. Имеется в виду прерыватель Венельта или Симона.

8. Вследствие инерции подвижной системы амперметра, не дающей возможности получать колебания стрелки той частоты, которую имеют перерывы тока.

9. Можно. Явления возникают даже более эффективно.

В школьном физическом кабинете может не оказаться необходимого для опыта амперметра переменного тока (4—6а). Если амперметр рассчитан на более слабый ток, его необходимо зашунтировать или вместо него употребить лампочку накаливания (500—600 *вт.*) Лампочка даст еще более эффектный результат, но в школьном кабинете редко бывают лампочки, рассчитанные на такую мощность.

91. (7, 10-й кл.) Возникновение на поверхности раскаленной проволоки окаины, не проводящей электрического тока. Вследствие этого активный диаметр проволоки уменьшается и ее сопротивление растет. Поддерживая постоянную силу тока в проволоке, у которой непрерывно уменьшается ее диаметр, мы доводим проволоку до все более высокой температуры. В результате проволока перегорает.

92. (7, 10-й кл.) К отверстию в баллоне прижимаются ухом. Отчетливо слышен гудящий звук переменного тока, возникающий вследствие периодического нагревания нити.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Пламя свечи отклоняется от отверстия вследствие теплового расширения воздуха в баллоне.

2. Пламя втягивается в отверстие баллона.

Следует в этой установке учесть, что нить лампочки, в баллоне которой имеется отверстие, не должна накаляться. Для этой задачи, в случае слабого накала нити, можно и не включать дополнительного сопротивления, а поступить следующим образом: когда учащийся приложит лампочку отверстием к своему уху, то замкнуть цепь приблизительно на полминуты. При таком кратковременном замыкании цепи нить лампочки не успевает накалиться. Такие кратковременные замыкания можно проделать несколько раз, для того чтобы звук был совершенно отчетливо воспринят учащимся.

93. (10-й кл.) Вопрос из курса физики.

Дополнения. 1. При измерении выделившегося водорода.

2. Поглощение кислорода водой (абсорбция) в начале электролиза и меньший объем выделяющегося кислорода.

3. Чем больше промежуток времени, тем точнее результат.

4. Можно, если количество вещества, выделяющегося на катоде, измеряется взвешиванием. Следовательно, с газами добиться высокой точности невозможно.

5. Такой способ очень длителен.

Если трубочки электролизера не имеют делений, то необходимо нанести их на стекло с помощью специального карандаша или краски. Измерив внутренний диаметр трубки, определяют, какой отрезок по ее длине занимает 1 см³ газа. В зависимости от диаметра трубки деления можно наносить и для долей кубического сантиметра газа.

В условии задачи указано, разумеется, только в виде примера, что деление соответствует 0,5 см³.

94. (10, 7-й кл.) В том и в другом растворе на медном или угольном катоде обильно выделяются пузырьки водорода. В растворе серной кислоты медный анод покрывается черноватым слоем окиси меди; кислород выделяется слабо и не окрашивает раствора около анода (анолита). Угольный анод в течение некоторого времени поглощает кислород, и последний не выделяется в виде пузырьков.

В растворе соляной кислоты медный анод покрывается буро-зеленоватым слоем хлористой меди; хлор выделяется слабо, но заметно окрашивает анолит. Угольный анод интенсивно окрашивает растворенным хлором анолит. Кроме того, выделение хлора ощущается на близком расстоянии от анода (у угольного раньше и сильнее, чем у медного).

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Угольные. Объяснение дано в решении задачи.

2. Угольные.

3. Не имеет.

95. (10, 7-й кл.) Сила тока ослабевает. Это происходит вследствие значительного увеличения сопротивления слоя земли, прилегающего к электродам, особенно к катоду. Газы, выделяющиеся на электродах в результате электролиза, налипают в виде пузырьков на поверхность земли, соприкасающуюся с электродами.

Дополнения. 1. Если проделать все быстро, то можно отчетливо заметить блестящие пузырьки газа, покрывающие поверхность пласта земли.

2. Восстановится.

3. При малой.

4. Можно в том случае, когда скорость выделения газа не превышает скорости его поглощения землей. Это и имеет место во всех практических установках, использующих заземления.

5. Правила вытекают из предыдущих пунктов.

Первое дополнение существенно подсказывает решение задачи.

Чем больше сила тока, проходящего через землю, тем быстрее наступит его ослабление.

При налаживании установки преподавателю следует, сообразуясь с реальными возможностями кабинета, учитывать, главным образом, следующее: чем слабее ток, проходящий через землю (меньше э. д. с. источника тока), тем более чувствительным должен быть амперметр (миллиамперметр) и тем меньших размеров должны быть электроды, расположенные на близком расстоянии один от другого. В связи с этим возможно, что придется внести некоторые изменения в условие задачи.

96. (10-й кл.) Часть энергии электрического тока затрачивается на выделение газов на электродах. Эта энергия определяется тем наименьшим напряжением (напряжение разложения), при котором в данных условиях опыта начинается электролиз. В установке задачи 96 напряжение разложения равно 1,67 в. Следовательно, сила тока в первом опыте, расходующаяся на нагревание, равна:

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1 - 1,67}{r},$$

а во втором опыте

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2 - 1,67}{r}.$$

Тогда отношение энергии токов получим:

$$\frac{(\varepsilon_2 - 1,67)^2}{(\varepsilon_1 - 1,67)^2} = \frac{(2,33)^2}{(0,33)^2} \approx 50.$$

Нельзя, конечно, ожидать, что в школьных условиях получатся численные данные, согласные с указанными в задаче, но при любых условиях результат опыта покажет, что энергия тока увеличилась значительно больше, чем это следует из вычислений, проведенных без учета напряжения разложения.

Вряд ли правильно не давать учащимся 10-го кл. никакого представления о напряжении разложения, если мы хотим всесторонне подготовить их к практической деятельности. В заводской практике без учета напряжения разложения не работает ни одна установка, связанная с электролизом.

97. (10-й кл.) Третий электрод опускается в стакан между первыми двумя и параллельно им. На его поверхности, обращенной к катоду, выделяется кислород, а на обращенной к аноду — водород (см. решение задачи 98).

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Количество водорода и кислорода, выделяющееся до введения в раствор третьего электрода, равно количеству тех же газов, выделяющихся на трех электродах (см. решение задачи 98).

2. Неправильно. Очень распространенная неточность.

3. Неправильно. Распространенная формулировка.

4. Будет справедливым.

5. Так как электрический ток „входит“ в третий электрод „из электролита“, то, согласно Фарадею, он является катодом. Так как электрический ток „выходит“ из третьего электрода „в электролит“, то, согласно Фарадею, он является анодом.

Сосуд с раствором соды может быть любого размера, но чем он меньше, тем меньше будет поверхность электродов и, следовательно, при той же силе тока получим большую густоту выделения пузырьков газа. Это дает большую наглядность опыту. Вместо стакана можно взять рюмку. В этом случае совершенно достаточно одной карманной батарейки. Электроды при этом имеют около 5 см в длину, а в ширину около 3 см в нижней части и около 3,5 см в верхней. Разумеется, вместо карманной батарейки можно использовать любую батарею (4—6 в).

Раствор соды вместо раствора серной кислоты применяется только из соображений большого удобства, так как в последнем случае пришлось бы применить угольные или платиновые электроды.

98. (10-й кл.) Опустить жестяную пластинку в электролит между первыми двумя и параллельно им. Благодаря этому образуются два электролизера, соединенных последовательно. Напряжение разложения (см. ре-

шение задачи 96) увеличивается при этом в два раза. Если э. д. с. батареи обозначить через ϵ , а напряжение разложения через U , то в первом опыте напряжение на электродах электролизера равно $\epsilon - U$, а во втором $\epsilon - 2U$.

Дополнения. 1 Увеличивается, конечно, не сопротивление электролита. Ответ дается в решении задачи.

2. Электролиз прекратится, так как при трех последовательно включенных электролизерах $3U > \epsilon$. Практически ток прекратится. (Остаточный ток имеет ничтожную величину.)

3 и 4. Два и три последовательно включенных электролизера.

99. (10-й кл.) Алюминиевый анод покрывается слоем непроводящей тока окиси, и в результате этого почти полностью размыкает цепь. Та же алюминиевая пластинка, находящаяся в электролите и выполняющая роль катода, не создает замыкания цепи. Таким образом, она приобретает униполярную проводимость, которую используют для устройства электролитических выпрямителей переменного тока.

Дополнения. 1. Так как алюминиевая пластинка выполняет одновременно функции анода и катода (см. решение задачи 97), то, перевернув ее, мы используем ее анодную поверхность в качестве катода, а катодную — в качестве анода. Ток проходит до тех пор, пока новая анодная поверхность пластинки не покроется окислами.

2. Потому что алюминиевая пластинка покрыта окислами с обеих сторон и ток не может практически проходить через электролит ни в одном, ни в противоположном направлении.

3. Электролитический выпрямитель переменного тока.

Переменный ток должен иметь то же напряжение, что и постоянный, для того чтобы у учащихся не возникало мысли о том, что причиной различных результатов опыта с постоянным и переменным током является различное их напряжение. Указание: „Переменный ток напряжением в 10 в“ дается лишь как примерное.

100. (10-й кл.) „Максимальный ток разрядки“ не определяет наибольшей силы тока, которую может дать аккумулятор при коротком замыкании. Он определяет то предельное значение тока, которое допустимо для

нормальной работы аккумулятора, т. е. для такой работы, при которой не возникает разрушения его пластин и, главное, нежелательных электрохимических изменений в пластинах. Это особенно относится к свинцовым аккумуляторам. При длительных перегрузках в свинцовых аккумуляторах возникает сульфатация пластин, в результате чего аккумулятор выходит из строя.

101. (10-й кл.) Угольный анод насыщается хлором, который является прекрасным деполяризатором. Угольный катод окружается раствором натровой щелочи. В итоге электроды оказались физически разнородными.

Химическая реакция возникает в результате взаимодействия щелочи и хлора. Она приводит к восстановлению молекул хлористого натрия.

Дополнения (1 и 2 даются вместе с задачей, остальные после решения задачи). 1. Хлором.

2. Раствором щелочи.

3. Очень хороший элемент.

4. Хлор.

5. Недолговечность, так как количество деполяризатора при данной конструкции очень невелико.

Если задача предлагается на уроке, то в начале его угольный аккумулятор включается в цепь элементов или аккумуляторов. Его зарядка проверяется не через „четверть часа“, как указано в задаче, а в конце урока. Это значительно меньше нарушает изложение материала урока. Вместо специальных углей, указанных в задаче, можно применить любые — от этого только значительно понизится емкость угольного аккумулятора, т. е. амперчасы.

102. (7-й кл.) Одна клемма гальванометра присоединяется к цинку, опущенному в раствор серной кислоты. Вторая клемма присоединяется к отрезку изолированного провода, второй конец которого очищается от изоляции и опускается в раствор.

Дополнения. 1. Элемент Вольта.

2. Можно. Вообще нет такой системы, состоящей из электролита и двух опущенных в него различных проводников, в которой не возбуждалась бы э. д. с. Вопрос иной — какое будет ее численное значение и насколько она будет постоянной.

Вместо раствора серной кислоты можно взять, вообще говоря, раствор любой кислоты или соли. Однако при

этом система будет совершенно не знакома учащимся и может запутать их.

103. (10-й кл.) В банку наливается раствор соли, в пористый сосуд — уксус (можно налить наоборот). Вставляются в оба сосуда угольные палочки, соединенные с гальванометром.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Да.

2. Электроды химически не изменяются. Жидкости изменяются (см. решение задач 101 и 102).

3. Отсутствие деполяризатора.

Пористый сосуд можно заменить, например, цилиндрической картонной коробкой (из-под кофе, какао и т. п.) и даже маленьким картузом. Разумеется, такой пористый сосуд сравнительно быстро выходит из строя. Вместо уксуса можно применять раствор любой кислоты.

104. (10-й кл.) В банку и в пористый сосуд наливается вода. Затем в банку насыпается некоторое небольшое количество соли и размешивается. После этого значительно больше соли насыпается в пористый сосуд и также размешивается, пока вся соль не растворится. Таким образом, концентрация соли в растворе, налитом в пористый сосуд, больше, чем ее концентрация в растворе, налитом в банку. (Можно использовать и обратную концентрацию растворов.) В пористый сосуд и в банку вставляются угли, присоединенные к гальванометру.

Так как концентрация ионов Na и Cl' в пористом сосуде больше концентрации в банке, то из пористого сосуда в банку диффундирует больше ионов, чем в обратном направлении за один и тот же промежуток времени. Однако подвижность ионов Cl' приблизительно в полтора раза больше подвижности ионов Na . Следовательно, раствор меньшей концентрации (банка) получит избыток ионов Cl' , несущих отрицательные заряды, а в растворе большей концентрации (пористый сосуд) возникнет избыток ионов Na , несущих положительные заряды. В результате этого возникнет разность потенциалов между растворами и погруженными в них углями.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Нет.

2. Электроды не изменяются. Концентрация раствора в банке увеличивается, а в пористом сосуде уменьшается.

3. Большое внутреннее сопротивление элемента, малая э. д. с. и непрерывная диффузия, существующая и в том случае, когда элемент не работает.

4. Тот, который опущен в раствор большой концентрации.

5. Когда концентрации обоих растворов делаются одинаковыми.

Задачи 103 и 104 полезны в том отношении, что они позволяют учащимся осознать, насколько работа каждого обыкновенного элемента зависит не только от химической реакции между электродом и раствором, но и от химической реакции между растворами в элементах с двумя жидкостями и от диффузии ионов в любом элементе, так как во время работы элемента с одной жидкостью концентрация анолита и католита меняется различно.

105. (10-й кл.) На полюс электрофорной машины наматывается незаостренным концом проволока, направленная острым концом на электроскоп.

Дополнения. 1. Можно.

2. Интенсивнее тогда, когда полюс электрофорной машины, противоположный тому, к которому присоединено острие, заземляется.

Положим, что электроскоп имеет потенциал, равный нулю, и что полюсы электрофорной машины имеют потенциалы U_+ и U_- , причем острие соединено с U_+ . Разность потенциалов между электроскопом и острием при незаземленном отрицательном полюсе равна $U_+ - 0 = U_+$. Так как разность потенциалов полюсов машины не меняется при заземлении, то, поскольку отрицательный полюс будет заземлен, потенциал положительного станет равен $2U_+$. Разность потенциалов между электроскопом и острием увеличится вдвое. В результате возрастет напряженность поля между острием и электроскопом и, главное, увеличится напряженность поля в окрестностях острия. Последнее приводит к более эффективной ударной ионизации воздуха, а первое — к несколько большим скоростям ионов между острием и электроскопом.

3. Нельзя, так как поток ионов будет отклоняться от электроскопа.

106. (10-й кл.) К стержню электроскопа приматывается проволока так, чтобы один конец ее был на-

правлен вверх (или горизонтально). Наэлектризованную стеклянную палочку подносят к концу проволоки на расстояние примерно в 1 см. Благодаря ионизации воздуха, вызванной острием, отрицательные ионы частично разряжают стеклянную палочку, а положительные ионы нейтрализуют отрицательный индукционный заряд электроскопа, наведенный в нем наэлектризованной стеклянной палочкой. В результате, после того как стеклянная палочка будет отложена в сторону, электроскоп окажется заряженным положительно.

Дополнения. 1. Не перейдет.

2. Чем меньше радиус кривизны острия, тем интенсивнее протекает ударная ионизация воздуха и, следовательно, тем быстрее и полнее нейтрализуется отрицательный заряд электроскопа, который возник вследствие влияния положительно наэлектризованной палочки.

3. Можно.

Если электроскоп мало чувствителен и палочка слабо электризуется, приходится дать в установке проволочку большего диаметра, но с заточенным на острие одним концом.

107. (10-й кл.) Поток положительного электричества, стекающий с положительного острия, должен был бы представлять собою поток положительных ионов того материала, из которого сделано острие. Металл представляет собой систему положительных ионов, т. е. атомов, связанных в кристаллические решетки металла, и электронов, движущихся в решетке между атомами. Таким образом, единственный вид положительного электричества в острие представляет собой совокупность атомов металла, несущих положительные заряды. Следовательно, предположение о „стекании положительного электричества с острия“ требует допущения, что электрическое поле вырывает, например, из острия стальной иглой атомы железа и переносит их в воздухе с большой скоростью на расстояния, превышающие метр от острия (задача 105). Подобное допущение не оправдывается ни теорией, ни опытом.

108. (10-й кл.) Две спиртовые лампочки, каждая из которых подставляется под разрезы в проводах. Спиртовые лампочки мы зажигаем и перерезанные концы провода охватываются пламенем. Ионная проводимость пламени оказывается вполне достаточной для того,

чтобы переменный ток, возникший в замкнутой цепи, мог быть обнаружен с помощью головного телефона.

Дополнения. 1. Можно. Удобнее пользоваться при этом постоянным током, например, от кенотрона или анодных батарей. При постоянном токе можно непосредственно включать гальванометр высокой чувствительности ($1^\circ \approx 10^{-9}a$), тогда как при переменном токе необходимо включать еще прибор, преобразующий переменный ток в постоянный, например, вакуумный термосток или электронную лампу.

2. С помощью введения в пламя спиртовки дополнительных ионов, например, внося в пламя проволочку, обсыпанную солью ($NaCl$). Убедиться в усилении тока при этом способе можно также с помощью телефонов — слышимость значительно возрастет.

3. Потому что телефон значительно проще и удобнее гальванометра, а при постоянном токе телефон нельзя было бы применить в качестве индикатора.

Если кабинет школы не располагает высокоомным головным телефоном или репродуктором, то следует увеличить проводимость пламени обеих спиртовых лампочек, насыпав на их фитили несколько кристалликов соли ($NaCl$).

109. (10-й кл.) Свеча ставится между пластинами конденсатора. С помощью „точечного“ источника света получают на экране теневое изображение двух расходящихся потоков положительных и отрицательных ионов при вращении электрической машины.

Дополнение (дается вместе с задачей). С помощью пламени можно разрядить как положительно, так и отрицательно заряженный проводник.

Электрическая лампочка (100 *вт*) вставляется в жестяную банку из-под консервов, в боковой стенке которой вырезано круглое отверстие ($D = 0,5 - 1$ см). Отверстие вырезается так, чтобы нить накала располагалась против него. Этот примитивный „точечный“ источник света дает вполне удовлетворительный результат, если работа проводится в темной комнате и отверстие банки закрыто жестяной пластинкой, в которой вырезано круглое отверстие для цоколя лампы.

Для успеха опыта необходимо полное отсутствие посторонних конвекционных токов воздуха в окрестностях свечи.

110. (10-й кл.) Опыт показывает, что частицы углерода, образующие сажу, несут электрический заряд, поскольку они осаждаются только на одном полюсе машины. Определение заряда полюса показывает, что сажой покрывается отрицательный полюс. Следовательно, частицы углерода в пламени несут положительные заряды.

Дополнения. 1. Светящую часть пламени свечи создают не раскаленные газы, а несгоревшие мельчайшие раскаленные частицы углерода. Из решения задачи понятно, что видимая яркая часть пламени должна отклоняться от положительного полюса и наоборот, наклоняться в сторону отрицательного полюса.

2. При высокой температуре раскаленный уголь, как и металлы, излучает термоэлектроны, в результате чего сам приобретает положительный заряд.

111. (7, 10-й кл.) В первом опыте клубящийся дым уплотняется около проволоки. Сначала от дыма освобождаются области, примыкающие к стенкам бутылки, в последнюю очередь — центральная область, примыкающая к проволоке.

Во втором опыте, наоборот, дым сначала рассеивается в центральной области и, двигаясь к стенкам бутылки, в последнюю очередь рассеивается около них.

Если первый опыт проделать несколько раз, то легко заметить, что стенки бутылки не изменяют своего цвета, а проволока покрывается коричневым налетом с неприятным запахом. Если второй опыт проделать несколько раз, то стенки бутылки покрываются коричневым налетом, а проволока остается чистой.

Причина этих явлений выяснена в решении задачи 110.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Вследствие возникновения на проволоке наведенного заряда.

2. Зарядилась положительным электричеством, так как наведенный на проволоке отрицательный заряд частично или полностью нейтрализовался положительно заряженными частицами дыма.

3. Практически не зарядилась.

4. Воздух освобождается от дыма, что важно в гигиеническом отношении. Дома, полотно улиц и, вообще, все предметы, расположенные вблизи заводских труб, не покрываются копотью. Вторая цель — более полное использование горючего, так как собранный в фильтре

углерод и масла могут быть вновь использованы в качестве топлива. (Бутылку можно наполнять дымом от папиросы и без всяких специальных приспособлений).

112. (10-й кл.) Положительные и отрицательные ионы пламени без наложенного электрического поля движутся в пламени снизу вверх. Положительные и отрицательные ионы газов имеют разные массы и вследствие этого разные скорости движения (подвижности).

При введении металлической пластинки в пламя оно будет включено в цепь переменного тока, и мы получим вследствие разной подвижности положительных и отрицательных ионов разные силы тока при положительном и отрицательном потенциале пластинки. Таким образом, пламя, лучше проводя ток в одном направлении, чем в противоположном, будет выполнять роль детектора.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Имеет меньший коэффициент выпрямления, большее сопротивление и требует расхода горючего.

2. Значительно усилится.

При введении в пламя хлористого натрия можно пользоваться обыкновенным демонстрационным гальванометром. При этом опыт проходит безотказно.

113. (10-й кл.) Очевидно, предельная напряженность электрического поля не может превышать критическую $E_{кр} \approx 2 \cdot 10^4$ в/см, при которой возникает сильная ионизация воздуха. Таким образом, предел напряженности поля существует. Однако из сопоставления формул: $U = \frac{Q}{r}$ и $E_{кр} = \frac{Q}{r^2}$ находим, что потенциал шара $U = E_{кр} r$.

Следовательно, увеличение потенциала шара ограничено только величиной его радиуса. Чем больший потенциал желательно получить, тем больше должен быть радиус шарового проводника.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. $r = 5$ м.

2. Потому что поверхность шара не является идеально гладкой поверхностью. Около отдельных микрошероховатостей, имеющих очень малый радиус кривизны, возникает критическая напряженность электрического поля ранее, чем это следует из расчета для всей поверхности шара.

3. Нет. При напряженности поля порядка $E'_{кр} \approx 10^7$ в/см начинается процесс вырывания электронов

из металла. Получить большую напряженность поля невозможно, так как нельзя увеличить отрицательный заряд проводника, вследствие стекания его с поверхности. Этот процесс „холодной эмиссии электронов“ в вакууме является единственным процессом, который представляет собой буквальное стекание отрицательного электричества с проводника и, в частности, с острия.

114. (10-й кл.). Баллон лампочки обертывается фольгой, к которой присоединяется один конец тонкой проволоки. Второй ее конец присоединяется к стержню электроскопа. После этого электроскоп заряжается с помощью стеклянной палочки положительным электричеством. Когда листочки электроскопа достаточно разошлись, лампочка включается в сеть. Как только нить лампочки накалится, листочки электроскопа опустятся.

Затем электроскоп заряжается с помощью эбонитовой палочки отрицательным электричеством. При включении лампочки листочки электроскопа не опадают.

Следовательно, при накале нити лампочки электроскоп, заряженный положительным электричеством, разряжается, заряженный отрицательным — не разряжается (см. дополнение II).

Дополнения. 1. Ответ дан в решении задачи.

2. Нет (см. решение задачи 118).

3. Можно. На баллон лампочки наматывается два-три витка проволоки.

4. Так как разряжение электроскопа происходит практически мгновенно при включении лампочки в сеть, то баллон не успевает нагреться до той температуры, при которой стекло приобретает ионную проводимость. Следовательно, при разряжении электроскопа стекло является диэлектриком. Таким образом, образуется двойной электрический слой между фольгой, заряженной положительно, и электронным слоем на внутренней поверхности баллона. С одной стороны, электронный слой образуется вследствие притяжения электронов положительно заряженной фольгой, а с другой стороны, взаимодействие между зарядом фольги и электронным слоем вызывает увеличение поверхностной плотности электричества на фольге, связанное с переходом на фольгу электричества с электроскопа. В конечном счете, как и в разборной лейденской банке, значительное

количество электричества переходит с электроскопа на внешнюю поверхность баллона.

В данной задаче совершенно безразлична конструкция нити лампочки. Существенно только одно: чтобы ее нить находилась в высоком вакууме.

115. (10-й кл.) Положительный полюс батареи присоединяется к фольге, покрывающей баллон лампочки. На нарезку цоколя лампочки наматывается конец провода, который другим концом соединяется с клеммой гальванометра. Вторая клемма гальванометра присоединяется с помощью провода к отрицательному полюсу батареи. Пока лампочка не включена в сеть, цепь установки разомкнута баллоном лампочки. Если лампочку включить в сеть, то некоторое время стрелка гальванометра держится на нуле. При сильном нагревании стрелка гальванометра быстро отклоняется. Это указывает на то, что цепь замкнута потоком термоэлектронов, существующим в баллоне лампочки (см. также решение задачи 116).

Дополнения. 1. Происходят. После многократных опытов стекло несколько темнеет, приобретая чуть заметный металлический блеск. Происходит электролиз стекла, при котором, если стекло натровое, ионы Na переходят к внутренней поверхности баллона.

2. Нет.

3. Ионная проводимость.

4. Электроны движутся от отрицательного полюса батареи через гальванометр, цоколь лампочки, нить лампочки и полость баллона к его внутренней поверхности. Здесь они нейтрализуются положительными ионами натрия, которые подходят к внутренней поверхности баллона в результате электролиза стекла. Ток в стекле представляет собой движение положительных и отрицательных ионов. Последние, выделяясь на внешней поверхности баллона, отдают свои электроны фольге, несущей положительный потенциал. От фольги электроны движутся до положительного полюса батареи, внутри которой электронный ток вновь сменяется ионным.

При лампочках, потребляющих секундную энергию порядка 60—100 *вт*, можно пользоваться демонстрационным гальванометром. Лампочка, употребляемая

впервые, должна быть предварительно включена в установку на один-два часа для увеличения проводимости стекла. При чрезмерном нагревании (запах горелой пыли) ее следует через 15—20 мин. выключить, затем минут через пять снова включить и т. д. После этих предварительных операций лампочка готова для установки задачи. Проводимость ее баллона значительно возросла. Для лампочек меньших мощностей приходится пользоваться более чувствительными гальванометрами.

116. (10-й кл.) Сначала батарея включается так, как указано в решении задачи 115. Затем она включается в обратном направлении. Гальванометр при этом указывает отсутствие тока. Следовательно, лампочка имеет униполярную проводимость.

Дополнения. 1. Можно. При желании нетрудно убедиться в этом на опыте, для чего необходимо использовать трансформатор.

2. Практически положительные ионы внутри баллона пустотной лампочки отсутствуют.

3. Если фольга имеет отрицательный потенциал, то термоэлектроны отталкиваются фольгой к нити лампочки. Следовательно, в промежутке между центральной областью лампочки и поверхностью баллона не имеется никаких (см. пункт 2) носителей электричества. Очевидно при этом условии цепь тока будет разомкнута. Таким образом, опыты говорят вовсе не о том, могут или не могут электроны смещаться по направлению к нити. Опыт устанавливает только возникновение замыкания цепи, причина которого указана выше.

4. Вопрос из курса физики.

117. (10-й кл.) Гальванометр присоединяется к тому штырьку (идущему к нити накала), который соединен с отрицательным полюсом батареи аккумуляторов. Вторая клемма гальванометра соединена с анодом лампы (соединенным с сеткой).

При достаточно высокой температуре нити накала кинетическая энергия термоэлектронов оказывается достаточной, чтобы преодолеть действие электрического поля, направленного от нити накала к аноду. Гальванометр отмечает наличие тока (см. дополнения).

Дополнения. 1. Нет, не доказывает. Один конец нити накала имеет отрицательный, а другой — положительный потенциал. Если конец нити, имеющий

положительный потенциал, соединить через гальванометр с анодом электронной лампы, то тот же положительный потенциал приобретает и анод. Вследствие этого между анодом и концом нити накала, имеющим отрицательный потенциал, возникает электрическое поле, которое сообщает движение термоэлектронам от нити к аноду. Таким образом, при этом включении нельзя решить вопрос, двигаются ли термоэлектроны к аноду, приобретая кинетическую энергию в результате накала нити или в результате влияния на них электрического поля.

2. В этом опыте анод имеет отрицательный потенциал. Между ним и положительным потенциалом нити создается электрическое поле, которое может сообщить электронам движение только от анода к нити. Если и при таком соединении гальванометр обнаруживает электрический ток, то значение тепловой энергии электронов больше той энергии, которую они приобретают в результате действия на них электрического поля. В связи с этим и приходится для успеха опыта прибегать к кратковременному, но значительному перекалу нити электрической лампочки.

Тип гальванометра зависит от мощности электронной лампы и подбирается на опыте. Для ламп, катод которых питается током, мощностью в 5 *вт*, вполне пригоден демонстрационный гальванометр.

Указанное в задаче напряжение накала 6 *в* взято условно. Существенно, что перекал нити можно давать, повышая напряжение накала не более чем на 30—40% против нормы. В условии задачи указывается то напряжение накала, на которое фактически рассчитана лампа.

118. (10-й кл.) Энергия электрического тока, питающего современные лампочки, преобразуется в их баллонах: 1) в энергию света, 2) в кинетическую энергию термоэлектронов и ионов (см. задачи 114—117) и 3) в механическую энергию, производящую периодическое увеличение давления газов на стенки баллона лампочки (см. задачу 92).

Энергия электрического тока, питающего лампочку накаливания, проявляется в баллоне лампочки, кроме указанных, еще в тепловой и магнитной формах.

Об энергии магнитного поля принципиально нельзя говорить как об энергии, в которую „преобразуется“ энергия тока. Электрический ток не существует без

магнитного поля, и следовательно, оно является его неотъемлемой пространственной характеристикой. Таким образом, понятия „электрический ток“ и „магнитное поле“ являются взаимно связанными, одновременно существующими характеристиками одного и того же процесса.

Тепловым явлениям, связанным с электрическим током, нельзя приписать абсолютной характеристики тока, так как они связаны не с самим процессом тока, а с той средой, в которой он протекает. Только наличие сопротивления вызывает тепловые явления: в сверхпроводниках тепловые явления отсутствуют. Тем не менее, в обычных установках тепловая энергия всегда связана с существованием тока в проводниках. Она существует не только в баллоне лампочки, но и в подводящих к ней ток проводах.

119. (10, 7-й кл.) Полюс магнита подводится с левой стороны к жестяной пластинке и тем самым приближается и к молотку. В молотке возбуждается магнитное состояние, в результате чего жестяная пластинка притягивается к молотку, если она расположена от него на нужном расстоянии (см. дополнение 1).

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Представим себе, что жестяной пластинки нет между полюсами магнита и молотком. Между ними имеется неоднородное магнитное поле, напряженность которого постепенно убывает по мере удаления от полюса магнита, достигает наименьшего значения в точке, лежащей около середины расстояния между полюсом и молотком, и затем вновь возрастает по мере приближения к молотку (сгущение линий индукции железом). Ферромагнетик (железо) или магнит перемещается в магнитном поле в том направлении, в котором увеличивается напряженность магнитного поля (см. задачу 129). Следовательно, если жестяная пластинка помещена между точкой наименьшей напряженности поля и молотком, она перемещается к молотку, если же ее расположить между точкой наименьшей напряженности поля и полюсом магнита, пластинка начнет двигаться по направлению к полюсу.

2. Ответ содержится в пункте 1.

120. (7, 10-й кл.) Подвести снизу к пластинкам полюс магнита так, чтобы расстояние между ними и полюсом было порядка 1 см. (Расстояние зависит от силы магнита.) Если подвести к пластинкам, например, север-

ный полюс, то, благодаря влиянию, на нижних концах пластинок возникнут южные, а на обоих верхних концах — северные полюсы. Взаимодействие одноименных полюсов вызывает взаимное отталкивание пластинок.

121. (7, 10-й кл.) Каждый кусок железа, особенно железный стержень или труба, расположенные своей осью в плоскости магнитного меридиана, намагничиваются вследствие влияния магнитного поля Земли. Если такие стержни или трубы хранятся в вертикальном или наклонном положении, то в северном полушарии на их нижнем конце возникает северный, а на верхнем — южный полюс. Намагничивание происходит тем сильнее, чем больше совпадает ось стержня с направлением силовых линий магнитного поля. Следовательно, верхний конец стержня должен быть отклонен от вертикали на некоторый угол к югу. Угол этот определяется углом наклона магнитной стрелки, вращающейся на горизонтальной оси. Таким образом, если кочергу установить вертикально и затем поднести компас к ее нижнему концу, то обнаружится, что он отталкивает северный полюс стрелки компаса и притягивает южный. Верхний конец кочерги, наоборот, притягивает северный и отталкивает южный полюс стрелки компаса. Это доказывает, что кочерга намагнитилась. Если притяжение и отталкивание стрелки происходит недостаточно четко, можно ударить несколько раз молотком по верхнему концу кочерги, как сказано в условии задачи.

Дополнения. 1. Можно, основываясь на соображении о геомагнетизме. Об этом говорится в решении задачи.

2. Совместить ее с силовыми геомагнитными линиями. Угол наклона на широте Москва — Ленинград имеет порядок 70° .

122. (7-й кл.) Стальное перо, намагниченное с помощью магнита, кладут на поверхность воды, налитой в чашечку (способ указан в задаче 12).

Дополнения. 1. Перо кладут на стол выпуклой стороной вверх. Затем на середину пера накладывают, например, южный полюс магнита, который двигают от середины к острому концу пера. После этого магнит поворачивают и накладывают на середину пера северный полюс, двигая его к тупому концу пера. Такое поочередное намагничивание одного и другого конца пера делается несколько раз.

2. Южным.

3. До начала текущего столетия во флоте применялись компасы только с плавающей в жидкости подвижной системой, так как она позволяла сохранять плоскость горизонта (поверхность воды) при колебаниях корабля.

При длительном стоянии чашечки с водой поверхность воды покрывается пылью. Это препятствует свободному вращению пера-магнита в магнитном поле Земли. Поэтому вода должна быть свежей или храниться в закрытой бутылке. В последнем случае следует внести соответствующие изменения в условие задачи.

123. (7-й кл.) По всей длине иголки наматывается плотно, виток к витку, изолированная проволока. Концы проволоки через выключатель и реостат присоединяются к аккумулятору. Через некоторое время цепь размыкается. Полюса, возникшие на намагниченной иголке, определяются на основании направления тока в витках, о котором судят по отметкам (+) и (—) полюсов на аккумуляторе. После этого обмотка с иголки снимается и подвешивается на нити в горизонтальном положении.

До опыта следует в цепь аккумулятора включить последовательно амперметр, реостат с движком и соленоид, наматываемый на иголку. Установив максимальную, возможную для данной установки силу тока, закрепить движок с помощью проволоки для того, чтобы во время решения задачи учащиеся не начали с ним манипулировать. Можно поступить и иначе: подобрать постоянное предохранительное сопротивление без движка.

124. (7, 10-й кл.) Ответ дается в теме задачи (см. также дополнение).

Дополнение (дается вместе с задачей). Остаточный магнетизм зависит от способности молекулярных магнетиков сохранять свое ориентированное направление в железе. Этой ориентации способствует замкнутая магнитная цепь, т. е. такая цепь, при которой железная пластинка непосредственно касается железных полюсов электромагнита. В этом случае намагниченная пластинка после размыкания электрической цепи электромагнита удерживает в ориентированном положении молекулярные магнетики его сердечника, поле которых, в свою очередь, увеличивает число ориентированных молекулярных магнетиков пластинки. Это может создать силу взаимного притяжения, достаточную для

удержания пластинки полюсами. Если же оторвать пластинку от полюсов, то молекулярные магнетики сердечника полностью дезориентируются (мягкое железо), а молекулярные магнетики пластинки дезориентируются частично. Наконец, если проложить бумажку между полюсами и пластинкой, то уже с самого начала опыта создаются такие условия, при которых ориентированное расположение молекулярных магнетиков может оказаться недостаточным для удержания пластинки полюсами при разомкнутой цепи электрического тока.

125. (7, 10-й кл.) Намотать проволоку можно различными приемами, в зависимости от соединения ее с источниками тока. Например, сделав один виток около конца железного цилиндра, закрепить его изолированной лентой и продолжать наматывать проволоку в том же направлении до середины цилиндра. Вновь закрепить ее последний (средний) виток лентой и наматывать проволоку в обратном направлении до второго конца цилиндра. Последний виток снова закрепить лентой. Концы обмотки соединяются через сопротивление и выключатель с источником тока. Компасом проверяется результат.

Дополнения. 1. Оба конца обмотки присоединяются к одному полюсу источника тока. На середине обмотки зачищается изоляция провода и к этому месту присоединяется второй полюс источника тока.

2. Двумя способами: первый указан в решении задачи, второй — заключается в следующем. На железный цилиндр накладывается нормальная обмотка, все витки которой идут в одном направлении. Оба конца такой обмотки присоединяются к одному полюсу, а средняя ее точка — к другому полюсу источника тока.

3. Также двумя способами: один указан в пункте 1, а другой заключается в обычной обмотке электромагнита, соединенного с источником тока обычным способом.

4. Неправильно. Это два „нормальных“ электромагнита с разноименными полюсами, приложенные друг к другу одноименными полюсами.

126. (10-й кл.). К полюсам верхнего магнита прикладывается железный брусок, к которому снизу прикладывается второй магнит так, чтобы его полюсы были против одноименных полюсов верхнего магнита.

В железном бруске, приложенном к полюсам верхнего магнита, векторы магнитного поля (векторы индукции) направлены от северного к южному полюсу. Если нижний магнит приложить к железному бруску полюсами, одноименными с полюсами верхнего магнита, то суммарный поток векторов индукции в бруске возрастает, вследствие чего возрастает и его поляризованное магнитное состояние. В результате имеем две замкнутые магнитные цепи: верхний магнит — брусок и нижний магнит — брусок.

Если же нижний магнит приложить к бруску полюсами, разноименными с полюсами верхнего магнита, то векторы магнитного поля нижнего магнита будут направлены в бруске противоположно векторам поля верхнего магнита. В результате, при одинаковых магнитах суммарный поток векторов индукции в бруске делается равным нулю и его поляризация исчезает.

Дополнения. 1. Нижний магнит не будет удерживаться. Объяснение дано в решении задачи.

2. Нет. Следовало бы сказать, что верхний магнит удерживает на весу железный брусок, а последний удерживает нижний магнит. Вообще подобная система представляет собой взаимосвязанную систему трех тел, в которой каждое из них испытывает одинаковое влияние со стороны остальных тел.

3. Зависит. Чем тоньше железный брусок, тем больше линий индукции проходит, минуя брусок, и взаимодействует непосредственно между собой. Иначе говоря, непосредственное взаимодействие одноименных полюсов магнитов усиливается. В результате, при жестяной пластинке получим взаимное отталкивание.

Железный брусок (якорь) для установки подбирается на опыте. Желательно, чтобы его толщина была порядка 0,5 см, ширина несколько больше ширины полюсов магнита и чтобы он был из мягкого железа.

127. (7, 10-й кл.) В рюмку насыпается немного соли. Ее размешивают в воде, в которую опускают два очищенных от изоляции конца проводов, соединенных с клеммами, подводщими постоянный ток. С помощью электролиза определяются знаки полюсов тока (см. дополнение 2).

Направление витков в обмотке электромагнита позволяет судить о знаке его полюсов.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Нет. Электролизер можно включить последовательно с электромагнитом.

2. При электролизе на одной медной проволоке обильно выделяются блестящие пузырьки газа, и поверхность проволоки не изменяет своего цвета. Эта проволока является катодом; выделяющийся газ — водород. На другой медной проволоке незаметно в течение нескольких минут выделения пузырьков газа. Поверхность проволоки покрывается буро-зеленоватым налетом. Эта проволока является анодом. На ней выделяется хлор. Через некоторое время после начала электролиза жидкость около анода окрашивается в горховый цвет.

128. (10-й кл.) У двух электромагнитов с одинаковыми сердечниками и катушками приблизительно одинаковых размеров получаются равные подъемные силы в том случае, если значение ампер-витков одного равно значению ампер-витков другого. Очевидно, подъемная сила правого электромагнита, равная подъемной силе левого, может быть получена при меньшей силе тока, так как число витков на правом больше (см. дополнение 1).

Дополнения. 1. Нет. Ампер-витки определяются произведением силы тока на число витков, какое умещается на единице длины катушки.

2. Справедливо. Предел накладывается технологическими процессами, которые не позволяют неограниченно уменьшать диаметр изолированной проволоки. Существенное значение при проволоках малого диаметра играет толщина изоляции.

3. Противоречит закону сохранения энергии. Само рассуждение не точно (см. дополнение 4).

4. Энергия электрического тока пропорциональна силе тока при постоянном напряжении тока или при одной и той же э. д. с. источника тока. Электродвижущая сила в левой установке имеет значение около 3 в, а в правой — около 18 в. Таким образом, энергия тока, питающего левый электромагнит, равна $3I_1$, а правый — $18I_2$, где I_1 — сила тока, проходящего через левый, а I_2 — через правый электромагнит.

5. Первое отношение равно $\frac{I_1}{I_2} = a$. Второе отноше-

ние равно $\frac{U_1}{U_2} = b$, где U_1 и U_2 — соответствующие напряжения тока. Так как приблизительно $I_1 U_1 = I_2 U_2$, то $a = \frac{1}{b}$. О приблизительном равенстве $I_1 U_1 = I_2 U_2$ говорится потому, что определение одинаковой подъемной силы электромагнитов делается с помощью весьма примитивного и неточного приема.

129. (7, 10-й кл.) Решение задачи видно из рис. 25.

Дополнения. 1. Витки надо расположить в плоскости магнитного меридиана, т. е. так, чтобы ось пера расположилась в плоскости витков. Именно в этом случае получим наибольшую чувствительность гальванометра.

2. Установить следует так, чтобы плоскость витков была нормальна к плоскости магнитного меридиана.

3. При одной и той же силе тока чувствительность гальванометра убывает с уменьшением числа витков. В этом можно убедиться, смотав сначала половину витков, затем $\frac{3}{4}$ и т. д. Угол отклонения пера при этом уменьшается. (Для того, чтобы не изменялась сила тока, он пропускается во время наблюдений через всю проволоку.)

130. (10-й кл.) Вращательное и поступательное движение магнита (пера) в магнитном поле происходит в том направлении, при котором увеличивается суммарная напряженность поля, складывающаяся из напряженностей внешнего поля и поля магнита. В виду того, что вращательное движение магнита в магнитном поле подробно рассматривается в курсе физики, задача 130 дается, главным образом, для анализа поступательного (бокового) движения магнита.

Напряженность магнитного поля имеет наибольшее значение около витков, наименьшее — в их центральной точке. Следовательно, магнит (перо) будет поступательно двигаться (повернувшись на 90°) от центра витков к самим виткам (см. решение задачи 119). Напряженность поля магнита (пера) имеет наибольшее значение в средней его части (наибольшая плотность линий индукции). Следовательно, магнит подойдет к виткам своей средней частью, так как именно при этом возникает наибольшее значение суммарной напряженности магнитного поля.

Так как перемещение магнита равновероятно как в сторону одной вертикальной части витков, так и в сторону противоположной, то, в случае абсолютно центрированного магнита, у него не должно возникать поступательное движение. Однако в реальных условиях, особенно после поворота магнита, он расположится несколько ближе к одной стороне, чем к другой. Этого достаточно для того, чтобы преобладающее влияние получили ближайшие к магниту вертикальные участки витков. Разница в расстоянии средней точки магнита от одной и другой стороны витков может быть весьма малой, незаметной на глаз. Вследствие этого нельзя предугадать, в каком направлении начнет двигаться поступательно перо при замыкании электрической цепи.

Дополнения. 1 и 2. Ответ дан в решении задачи.

3. Вода смачивает стенки кристаллизатора, и следовательно, ее поверхность имеет вогнутую форму. Таким образом, движение пера к стенке кристаллизатора есть движение вверх по наклонной плоскости (см. задачу 12 и ее решение). Для этого требуется определенная сила действующего на перо магнитного поля $F = mH$, где m — магнетизм пера и H — напряженность магнитного поля, действующего на перо. Естественно, что при слабых токах напряженность поля H , а следовательно, и сила F будут недостаточны для перемещения пера к вертикальной части витков, т. е. к стенкам сосуда.

4. Ответ дан в решении задачи.

5. Давление пера на поверхность воды увеличится, так как перо будет расположено значительно ближе к нижней горизонтальной части витков, чем к верхней. (Действие горизонтальных участков витков на перо по вертикали ничем не отличается от действия на него по горизонтали вертикальных его участков.)

6. Давление пера на поверхность воды уменьшится, так как перо будет расположено ближе к верхней, горизонтальной части витков, чем к нижней.

7. Все сделанные опыты приводят к заключению, насколько важно значение точного центрирования магнитной стрелки в гальванометрах, так как в противном случае возникает дополнительное и не симметричное давление, связанное с трением между стрелкой и ее осью. Это особенно существенно для тех, наиболее распространенных типов гальванометра, у которых по-

движной системой является не магнит, а витки, подвешенные на тонкой проволоке. В этом случае недостаточно точное центрирование вызывает колебания подвижной системы и броски ее в вертикальной или горизонтальной плоскости. Они, конечно, очень не велики, однако, существенно снижают качество гальванометров, особенно зеркальных.

131. (10, 7-й кл.) С помощью компаса определяется плоскость магнитного меридиана. Правой рукой берут ту часть обруча, от которой отходят провода, присоединенные к гальванометру. Обруч держат перед собой в вытянутой правой руке так, чтобы он и рука экспериментатора находились в одной плоскости. Обручу сообщается вращательное движение вокруг оси, проходящей через вытянутую руку и центр обруча. Сначала поворачивают руку и кисть руки вместе с обручем в одном направлении, а затем быстро поворачивают их в обратном направлении приблизительно на угол в 180° .

Если ось вращения обруча расположить нормально к плоскости магнитного меридиана, то в результате подобных вращательных движений в обруче возникает э. д. с. индукции и гальванометр указывает на существование индукционного тока.

Дополнения. 1. Можно вращать обруч вокруг горизонтальной и вокруг вертикальной оси. Можно сообщить ему поступательное движение по вертикали или горизонтали, когда плоскость обруча нормальна к плоскости магнитного меридиана.

2. Э. д. с. индукции не возбуждается в том случае, если обруч вращать параллельно его же плоскости вокруг оси, проходящей через его центр нормально к плоскости обруча. А также не возбуждается, если вращать обруч вокруг оси, как указано в решении задачи, однако, при условии, что ось вращения расположена параллельно силовым линиям геомагнитного поля, т. е. наклонена к югу от вертикали под углом приблизительно в 30° (см. решение задачи 120).

3. Зависит. Вопрос из курса физики.

Вместо детского обруча можно изготовить легкую деревянную квадратную рамку или, что еще проще, применить рамочную антенну, сменив на ней проволоку или удливив ее до нужных размеров.

Тип гальванометра зависит от числа витков, намотанных на обруч или рамку, и от ее площади. Сто витков, намотанных на детский обруч, позволяют получать токи, для которых можно применить школьный демонстрационный гальванометр.

132. (10, 7-й кл.) Экспериментатор держит обруч, соединенный с гальванометром так, как указано в решении задачи 131 и, поворачивая его вокруг горизонтальной оси в одну и в другую сторону, следит за стрелкой гальванометра. Затем экспериментатор слегка поворачивается вокруг своей вертикальной оси и, остановившись, снова поворачивает обруч, следя за стрелкой гальванометра. В результате таких перемещений оси вращения обруча в горизонтальной плоскости обнаруживается, что только при одном определенном ее направлении возникает наибольшее отклонение стрелки гальванометра.

Искомое направление плоскости магнитного меридиана перпендикулярно направлению оси вращения обруча, при котором возникает наибольшая сила индукционного тока.

Проверкой этих результатов являются противоположные показания гальванометра (минимальный ток), которые получаются, когда ось вращения обруча располагается параллельно плоскости магнитного меридиана.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Можно, если известна зависимость направления отклонения стрелки гальванометра от направления проходящего через него тока. Тогда, зная направление тока и направление смещения в магнитном поле витков обруча, находим, согласно правилу левой руки, направление векторов напряженности магнитного поля Земли. Это дает возможность установить направление, в котором расположен южный магнитный полюс Земли, а следовательно, и приблизительное расположение северного географического полюса.

2. У учителя можно взять или какой-нибудь гальванический элемент (а также сопротивление для того, чтобы не испортить гальванометра), или магнит с отмеченными полюсами. Действуя магнитом на витки, наложенные на обруч, можно с помощью правила левой руки или изменения магнитного потока выяснить, в какую

сторону отклоняется стрелка гальванометра при определенном направлении проходящего через него электрического тока.

133. (10-й кл.) Пальцами касаются проводников или контактов, соединенных с прерывателем, где напряжение велико вследствие э. д. с. самоиндукции.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Регулируя прерыватель, изменяем частоту прерываний, отчего изменяется значение э. д. с. самоиндукции, а следовательно, и физиологическое ощущение.

2. Чем больше частота, тем больше значение э. д. с. самоиндукции. Можно значительно повысить частоту прерываний тока, если придерживать рукой молоточек звонка и дать возможность колебаться только контактной пружинке вместе с якорем.

3. Можно, хотя весьма приблизительно.

134. (10-й кл.) Телефон приключается к свободным концам второй катушки электромагнита.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Вопрос из курса физики.

2. Не будет справедливым. Разность потенциалов на концах второй катушки значительно больше значения э. д. с. батареи, так как напряжение тока на первой катушке достигает больших значений вследствие возбуждающейся в ней э. д. с. самоиндукции.

3. Можно. При изменении частоты примерно в два раза изменение силы звучания телефона делается вполне заметным.

4. Увеличением числа витков на второй катушке или уменьшением их числа на первой.

Если работа прерывателя мешает прослушиванию переменного тока в телефон, то можно опыт проводить с помощником (второй учащийся). Слушающий в телефон должен быть на большом расстоянии от звонка. Телефон соединяется с катушкой электромагнита длинными проводами.

Регулирует прерыватель второй учащийся.

135. (10-й кл.) Ввести железный цилиндр в соленоид, вследствие чего значительно увеличится его индуктивное сопротивление.

Дополнения. 1. Омическое сопротивление цепи не изменилось, индуктивное изменилось.

2. Замкнуть магнитную цепь соленоида, т. е. замкнуть

железный сердечник, как это делается у трансформаторов.

В качестве соленоида можно воспользоваться одной из катушек от разборного трансформатора, имеющей большое число витков. В качестве железного цилиндра или бруска также можно использовать сердечник разборного трансформатора или какого-нибудь иного прибора

Лампочку по мощности надо подобрать такую, которая при вкладывании сердечника в соленоид значительно ослабляла бы свой свет без полного его исчезновения. Если свечение лампочки полностью прекращается, то нельзя экспериментально проверить решение второго дополнительного вопроса.

Чем большую силу тока требует электрическая лампочка, тем сильнее изменяется накал ее нити при вкладывании железного сердечника в соленоид. Может случиться, что при этом обмотка соленоида сильно нагреется. Бояться этого не надо, если только цепь замыкается на короткое время.

136. (10-й кл.) Так как в цепь переменного и постоянного тока, имеющих одинаковое напряжение, включается один и тот же неизвестный прибор, то изменение его свойств может зависеть только от того, что переменный ток действует на прибор иначе, чем постоянный.

Единственным индикатором этого действия, который дается в установке, является электрическая лампочка, включенная в цепь последовательно с прибором. При включении установки в цепь постоянного тока нить лампочки накаливается значительно сильнее, чем при включении ее в цепь переменного тока. Следовательно, сопротивление прибора при постоянном токе меньше его сопротивления при переменном, т. е. прибор при небольшом омическом сопротивлении имеет большое индуктивное сопротивление. Таким прибором может быть той или иной конструкции катушка самоиндукции.

В качестве катушки самоиндукции можно применить электромагнит с замкнутым сердечником, звонокый трансформатор и т. п. В случае звонокого трансформатора автомобильные лампочки не годятся. Необходима лампочка, рассчитанная на меньшую силу тока. Если такой нет в физическом кабинете, можно включить несколько лампочек от карманного фонаря параллельно.

Существенно, чтобы напряжение на клеммах транс-

форматора было равно напряжению, которое дает батарея элементов, и чтобы лампочка, включенная непосредственно в цепь переменного, а затем постоянного тока, давала одинаковое свечение.

Из решения задачи видно, что необходимо подобрать такое индуктивное сопротивление, при котором возникал бы слабый накал нити лампочки.

Если нить совершенно не светит, то у учащихся может возникнуть предположение, что при переменном токе неизвестный прибор размыкает электрическую цепь.

137. (10-й кл.) Как и в задаче 136, изменение свойств неизвестного прибора при переключении его из цепи постоянного тока в цепь переменного может зависеть только от изменения при таком переключении свойств самого тока (см. задачу 136). Только на основании оценки накала нити лампочки мы можем судить об этих изменениях. Опыт показывает, что лампочка светит, когда она включена в цепь переменного тока, и не светит, когда она включена в цепь постоянного тока. Наиболее простое и вероятное предположение заключается в том, что исследуемый прибор представляет собой конденсатор.

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Анодная батарея дает накал нити лампочки (25 *вт*) не слабее того, который получается от переменного тока при включении последовательно конденсатора (4 *мкф*).

2. Нельзя, так как диэлектрик, проложенный между пластинами конденсатора (парафинированная бумага, слюда и т. п.), не является абсолютным непроводником тока.

3. При невысоких напряжениях наименьший постоянный ток будет в случае конденсатора с воздушным диэлектриком, а еще меньший при очень высоком вакууме между пластинами диэлектрика. В этом последнем случае даже очень чувствительные гальванометры не обнаруживают наличия тока.

Способом, указанным в решении задачи, вопрос еще не решается однозначно. Исследуемый прибор может быть (из известных учащимся приборов) конденсатором или выпрямителем (например, электролитическим) переменного тока. Для того, чтобы выяснить этот вопрос, достаточно переключить полюса источника постоянного тока, присоединенные к исследуемому прибору. При

этом возникновение свечения лампочки указывает, что неизвестный прибор — выпрямитель, а отсутствие свечения — что он конденсатор. Кроме того, при выпрямителе заметны „мигания“ света лампочки, о которых говорится в решении задачи 140 (дополнение 3) и которые можно сделать вполне отчетливыми описанным способом (решение дополнения 3).

138. (7, 10-й кл.) При „мгновенных“ замыканиях цепи на гальванометр действуют „мгновенные“ значения разности потенциалов переменного тока, которые, как известно, изменяются, переходя через нулевое значение, от U_+ до U_- .

В связи с этим возникают различные отклонения стрелки гальванометра как по величине, так и по направлению. Очевидно, при длительном замыкании 50-периодного переменного тока стрелка гальванометра, вследствие инерции его подвижной системы, не может отклоняться ни в одну, ни в другую сторону на **заметный** угол.

Дополнения. 1. Ответ дан в решении задачи.

2. Стрелка остается неподвижной, когда момент замыкания цепи совпадает с разностью потенциалов переменного тока, равной нулю.

3. Потому что, несмотря на инерцию подвижной системы, стрелка все же отклоняется переменным током как в одну, так и в другую сторону. По ширине размытого контура конца стрелки видно, что ее отклонения от вертикали не превышают нескольких десятых долей градуса. Понятно, что при частоте, равной 50 колебаниям в секунду, отдельные положения конца стрелки не видим, так как эта частота значительно превышает доступные для восприятия глазом.

4. Инерция подвижной системы гальванометра.

5. Нет (см. дополнение 3).

6. Различные системы осциллографов.

7. Ответ дается в решении задачи 140 (дополнение 4). Экспериментальная часть задачи требует очень мало времени.

Часть вопросов (или все) можно дать учащимся для домашних занятий.

Обычный демонстрационный гальванометр можно вполне безопасно включать в сеть переменного тока

последовательно с лампочкой накаливания (127 в, 25 вт) в качестве предохранительного сопротивления, если делать те кратковременные замыкания цепи, которые нужны для решения задачи. В установке указано значительно большее сопротивление, рассчитанное на значительно более слабые токи только из боязни случайного длительного замыкания цепи. Если она исключена, следует предпочесть применение лампочки.

139. (7, 10-й кл.) Полюса второго электромагнита прикладываются к полюсам первого (рис. 32). Таким образом мы, действительно, не касаемся электрической цепи первого электромагнита, но при этом значительно изменяем его магнитную цепь. До соприкосновения сердечников электромагнитов она была незамкнутой, после

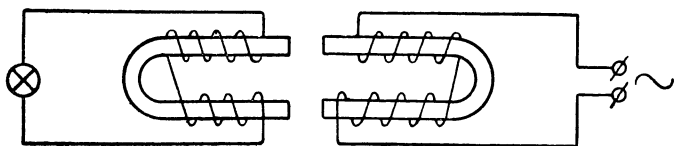


Рис. 32.

соприкосновения она стала замкнутой. К концам обмотки второго электромагнита присоединяется лампочка.

Дополнения. 1. Даже при небольших электромагнитах слабый накал лампочки получается, когда расстояние между полюсами первого и второго электромагнита равно примерно 5 см.

2. Подобную передачу энергии не только нельзя осуществить на больших расстояниях, но и на значительных расстояниях в пределах комнаты. Напряженность магнитного поля (при малом расстоянии между полюсами первого электромагнита) чрезвычайно быстро уменьшается по мере удаления второго электромагнита от первого. Можно считать, что магнитное поле такой системы практически уже не обнаруживается на расстоянии, равном десятикратному расстоянию между полюсами электромагнита.

3. Изменяется. Кроме соображений, связанных с работой трансформатора, о которых говорится в курсе физики, это вытекает и из закона сохранения энергии: сила тока в первом электромагните должна увеличиться, поскольку за счет энергии тока накаливается лампочка,

а напряжение на обмотке первого электромагнита постоянно.

4. Сила тока в первом электромагните уменьшится вследствие увеличения его индуктивного сопротивления, так как незамкнутый железный сердечник электромагнита замыкается сердечником второго (см. решение задачи 135, дополнение 2).

5. Трансформатор.

Электромагниты могут быть любыми. Желательно только, чтобы они были одинаковыми, так как в противном случае у учащихся может возникнуть мысль о каких-то особых причинах, которые вынуждают пользоваться вторым электромагнитом, отличающимся от первого.

Для включения электромагнита в сеть переменного тока можно воспользоваться последовательно включенным реостатом, если только сила тока, необходимая для нормального питания электромагнита, не перегрузит сети.

140. (10-й кл.) Замкнутая цепь переменного тока состоит из динамомашины D , соединительных проводов и лампочки L (см. рис. 26 на стр. 108). Замкнутая цепь выпрямленного тока состоит из динамомашины D , соединительных проводов, выпрямителя B и аккумулятора A .

Дополнения (даются вместе с задачей). 1. Накладывается. Это вытекает из решения задачи.

2. Ввиду того, что через выпрямитель проходят токи только одного направления, средняя сила тока равна $\frac{I}{2}$. На практике электролитические выпрямители имеют сопротивление, которым пренебрегать нельзя. В этом случае средняя сила тока меньше $\frac{I}{2}$.¹

3. Можно. При выпрямленном токе делается заметным на глаз периодическое изменение яркости свечения лампочки (лампочка „мигает“) вследствие периодического изменения температуры ее нити накала.

Периодическое изменение свечения лампочки особенно легко наблюдается, если взять ее в руку и двигать справа налево и наоборот.

¹ I — средняя сила переменного тока в той же цепи без выпрямителя.

4. Представим себе, что электрическая цепь переменного тока (рис. 26 на стр. 108) состоит только из динамомашин D и лампочки L . Будем считать, что абсолютные максимальные значения положительного и отрицательного потенциала в 1 и 2 точках одинаковые. Очевидно, при этих условиях среднее значение токов, проходящих через лампочку в одном направлении и обратном ему, также будут одинаковы.

Включим теперь параллельно лампочке какой-либо прибор, например, электрическую плитку. Если при этом считать, что сопротивлением подводящих проводов (1— D —2) можно пренебречь и что практически в них не происходит падения потенциала (напряжения), то значение разности потенциалов в точках 1 и 2 не изменится. Если же, наоборот, учесть сопротивление подводящих проводов и в связи с ним падение напряжения, то разность потенциалов в 1 и 2 точках после включения плитки станет меньше и средняя сила тока, проходящего через лампочку, уменьшится. Однако, поскольку разность потенциалов уменьшилась в равной мере как при токах одного, так и обратного направления, сила тока, идущего через лампочку в обоих направлениях, останется одинаковой. Иной результат получится в том случае, если вместо плитки включить параллельно лампочке выпрямитель переменного тока, заряжающий аккумулятор, как указано на рис. 26. Цепь выпрямителя замыкается только при одном направлении тока. Следовательно, разность потенциалов в 1 и 2 точках уменьшается только при этом направлении, обратный же ток протекает при нормальной разности потенциалов. Отсюда следует, что токи одного направления, проходящие через лампочку, имеют меньшее значение, чем токи обратного направления. Это и значит, что ток проходит через лампочку частично выпрямленный. Если вместо нее включить гальванометр постоянного тока, то стрелка его отклонится на некоторый угол, величина которого зависит от того, насколько сила токов одного направления больше силы токов обратного направления.

Решение вопроса, можно ли в данном конкретном случае пренебречь значением сопротивления проводов, зависит, с одной стороны, от требования определенной точности результата, а с другой — от характера поставленного вопроса.

Для возникновения рассмотренного эффекта в городскую сеть переменного тока может быть включен не только выпрямитель, а любой электрический прибор, периодически изменяющий нагрузку сети, синхронно изменениям переменного тока за полпериода.

Подобные условия могут возникнуть при работе электродвигателя, при электросварке, при работе прерывателей и т. п.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Р а з д е л I. Задачи-опыты и задачи-вопросы	11
Свойства тел	11
Механика	26
Звук	28
Теплота	29
Свет	34
Электрическое поле	39
Цепь электрического тока	51
Автоматы	62
Тепловое действие электрического тока	65
Электролиз. Гальванические элементы	70
Ионизация газа. Электроны	80
Магнитное поле	91
Электродвижущая сила индукции. Переменный ток	101
Р а з д е л II. Решение задач и пояснения к ним	109

Редактор И. В. Барковский
Художеств. редактор В. Б. Михневич
Технич. редактор А. А. Кирнарская
Корректоры Р. К. Паэгле
и М. Г. Дешалыт

*

Подписано к печати 6/VI 1953 г. М 32628.
Бумага $84 \times 108\frac{1}{32}$ —2,94 бум. л.—9,64 печ. л.
Уч.-изд. л. 9,99. Тираж 25 000. Цена без переплета 2 р. 70 к., переплет 50 к. Заказ № 327.

*

Типография № 3 Ленгорполиграфиздата

Цена 3 р. 20 к.