

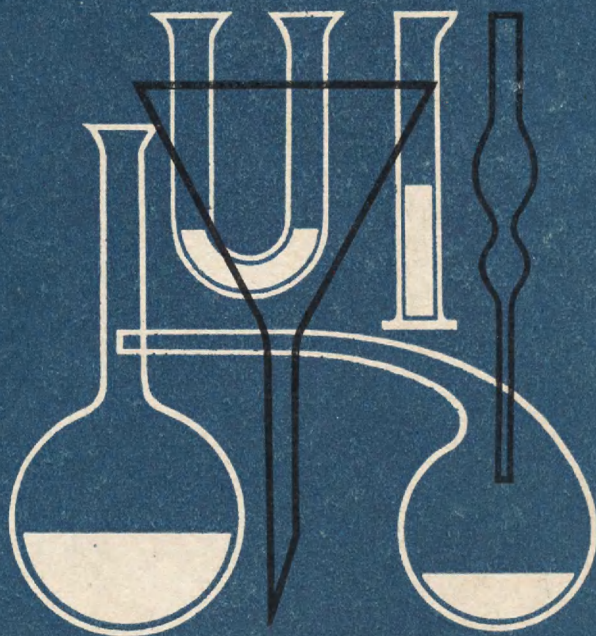


БИБЛИОТЕКА УЧИТЕЛЯ ХИМИИ

Г.П.ХОМЧЕНКО, Ф.П.ПЛАТОНОВ, И.Н.ЧЕРТКОВ

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ХИМИИ

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ХИМИИ





БИБЛИОТЕКА УЧИТЕЛЯ ХИМИИ

Г.П.ХОМЧЕНКО, Ф.П.ПЛАТОНОВ, И.Н.ЧЕРТКОВ

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ХИМИИ

Пособие для учителей

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1978

54

X76

*Рекомендовано Главным управлением школ
Министерства просвещения СССР в качестве пособия
для учителей*

X $\frac{60501-806}{103(03)-78}$ подписное

© Издательство «Просвещение», 1978 г.

В системе школьного химического эксперимента важное место отводится демонстрационным опытам. Именно они позволяют формировать у учащихся основные теоретические понятия химии, обеспечивают наглядное восприятие химических явлений и конкретных веществ, дают возможность развивать логическое мышление учащихся, вскрывают практическое применение химии. С помощью демонстрационных опытов перед учащимися ставят познавательные проблемы, выдвигают гипотезы, проверяемые экспериментально.

Демонстрационный эксперимент, таким образом, подводит учащихся к правильным теоретическим выводам и обобщениям, поэтому при изложении нового материала ему отводится большая роль. Он помогает также закреплению и применению знаний. Необходимо отметить и то, что демонстрационный эксперимент самый экономный по времени по сравнению с другими видами школьного химического эксперимента.

Имеющиеся пособия по химическому эксперименту для средней школы охватывают, как правило, все его виды, в них не вычлениаются опыты для демонстраций, опыты для лабораторных и практических занятий. Предлагаемая книга посвящена только демонстрационным опытам, что облегчит работу учителя при подготовке к урокам.

Авторы книги при отборе опытов придерживались в основном программы. При этом они сочли возможным дать различные варианты одних и тех же опытов, часто отличающиеся между собой оборудованием, реактивами и техникой выполнения. Такой подход позволит учителю выбрать тот опыт или вариант опыта, который более всего подходит к местным условиям работы (оснащение кабинета, подготовка учащихся и др.).

В книге предпринята попытка несколько обновить или усовершенствовать демонстрационный

эксперимент. При этом учитывались ценные предложения, сделанные учителями химии и методистами.

В описании опытов авторы придерживались педагогических требований, предъявляемых к демонстрационному эксперименту: показывая опыт, нужно прежде всего видеть его внутреннее содержание, а не внешний эффект, необходимо заинтересовать тем, чему он учит; опыт учит учащихся наблюдению, он должен быть наглядным, убедительным и безопасным.

Успешное выполнение демонстрационных опытов требует не только знаний и педагогического опыта, но и специальных навыков, самой тщательной предварительной подготовки и проверки. Каждый опыт, даже если он освоен и неоднократно проводился, проверяют до урока. Как поступить, если опыт не удался? По этому поводу дал ценную методическую рекомендацию известный ученый и педагог И. А. Каблуков: «В случае неудачи поставленного опыта, я старался тут же разъяснить слушателям причину неудачи, и в некоторых случаях неудавшийся опыт был поучительнее удавшегося»¹.

Учитывая условия школы, авторы избегали сложного оборудования. Предлагаемые приборы в пособии отличаются простотой, доступностью, надежностью и безопасны при демонстрации. Для многих приборов рекомендуется электрообогрев — доступный источник нагревания. Большое внимание в книге уделено технике безопасности выполнения опытов, а также вопросу выяснения причин неудачных демонстраций.

В книге опыты располагаются в той последовательности, в какой они даны в программе по каждому классу. По VII классу рассматриваются демонстрационные опыты по таким разделам курса: основные химические понятия; кислород и его соединения; водород и его соединения; вода и ее свойства; растворы; оксиды, основания, кислоты, соли.

При описании демонстрационного эксперимента курса химии VIII класса большое внимание уделено теме «Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева». Много новых опытов приведено в главах «Галогены» и «Сера и ее соединения». Учителям химии рекомендуются для проведения наиболее яркие опыты. Освещение эксперимента для VIII класса завершается темой «Скорость химических реакций и химическое равновесие». Эта тема новая для школы, опытов по ней очень мало, поэтому она рассмотрена более подробно.

Опыты по курсу химии IX класса затрагивают следующие вопросы: электролитическая диссоциация; азот и фосфор; углерод и кремний; металлы, электрохимические процессы (электролиз, коррозия металлов и защита их). Демонстрационные

¹ Каблуков И. А. Курс лекций неорганической химии. М., 1940, с. 4.

опыты по органической химии в X классе охватывают разделы: углеводороды; кислород- и азотсодержащие соединения.

Всего в пособии описано около 300 опытов. Это позволяет заменять одни опыты другими и согласовывать число их со временем, отводимым на демонстрации. Для удобства к каждому демонстрационному опыту дан перечень необходимого оборудования и материалов.

Главы 1—7, 10, 11, 14, 15 написаны Г. П. Хомченко; главы 8, 9, 12, 13 — Ф. П. Платоновым, главы 16—18 — И. Н. Чертковым.

Авторы будут благодарны за все замечания и предложения, которые они надеются получить от тех, кто будет пользоваться данным пособием.

1. ОЧИСТКА ВЕЩЕСТВ

Опыт 1-1. Фильтрация мутной воды.

Оборудование и материалы. Химические стаканы, стеклянная палочка, воронка для фильтрования, мел, глина, фильтровальная бумага.

Стакан наполовину заполните водой и взболтайте в ней измельченный мел или глину. Раствор профильтруйте через фильтр (отделение нерастворимых примесей), сливая его по стеклянной палочке (рис. 1-1).

Опыт 1-2. Разделение воды и бензина с помощью делительной воронки.

Оборудование и материалы. Делительная воронка, стакан, бензин.

В делительную воронку на 100 мл налейте воду и бензин, смесь взболтайте, дайте отстояться и слейте нижний слой жидкости (рис. 1-2).

Опыт 1-3. Очистка воды перегонкой.

Оборудование и материалы. Штатив с кольцом, лапкой и сеткой, штатив с лапкой, горелка, холодильник, колба Вюрца, коническая колба, аллонж, термометр, стеклянные капилляры, часовые стекла, раствор перманганата калия.

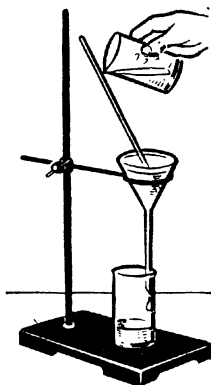


Рис. 1-1. Фильтрация.

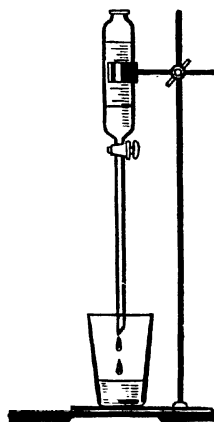


Рис. 1-2. Делительная воронка.

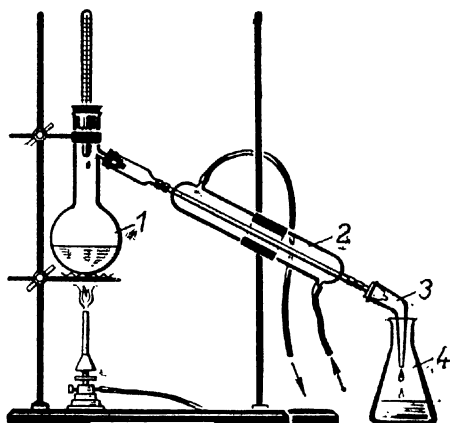


Рис. 1-3. Прибор для перегонки:
1 — перегонная колба; 2 — холодильник; 3 — аллонж; 4 — приемник.

Соберите прибор для перегонки¹ по рисунку 1-3. В колбу Вюрца налейте до половины водопроводной воды. К воде для очистки ее от органических веществ добавьте 3—4 капли раствора перманганата калия и 4—5 капель серной кислоты. На дно колбы поместите заранее приготовленные стеклянные капилляры, которые необходимы для равномерного кипения жидкости. Отверстие колбы закройте пробкой с термометром. Шарик термометра должен находиться немного ниже уровня отводной трубки колбы.

Отводную трубку колбы через пробку соедините с холодильником (рис. 1-3). Нижнюю каучуковую трубку присоедините к водопроводному крану и пустите не очень сильную струю воды. Заполнив холодильник, вода будет непрерывно вытекать через верхнюю трубку. На конец холодильника наденьте аллонж и опустите в приемник.

Закончив сборку прибора, нагрейте воду в колбе до кипения. Отбросьте первую небольшую порцию дистиллята, после чего соберите 5—10 мл.

На часовое стекло поместите несколько капель полученной воды и выпарьте над горелкой. Прodelайте то же самое с водопроводной водой. Сравните результаты выпаривания. Чистая вода не должна давать остатка после выпаривания.

Опыт 1-4. Очистка медного купороса перекристаллизацией.

Оборудование и материалы. Штатив с кольцом и сеткой, горелка, воронка Бюхнера, водоструйный насос, кристаллизатор, стакан, стеклянная палочка, фильтровальная бумага, медный купорос (загрязненный), лед.

Исходная соль содержит нерастворимые в воде примеси — песок, кусочки угля, а также небольшие количества соли хлорида калия. Химический стакан на $\frac{1}{4}$ наполните водой

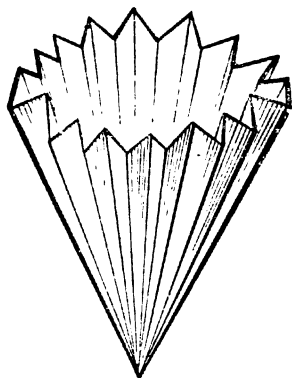


Рис. 1-4. Складчатый фильтр.

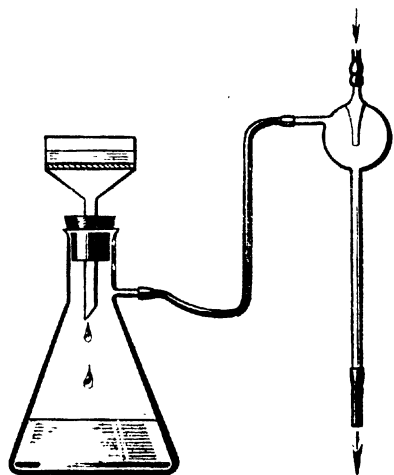


Рис. 1-5. Фильтрование на воронке Бюхнера.

и на сетке нагрейте ее почти до кипения. В этой воде растворите загрязненный медный купорос, все время помешивая стеклянной палочкой. Соли следует взять на 4—5 г больше, чем воды.

Горячий раствор профильтруйте (см. опыт 1-1). Для ускорения фильтрования рекомендуется применять складчатый фильтр, который готовят заранее (рис. 1-4). Для этого сначала делают гладкий (обычный) фильтр большого размера, затем складывают его пополам и каждую половину сгибают несколько раз в одну и другую сторону, подобно гармонике. При фильтровании раствора фильтр не должен доходить до краев воронки на 5—10 мм.

Упарьте профильтрованный раствор наполовину, нагревая стакан на асбестированной сетке пламенем горелки. Фильтрат охладите сначала до комнатной температуры, а потом до 0°C (в кристаллизаторе с водой и льдом). Полученный раствор вместе с кристаллами называется маточным.

Выпавшие кристаллы соли отделите от маточного раствора фильтрованием. Лучше всего фильтрование проводить при пониженном давлении на воронке Бюхнера (рис. 1-5). Воронку Бюхнера с резиновой пробкой вставьте в колбу Бунзена (толстостенная колба с отростком). На пластинку из воронки с порами поместите кружок фильтровальной бумаги, которую смочите водой. Наполните воронку фильтруемым раствором, а боковой отросток соедините с водяным насосом.

Кристаллы промойте 5—10 мл холодной дистиллированной воды. Затем отожмите их между листками фильтровальной бумаги так, чтобы они не прилипали к сухой стеклянной палочке.

Опыт 1-5 *. Очистка иода возгонкой¹.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, кольцом, сеткой и горелкой, ступка с пестиком, круглодонная колба и стакан на 500 мл, иод кристаллический, иодид калия, оксид кальция.

Иод, поступающий в продажу, обычно загрязнен хлором, бромом и водой. Для его очистки отвесьте 10 г, перенесите в ступку и разотрите с 1 г иодида калия и 2 г прокаленной извести, которая поглощает воду. Смесь перенесите в сухой стакан и накройте круглодонной колбой, содержащей холодную воду (рис. 1-6). Колбу укрепите в лапке штатива. Стакан осторожно нагрейте очень маленьким пламенем. Иод возгоняется, пары его охлаждаются на поверхности колбы и оседают на ней в виде кристаллов.

Соберите кристаллы иода в склянку со стеклянной пробкой. Очистите круглодонную колбу, растворив остатки иода в растворе иодида калия.

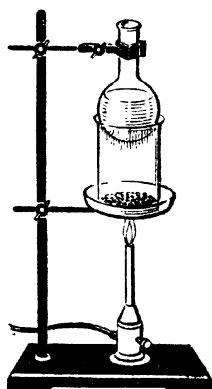


Рис. 1-6. Возгонка иода.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Опыт 1-6. Сгибание и вытягивание стеклянной трубки.

Оборудование и материалы. Горелка, насадка «ласточкин хвост», ступка с пестиком, стеклянные трубки диаметром 8—10 мм, напильник.

При сгибании трубки необходимо пользоваться плоским пламенем с большой поверхностью. Чтобы получить такое пламя, на горелку надевают насадку «ласточкин хвост» (рис. 1-7).

Стеклянную трубку держат вдоль пламени, медленно вращая ее вокруг оси, чем достигается равномерное нагревание. Когда трубка делается настолько мягкой, что может согнуться под собственной тяжестью, выньте ее из пламени, легкими усилиями рук согните под нужным углом и дайте остыть.

Для вытягивания трубки нагрейте ее на горелке, вращая вокруг оси до размягчения, и затем, вынув из пламени, быстро растяните

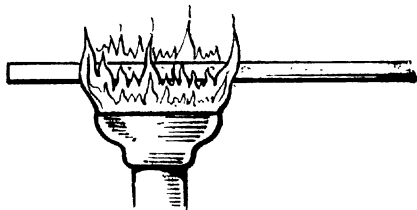


Рис. 1-7. Насадка «ласточкин хвост».

¹ Опыты, отмеченные звездочкой, являются дополнительными, их выполняют по усмотрению учителя.

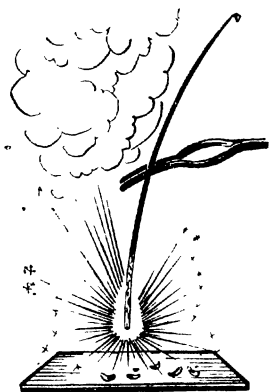


Рис. 1-8. Горение магния.

в обе стороны до получения капилляра. Дайте остыть и разрежьте трубку напильником посредине капилляра. Острые концы трубок оплавляйте в пламени горелки до тех пор, пока они не сделаются закругленными, что определяют по появлению желтого окрашивания пламени¹.

Демонстрация других физических явлений: включение электрической лампочки, образование порошка при растирании мела и т. п.

Опыт 1-7. Изменение сахара при нагревании.

Оборудование и материалы. Горелка, штатив с кольцом и сеткой, коническая колба, сахарный песок.

В коническую сухую колбу всыпьте чайную ложку сахара. Осторожно нагревайте колбу. Вначале сахар плавится (физическое явление), а затем начинает разлагаться (химическое явление). Образуются вода (капли на стенках колбы) и уголь.

Опыт 1-8. Горение магния.

Оборудование и материалы. Горелка, тигельные щипцы, темные очки, металлическая подставка, лента магния.

Очистите шкуркой ленту магния (10—15 см) и протрите ее фильтровальной бумагой. Из очищенной ленты сделайте спираль, туго накручивая на стеклянную палочку.

Спираль из ленты магния возьмите металлическими щипцами и подожгите, держа над металлической подставкой. Магний энергично сгорает, испуская очень яркий свет (рис. 1-8), богатый ультрафиолетовыми лучами. Образующийся белый порошок оксида магния соберите в пробирку.

Чтобы не слепило глаза при горении магния, наденьте темные очки.

Опыт 1-9. Воспламенение парафина.

Оборудование и материалы. Пробирка в держалке, ведро с водой, парафин.

Заполните пробирку примерно на $\frac{1}{3}$ мелкими кусочками парафина и нагрейте до бурного кипения, после чего с высоты 15—20 см тонкой струей вылейте в ведро с водой. Происходит воспламенение парафина и образование большого пламени.

¹ Данный опыт знакомит учащихся не только с примером физического явления, но и с элементами работы со стеклом.

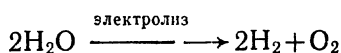
3. ПОСТОЯНСТВО СОСТАВА ВЕЩЕСТВ

Опыт 1-10. Электролиз воды.

Оборудование и материалы. Прибор для электролиза воды — аппарат Гофмана (рис. 1-9), батарея гальванических элементов на 6—12 В (при использовании сети переменного тока — выпрямитель и реостат), горелка, лучинка, 2 резиновые трубочки, 2 пробирки, серная кислота (20%-ный раствор).

Опыт проводится в несколько видоизмененном аппарате Гофмана (рис. 1-9). Устройство, заполнение прибора и работа с ним ясны из рисунка.

Прибор наполняют раствором серной кислоты через шарообразную воронку. Когда раствор дойдет до кранов, закройте их. Подсоедините электроды к источнику электрического тока. Выделяемые газы собираются в верхней части трубок прибора. При этом легко заметить, что водорода образуется по объему примерно в 2 раза больше, чем кислорода:



После окончания электролиза идентифицируйте газы. Для этого подсоедините к каждому крану маленькую трубочку и наденьте на них пробирки. Поднимите резервуар на максимально возможную высоту, чтобы газы находились под повышенным давлением. При открывании крана трубки с водородом газ поступит в пробирку, после этого кран закройте, а отверстие пробирки зажмите пальцем и поднесите пробирку к пламени горелки (испытание на водород). Точно так же наполните пробирку кислородом и испытайте его тлеющей лучинкой (распознавание кислорода). По окончании опыта полностью выпустите из прибора полученные газы.

В заключение следует сделать расчет, весовых количеств получившихся газов.

Поскольку из воды получается 2 объема водорода и один объем кислорода, а кислород тяжелее водорода в 16 раз, то очевидно, если масса выделившегося объема кислорода равна 16 г, то для двух объемов водорода она составит 2 г. Отсюда массовые соотношения водорода к кислороду в воде 2:16 или 1:8.

Опыт 1-11. Синтез воды.

Оборудование и материалы. Эвдиометр, штатив с лапкой, горелка, индукционная катушка, ванночка с водой, лучинка, охлажденная дистиллированная вода.

Опыт проводят в эвдиометре (рис. 1-10), который представляет собой толстостенную

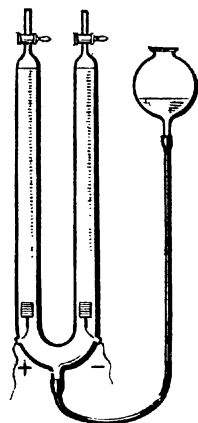


Рис. 1-9. Прибор для электролиза воды и водных растворов.

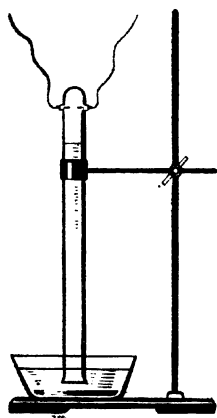


Рис. 1-10. Эвдиометр.

стеклянную трубку длиной 50 см и диаметром 2 см, запаянную с одного конца и впаянными в этом месте двумя платиновыми или медными проволочками. В самодельных эвдиометрах трубку закрывают пробкой с двумя медными или железными стержнями (электродами) сечением 0,5—1 мм (концы стержней сдвинуты друг к другу на расстояние 0,5 см). На верхней части эвдиометра нанесены 4 деления ценой 1,5 см. Эвдиометр укрепляют в штативе в вертикальном положении, погружая отверстием в воду.

Наполните эвдиометр охлажденной кипяченой водой, опустите в сосуд с водой и укрепите в лапке штатива. Затем введите в него 2 объема (два деления) кислорода и 2 объема водорода (еще два деления). Всегда берут равные объемы кислорода и водорода, чтобы по окончании опыта осталась часть неиспользованного кислорода (газы можно получать в любом пригодном для этого приборе).

Подожгите смесь газов включением в цепь индукционной катушки. При проскакивании искры происходит взрыв. При плохом закреплении в штативе эвдиометр при взрыве может выскочить. Если газы вытолкнут воду из эвдиометра, опыт следует поставить заново. После взрыва в эвдиометре остается вместо 4 объемов газов один объем (одно деление). Переверните трубку и покажите (внесением тлеющей лучинки), что непрореагировавший газ является кислородом.

Из опыта следует, что прореагировало 2 объема водорода (2 г) и один объем кислорода (16 г), т. е. водород и кислород реагируют в отношении 2:16 или 1:8.

Опыты 1-10 и 1-11 обычно ставят при изучении постоянства состава веществ.

4. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ ВЕЩЕСТВ

Опыт 1-12. Обжиг железа на весах (модель опыта Бойля).

Оборудование и материалы. Технохимические весы с разновесом, горелка, подковообразный магнит, кристаллизатор, часовое стекло, дробь или песок (для тарирования), порошок восстановленного железа, кусок проволочки.

На левую чашку весов поставьте кристаллизатор, закройте его часовым стеклом, на которое насыпьте порошок восстановленного железа. К дужке левой чашки весов с помощью проволочки подвесьте магнит так, чтобы он висел над часовым стеклом. На правую чашку весов положите листок бумаги, а на нее

дробь или песок в количестве, уравнивающем весы. Арретируйте весы.

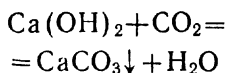
Прикоснитесь порошком железа к магниту. Когда порошок железа притянется к магниту (рис. 1-11), убедитесь, что весы находятся в равновесии, и снова арретируйте их.

Пламенем спички или горелки обведите снизу висящее на магните железо. Оно при этом окисляется — превращается в окалину, и левая чашка весов опускается вниз. «При обжиге металла вес прибывает» — так записал Р. Бойль.

Опыт 1-13. Горение свечи на весах в замкнутом пространстве (модель опыта М. В. Ломоносова).

Оборудование и материалы. Технохимические весы с разновесом, коническая колба емкостью 500—750 мл с резиновой пробкой, стеклянная палочка, свеча, дробь или песок (для тарирования), известковая вода.

На изогнутом конце стеклянной палочки укрепите свечу. Палочку вставьте в пробку, которой плотно закройте коническую колбу (рис. 1-12). Колбу поставьте на левую чашку весов и уравновесьте дробью или песком и арретируйте весы. Снимите колбу, выньте пробку, зажгите свечу, внесите в колбу и плотно закройте ее пробкой. После этого включите весы. Через некоторое время горение свечи прекращается, однако равновесие весов все время сохраняется, что указывает на неизменяемость массы веществ при химической реакции (горении). Запотевшие стенки колбы свидетельствуют, что одним из продуктов горения свечи является вода. Другой продукт реакции — углекислый газ — легко обнаружить, если в колбу налить около 20 мл прозрачной известковой воды и жидкость встряхнуть. Жидкость помутнеет в результате образования карбоната кальция:



М. В. Ломоносов записал (1756 г.): «Оными опытами

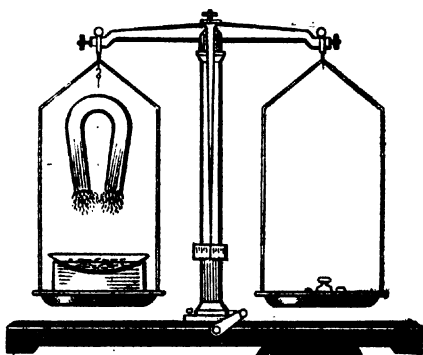


Рис. 1-11. Обжиг железа на весах (модель опыта Бойля).

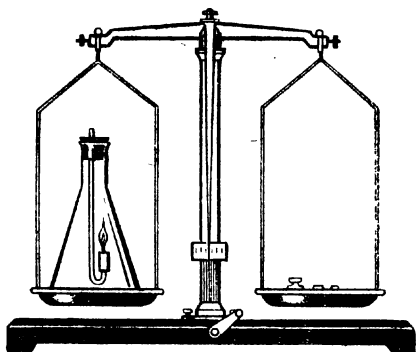


Рис. 1-12. Горение свечи на весах в замкнутом пространстве (модель опыта М. В. Ломоносова).

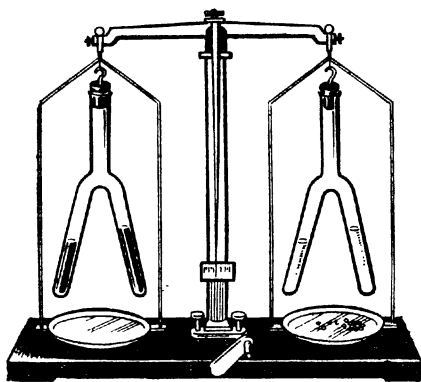


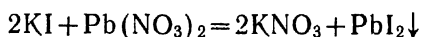
Рис. 1-13. Сохранение массы вещества при реакции в замкнутом пространстве (модель опыта Ландольта).

иодид калия (0,5 М раствор), нитрат свинца (0,25 М раствор), хлорид железа (III) (0,03 М раствор), роданид калия (0,01 М раствор).

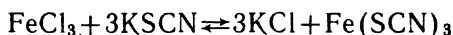
Одно колено чисто вымытого сосуда Ландольта (рис. 1-13) осторожно наполните наполовину раствором иодида калия с помощью воронки, на которую надета резиновая трубка. Затем воронку и трубку тщательно промойте дистиллированной водой, вставьте во второе колено и также наполовину наполните его раствором нитрата свинца (II). Выньте воронку с трубкой так, чтобы капли не попали в первое колено, отверстие сосуда плотно закройте пробкой и подвесьте его проволоочной петлей на дужку левой чашки весов.

Так же заполните второй сосуд Ландольта: левое колено сосуда раствором хлорида железа (III), правое — раствором роданида калия (каждое наполовину). Плотно закройте сосуд пробкой и повесьте его проволоочной петлей на дужку правой чашки весов. Дробью или песком уравновесьте весы.

Осторожно наклоните один сосуд так, чтобы растворы перемешались. Образовавшийся золотисто-желтый иодид свинца (II) выпадает в осадок:



Весы остаются по-прежнему уравновешенными; это показывает, что масса веществ при реакции не изменилась. Аналогичный результат получается во втором сосуде:



нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в полной мере»¹.

Опыт 1-14. Сохранение массы веществ при химических реакциях в замкнутом пространстве (модель опыта Ландольта).

Оборудование и материалы. Технохимические весы с разновесом, дробь или песок для тарирования, 2 сосуда Ландольта с резиновыми пробками и проволоочными крючками (рис. 1-13), маленькая воронка и 2 резиновые трубки длиной около 15 см, шириной соответствующие диаметру носика воронки,

¹ Капустинский А. Ф. Очерки по истории неорганической и физической химии в России. М.—Л., 1949, с. 23.

Г. Ландольт проводил подобные опыты в течение 16 лет (1892—1908 гг.) и взвешивал с точностью до 0,00003 г. Этими опытами он подтвердил правильность закона сохранения массы веществ.

5. ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Опыт 1-15. Термическое разложение оксида ртути (II) (реакция разложения).

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, горелка, тугоплавкая пробирка с пробкой и газоотводной трубкой, кристаллизатор, цилиндр для собирания газа со стеклянной пластинкой, оксид ртути (II), лупина.

Оксид ртути (II) разлагается при нагревании до 500°C . В пробирку из тугоплавкого стекла поместите около 2,5 г оксида ртути (II) и закройте пробкой с проходящей сквозь нее трубкой. Укрепите пробирку в штативе на требуемой высоте над горелкой. Газоотводную трубку в сосуд для сбора кислорода над водой (рис. 1-14) вводят после того, как установится равномерное выделение газа.

Нагревайте пробирку сначала осторожно, а затем сильнее до тех пор, пока в пробирке не исчезнет почти весь оксид ртути (II). Продемонстрируйте образовавшуюся ртуть (лучше на черном фоне), а кислород испытайте тлеющей лучинкой.

После окончания опыта необходимо сначала вынуть из ванны газоотводную трубку, а затем отнять горелку. Ртуть хранят в хорошо закрытых склянках. Ни в коем случае ее нельзя держать в открытых сосудах или выливать в раковину.

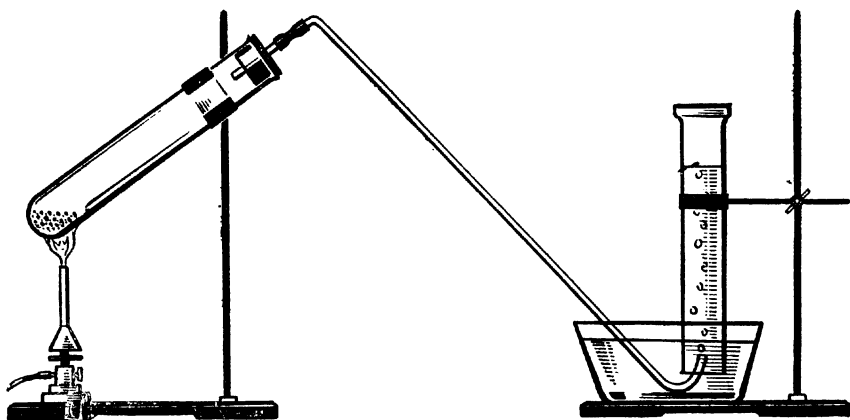


Рис. 1-14. Прибор для получения газов. Разложение оксида ртути (II).

Опыт 1-16. Термическое разложение оксида серебра (реакция разложения)¹.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, горелка, пробирка с газоотводной трубкой, кристаллизатор, цилиндр со стеклянной пластинкой, оксид серебра, лучина.

Опыт проводится аналогично опыту 1-15 (см. рис. 1-14). Из 1 г оксида серебра выделяется примерно 50 мл кислорода (при комнатной температуре). 3 г высушенного оксида серебра поместите в пробирку. Нагревать оксид серебра следует осторожно: при температуре около 300°C он бурно разлагается. После вытеснения воздуха кислородом соберите его в цилиндр и испытайте тлеющей лучинкой. По окончании опыта выньте из воды газоотводную трубку, после чего отставьте горелку.

Растворите в пробирке белый порошок серебра в небольшом количестве концентрированной азотной кислоты и сохраните как реактив.

Опыт 1-17. Термическое разложение малахита².

Оборудование и материалы. Пробирка, пробка с газоотводной трубкой, стакан с известковой водой, горелка, штатив с лапкой, малахит (основной карбонат меди $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$).

Соберите прибор, как показано на рисунке 1-15. Отверстие пробирки должно быть ниже, чем доньшко, чтобы образующаяся вода стекала по газоотводной трубке.

Положите немного порошка малахита в пробирку и разровняйте его так, чтобы он тонким слоем располагался от доньшка до середины пробирки. Затем плотно закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Последнюю опустите в стакан с известковой водой.

Сначала горелкой прогрейте всю пробирку, после чего нагревайте ее в том месте, где лежит порошок малахита, начиная от середины пробирки. Наблюдается изменение цвета вещества и помутнение известковой воды. Когда выделение углекислого газа прекратится, не прекращая нагревания, выньте газоотводную трубку из стакана с известковой водой, погасите горелку, дайте пробирке остыть. Полученный оксид меди (II) сохраните как реактив.

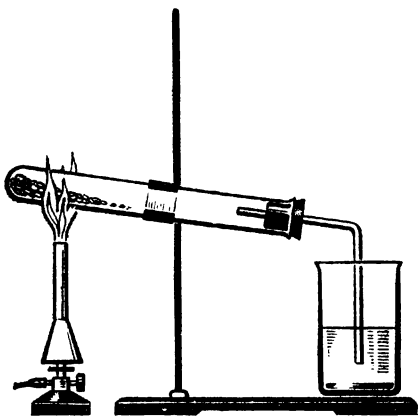


Рис. 1-15. Разложение малахита.

¹ Опыт проводят вместо опыта 1-15 при наличии оксида серебра.

² Опыт часто проводят взамен опытов 1-15 и 1-16.

Опыт 1-18. Синтез сульфида железа (реакция соединения).

Оборудование и материалы. Горелка, треножник, кафельная плитка, стеклянная палочка, лист бумаги, сера в порошке, восстановленное железо в порошке.

На лист бумаги высыпьте 4 г порошкообразной серы и 7 г восстановленного железа в порошке. Смесь тщательно перемешайте. На треножник положите кафельную плитку (можно асбестированную сетку) и поместите приготовленную смесь конусообразной кучкой. В пламени горелки накалите конец стеклянной палочки и прикоснитесь им к смеси. Эту операцию повторяйте до тех пор, пока не появится красное свечение, которое, начавшись, распространяется по всей массе смеси (рис. 1-16). Если стеклянную палочку не отнимать от смеси, то она приплавляется к сульфиду железа (II), и в таком виде его удобно демонстрировать, накалять в пламени горелки, подносить к магниту.

Опыт 1-19. Синтез сульфида цинка (реакция соединения).

Оборудование и материалы. Горелка, треножник, кафельная плитка, стеклянная палочка, большой лист синей бумаги, порошкообразная сера, порошкообразный цинк (цинковая пыль).

Осторожно смешайте 6 г порошкообразного цинка и 3 г порошкообразной серы. На большой лист синей бумаги поставьте треножник, а на него положите кафельную плитку. На плитку высыпьте приготовленную смесь конусообразной кучкой. На горелке накалите конец стеклянной палочки и коснитесь им смеси, держа палочку на расстоянии вытянутой руки. Смесь вспыхивает и горит зеленоватым пламенем (для усиления эффекта сгорания реакцию проводят в затемненном помещении). На бумагу выпадают белые хлопья сульфида цинка.

После опыта соберите сульфид цинка и сохраните для последующих опытов.

Примечание. Соблюдайте осторожность при смешивании, так как смесь компонентов может взорваться от удара. Нельзя опыт выполнять в пробирке. Из-за образования вредного оксида серы (IV) и густого белого дыма сульфида цинка демонстрацию этого опыта следует проводить в конце урока или в вытяжном шкафу.

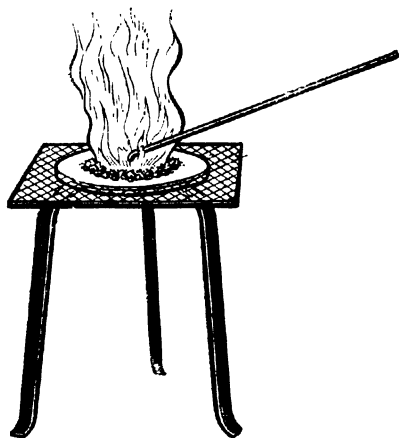
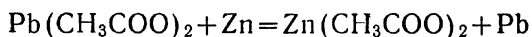


Рис. 1-16. Синтез сульфида железа (II).

Опыт 1-20. Вытеснение свинца цинком (реакция замещения).

Оборудование и материалы. Большой стакан, стеклянная палочка, нитки, раствор ацетата свинца (0,4%-ный), 30%-ный раствор уксусной кислоты, пластинки цинка.

Приготовьте 200 мл 0,4%-ного раствора ацетата свинца и подкислите его 5—6 каплями 30%-ной уксусной кислоты (во избежание гидролиза соли). Затем нарежьте 4—5 узких полосок цинка, свяжите их ниткой и подвесьте на стеклянной палочке. Налейте в большой стакан приготовленный раствор ацетата свинца и погрузите в него полоски цинка:

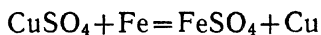


Через некоторое время образуется так называемое «сатурново дерево»: пластинки цинка постепенно обрастают черным пушистым налетом свинца. Чем дольше стоит раствор, тем интереснее получается «дерево».

Опыт 1-21. Вытеснение меди железом (реакция замещения).

Оборудование и материалы. Стакан емкостью 500 мл, стеклянная палочка, стакан с водой, железная пластинка шириной 3 см и длиной 25 см, наждачная бумага, фильтровальная бумага, медный купорос (насыщенный раствор), серная кислота (0,5 М).

Налейте в стакан около 300 мл раствора медного купороса и подкислите его 1 мл 0,5 М раствора серной кислоты. Это необходимо для того, чтобы слой меди получался блестящим, а образующийся железный купорос не сразу окислялся. Тщательно вычистите железную пластинку наждачной бумагой и опустите ее в раствор медного купороса. Примерно через минуту выньте пластинку из раствора, ополосните водой и протрите фильтровальной бумагой — образовалось ровное блестящее покрытие железной пластинки слоем меди:



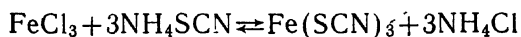
Если в оставшийся раствор медного купороса поместить крупные железные опилки слоем до 1 см и раствор хорошо перемешать стеклянной палочкой, то опилки покроются медью, а раствор приобретет зеленоватый оттенок, характерный для железного купороса.

Опыт 1-22. Взаимодействие хлорида железа(III) с роданидом аммония (реакция обмена)¹.

Оборудование и материалы. Стакан, стеклянная палочка, 5%-ные растворы хлорида железа(III) и роданида аммония.

¹ Реакции обмена обычно рассматривают при изучении темы «Водород и его соединения» (см. гл. 3).

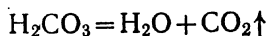
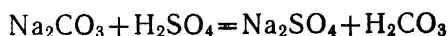
Стакан на $\frac{1}{2}$ заполните раствором хлорида железа (III) и добавляйте раствор роданида аммония до появления кроваво-красного цвета. Содержимое перемешайте стеклянной палочкой. Окраска раствора обусловлена образованием роданида железа (III):



Опыт 1-23. Взаимодействие карбоната натрия с серной кислотой (реакция обмена).

Оборудование и материалы. Стакан, карбонат натрия кристаллический, раствор серной кислоты.

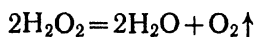
На дно большого стакана поместите около 5 г карбоната натрия (сода) и добавляйте раствор серной кислоты. Происходит реакция обмена соли и кислоты, сопровождающаяся интенсивным выделением газа:



Опыт 2-1. Получение кислорода из пероксида водорода.

Оборудование и материалы. Плоскодонная колба, делительная воронка, простая воронка, цилиндр для собирания кислорода со стеклянной пластинкой, кристаллизатор, 2 штатива с лапками, лучина, пероксид водорода (10%-ный), оксид марганца (IV).

Соберите прибор, как указано на рисунке 2-1. Наполните цилиндр водой и закрепите его в кристаллизаторе. В колбу внесите чайную ложку оксида марганца (IV). В делительную воронку налейте пероксид водорода и по каплям добавляйте его в колбу:



Вытесните воздух из прибора. Проверьте наличие выделяющегося кислорода тлеющей лучиной. Затем подведите газоотводную трубку под опрокинутый цилиндр с водой и наполните его кислородом. Если выделение кислорода замедлится, можно немного подогреть колбу.

По окончании опыта сначала выньте газоотводную трубку из воды. Переверните цилиндр с кислородом и тлеющей лучиной проверьте наличие в нем кислорода.

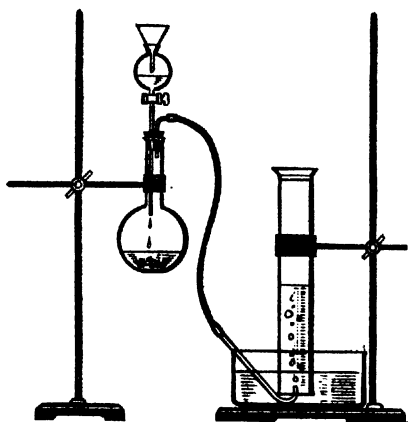


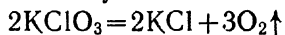
Рис. 2-1. Получение кислорода из пероксида водорода.

Опыт 2-2. Получение кислорода из хлората калия в присутствии оксида марганца (IV).

Оборудование и материалы. 2 штатива с лапками, горелка, пробирка с пробкой и стеклянной трубкой, цилиндр для собирания кислорода со стеклянной пластинкой, кристаллизатор, пробирка, лучина, хлорат калия KClO_3 , оксид марганца (IV).

Соберите прибор, как указано на рисунке 1-14, и проверьте его герметичность. Смешайте хлорат калия с оксидом марганца (IV) приблизительно в отношении 2:1. Перед

тем как загружать смесь в прибор, обязательно в отдельной пробирке нагрейте небольшое ее количество. Если реакция спокойно протекает, отсутствуют всплески, можно приступать к опыту. Из 1 г хлората калия получают около 300 мл кислорода:



Проверьте начало разложения хлората калия, поднося к отверстию газоотводной трубки тлеющую лучину. Если лучина вспыхнет, подведите газоотводную трубку под опрокинутый цилиндр с водой.

Во время опыта регулируйте нагревание пробирки, чтобы не допустить слишком бурного выделения кислорода, так как при этом может частично выделяться хлор. Кислород должен выделяться со скоростью, позволяющей считать его пузырьки.

После окончания опыта сразу выньте газоотводную трубку, ибо в противном случае в пробирку будет втягиваться вода. Полученный кислород испытайте при помощи тлеющей лучинки.

Опыт 2-3. Горение в кислороде угля, серы, фосфора и железа.

Оборудование и материалы. Газометр или баллон с кислородом, промывалка Тищенко с концентрированной серной кислотой, 4 металлических, покрытые асбестом ложечки, горелка, напильник, 4 банки на 1000 мл, 4 стекла для покрытия стаканов, шпатель или ложечка, тигельные щипцы, наждачная шкурка, корковая пробка, стеклянная трубка по высоте стакана, согнутая под прямым углом, уголь, сера, красный фосфор, тонкая железная проволока, синие лакмусовые бумажки. большого размера, известковая вода, дистиллированная вода.

Наполните 4 банки кислородом путем медленного вытеснения воздуха из них. Кислород пропускайте через промывалку Тищенко с концентрированной серной кислотой.

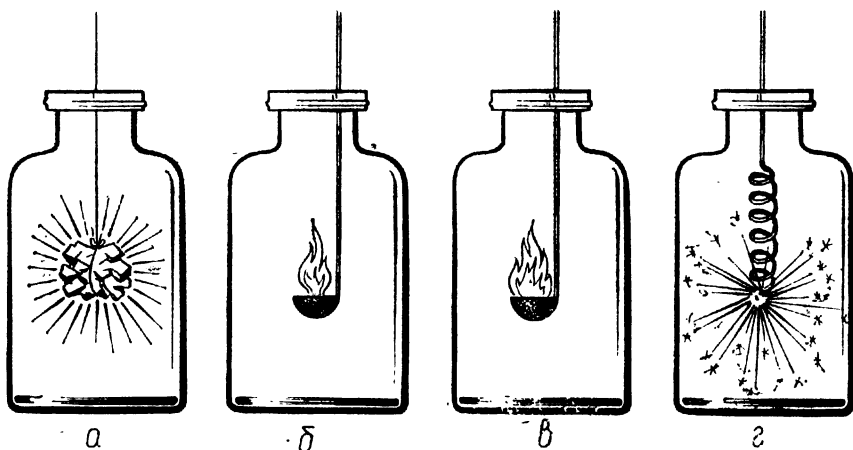
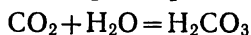
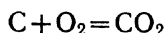
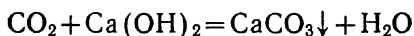


Рис. 2-2. Горение в кислороде:
а — угля; б — серы; в — фосфора; г — железа.

а) *Горение угля.* Налейте в банку с кислородом около 100 мл дистиллированной воды и опустите в стакан накалившийся небольшой кусочек древесного угля, помещенный на железную асбестированную ложечку для сжигания (рис. 2-2, а). После полного сгорания угля взболтайте воду в банке с образовавшимся углекислым газом для его растворения; проверьте синей лакмусовой бумажкой реакцию среды:

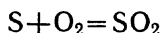


Прилейте в банку прозрачной известковой воды:

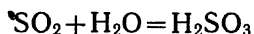


Появление взвеси указывает на наличие углекислого газа.

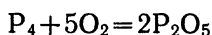
б) *Горение серы.* Во вторую банку с кислородом и дистиллированной водой опустите кусочек зажженной серы (рис. 2-2, б):



Отметьте различие в яркости пламени горящей серы в воздухе и в кислороде. Взболтайте образовавшийся оксид серы (IV) с водой в банке, прикрывая ее стеклом. Проверьте лакмусом реакцию среды:



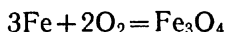
в) *Горение фосфора.* В третью банку с кислородом и дистиллированной водой опустите ложечку с красным фосфором, зажженным на воздухе. Фосфор горит ослепительным пламенем (рис. 2-2, в):



После окончания горения взболтайте оксид фосфора с водой и сделайте пробку лакмусом:



г) *Горение железа.* В банке для сжигания железа насыпьте чистый песок, который должен покрыть все дно на 2—3 см. Это необходимо, чтобы банка не лопнула от расплавленной железной окалины. Тонкую железную проволоку тщательно очистите шкуркой от оксидов. На стеклянной палочке сделайте спираль из этой проволоки. К концу спирали прикрепите корковую пробку или ее часть для поджигания железа. Удерживая спираль тигельными щипцами, подожгите пробку. Спираль медленно опустите в кислород. Железо горит с сильным треском без пламени, разбрасывая яркие искры (рис. 2-2, г):

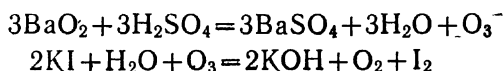


Опыт протекает нагляднее, если сжигание железа проводить при непрерывной подаче кислорода, т. е. в его избытке.

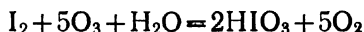
Опыт 2-4. Получение озона из пероксида бария и серной кислоты.

Оборудование и материалы. Прибор для получения озона (рис. 2-3), штатив с лапкой, стакан для охлаждающей смеси по величине колбы Вюрца, делительная воронка, стаканы для демонстрации запаха озона и реакций с озоном (100—200 мл), пероксид бария, серная кислота (пл. 1,84), иодокрахмальный раствор и иодокрахмальные бумажки, лед или охлаждающая смесь, дистиллированная вода.

В колбу Вюрца (рис. 2-3) насыпьте 15—20 г пероксида бария BaO_2 . В делительную воронку налейте охлажденную концентрированную серную кислоту. В стакан, куда погружается колба Вюрца, положите лед или налейте охлаждающую смесь. Под отводную трубку поставьте стакан с иодокрахмальным раствором. Через делительную воронку в колбу Вюрца по каплям приливайте концентрированную серную кислоту. При прохождении озона через иодокрахмальный раствор последний окрашивается в синий цвет:



В избытке озона иод окисляется и раствор обесцвечивается:



В другие стаканы налейте дистиллированной воды, пропустите озон и иодокрахмальной бумажкой докажете наличие озона. Озон можно обнаружить и по запаху.

Опыт 2-5. Получение озона в озонаторе.

Оборудование и материалы. Озонатор любой конструкции, аккумулятор на 6—12 В, индукционная катушка, газометр с кислородом, склянка Тищенко с концентрированной серной кислотой, 2 стакана, иодокрахмальный раствор, иодокрахмальные бумажки.

Озонатор (рис. 2-4) через промывную склянку Тищенко, содержащую концентрированную серную кислоту, соедините с газометром, наполненным кислородом. Трубку, отводящую озон из озонатора, погрузите в стакан с иодокрахмальным раствором. Электроды озонатора соедините со вторичной обмоткой индукционной катушки; первичную обмотку присоедините к аккумулятору.

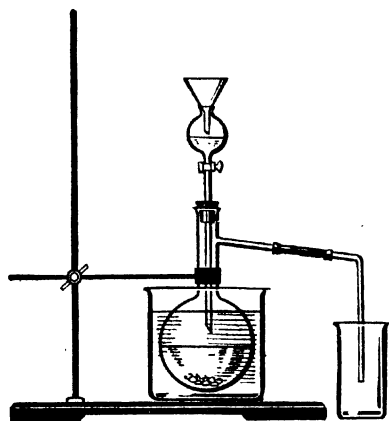


Рис. 2-3. Прибор для получения озона.

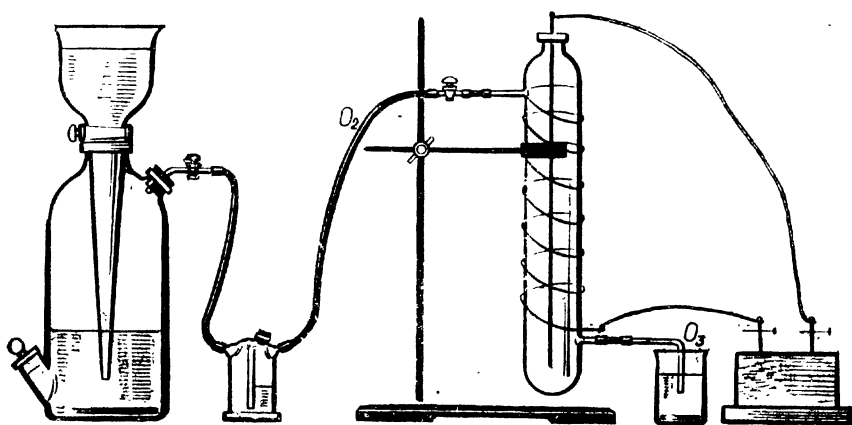
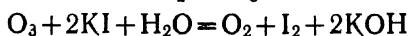
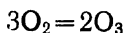


Рис. 2-4. Получение озона из кислорода в озонаторе.

Включив индукционную катушку, пропустите через озонатор медленный ток кислорода. Кислород, подвергаясь действию тихого электрического разряда, частично превращается в озон, от действия которого иодокрахмальный раствор в стакане окрашивается в синий цвет. Чтобы ознакомиться с характерным запахом озона, поставьте под трубку, отводящую озон, стакан с водой для получения раствора озона:



Примечание. Иодокрахмальный раствор приготавливают следующим образом: растворяют в 0,5 л дистиллированной воды 1 г иодида калия, доводят раствор до кипения и добавляют к нему 1 г суспензированного крахмала. Пропитывают этим раствором фильтровальную бумагу и высушивают ее в затемненном месте. Иодокрахмальный раствор и иодокрахмальную бумагу хранят в темных склянках.

Опыт 2-6. Состав воздуха.

Оборудование и материалы. Стекланный колокол емкостью 3—5 л с верхним тубусом и хорошо подогнанной пробкой (или бутыл с отрезанным дном), кристаллизатор, фарфоровая чашка диаметром 5—6 см, стеклянная палочка (по высоте колокола), штатив с лапкой, горелка, лучина, красный фосфор.

Стекланный колокол разделите на 6 равных по объему частей. Для этого закройте тубус пробкой и переверните колокол тубусом вниз, наполните его до краев водой. Измерив таким образом общий объем, снова налейте в колокол воду уже частями — по $\frac{1}{6}$ общего объема, отмечая каждый раз соответствующий уровень воды. Потом на сухую внешнюю поверхность колокола нанесите прочные и хорошо заметные деления (изоляционной лентой, масляной краской и т. п.). В качестве меток могут быть использованы полоски ярко окрашенной бумаги, ко-

торые затем покрывают слоем расплавленного парафина или прозрачной клейкой лентой.

В кристаллизатор наполовину его объема налейте воду, на ее поверхность поместите фарфоровую чашку, в которую положите 1—1,5 г сухого красного фосфора. Фосфор должен быть взят в количестве, несколько большем против требуемого для связывания всего кислорода воздуха, заключенного под колоколом. Вынув пробку из тубуса, поместите колокол в кристаллизатор, укрепите его в зажиме штатива. Погрузите колокол в воду (или подливайте ее) настолько, чтобы уровень воды в кристаллизаторе совпадал с нижним делением колокола, но нижний край последнего не доходил до дна кристаллизатора (рис. 2-5, уровень А).

Сильно нагрейте конец длинной стеклянной палочки в пламени горелки, введите ее в колокол через открытый тубус и, прикасаясь к фосфору, подожгите его. Тотчас удалив палочку, тубус плотно закройте пробкой. Колокол наполняется густым белым дымом оксида фосфора (V).

При горении фосфора объем воздуха внутри колокола вначале от нагревания несколько увеличивается, а уровень воды понижается. По мере расходования кислорода пламя постепенно затухает, горение прекращается, хотя фосфор и не прореагировал полностью. Белый дым постепенно растворяется в воде. Охлаждаясь, газ под колоколом уменьшается в объеме, а уровень воды повышается. В кристаллизатор доливают воды столько, чтобы и внутри и снаружи колокола уровни были одинаковыми и совпадали со вторым делением колокола (рис. 2-5, уровень В). Это значит, что $\frac{1}{5}$ воздуха (кислород) использована при горении фосфора, а оставшиеся $\frac{4}{5}$ представляют собой азот, в котором горящая лучина гаснет.

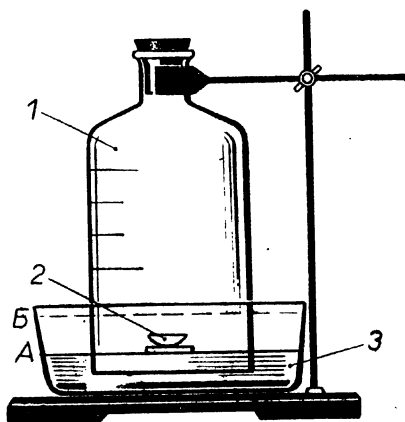


Рис. 2-5. Установление состава воздуха:

1 — колокол; 2 — фосфор; 3 — вода.

Опыт 3-1. Получение водорода при взаимодействии кислоты с цинком.

Оборудование и материалы. Аппарат Киппа, заряженный цинком и серной кислотой (1:5), горелка, кристаллизатор с водой, цилиндр на 250 мл с закрывающим его стеклом, пробирка, промывная склянка с концентрированной серной кислотой, резиновый шланг со стеклянной трубкой, согнутой под прямым углом, металлический штатив с лапкой.

Соберите аппарат Киппа (рис. 3-1) и проверьте его на герметичность. Через верхнее отверстие среднего резервуара заложите резиновую подложку, вставьте газовый кран, закройте верхнюю и нижнюю горловины аппарата пробками. Испытайте аппарат Киппа на герметичность. Для этого места соединений смажьте мыльным раствором, подуйте через газовый кран в аппарат; образование мыльных пузырей покажет места неплотного соединения. *Работать с негерметичным аппаратом Киппа строго воспрещается!*

Для зарядки аппарата Киппа выньте газоотводную трубку с краном и через образовавшееся отверстие загрузите 100—150 г гранулированного цинка и равномерно разместите его на

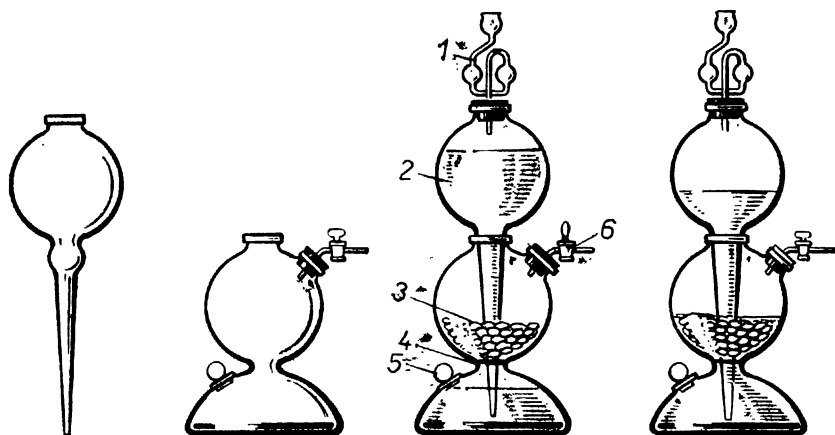


Рис. 3-1. Аппарат Киппа с закрытым и открытым краном:

1 — предохранительная воронка с водой; 2 — соляная кислота; 3 — гранулы цинка; 4 — резиновая прокладка; 5 — пробка сливного отверстия; 6 — газовый кран.

подложке. Проверьте, чтобы ни один кусочек цинка не провалился в нижний резервуар.

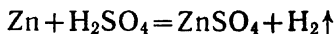
Замените верхнюю резиновую пробку на стеклянную воронку и, открыв кран для выпуска газа, наливайте серную кислоту в верхний резервуар до тех пор, пока кислота не заполнит весь нижний резервуар и ее уровень не поднимется до поверхности гранулированного цинка. При соприкосновении серной кислоты с цинком в среднем резервуаре образуется водород, который, смешиваясь с воздухом, выходит из аппарата Киппа. Через некоторое время кран нужно закрыть. При закрытом кране реакция еще некоторое время продолжается, но под давлением образовавшегося водорода серная кислота вытесняется сначала в нижний, а затем в верхний резервуар и реакция прекращается. Выньте стеклянную воронку и вставьте предохранительную, наполненную водой.

Проведите испытание на чистоту водорода, т. е. на отсутствие гремучей смеси. Для этого к газовому крану аппарата Киппа присоедините резиновый шланг с стеклянной трубкой и через него наполните сухую, опрокинутую вверх дном пробирку водородом. Вынув газоотводную трубку из пробирки и зажав пальцем отверстие пробирки, поднесите ее к пламени горелки, подожгите водород и тут же подожгите им выделяющийся из аппарата Киппа водород. Если же в пробирке была гремучая смесь, то происходит небольшой хлопок. В этом случае из аппарата Киппа выпустите гремучую смесь и снова проведите испытание на чистоту водорода:

Необходимо строго соблюдать правило — *водород поджигать горящим водородом*, а не спичкой или горелкой. В аппарате Киппа всегда должен быть чистый водород. К аппарату Киппа для высушивания водорода присоединяют промывную склянку с концентрированной серной кислотой. Никогда не собирайте водород в сосуды, содержащие воздух, во избежание образования гремучего газа. *Категорически запрещается собирать водород в газометры.*

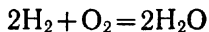
При разрядке аппарата Киппа наденьте резиновые перчатки и предохранительные очки. В раковину поставьте фарфоровый стакан емкостью 2—3 л. Выньте предохранительную воронку и газоотводную трубку из аппарата, поднесите аппарат к раковине и выньте пробку из сливного отверстия. Слейте отработанную кислоту в фарфоровый стакан, снимите верхний резервуар, положите в раковину и, налив воду в средний резервуар, промойте цинк водой. Цинк высыпьте в фарфоровую чашку и достаньте резиновую подложку. Вымойте каждую часть аппарата мыльным раствором, сполосните водой, вытрите с наружной стороны, соберите аппарат Киппа и, если нужно, зарядите.

Кристаллизатор и цилиндр наполните водой. Зажмите цилиндр в лапке штатива. Откройте кран аппарата Киппа и наполните пробирку водородом, держа ее дном кверху:



Проверьте водород на чистоту.

Наполните цилиндр водородом и подожгите его спичкой:



Пламя водорода получается обычно бесцветное или желтоватое, издали плохо видимое. Для его демонстрации лучше всего поднести к нему кусочек бумаги, которая сейчас же загорается.

Примечание. Если для получения водорода был взят очень чистый цинк, то водород выделяется медленно. В этом случае в кислоту добавьте несколько капель раствора сульфата меди (II). Медь осаждается на цинке, образуется гальваническая пара, и водород выделяется быстрее.

Опыт 3-2. Плотность водорода.

Водород — бесцветный газ, без запаха и вкуса. Плотность водорода по воздуху 0,0695. При нормальных условиях 1 л водорода весит 0,0899 г. Он в 14,5 раза легче воздуха, поэтому его собирают методом вытеснения воздуха из перевернутых сосудов.

Оборудование и материалы. Технохимические весы, аппарат Киппа с цинком и раствором серной кислоты, склянка Тищенко с концентрированной серной кислотой, 2 стакана на 500—1000 мл, согнутая под прямым углом стеклянная трубка, длинное колено которой должно быть по размеру приблизительно равно высоте стакана, тонкая мягкая проволока, дробь или песок.

Аппарат Киппа соедините с промывной склянкой Тищенко. К склянке присоедините на резиновой трубке стеклянную трубку, согнутую под прямым углом (рис. 3-2). К технохимическим весам подвесьте 2 стакана. Для этого на нижнюю часть стакана наденьте пояс из мягкой проволоки. От пояса с двух противоположных сторон по бокам стакана протяните прямые проволо-

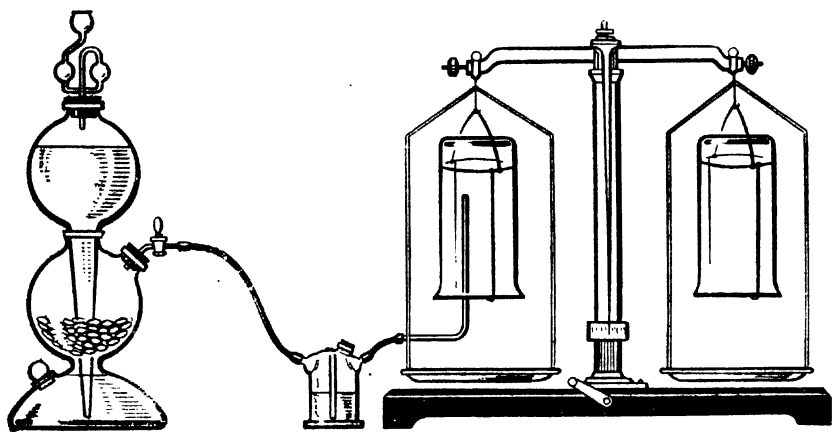


Рис. 3-2. Испытание плотности водорода.

ки, заканчивающиеся крючками: крючки зацепите за край стакана. К поясу прикрепите проволочную петлю, с помощью которой стакан подвесите вверх дном к крючку над чашкой весов. Весы уравновесьте с помощью мелкой дроби или песка.

Под один из стаканов осторожно подведите стеклянную трубку и пустите слабый ток водорода из аппарата Киппа. Водород постепенно вытесняет воздух из стакана, а чашка весов с ним поднимается. Когда противоположная чашка весов опустится до возможного предела, прекратите поступление водорода, трубку, подводящую водород, отведите в сторону. Подожгите водород в стакане. Происходит небольшой взрыв (не опасный). Стенки стакана запотевают.

Опыт 3-3. Переливание водорода.

Оборудование и материалы. 2 стеклянных цилиндра для собирания газа, аппарат Киппа с цинком и раствором серной кислоты.

Переверните цилиндр вверх дном и введите в него трубку от аппарата Киппа. Наполните цилиндр водородом. Не меняя его положения, приблизьте к нему цилиндр с воздухом, также перевернутый вверх дном. Цилиндр с водородом медленно поворачивайте до тех пор, пока он не окажется отверстием вверх как раз под цилиндром с воздухом (рис. 3-3). Если теперь нижний цилиндр поднести к пламени горелки, то окажется, что в нем водорода нет. При поднесении же к пламени верхнего цилиндра происходит вспышка, сопровождаемая небольшим (не опасным) взрывом.

Опыт 3-4. Наполнение водородом мыльных пузырей.

Оборудование и материалы. Аппарат Киппа с цинком и раствором серной кислоты (1 : 5), промывная склянка с водой, резиновая трубка, горелка, лучина, ступка или чашка, вата, концентрированная мыльная эмульсия.

Водород, которым наполняют пузыри, не должен содержать следов кислоты, так как последняя разлагает мыло и препятствует образованию эластичной пленки.

К промывной склянке присоедините резиновую трубку. Пустите слабый ток водорода для образования мыльных пузырей в ступке. Если подъемная сила водорода будет превышать действующую на пузырь силу тяготения, пузырь поднимется вверх, и его поджигают лучиной. Пузыри можно вынуть из ступки рукой и стряхнуть или сдуть с ладони. Большие пузыри обычно летят вверх, маленькие опуска-

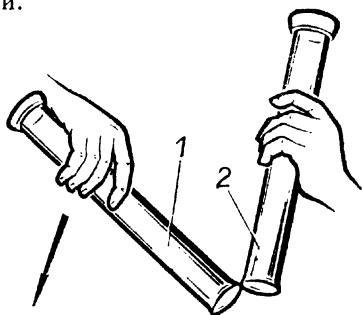


Рис. 3-3. Переливание водорода:
1 — цилиндр с водородом; 2 — цилиндр с воздухом.

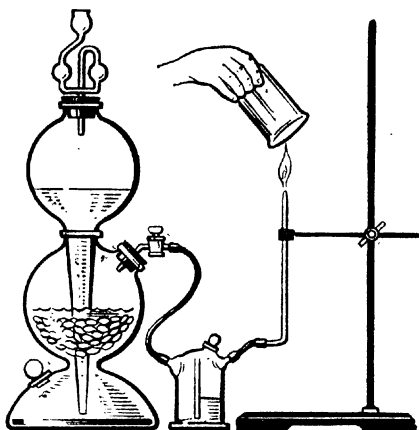


Рис. 3-4. Горение водорода.

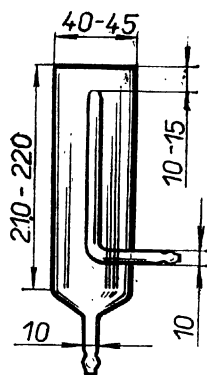


Рис. 3-5. Прибор для демонстрации горения водорода в кислороде и кислорода в водороде.

ются. При поднесении зажженной спички к наполненным водородом пузырям на руке происходит небольшой безопасный взрыв.

Опыт 3-5. Пламя водорода и продукт его горения.

Оборудование и материалы. Аппарат Киппа с цинком и раствором серной кислоты, промывная склянка с концентрированной серной кислотой, стакан емкостью 500 мл, штатив с лапкой, безводный сульфат меди (II).

Соберите прибор, как указано на рисунке 3-4. К промывной склянке, соединенной с аппаратом Киппа, присоедините укрепленную в лапке штатива, согнутую под прямым углом стеклянную трубку, верхний конец которой оттянут.

Пустив из аппарата Киппа умеренный ток водорода (после испытания выделяющегося газа на отсутствие гремучей смеси), подожгите его у оттянутого конца трубки. Пары воды, образующиеся при горении водорода, конденсируются на внутренней поверхности большого стакана, который держат наклонно над пламенем. Когда образуется достаточное количество капель воды, внесите в стакан немного безводного сульфата меди (II). Посинение соли подтверждает наличие воды, образовавшейся при горении водорода.

Опыт 3-6. Горение водорода в кислороде и кислорода в водороде.

Оборудование и материалы. Аппарат Киппа с водородом, газометр с кислородом, горелка, штатив с лапкой, лучина, 2 резиновых шланга по 1 м.

Прибор (рис. 3-5) закрепите в лапке штатива. Резиновым шлангом присоедините аппарат Киппа к внутренней трубке прибора, а газометр к наружной трубке.

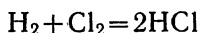
Убедившись в чистоте выделяющегося водорода (см. опыт 3-1), откройте краны газометра и пустите медленный ток кислорода. Последний, постепенно вытесняя воздух, заполняет наружную трубку. Как только прибор наполнится кислородом (проба тлеющей лучиной), пустите ток водорода из аппарата Киппа и через некоторое время подожгите его лучиной. Пламя водорода регулируют краном.

Поменяв местами присоединение шлангов от аппарата Киппа и газометра, пустите водород в наружную трубку. Выждав минуту, подожгите лучиной водород, а кислород, идущий по внутренней трубке, загорается сам.

Опыт 3-7. Горение водорода в хлоре и хлора в водороде.

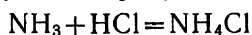
Оборудование и материалы. Прибор для горения газов (рис. 3-5), аппарат Киппа с водородом, прибор для получения хлора (с. 57), тигельные щипцы, вата, гидроксид аммония (10%-ный раствор), синяя лакмусовая бумага.

Прибор для горения газов закрепите в лапке штатива. Резиновым шлангом присоедините аппарат Киппа с водородом к внутренней трубке прибора, а прибор для получения хлора шлангом соедините с наружной трубкой прибора для горения газов. Убедившись в чистоте выделяющегося водорода (см. опыт 3-1), пустите медленный ток хлора и подожгите водород:



На этом же принципе базируется получение хлороводорода и соляной кислоты в промышленности.

Смочив гидроксидом аммония кусочек ваты, щипцами поднесите ее к отверстию трубки. Образуются клубы дыма:



Влажная синяя лакмусовая бумага краснеет.

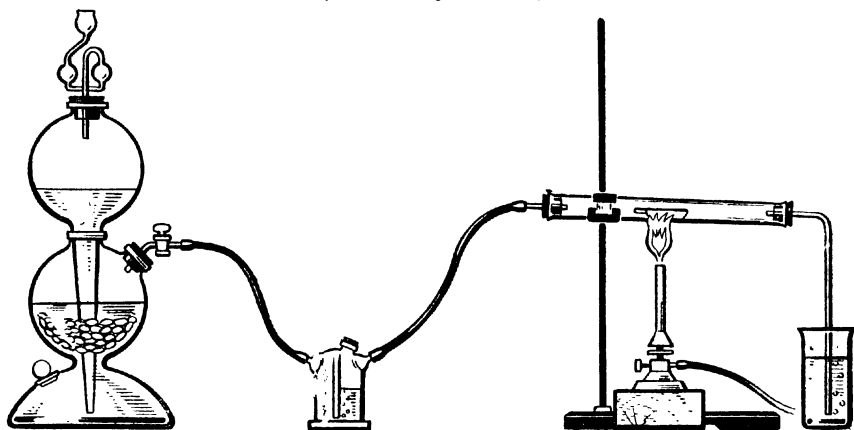


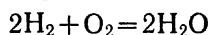
Рис. 3-6. Взаимодействие водорода с серой.

Изменив порядок присоединения шлангов от аппарата Киппа и прибора, где получается хлор (с. 57), пустите водород в наружную трубку прибора для горения газов. Выждав минуту, подожгите лучиной водород, а хлор, идущий по внутренней трубке, загорится сам.

Опыт 3-8. Взрыв гремучего газа — смеси водорода с кислородом.

Оборудование и материалы. Аппарат Киппа с водородом, газометр с кислородом, кристаллизатор с водой, цилиндр на 100 мл, часовое стекло (по размеру цилиндра), горелка, штатив с лапкой, полотенце.

Сделайте метку на цилиндре — $\frac{2}{3}$ объема от дна. Наполните цилиндр водой, закройте его часовым стеклом, опрокиньте в кристаллизатор и закрепите в лапке штатива. Наполните цилиндр на $\frac{2}{3}$ водородом и до края цилиндра кислородом. Цилиндр с газами закройте часовым стеклом, выньте его из кристаллизатора, оберните полотенцем. Держите цилиндр горизонтально, отверстием от себя, снимите часовое стекло и горелкой подожгите смесь газов. Происходит безопасный взрыв:

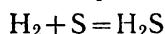


Опыт 3-9. Взаимодействие водорода с серой.

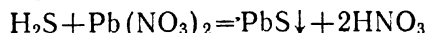
Оборудование и материалы. Аппарат Киппа с цинком и раствором серной кислоты (1:5), склянка Тищенко с концентрированной серной кислотой, тугоплавкая стеклянная трубка длиной 20—25 см и диаметром 2 см, фарфоровая лодочка, стеклянная трубка, согнутая под прямым углом, стакан, штатив с лапкой, горелка, сера, 1 М раствор нитрата свинца.

Соберите прибор по рисунку 3-6. Положите кусочек серы в фарфоровую лодочку и поместите ее в середину тугоплавкой стеклянной трубки. Конец трубки закройте пробкой, в которую вставлена согнутая под прямым углом стеклянная трубка. Согнутую трубку опустите в раствор нитрата свинца (II).

Включите аппарат Киппа и через собранный прибор пропустите сильный ток водорода. Примерно через минуту, когда весь воздух из прибора будет вытеснен, уменьшите ток газа. Затем пламенем горелки прогрейте всю тугоплавкую трубку, после чего сосредоточьте нагревание под фарфоровой лодочкой. Сера плавится и кипит, а с ее парами взаимодействует водород:



Над стаканом ощущается запах тухлых яиц. При прохождении сероводорода через раствор нитрата свинца (II) образуется малорастворимый в воде и разбавленных кислотах сульфид свинца (II) черного цвета:



Сероводород — сильный яд, поэтому следует избегать вдыхания газа, а опыты с ним проводят под тягой. Лучшим противоядием от сероводорода служит свежий воздух.

Опыт 4-1. Получение дистиллированной воды (см. опыт 1-3).

В отгонную колбу налейте водопроводной воды и 5—10 мл перманганата калия для окисления летучих продуктов и наглядности очистки воды. Пустите воду в холодильник и зажгите горелку. Через некоторое время в приемной колбе собирается чистая вода.

Опыт 4-2. Получение воды из воздуха.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, металлический шпатель, колба (с сухой наружной поверхностью), пробирка, ложка пластмассовая, охлаждательная смесь (измельченный лед и хлорид натрия), безводный сульфат меди (II).

Сухую снаружи колбу наполните охлаждающей жидкостью. В качестве охлаждающей жидкости возьмите смесь (смешивать следует быстро): на 4 части измельченного льда одну часть соли хлорида натрия. Укрепите колбу в штативе.

Когда на поверхности колбы образуется иней, соскребите его металлическим шпателем в сухую пробирку. В пробирке твердый иней при комнатной температуре плавится.

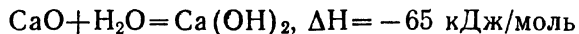
Можно провести идентификацию воды. Для этого в ту же пробирку добавьте немного безводного сульфата меди (II). Образуется медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ с характерной окраской.

Опыт 4-3. Разложение воды электрическим током (см. опыт 1-10).**Опыт 4-4. Синтез воды в эвдиометре (см. опыт 1-11).****Опыт 4-5. Взаимодействие воды с оксидом фосфора (см. опыт 2-3, в) и оксидом кальция.**

Оборудование и материалы. Треножник с асбестированной сеткой, фарфоровая чашка, стакан, дистиллированная вода, пробирка, стеклянная палочка, оксид кальция (негашеная известь), раствор фенолфталеина.

Кусочки оксида кальция положите в фарфоровую чашку (на $\frac{1}{4}$ ее объема) и вливайте в несколько приемов не очень большое количество дистиллированной воды, давая ей каждый раз

впитаться. Реакция протекает энергично, с выделением очень большого количества теплоты:

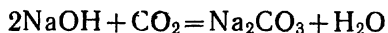


Полученную рыхлую массу гашеной извести перенесите етеклянной палочкой в стакан, растворите в воде и добавьте 2—3 капли спиртового раствора фенолфталеина. Раствор окрашивается в малиновый цвет.

Опыт 4-6. Взаимодействие едкого натра с оксидом углерода (IV).

Оборудование и материалы. Сухая колба на 500 мл с пробкой и газоотводной трубкой, резиновая трубка с зажимом, кристаллизатор с водой, пробирка, едкий натр (твердый), карбонат натрия, разбавленный раствор соляной кислоты.

Соберите прибор, как показано на рисунке 4-1. Получите оксид углерода (IV). Для этого в пробирку внесите 3—5 г карбоната натрия, добавьте 2—3 мл разбавленной соляной кислоты и закройте отверстие пробирки большим пальцем, чтобы собрать газ. Затем колбу заполните газом, для чего наклоните пробирку над колбой, чтобы при открывании пальца вылить из пробирки только газ. Внесите в колбу порошок гидроксида натрия и плотно закройте пробкой с газоотводной трубкой, на которую надета резиновая трубка с зажимом. При реакции разогревается колба и появляются на внутренних стенках капли воды. После охлаждения до комнатной температуры опустите конец резиновой трубки в кристаллизатор и откройте зажим. Вода быстро устремляется в колбу, образуются соль и вода:



Опыт 4-7. Горение магния в парах воды.

Оборудование и материалы. Большая коническая колба, тигельные щипцы, треножник с сеткой и горелкой, темные очки, стеклянная палочка, наждачная шкурка, лента магния, раствор фенолфталеина, дистиллированная вода, фильтровальная бумага.

Очистите шкуркой ленту магния (20—30 см) и протрите ее фильтровальной бумагой. Из очищенной ленты магния при помощи стеклянной палочки сделайте спираль. Налейте в колбу дистиллированной воды примерно на $\frac{1}{3}$ высоты.

Воду в конической колбе кипятите до тех пор, пока не

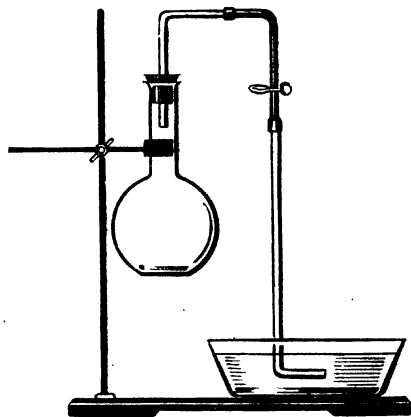
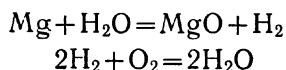
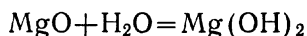


Рис. 4-1. Взаимодействие едкого натра с оксидом углерода (IV).

останется 2—3 см по высоте. Не прекращая кипячение воды, возьмите спираль ленты магния тигельными щипцами, подожгите и опустите в пары воды. Магний горит в парах воды; обратите внимание на желтые языки пламени водорода, которые появляются на выходе у горла колбы:



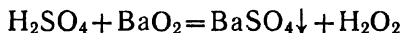
После прекращения горения в воду колбы прилейте 3—5 капель раствора фенолфталеина:



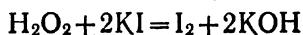
Опыт 4-8. Получение пероксида водорода.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 300 мл, стеклянная палочка (по размеру стакана), штатив с кольцом, воронкой и складчатым фильтром, пластиковая ложечка, порошок пероксида бария, серная кислота (1 М раствор), дистиллированная вода, иодокрахмальный раствор и иодокрахмальные бумажки.

Налейте в стакан 200 мл 1 М раствора серной кислоты. При помешивании внесите небольшими порциями 4—5 г пероксида бария BaO_2 :



После отстаивания осадка профильтруйте жидкость и подействуйте пероксидом водорода на иодокрахмальный раствор и влажную иодокрахмальную бумажку:



Опыт 5-1. Диффузия в растворах.

Оборудование и материалы. 2 стеклянных цилиндра емкостью 250 мл, делительная воронка с узкой стеклянной трубкой, небольшая стеклянная воронка, высокий штатив с кольцом, белый экран или белая бумага, концентрированный раствор медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, к которому для увеличения плотности раствора добавлен кристаллогидрат сульфата натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, разбавленный раствор роданида аммония NH_4SCN или роданида калия KSCN , раствор хлорида железа (III), к которому также добавлен кристаллогидрат хлорида кальция $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, дистиллированная вода.

Делительную воронку на 100 мл поместите в кольцо штатива так, чтобы ее нижний конец касался дна цилиндра (рис. 5-1). Если трубка коротка, то удлините ее с помощью резиновой трубки, на которую надета стеклянная трубочка с оттянутым концом. В делительную воронку вставьте небольшую стеклянную воронку. Нижнюю часть делительной воронки (до крана) заполните дистиллированной водой. Для этого при открытом кране через верхнее отверстие воронки затяните воду и кран закройте. Делительную воронку заполните приготовленным раствором медного купороса. В цилиндр на $\frac{1}{2}$ объема налейте дистиллированной воды, затем опустите в него заполненную делительную воронку (рис. 5-1). Медленным поворотом крана воронки вылейте раствор медного купороса в нижнюю часть цилиндра, после чего воронку осторожно выньте. Должна наблюдаться резкая граница двух слоев — воды и раствора медного купороса, которая со временем сглаживается.

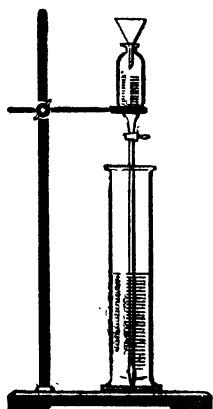


Рис. 5-1. Наполнение цилиндра растворами.

Аналогично заполните второй цилиндр. Сначала налейте до половины объема разбавленный раствор роданида аммония или калия, а затем нижнюю часть цилиндра заполните раствором хлорида железа (III), к которому предварительно добавлен раствор хлорида кальция. В этом случае на границе раздела двух жидкостей образуется тонкий слой, окрашенный в интенсивно-красный цвет (цвет раствора роданида железа (III)), который постепенно распрост-

раняется вверх и вниз в результате диффузии. Для лучшего наблюдения позади цилиндров поставьте белый экран или укрепите белый лист бумаги.

Опыт 5-2. Зависимость растворимости от температуры.

Оборудование и материалы. Штатив с кольцом и сеткой, горелка, термометр, 2 колбы емкостью 500 мл, стакан, стеклянная палочка, темный экран, нитрат калия, растворы солей иодида калия и ацетата свинца, уксусная или азотная кислота, дистиллированная вода.

В одной колбе приготовьте при температуре 70°C насыщенный раствор нитрата калия (около 320 г KNO_3 на 400 мл воды). В другой колбе приготовьте насыщенный раствор иодида свинца (II). Для этого в отдельный небольшой стакан слейте растворы иодида калия и ацетата свинца (II). Когда осадок отстоится, отделите его от жидкости.

В колбу налейте 400 мл горячей воды и подкислите ее 5—7 каплями уксусной или азотной кислоты. Затем в колбу внесите немного осадка иодида свинца и продолжайте нагревание, всякий раз добавляя соль или воду, пока не получится прозрачный бесцветный раствор. За колбами поставьте черный экран и сбоку осветите лампой. При медленном охлаждении полученных растворов происходит кристаллизация нитрата калия в виде красивых длинных призм и иодида свинца (II) в виде золотистых чешуек.

Опыт 5-3. Растворимость воздуха в воде в зависимости от температуры.

Оборудование и материалы. 2 штатива с лапками и кольцом, асбестированная сетка, горелка, круглодонная колба емкостью 500 мл, стакан емкостью 200 мл, большая пробирка (или эвдиометр), изогнутая стеклянная трубка (рис. 5-2).

Соберите прибор, как указано на рисунке 5-2. Круглодонную колбу, изогнутую трубку и пробирку наполните водой. Нагревайте воду в колбе и длительно (свыше часа) кипятите ее. При этом часть воды из колбы и вода из трубки вытеснятся в стакан парами воды, образующимися при кипении. Вместе с парами воды из нее выделяется воздух, который собирается в пробирке, пары же конденсируются в стакане с водой. Кипение сопровождается толчками, поэтому колба, трубка и пробирка должны быть хорошо укреп-

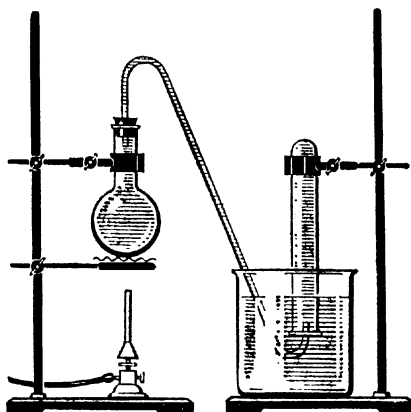


Рис. 5-2. Растворимость воздуха в воде в зависимости от температуры.

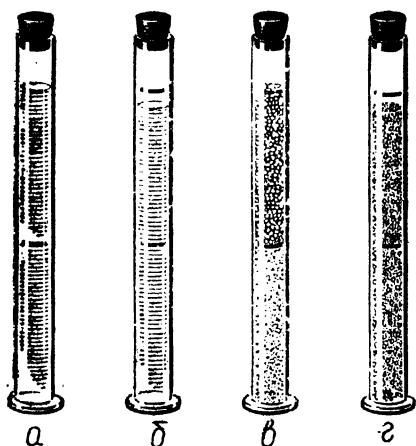


Рис. 5-3. Модель опыта контракции при смешении:

а — вода и спирт до смешения; б — вода и спирт после смешения; в — пшено и горох до смешения; г — пшено и горох после смешения.

лены. Рекомендуется нагреваемую в стакане воду частично несколько раз заменять на холодную или добавлять лед.

После прекращения нагревания благодаря частичной конденсации водяных паров в колбе и уменьшения давления сначала происходит бурное кипение воды, затем вода из стакана засасывается в колбу и трубку. В пробирке находится воздух, выделившийся при нагревании. Опыт показывает, что природная вода содержит растворенный воздух; растворимость которого уменьшается с повышением температуры. Если измерить объем этого воздуха и объем воды, то можно вычислить коэффициент растворимости воздуха в воде.

Опыт 5-4. Контракция при смешивании спирта и воды.

Оборудование и материалы. 2 цилиндра емкостью 500 мл с резиновыми пробками, литровая банка с пробкой, стеклянная палочка, горох, пшено, этиловый спирт, дистиллированная вода.

На каждом цилиндре сделайте две метки из черной бумаги на уровне 200 и 400 мл. В цилиндр налейте воду до первой метки, потом осторожно, с помощью стеклянной палочки, по стенке налейте безводный этиловый спирт до второй метки. Спирт, как известно, легче воды, поэтому он не перемешиваясь, растечется сверху над водой. При этом можно заметить поверхность раздела между водой и спиртом благодаря их различной светопреломляющей способности.

Затем цилиндр плотно закройте резиновой пробкой и осторожно наклоните: струйки одной жидкости проникают в другую. После перемешивания стеклянной палочкой станет заметным уменьшение общего объема смеси. Уровень жидкости оказывается ниже второй метки (рис. 5-3, а, б).

Вместе с этим опытом академик И. А. Каблуков любил доказывать опыт смешивания пшена с горохом, как модель контракции. В цилиндр, аналогичный описанному, насыпьте до первой метки пшено, а затем до второй метки горох. Так как перемешивать пшено и горох в цилиндре неудобно, то пересыпьте их в заранее приготовленную банку; банку закройте пробкой и в ней перемешайте. Равномерно перемешанную смесь пшена и гороха снова пересыпьте в цилиндр. Окажется, что общий объем смеси заметно уменьшится (рис. 5-3, в, г).

В настоящее время уменьшение объема, наблюдаемое при смешении спирта и воды, объясняется гидратацией спирта, т. е. взаимодействием его

е водой, в результате чего образуется химическое соединение $C_2H_5OH \cdot 3H_2O$. Между такими частицами размещаются частицы воды, и вся смесь может занять меньший объем, чем сумма объемов отдельных жидкостей.

Опыт 5-5. Тепловой эффект при взаимодействии серной кислоты с водой.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, кристаллизатор, стеклянный стакан емкостью 200 мл, стакан на 100 мл, стеклянная палочка, пробирка, лабораторный термометр на $250^{\circ}C$ или термоскоп, серная кислота (пл. $1,84$), дистиллированная вода, этиловый спирт.

Стакан емкостью 200 мл наполовину наполните дистиллированной водой и поместите в кристаллизатор. Термометр, закрепленный в штативе, опустите в стакан с водой так, чтобы шарик со ртутью не касался дна стакана. Отметьте комнатную температуру. Затем медленно при помешивании стеклянной палочкой приливайте концентрированную серную кислоту из стакана на 100 мл. Температура, постепенно поднимаясь, превышает $150^{\circ}C$, но раствор не кипит. Происходит гидратация молекул серной кислоты, образуются гидраты состава $H_2SO_4 \cdot H_2O$, $H_2SO_4 \cdot 2H_2O$, $H_2SO_4 \cdot 4H_2O$.

В заключение опыта, чтобы показать выделение теплоты при смешивании серной кислоты с водой, налейте в пробирку около 2 мл этилового спирта и опустите ее в стакан с раствором серной кислоты. Этиловый спирт быстро закипает (темп. кип. $78^{\circ}C$). Подожгите пары спирта у отверстия пробирки.

При выполнении этого опыта следует снова напомнить учащимся, что всегда *приливают серную кислоту к воде*, что позволяет избежать опасного разбрызгивания горячей серной кислоты.

Опыт 5-6. Тепловой эффект реакции нитрата аммония с водой.

Оборудование и материалы. Стакан на 500 мл, стеклянная палочка, пробирка, штатив с лапкой, фанерная дощечка 12×12 см, демонстрационный термометр (или термоскоп), кристаллический нитрат аммония, дистиллированная вода.

В стакан почти до дна опустите укрепленный в штативе демонстрационный термометр. Отвесьте 120 г нитрата аммония и пересыпьте его в стакан так, чтобы шарик термометра был закрыт. Затем влейте в стакан 200 мл воды и поместите в него пробирку, на $\frac{1}{4}$ наполненную водой. Под дно стакана подложите фанерную дощечку, заблаговременно смоченную водой. Осторожно помешивайте жидкость стеклянной палочкой. При растворении нитрата аммония в воде температура опускается до $-20^{\circ}C$ и ниже. Стакан снаружи покрывается инеем, смоченная водой дощечка примерзает к дну стакана, а вода в пробирке замерзает.

Для этого опыта можно брать и другие вещества. Тепловой эффект их растворения дан в таблице 1.

Таблица 1

Соль	Масса соли на 100 г воды (г)	Понижение температуры (°C)
NaCl	36	3
MgSO ₄ ·7H ₂ O	85	8
Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	40	9
KNO ₃	16	10
CH ₃ COONa·3H ₂ O	85	15
NH ₄ Cl	30	16
KCl	30	11
NaNO ₃	75	19
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	110	19
KI	140	22,5
CaCl ₂ ·6H ₂ O	82	22
NH ₄ SCN	133	31
KSCN	150	35
NH ₄ NO ₃	60	27

Опыт 5-7*. Получение пересыщенных растворов и их кристаллизация.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, кольцом и асбестированной сеткой, горелка, водяная баня, демонстрационный термометр, 2 стеклянные палочки, темный экран, вата, кристаллогидрат сульфата натрия Na₂SO₄·10H₂O, кристаллогидрат ацетата натрия CH₃COONa·3H₂O, дистиллированная вода.

В круглодонных колбах на 500 мл приготовьте пересыщенные растворы сульфата натрия и ацетата натрия. Для этого в одну колбу поместите 100 мл дистиллированной воды и 120 г соли Na₂SO₄·10H₂O, а в другую — 100 мл дистиллированной воды и 160 г соли CH₃COONa·3H₂O. Колбы поставьте на водяные бани и нагревайте до тех пор, пока не растворится вся соль. Если раствор помутнеет, профильтруйте его в горячем состоянии на воронке с подогреванием через комок ваты или складчатый фильтр. Колбу с профильтрованным раствором укрепите в штативе и кипятите несколько минут, чтобы конденсирующаяся в горле колбы вода смыла со стенок остатки раствора. После этого горло каждой колбы закройте комком ваты, а растворы осторожно, оберегая от толчков, охладите. Охлажденные растворы можно сохранять длительное время.

Поставьте колбы перед темным экраном. Рядом с колбами поместите банки с соответствующими солями и чистыми стеклянными палочками. Затем теплой стеклянной палочкой сначала дотроньтесь до парафина или воска и соответствующей сухой соли (крупинки соли прилипнут к концу палочки), а затем, осторожно удалив комок ваты из горла колбы, коснитесь поверхности раствора. Мгновенно наступает кристаллизация (рис. 5-4). Ту же операцию сделайте с другим пересыщенным раствором.

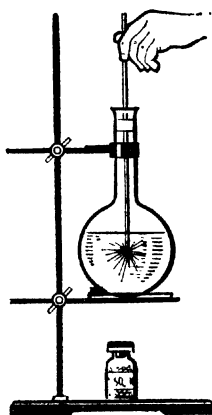


Рис. 5-4. Получение пересыщенных растворов и их кристаллизация.

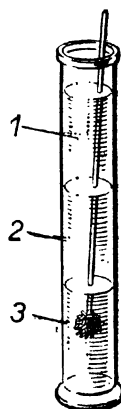


Рис. 5-5. Кристаллизация двух пересыщенных растворов в цилиндре:
1 — слой воды; 2 — насыщенный раствор ацетата натрия; 3 — насыщенный раствор тиосульфата натрия.

Если при растворении соли теплота поглощалась, то при кристаллизации она выделяется. Это легко обнаружить, если вместо стеклянной палочки взять демонстрационный термометр. В этом случае можно одновременно наблюдать кристаллизацию соли и тепловой эффект процесса.

Опыт 5-8*. Кристаллизация двух пересыщенных растворов в одном цилиндре.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой и кольцом, цилиндр емкостью 500 мл, воронка диаметром 8—10 см, 2 стакана емкостью 200 мл, 2 стеклянные палочки по высоте цилиндра, 2 треножника с асбестированной сеткой и горелкой, колба емкостью 1 л, тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ацетат натрия $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, дистиллированная вода.

Цилиндр на 500 мл разделите меткой на 3 равные части. Над ним поместите на кольцо штатива воронку диаметром 8—10 см так, чтобы конец ее прикасался к стенке цилиндра в верхней его трети.

В колбе на 800—1000 мл поставьте нагревать воду. Отвесьте 450 г тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 300 г ацетата натрия $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. На каждую навеску возьмите по 45 мл воды. В двух стаканах, помещенных на треножники с сеткой, начните одновременно растворять, все время помешивая стеклянными палочками, эти кристаллогидраты. Когда обе соли растворятся, не прекращая нагревание, прогрейте стенки цилиндра и воронки приготовленной заранее горячей водой: Вылив воду из цилиндра, налейте в него через воронку горячий раствор тиосульфата натрия до первой метки. Затем через ту же воронку (по стенке) добавьте раствор ацетата натрия до

второй метки. Наконец, почти до верха цилиндра налейте горячую воду, чтобы верхний раствор (ацетат натрия) не закристаллизировался раньше времени. Оба раствора и вода имеют различную плотность и образуют три резко ограниченных слоя. Приготовленные пересыщенные растворы могут сохраняться несколько дней (закройте цилиндр стеклом).

Слегка нагрейте над горелкой прикрепленный заранее к концу стеклянной палочки кусочек воска и приклейте к нему маленький кристалл тиосульфата натрия. Погрузите кристалл в раствор ацетата натрия. В этом растворе он не вызывает кристаллизации. Затем опустите кристалл в раствор тиосульфата натрия: кристалл моментально обрастает дружкой кристаллов (рис. 5-5). Палочку с кристаллами сейчас же выньте из цилиндра. Весь слой тиосульфата натрия быстро застывает в сплошную массу. Таким же способом вызовите кристаллизацию в слое ацетата натрия, но используя кристалл этой соли.

После занятий слейте с кристаллов верхний слой воды. Плотнo закрыв цилиндр пробкой, оставьте его до следующих занятий. За день до них погрузите цилиндр в большой стакан (или ведро) с холодной водой, поставленный на кольцо штатива. Закрепите цилиндр в зажиме так, чтобы цилиндр не касался дна стакана, и нагрейте воду до кипения. Оба слоя кристаллов в цилиндре постепенно растворяются. После этого налейте сверху горячую воду и оставьте цилиндр охлаждаться при комнатной температуре. Таким образом, один и тот же цилиндр может служить несколько раз, пока слой ацетата натрия, растворяемый постепенно водой, значительно не уменьшится.

1. Оксиды

Опыт 6-1. Получение оксида углерода (IV) и изучение его свойств¹.

Оборудование и материалы. Реторта с тубусом емкостью 250 мл, штатив с лапкой и кольцом, асбестированная сетка, горелка, резиновая трубка, перегонная колба емкостью 100 мл, стеклянная трубка, пробирка, большой стеклянный сосуд, «лесенка» из стеклянной палочки или металлической проволоки, кусочки свечей, малахит, известковая вода, безводный сульфат меди (II), дистиллированная вода, лакмус.

Соберите прибор, как показано на рисунке 6-1. Реторту укрепите в штативе, а шейку реторты вставьте в горло перегонной колбы при помощи резиновой пробки. Резиновой трубкой соедините отводную трубку колбы с изогнутой стеклянной трубкой, опущенной до дна сосуда. Малахит, измельченный в порошок, поместите в реторту (до $\frac{1}{3}$ ее объема), а безводный сульфат меди (II) высыпьте на дно перегонной колбы (2—3 г). На «лесенке» укрепите небольшие кусочки свечей и зажгите их.

Вначале осторожно, а затем сильно нагревайте реторту с малахитом. Малахит разлагается, масса в реторте становится черной от оксида меди (II), а в перегонную колбу каплями сте-

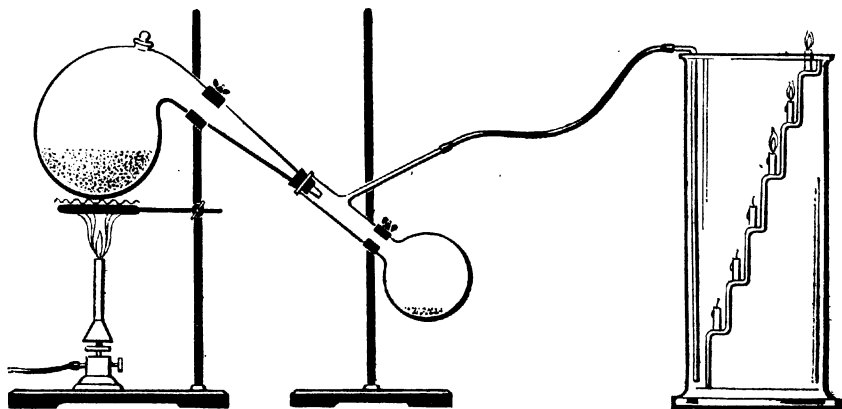
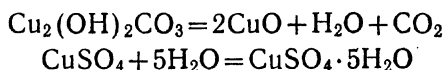


Рис. 6-1. Получение оксида углерода (IV) и тушение им свечей.

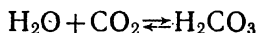
¹ См. также опыт 1-17.

кает вода; поглощая ее, безводный сульфат меди окрашивается в синий цвет:

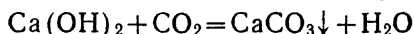


Образовавшийся оксид углерода (IV) постепенно заполняет сосуд, и свечи одна за одной гаснут.

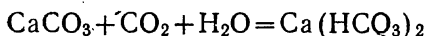
После окончания опыта со свечами опустите газоотводную трубку в пробирку с дистиллированной водой и раствором индикатора и пропускайте через него газ:



Перенесите газоотводную трубку в пробирку, содержащую известковую воду. Помутнение известковой воды объясняется образованием малорастворимого в воде карбоната кальция:



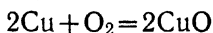
При длительном пропускании оксида углерода (IV) раствор становится прозрачным в результате образования растворимой соли гидрокарбоната кальция:



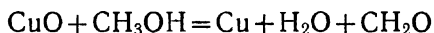
Опыт 6-2. Окисление меди на воздухе.

Оборудование и материалы. Горелка, тигельные щипцы, стакан емкостью 100 мл, медная пластинка шириной 3 см и длиной 10 см, метиловый спирт.

Возьмите щипцами чистую медную пластинку и нагревайте конец ее в пламени горелки до почернения:



Для восстановления образовавшегося оксида меди (II) налейте в стакан метиловый спирт и опустите в него горячий почерневший край медной пластинки:

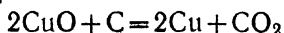


Опыт 6-3. Восстановление оксида меди (II) углем.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, горелка, пробирка (лучше тугоплавкая), газоотводная трубка, согнутая под прямым углом, стакан, тонконмельченные порошки оксида меди (II) и древесного угля, баритовая вода.

Приготовьте смесь из 14 г просушенного при 105°C оксида меди (II) и 1 г прокаленного древесного угля. Смесь насыпьте слоем в пробирку, оставив сверху свободное пространство. Пробирку горизонтально укрепите в штативе и закройте пробкой с газоотводной трубкой. Трубку опустите в стакан с бари-

товой водой. Сначала постепенно прогрейте, а затем сильно нагревайте пробирку:



Вещество в пробирке приобретает медно-красный цвет. Перед окончанием опыта следует сначала вынуть из стакана газоотводную трубку, а затем прекратить нагревание.

2. ОСНОВАНИЯ

Опыт 6-4. Взаимодействие оксида кальция с водой (см. опыт 4-5).

Опыт 6-5. Теплота растворения гидроксида калия.

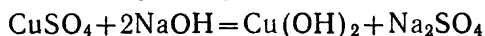
Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, демонстрационный термометр, стакан емкостью 200 мл, стеклянная палочка, гидроксид калия (гранулированный) или гидроксид натрия, дистиллированная вода.

В стакан почти до дна опустите укрепленный в штативе термометр. Отвесьте 50 г гидроксида калия и поместите его в стакан так, чтобы шарик термометра был закрыт. Добавьте 100 мл воды и осторожно перемешайте стеклянной палочкой. Раствор сильно разогревается, термометр показывает выше 100°C.

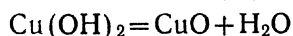
Опыт 6-6. Получение гидроксида меди (II) и изучение его свойств.

Оборудование и материалы. Один стакан емкостью 500 мл, 2 стакана емкостью 200 мл, 3 стеклянные палочки, горелка с треножником и асбестированной сеткой, 0,25 М раствор сульфата меди (II), 20%-ный раствор гидроксида натрия, не содержащий карбонатов, 20%-ный раствор соляной кислоты.

В стакан емкостью 500 мл налейте 300 мл раствора сульфата меди (II) и 35 мл раствора гидроксида натрия:



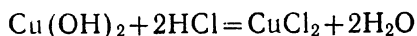
Перемешайте и отлейте половину взмученного осадка во второй стакан. Поставьте его на сетку с горелкой и прокипятите. Получается черный оксид меди (II):



Из первого стакана отлейте $\frac{1}{4}$ взмученного осадка в третий стакан. Приливайте избыток 20%-ного раствора гидроксида натрия до растворения осадка:



К остатку взмученного осадка в первом стакане приливайте 20%-ный раствор соляной кислоты также до полного растворения осадка:



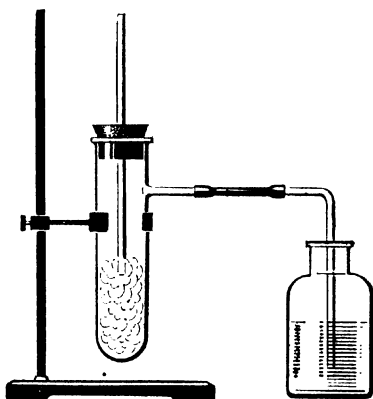


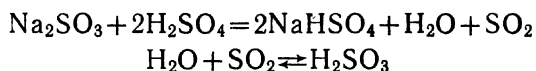
Рис. 6-2. Прибор для получения сернистой кислоты.

3. КИСЛОТЫ

Опыт 6-7. Получение сернистой кислоты.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, пробирка с отростком и с резиновой пробкой, стеклянная трубка диаметром 6 мм и длиной 20 мм, реактивная склянка, стеклянная трубка диаметром 6 мм, согнутая под прямым углом, длиной по размеру приемной реактивной склянки, резиновая трубка, сульфит натрия $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, серная кислота (пл. 1,84), дистиллированная вода, раствор лакмуса.

Соберите прибор по рисунку 6-2. В пробирку наполовину насыпьте сульфит натрия и закройте ее резиновой пробкой с пропущенной через нее прямой стеклянной трубкой (она предохраняет от засасывания воды в пробирку при получении раствора оксида серы (IV)). Трубку, согнутую под прямым углом, соедините с помощью каучуковой трубки с отростком пробирки. Налейте в склянку дистиллированную воду и добавьте 5—6 капель индикатора. Откройте пробирку, влейте серную кислоту и снова плотно закройте пробкой. Обычно реакция протекает без нагревания. Выделяется оксид серы (IV) и растворяется в воде:



Индикатор указывает кислую реакцию раствора (однако в избытке сернистой кислоты индикатор может обесцветиться).

Опыт 6-8. Растворение хлороводорода в воде.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой и кольцом, штатив с двумя кольцами, горелка, асбестированная сетка, резиновая трубка, колба Вюрца, простая воронка диаметром около 5 см, капельная воронка, промывная склянка с концентрированной серной кислотой, короткая пробирка, стеклянная трубка, согнутая под прямым углом по размеру бутылки, 2 большие бутылки, хлорид аммония, раствор серной кислоты (1:1), раствор лакмуса.

Соберите прибор для получения хлороводорода по рисунку 6-3. Колбу Вюрца на $\frac{1}{3}$ наполните сухим хлоридом аммония и закройте пробкой, через которую проходит капельная воронка. С помощью стеклянной воронки прилейте в капельную воронку раствор серной кислоты. Промывную склянку, содержащую концентрированную серную кислоту, с одной стороны соедините резиновой трубкой с колбой Вюрца, а другой — с длинной стеклянной трубкой, согнутой под прямым углом. Стеклянную трубку опустите до дна бутылки для собирания газа.

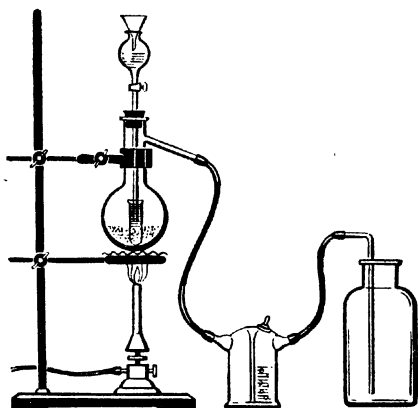


Рис. 6-3. Получение хлороводорода действием концентрированной серной кислоты на хлорид аммония.

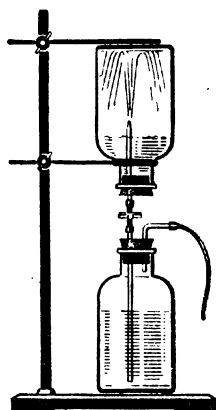
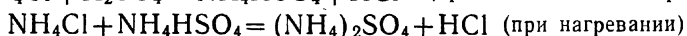
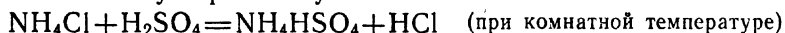


Рис. 6-4. Растворение хлороводорода в воде («фонтан»).

Для заполнения хлороводородом бутылки, предварительно хорошо высушенной, откройте кран капельной воронки и приливайте раствор серной кислоты. Кислота сначала заполняет пробирку, которая служит гидравлическим затвором, а затем попадает на хлорид аммония. Чтобы газ выделялся интенсивнее, нагревайте колбу через сетку:



Хлороводород, проходя через промывную склянку, осушается и заполняет бутылку. Плотнo закройте бутылку резиновой пробкой со вставленной стеклянной трубкой с оттянутым концом, на внешний конец стеклянной трубки наденьте короткую резиновую трубку с винтовым зажимом, зажим плотно завинтите. Бутылку с хлороводородом укрепите в штативе, как показано на рисунке 6-4, и свободным концом резиновой трубки соедините ее со второй бутылкой, заполненной водой, подкрашенной синим лакмусом.

Во второй бутылки одна трубка доходит почти до дна сосуда, другая — короткая, согнута под прямым углом. На ее внешний конец надета резиновая. Эта трубка служит для вдвухания воздуха.

После предварительной подготовки опыта откройте винтовой зажим и через трубку нижней бутылки несильно вдвухайте воздух, пока несколько капель воды не попадет в верхнюю бутылку. Вода фонтаном врывается в верхнюю бутылку и окрашивается в красный цвет.

При комнатной температуре в одном объеме воды растворяется более 400 объемов хлороводорода.

4. СОЛИ

Опыт 6-9. Взаимодействие аммиака с хлороводородом под колоколом.

Оборудование и материалы. Стекло́нный колокол, настольное стекло по размеру колокола, 2 часовых стекла, 2 стеклянных треножника (рис. 6-5), соляная кислота (пл. 1,19), 25%-ный раствор аммиака.

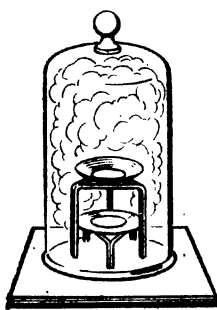
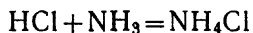


Рис. 6-5. Взаимодействие аммиака с хлороводородом.

На настольном стекле поставьте треножники один над другим (их заранее изготавливают из стеклянных трубочек или палочек). На треножники положите часовые стекла вогнутой стороной вверх. Затем на верхнее стекло налейте концентрированную соляную кислоту, а на нижнее — концентрированный раствор аммиака и быстро все прикройте колоколом (рис. 6-5). Из налитых реактивов будут выделяться газы: хлороводород из концентрированной соляной кислоты будет опускаться вниз, а аммиак из концентрированного раствора аммиака подыматься вверх. При соприкосновении этих газов образуется хлорид аммония в виде белого дыма, который заполняет все пространство под колоколом:



Опыт 6-10. Взаимодействие аммиака с хлороводородом под колоколом с елочкой.

Оборудование и материалы. Стекло́нный колокол, настольное стекло по размеру колокола, синтетическая елочка, 2 бюкса, соляная кислота (пл. 1,19), 25%-ный раствор аммиака.



Рис. 6-6. Елочка, покрытая хлоридом аммония.

Смочите синтетическую елочку водой, отряхните ее от избытка воды и поставьте под колокол. Туда же поставьте бюкс с соляной кислотой.

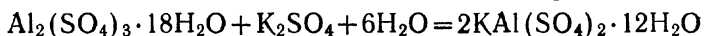
Через 10—15 мин, когда под колоколом соберется достаточное количество хлороводорода, поставьте туда бюкс с концентрированным раствором аммиака. При соприкосновении хлороводорода с аммиаком образуется обильный белый дым.

В результате зеленая елочка становится белой, так как она равномерно покрывается хлоридом аммония (рис. 6-6). После смывания хлорида аммония водой елочка снова готова к опыту.

Опыт 6-11. Получение алюмокалиевых квасцов.

Оборудование и материалы. Воронка Бюхнера, 2 химических стакана, стеклянная палочка, сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, сульфат калия K_2SO_4 , дистиллированная вода, фильтровальная бумага.

Взвесьте 20 г сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ и приготовьте насыщенный раствор соли при комнатной температуре. Затем взвесьте 5 г сульфата калия, растворите при нагревании в небольшом количестве дистиллированной воды и прилейте к раствору сульфата алюминия. Смесь перемешайте стеклянной палочкой и медленно охладите. выпадают кристаллы квасцов:



Если кристаллы не выпадают, то в раствор бросают кристаллик квасцов. Для получения отдельных больших кристаллов необходимо в раствор опустить нитку или волос.

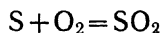
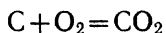
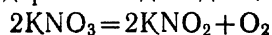
Отфильтруйте полученные кристаллы и высушите их листками фильтровальной бумаги.

Опыт 6-12. Термическое разложение нитрата калия.

Оборудование и материалы. Горелка, металлические щипцы, пробирка, держалка для пробирок, поднос с песком, нитрат калия, кусочки угля и серы.

Нитрат калия разлагается при $350\text{--}400^\circ\text{C}$, плавится при 339°C . В пробирку на $\frac{1}{4}$ насыпьте нитрат калия и нагревайте ее на пламени горелки до полного расплавления соли. Щипцами возьмите кусочек угля, раскалите его и бросьте в пробирку, не прерывая нагревания. Уголек энергично сгорает, подпрыгивая (может выскочить из пробирки), слышно потрескивание.

Когда уголек сгорит, поднесите пробирку к подносу с песком и бросьте в нее 2—3 кусочка серы. Сера вспыхивает светло-фиолетовым пламенем. При этом пробирка часто плавится, поэтому ее и держат над подносом с песком.



Опыт 6-13. Реакция нейтрализации.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, штатив с кольцом, фарфоровая чашка, бюретка, 2 пипетки емкостью 10 мл (для кислоты и для щелочи), 3 конические колбы емкостью 100 мл, воронка, стакан, стеклянная палочка, растворы соляной кислоты, гидроксида натрия и фенолфталеина, лакмусовая бумажка.

Перед тем как заполнить бюретку, удалите воду с ее внутренних стенок, сполоснув заполняемым раствором. Затем закрепите ее в зажиме штатива (рис. 6-7) и с помощью воронки заполните раствором выше нулевого деления.

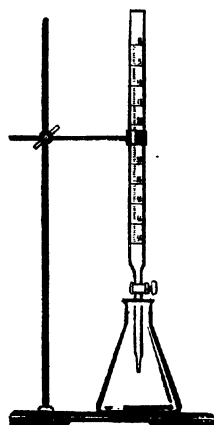


Рис. 6-7. Реакция нейтрализации.

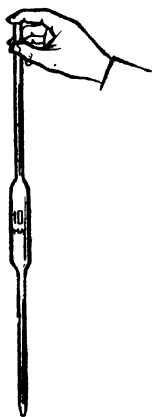


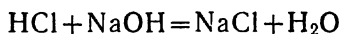
Рис. 6-8. Пипетка, зажатая пальцем.

Затем спустите раствор в подставленный стакан до тех пор, пока уровень раствора не установится на нуле. При этом нижняя часть мениска должна касаться нулевой черты бюретки. Если на кончике бюретки остается капля раствора, то ее надо снять прикосновением к стенке стакана. При отсчете делений глаз должен находиться на уровне мениска.

С помощью пипетки наберите в коническую колбу 10 мл раствора соляной кислоты. Для этого сначала несколько раз промойте пипетку небольшой порцией раствора. Затем, удерживая пипетку тремя пальцами правой руки, погрузите ее в раствор и осторожно всасывайте жидкость. Когда жидкость заполнит пипетку выше метки, быстро зажмите верхнее отверстие указательным пальцем, как показано на рисунке 6-8. Медленно ослабляя давление пальца, дайте стечь жидкости, пока нижняя часть мениска не достигнет линии метки, после чего отверстие опять зажмите пальцем и перенесите пипетку в коническую колбу. Концом пипетки прикоснитесь к стенке конической колбы, отнимите палец и дайте жидкости стечь. Жидкость, оставшуюся в кончике пипетки, выдувать не нужно, поскольку она была учтена при калибровании пипетки. В колбу прибавьте 2 капли индикатора — спиртового раствора фенолфталеина, после чего приступайте к титрованию.

Титрование проводите в такой последовательности: поставьте на специально положенный под бюреткой лист белой бумаги колбу с кислотой. Кончик бюретки должен до зажима выходить в колбу. Медленно выливайте правой рукой жидкость из бюретки, непрерывно левой рукой делая круговые движения колбы для перемешивания раствора. Титрование закончите тогда, когда от прибавления одной капли щелочи появляется бледно-розовая окраска раствора, не исчезающая в течение 1 мин. Отсчитайте по бюретке с точностью до 0,1 мл объем раствора щелочи, пошедшей на титрование кислоты.

На другом штативе с кольцом поместите фарфоровую чашку, налейте в нее половину нейтрализованного раствора и выпарьте на горелке. Часть соли растворите в дистиллированной воде и с помощью лакмусовой бумажки покажите, что раствор имеет нейтральную реакцию:



На факультативных и кружковых занятиях этот демонстрационный опыт можно провести более строго, обратив особое внимание на технику титрования. Для этого берут еще две пробы кислоты во вторую и третью конические колбы и описанным способом производят титрование. Если объемы

израсходованной щелочи во всех трех титрованиях не отличаются между собой более чем на 0,1 мл, то титрование проведено правильно. Для расчетов берут средний объем щелочи трех титрований.

При проведении титрования соблюдаются следующие правила:

1. Титрование каждой пробы начинать после того, как мениск жидкости установлен на нулевом делении бюретки.

2. Выливать жидкость из бюретки медленно, а отсчет производить через 1 мин после того, как прекращено выливание.

3. Отсчет делений бюретки производить по нижнему мениску, при этом глаз должен находиться на уровне мениска.

4. Для титрования брать не менее трех проб одной и той же пипеткой.

5. Для каждой пробы испытуемого раствора всегда брать один и тот же индикатор и в одинаковом количестве.

При титровании удобно пользоваться нормальными растворами, так как растворы одинаковой нормальности реагируют в равных объемах. При разных нормальностях эти растворы реагируют между собой в объемах, обратно пропорциональных их нормальностям:

$$\frac{N_{\text{к}}}{N_{\text{щ}}} = \frac{V_{\text{щ}}}{V_{\text{к}}},$$

или

$$N_{\text{к}} V_{\text{к}} = N_{\text{щ}} V_{\text{щ}},$$

где $N_{\text{к}}$ — нормальность раствора кислоты; $N_{\text{щ}}$ — нормальность раствора щелочи; $V_{\text{к}}$ — объем раствора кислоты; $V_{\text{щ}}$ — объем раствора щелочи. Зная какие-либо три величины из уравнения, легко определить четвертую.

Опыт 6-14. Цвет индикаторов в щелочной и кислой средах.

Оборудование и материалы. 3 стакана со стеклянными палочками, растворы гидроксида натрия (0,1 М), соляной кислоты (1 М) и индикаторов — фенолфталеина, лакмуса, метилового оранжевого.

В 3 стакана налейте по 30 мл раствора гидроксида натрия и добавьте в первый стакан 2—3 капли раствора фенолфталеина (раствор окрашивается в малиновый цвет), во второй — 2—3 капли раствора лакмуса (раствор окрашивается в синий цвет) и в третий — 2—3 капли метилового оранжевого (раствор окрашивается в желтый цвет). Добавьте после этого в каждый стакан по 10 мл раствора соляной кислоты и перемешайте их стеклянными палочками, находящимися в стаканах. В первом стакане раствор обесцветился, во втором и в третьем — становится красным.

Добавьте снова раствор гидроксида натрия, чтобы реакция раствора стала щелочной. В этом случае в стаканах растворы окрашиваются в исходные цвета.

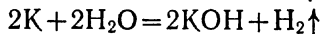
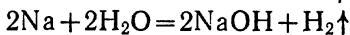
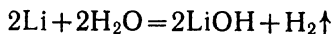
1. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРУППЕ

Опыт 7-1. Сравнительная химическая активность щелочных металлов.

Оборудование и материалы. 3 штатива с лапками, нож, пинцет; 3 бюкса, 3 стеклянные трубки диаметром 2 см или пробирки с отверстием в дне, 3 стакана емкостью 100 мл, фильтровальная бумага, литий, натрий, калий, раствор фенолфталеина, дистиллированная вода.

В каждом из трех штативов закрепите по пробирке с отверстием в дне или по стеклянной трубочке такого же диаметра, погрузите их на 10 см в стакан с водой, в которую добавлено 2—3 капли фенолфталеина (рис. 7-1). После этого отрежьте ножом под керосином по кусочку (с горошину) лития, натрия, калия и поместите их в бюксы с соответствующими этикетками, наполненные керосином.

Кусочки лития, натрия и калия выньте из бюксов пинцетом, обсушите их фильтровальной бумагой и пинцетом поочередно бросьте в первую пробирку литий, во вторую — натрий, в третью — калий. В каждой пробирке струйки образующейся щелочи проникают вниз, раствор окрашивается в малиновый цвет:



Опыт 7-2. Взаимодействие алюминия с бромом и иодом.

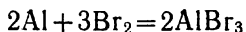
Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, большая пробирка 20—25 см высоты и 3—4 см диаметром, большой стакан с песком, марлевый тампон с гранулированным активированным углем, ступка с пестиком, керамическая плитка, колба емкостью 50 мл с пробкой, пипетка с резиновым колпачком, стеклянная палочка, стеклянный колокол, бром, алюминиевые стружки, алюминиевая пыль, кристаллический иод, дистиллированная вода.

Рис. 7-1. Сравнительная химическая активность щелочных металлов.

а) Большую пробирку укрепите вертикально в штативе. Под пробирку поставьте большой стакан с песком. Налейте в пробирку

немного жидкого брома и бросьте в него около 0,5 г стружек алюминия. Пробирку закройте тампоном с активированным углем (можно использовать уголь из старых противогазов).

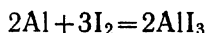
Через 1—2 мин алюминий воспламеняется и горит красновато-бурым пламенем. На стенках пробирки оседают золотистые кристаллы бромида алюминия:



После воспламенения пробирку вместе со штативом и стаканом с песком поставьте под тягу.

б) Сухой кристаллический иод разотрите в ступке. Проведите возгонку иода и высушите его над хлоридом кальция в эксикаторе, шлиф которого смазан тальком, а не вазелином.

Смешайте равные объемы (по чайной ложке) алюминиевой пыли и сухого растертого иода путем встряхивания в сухой, закрытой пробкой колбочке. На керамическую плитку насыпьте коническую кучку смеси. Палочкой сделайте углубление и добавьте пипеткой 1—2 капли воды. Через 1—2 мин начинается бурная реакция, сопровождающаяся выделением теплоты, света и фиолетовых паров иода:



Вода катализирует реакцию, при этом выделяется много теплоты. В этих условиях иодид алюминия при соприкосновении с воздухом самопроизвольно загорается.

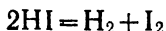
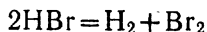
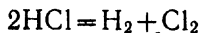
Этот опыт показывает относительную активность брома и иода при взаимодействии с алюминием, а также иллюстрирует действие воды как катализатора.

Примечание. Если опыт взаимодействия алюминия с иодом показывают на демонстрационном столе, то после внесения воды в смесь следует прикрыть ее большим стеклянным колоколом.

Опыт 7-3. Сравнительная термическая устойчивость галогеноводородов.

Оборудование и материалы. 3 цилиндра емкостью 1 л со стеклянными пластинками, нихромовая спираль на ручке, от которой идет провод с вилкой (можно использовать спираль от электрической плитки).

Наполните цилиндры хлороводородом, бромоводородом и иодоводородом. Во время опыта последовательно вставляйте раскаленную нихромовую спираль в цилиндры. Раскаленная нихромовая проволока вызывает термическое разложение галогеноводородов, образуются бурные пары брома и фиолетовые пары иода:



Пары иода и водород на воздухе воспламеняются, возникает фиолетовое пламя.

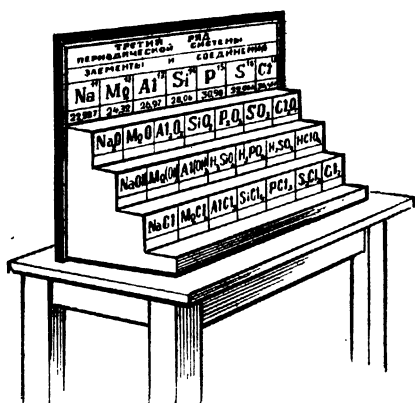


Рис. 7-2. Горка для простых веществ и соединений элементов третьего периода периодической системы Д. И. Менделеева.

2. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕРИОДЕ

Опыт 7-4. Горка для простых веществ и соединений элементов третьего периода.

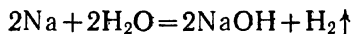
Оборудование и материалы. Специально оборудованная горка с набором препаратов (рис. 7-2).

Для демонстрации препараты простых веществ, а также оксидов, гидроксидов, кислот и хлоридов элементов третьего периода периодической системы элементов Д. И. Менделеева расположите на ступенчатой самодельной горке (рис. 7-2).

Опыт 7-5. Взаимодействие натрия, магния и хлора с водой.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, электроплитка, подъемный столик, защитное стекло в рамке с ручкой, пинцет, нож, черный фон, кристаллизатор, стакан, колба, стеклянная трубка, бюкс с керосином, установка для получения хлора (с. 57), натрий, порошок магния, дистиллированная вода, растворы фенолфталеина и лакмуса, фиолетовые чернила, фильтровальная бумага.

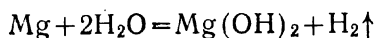
а) Отрежьте ножом под керосином маленький кусочек (с горошину) натрия, поместите его в бюкс, наполненный керосином. Наполните кристаллизатор на $\frac{3}{4}$ дистиллированной водой, прилейте 5—6 капель фенолфталеина и поставьте на подъемном столике. Пинцетом достаньте кусочек натрия, осторожно обсушите фильтровальной бумагой и бросьте в кристаллизатор. Во время реакции шарик расплавленного натрия быстро движется по поверхности воды. За ходом реакции наблюдайте через защитное стекло, так как в конце реакции обычно происходит небольшой взрыв, сопровождающийся разбрызгиванием металла. Фенолфталеин показывает щелочную реакцию раствора:



Если на поверхность воды положить сначала кювет из фильтровальной бумаги, а на него натрий, то в этом случае натрий не движется по воде, а быстро воспламеняется.

б) Стакан на $\frac{1}{3}$ заполните дистиллированной водой и внесите одну ложку порошка магния. При комнатной температуре взаимодействие не наблюдается.

Нагрейте содержимое стакана на горелке или электрической плитке почти до кипения. На черном фоне хорошо видно выделение пузырьков водорода. Фенолфталеин показывает щелочную реакцию раствора:



При охлаждении взаимодействие магния с водой прекращается.

в) Заполните колбу дистиллированной водой и укрепите ее наклонно в лапке штатива. От установки для получения хлора (с. 57) по трубке, достигающей до дна колбы, пропускайте медленный ток хлора (рис. 7-3). Хлор, частично растворяясь, собирается в верхней части колбы над водой, вытесняя ее в верхнюю часть горла. Лучшему растворению хлора способствует периодическое взбалтывание жидкости. Хлорная вода — смесь четырех компонентов:

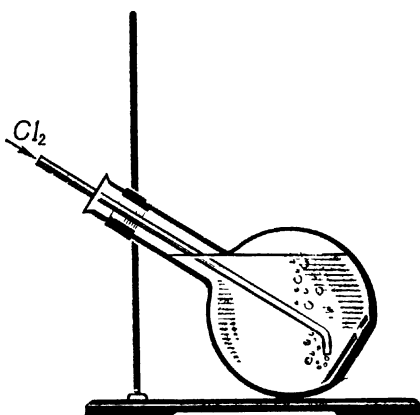
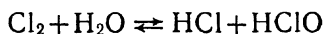


Рис. 7-3. Получение хлорной воды.



Если в стаканы налить раствор лакмуса и фиолетовых чернил, а затем добавить хлорную воду, то окраска растворов обесцвечивается.

Опыт 7-6. Сравнительная характеристика свойств элементов третьего периода.

Оборудование и материалы. Прибор для демонстрации свойств элементов третьего периода (рис. 7-4), регулятор напряжения или реостат, 7 фарфоровых чашек с песком, натрий, порошки магния, алюминия, кремния, красного фосфора, серы, хлор в пробирке, дистиллированная вода, раствор лакмуса или метилового оранжевого.

Соберите прибор согласно рисунку 7-4. С помощью этого прибора можно демонстрировать постепенное уменьшение металлических и нарастание неметаллических свойств элементов третьего периода, отношение простых веществ к кислороду, оксидов к воде, а также свойства гидроксидов этих элементов. Прибор смонтирован на доске с двумя стойками, которые соединяются перекладиной. В перекладине сделано 7 отверстий для пробирок большого диаметра. Пробирки закрыты резиновыми пробками со вставленными в них капельными воронками

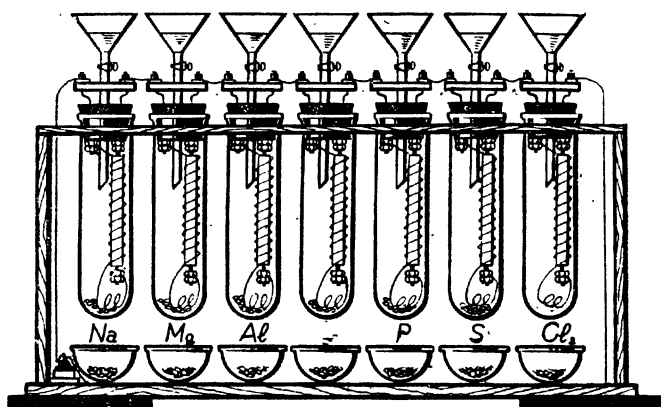


Рис. 7-4. Демонстрация свойств элементов третьего периода.

и электронагревательными стержнями. Последние соединены друг с другом последовательно, их можно одновременно подключать к розетке.

Заполните пробирки веществами, как показано на рисунке 7-4: кусочек натрия, порошок магния, порошок алюминия, порошок кремния, порошок красного фосфора, порошок серы; седьмая пробирка наполнена хлором. В капельные пипетки налейте дистиллированную воду и добавьте в каждую раствор индикатора. Включите прибор в электрическую сеть через регулятор напряжения или реостат. Как только вещества воспламятся и сгорят, отключите прибор. В 6 пробирках, кроме последней, образовались оксиды (учащимся следует объяснить, что оксиды хлора получают другим способом).

Для определения характера оксидов прилейте в каждую пробирку (кроме седьмой) одинаковое количество воды с раствором индикатора. Кроме пробирок с оксидом алюминия и кремния, которые не взаимодействуют с водой, во всех изменился цвет индикатора. Гидроксиды натрия и магния проявляют основные свойства (они ослабевают в ряду натрий—магний—алюминий), гидроксиды фосфора и серы проявляют кислотные свойства (они усиливаются при переходе от фосфора к сере). Гидроксид алюминия получают действием на раствор соли алюминия раствором щелочи (это очень слабое основание), а кислотные свойства оксида кремния (IV) обнаруживаются при сплавлении его с основными оксидами (очень слабую кремниевую кислоту получают действием на раствор ее соли раствором сильной кислоты).

После окончания опыта приведите прибор в исходное состояние.

Опыт 8-1. Получение хлора окислением соляной кислоты дихроматом калия.

Оборудование и материалы. Колба Вюрца емкостью 500 мл, капельная воронка, простая воронка диаметром 5—7 см, короткая пробирка, 2 промывные склянки с водой и концентрированной серной кислотой, цилиндр для собирания газа, штатив с лапкой и кольцом, асбестированная сетка, горелка, стеклянная трубка по высоте цилиндра, согнутая под прямым углом, вата, резиновые трубки, дихромат калия (кристаллический) $K_2Cr_2O_7$, соляная кислота (пл. 1,19).

Соберите прибор, как указано на рисунке 8-1. В колбу Вюрца поместите дихромат калия слоем 2—3 см. Посередине колбы в дихромат калия вставьте короткую пробирку. Горло колбы Вюрца закройте пробкой с проходящей через нее капельной воронкой, конец трубки которой введите в пробирку. В капельную воронку налейте концентрированную соляную кислоту. К колбе присоедините промывные склянки с водой и концентрированной серной кислотой. Согнутую под прямым углом стеклянную трубку соедините резиновой трубкой с промывной склянкой и до дна опустите в цилиндр, сверху прикрытый тампоном ваты.

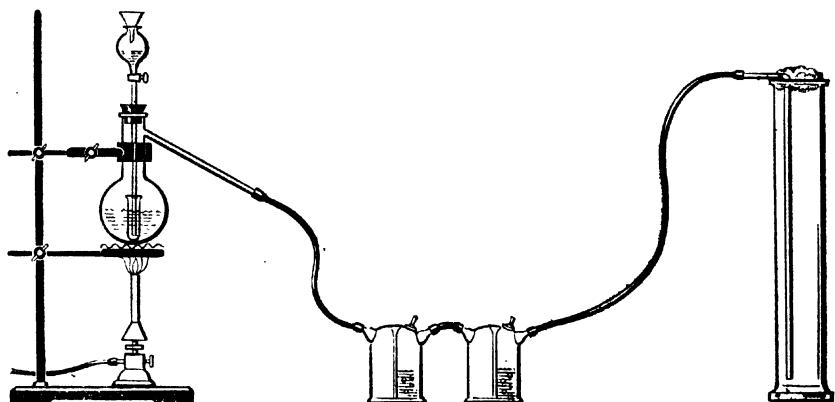
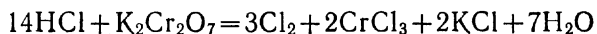


Рис. 8-1. Получение хлора окислением соляной кислоты дихроматом калия.

В колбу из капельной воронки прилейте столько концентрированной соляной кислоты, чтобы весь взятый дихромат калия был ею покрыт:



Реакцию проводят при нагревании слабым огнем на сетке; с прекращением нагревания хлор перестает выделяться. Избегайте сильного нагревания, которое способствует выделению хлороводорода; примесь его к хлору мешает проведению опыта.

Соберите хлор в сухой стеклянный цилиндр, вытеснив из него воздух. Цилиндры с хлором закройте притертыми стеклянными пластинками, смазанными вазелином, или парафинированными пробками.

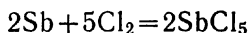
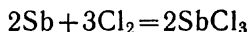
Хлор можно собирать и над водой, но последняя в этом случае должна быть горячей, чтобы уменьшить растворимость в ней газа. Вместо воды можно применять насыщенный раствор поваренной соли.

Это наиболее рациональный способ получения хлора, так как не нужно после каждого опыта мыть прибор. После прекращения нагревания прекращается выделение хлора, и прибор может быть использован длительное время без перезарядки.

Опыт 8-2. Горение сурьмы в хлоре.

Оборудование и материалы. Прибор для получения хлора (рис. 8-1), цилиндр емкостью 1—2 л или бутыл с широким горлом, пробирка с держателем, песок, горелка, ступка с пестиком, сурьма.

Нагрейте пробирку с свежерастертой сурьмой. Пользуясь держателем, постукивая пальцем по пробирке, небольшими порциями ссыпайте сурьму в цилиндр с хлором и слоем песка на дне (1—1,5 см). Сурьма тотчас воспламеняется и сгорает в виде огненного дождя. Цилиндр при этом наполняется густым белым дымом хлорида сурьмы (III) и хлорида сурьмы (V):



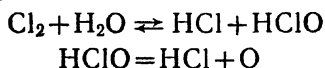
Опыт 8-3. Приготовление хлорной воды (см. опыт 7-5, в).

Опыт 8-4. Белящие свойства хлора.

Оборудование и материалы. 5 стаканов на 200 мл, разбавленные водные растворы фиолетовых чернил, фуксина и лакмуса, газетная бумага, полоски фильтровальной бумаги 5×20 см, полоски цветной хлопчатобумажной ткани, свежеприготовленная хлорная вода.

Налейте в 5 стаканов хлорную воду. Опустите в стаканы последовательно смоченные разведенными растворами фиолетовых чернил, фуксина и лакмуса полоски фильтровальной бумаги. На полоске газетной бумаги с надписью фиолетовыми

чернилами, опущенной в четвертый стакан с хлорной водой, обесцвечиваются только слова, написанные чернилами. Цвет типографской краски не изменяется. В пятый стакан с хлорной водой опустите полоску хлопчатобумажной ткани. Хлор белил только в присутствии влаги. Однако не все ткани одинаково легко обесцвечиваются, поэтому их предварительно испытывают. Обесцвечивает красители кислород¹, выделяющийся при распаде хлорноватистой кислоты, образовавшейся в результате взаимодействия хлора с водой:



Если в газообразный хлор внести красную розу, то обесцвечивается в первую очередь зеленый хлорофилл, более чувствительный к действию хлора, а затем и красный краситель лепестков.

Опыт 8-5. Синтез хлороводорода (горение водорода в хлоре и хлора в водороде) (см. опыт 3-7).

Опыт 8-6. Растворение брома в воде и в других растворителях.

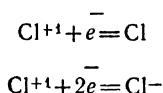
Оборудование и материалы. 3 стакана на 100 мл со стеклянными палочками, дистиллированная вода, тетрахлорид углерода, бензол.

В один стакан налейте 10 мл дистиллированной воды, в другой — 5 мл воды и 5 мл тетрахлорида углерода, в третий — 5 мл воды и 5 мл бензола. Затем в каждый стакан прибавьте по 5—7 капель брома и хорошо перемешайте стеклянными палочками, дайте отстояться.

В первом стакане раствор брома в воде окрашен в бурый цвет. Слой тетрахлорида углерода расположится под раствором (пл. 1,60), бензола — над раствором (пл. 0,88); они окрасятся в желто-коричневый или лимонно-желтый цвет (во втором и третьем стаканах). Большей частью бром из водного раствора переходит в органический растворитель (экстрагирование), так как в них он растворяется значительно лучше, чем в воде.

Примечание. С бромом необходимо обращаться очень осторожно. Пары его сильно действуют на органы дыхания, а при попадании жидкого брома на кожу получают очень болезненные ожоги. Бром и бромную воду хранят в склянках с притертыми стеклянными пробками. Работать с бромом следует под тягой.

¹ Механизм окисления хлорноватистой кислотой и ее солями объясняют также действием хлора со степенью окисления +1, являющимся активным окислителем:



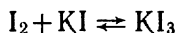
Опыт 8-7. Растворение иода в различных растворителях.

Оборудование и материалы. 6 стаканов емкостью по 100 мл с палочками, белый экран, ступка с пестиком, дистиллированная вода, спирт, эфир, тетрахлорид углерода CCl_4 , бензол, бензин, иодид калия (20%-ный раствор).

Во все стаканы всыпьте по небольшому количеству иода, предварительно истертого в ступке в мелкий порошок. Прилейте растворители и хорошо размешайте стеклянными палочками.

В воде иод малорастворим, и вода окрашивается в светло-желтый цвет. В спирте, эфире и растворе иодида калия получается бурый раствор, в тетрахлориде углерода, бензоле и бензине — красно-фиолетовый раствор с различными оттенками. Различие цветов зависит от образования соответствующих сольватов с растворителем.

Иод хорошо растворяется в растворах иодидов щелочных металлов, образуя полииодиды красновато-бурого цвета:

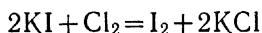


Опыт 8-8. Действие иода на крахмал.

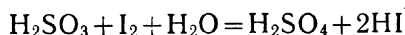
Оборудование и материалы. 2 стакана емкостью по 100—200 мл с палочками, свежеприготовленный крахмал (1%-ный раствор), дистиллированная вода, иодная вода в капельнице, иодид калия (1 М раствор), хлорная вода в капельнице.

Налейте в стаканы наполовину дистиллированной воды и по 2—3 мл раствора крахмала. В первый стакан при помешивании прибавляйте каплями иодную воду до появления синей окраски раствора.

Во второй стакан вместо раствора иода добавьте 10—15 капель иодида калия. Окрашивание не происходит, так как оно вызывается только свободным иодом. Для подтверждения этого прилейте каплями хлорную воду и наблюдайте появление синего окрашивания:



Иодид калия для опыта должен быть свежеприготовленный, так как при хранении он постепенно разлагается с выделением свободного иода. Если имеется уже пожелтевший раствор, то можно связать иод, прибавив к нему при помешивании несколько капель раствора сернистой кислоты; раствор обесцвечивается:



Опыт 8-9. Экстракция иода бензолом из водного раствора.

Оборудование и материалы. Цилиндр на 100 мл с пробкой, иод (кристаллический), дистиллированная вода, бензол.

Растворите очень маленький кристаллик иода в воде. К водному раствору иода прибавьте 2—3 мл бензола и тщательно взболтайте раствор в цилиндре. После отстаивания образуется ярко-красный слой иода в бензоле.

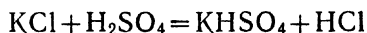
На хорошей растворимости иода в органических растворителях основано извлечение его из водных растворов.

Опыт 8-10*. Взаимодействие галогенидов с концентрированной серной кислотой.

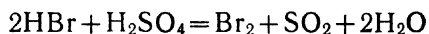
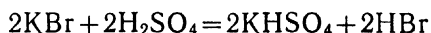
Оборудование и материалы. Штатив с тремя большими пробирками, капельная пипетка, вата, хлорид калия, бромид калия, иодид калия, концентрированная серная кислота (пл. 1,84), гидроксид натрия (1 М раствор).

Насыпьте в первую пробирку немного хлорида калия, во вторую — бромида калия, в третью — иодида калия. Приготовьте ватные тампоны для трех пробирок. Прилейте в пробирки по 2—3 мл концентрированной серной кислоты и закройте пробирки ватными тампонами. Из капельной пипетки нанесите на ватные тампоны гидроксид натрия.

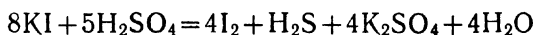
При взаимодействии серной кислоты с хлоридом калия в первой пробирке выделится хлороводород:



Во второй пробирке образующийся бромоводород окисляется, появляются красно-бурые пары брома, а серная кислота восстанавливается до оксида серы (IV):



В третьей пробирке получается иодоводород, который является более сильным восстановителем, чем бромоводород, поэтому реакция восстановления протекает до образования сероводорода; мгновенно образуются пары иода:



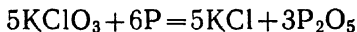
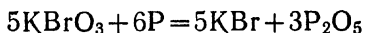
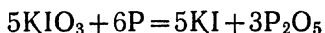
Тампоны ваты, смоченные гидроксидом натрия, поглощают газообразные вещества реакций, поэтому опыт можно проводить без вытяжного шкафа.

Опыт 8-11*. Сравнительная устойчивость кислородных соединений галогенов.

Оборудование и материалы. Наковальня или утюг, молоток, 4 пластиковых штапеля или ложечки, ступка с резиновым пестиком, глянцевая бумага, прозрачная бумага, 3 птичьих пера, сухой красный фосфор, хлорат калия KClO_3 , бромат калия KBrO_3 , иодат калия KIO_3 .

Приготовьте из глянцевой бумаги 3 кюветы (10×6 см) и 3 пакета (5×4 см). Перед опытом в глянцевых бумажных кюветах птичьими перьями смешайте сухие растертые вещества: красный фосфор с иодатом калия, красный фосфор с броматом калия и красный фосфор с хлоратом калия. Бромат и иодат калия могут быть загрязнены хлоратом калия, а это уменьшает эффект опыта. Их заранее проверяют и, если нужно, тщательно перекристаллизовывают.

Фосфор и соли берите в равных объемах, величиной каждый с горошину. Полученные смеси поместите в уголки прозрачных пакетов. Положите последовательно пакеты с смесями веществ на наковальню, ударьте по каждому молотком. Протекают реакции:



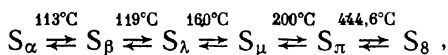
Сильнее всех взрывает хлорат калия, слабее — иодат калия, бромат калия занимает среднее между ними положение.

Опыт 9-1. Плавление серы и ее аллотропические превращения.

Оборудование и материалы. Большая тугоплавкая пробирка, держалка для пробирки, штатив с лапкой, горелка, черенковая сера.

Пробирку на $\frac{1}{2}$ ее объема заполните небольшими кусочками черенковой серы, укрепите в держалке и медленно, осторожно нагревайте на пламени горелки, непрерывно вращая и встряхивая пробирку. При 113°C сера плавится, превращаясь в легкоподвижную янтарно-желтую жидкость, которая остается без изменения при нагревании до 160°C . По мере дальнейшего повышения температуры цвет серы постепенно переходит в вишнево-красный, а затем в темно-коричневый; при этом подвижность серы уменьшается, она становится вязкой и около 200°C превращается в густую, как смола, массу, не вытекающую из пробирки при перевертывании последней.

При дальнейшем нагревании вязкость серы постепенно уменьшается; около 400°C сера, оставаясь окрашенной в темно-коричневый цвет, вновь становится легкоподвижной и при $444,6^{\circ}\text{C}$ закипает. После этого следует прекратить нагревание, укрепить пробирку в штативе, дать расплавленной сере медленно охлаждаться. При остывании можно наблюдать все описанные выше состояния серы: сначала она загустеет, затем сделается жидкой, легкоподвижной, темно-коричневая окраска сменится вишнево-красной, а затем янтарно-желтой и, наконец, сера закристаллизуется. Схема превращений.



где S_{α} — ромбическая; S_{β} — призматическая; S_{λ} — жидкая, S_{μ} — пластическая; S_{π} — жидкая; S_8 — пар.

Опыт 9-2. Получение пластической (аморфной) серы.

Оборудование и материалы. стакан на 1 л, стеклянная палочка по величине стакана с загнутым под прямым углом концом, большая тугоплавкая пробирка, держалка для пробирки, штатив с лапкой, горелка, черенковая сера, дистиллированная вода.

Закристаллизовавшуюся серу в пробирке из опыта 9-1 нагрейте до кипения и вылейте тонкой струей в стакан с холодной водой (рис. 9-1). При быстром охлаждении жидкая сера

превращается в пластическую (аморфную), тягучую массу, которая в виде нитей собирается на дне стакана. С помощью стеклянной палочки с согнутым концом достаньте серу со дна стакана. Покажите ее тягучесть и кусочки передайте для обозрения.

Опыт 9-3. Получение суспензии серы («серное молоко»).

Оборудование и материалы. Колба с пробкой емкостью 1 л, пробирка с корковой пробкой, капельница, стакан на 100 мл, штатив с воронкой и складчатым фильтром, сера черенковая, бензол, дистиллированная вода.

Заблаговременно приготовьте насыщенный бензольный раствор серы в пробирке путем продолжительного настаивания и встряхивания. Нерастворившуюся часть серы отфильтруйте в стакан, перелейте в капельницу. Полученный прозрачный раствор серы по каплям вливайте в колбу с дистиллированной водой при непрерывном взбалтывании. Образуется молочно-белая суспензия («серное молоко»).

Опыт 9-4. Взаимодействие серы с металлами (см. опыты 1-18 и 1-19).

Опыт 9-5. Получение сероводорода.

Оборудование и материалы. Колба Вюрца с пробкой, штатив с лапкой, кольцом и асбестированной сеткой, горелка, промывная склянка с концентрированной серной кислотой, стеклянная трубка, согнутая под прямым углом, пробирка с отводной трубкой, сера в порошке, парафин, волокнистый асбест.

В-колбу Вюрца загрузите в равных весовых частях серу и парафин, смешанные с волокнистым асбестом в равных объемных отношениях. Нагревайте колбу Вюрца, регулируя так, чтобы получить равномерный ток сероводорода¹.

Если нужно получить небольшие количества сероводорода, то опыт проводят в пробирке с отводной трубкой, как указано на рисунке 9-2.

Примечание. Рациональнее проводить получение сероводорода этим способом, так как сероводород выделяется только при нагревании и не газует без надобности, как это происходит при получении в аппарате Киппа.

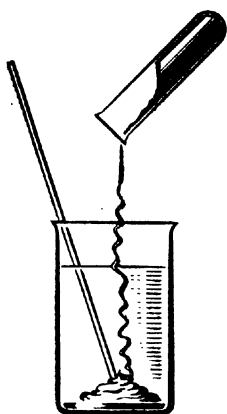


Рис. 9-1. Получение пластической (аморфной) серы.

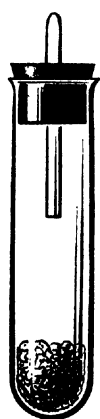


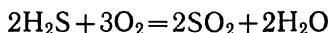
Рис. 9-2. Получение сероводорода из смеси серы с парафином.

¹ Сероводород можно получить в аппарате Киппа взаимодействием сульфида железа с соляной кислотой (1:1), но только с использованием вытяжного шкафа.

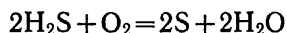
Опыт 9-6. Горение сероводорода и его кислотные свойства.

Оборудование и материалы. Прибор для получения сероводорода (рис. 9-2), фарфоровая чашка диаметром 10—12 см, тигельные щипцы, горелка, пробирка, раствор синего лакмуса, полоски фильтровальной бумаги.

Подожгите выделяющийся сероводород горящим в пробирке сероводородом, как и при зажигании водорода (см. опыт 3-1) (осторожно, так как может образоваться гремучий газ). Сероводород горит голубоватым пламенем:



Во время горения сероводорода щипцами внесите в его пламя холодную фарфоровую чашку и наблюдайте выделение на ней желтого налета — продукта неполного сгорания сероводорода:



Погасите пламя сероводорода. Поднесите к отверстию трубки смоченную раствором синего лакмуса полоску фильтровальной бумаги. Ее покраснение указывает на кислотный характер раствора сероводорода.

Опыт 9-7. Восстановительные свойства сероводорода.

Оборудование и материалы. Прибор для получения сероводорода (рис. 9-2), 6 пробирочных «гуськов», дистиллированная вода, иодная и бромная вода, 0,001 М растворы перманганата и дихромата калия, 1 М растворы серной кислоты и гидроксида натрия.

Пробирочные «гуськи» соедините между собой (рис. 9-3) и последовательно налейте в них 3—4 мл воды, 2—3 мл иодной воды, 2—3 мл бромной воды, 2—3 мл перманганата калия и 1 мл 1 М раствора серной кислоты, 2—3 мл дихромата калия и 1 мл раствора серной кислоты, 8—10 мл 1 М раствора гидрокси-

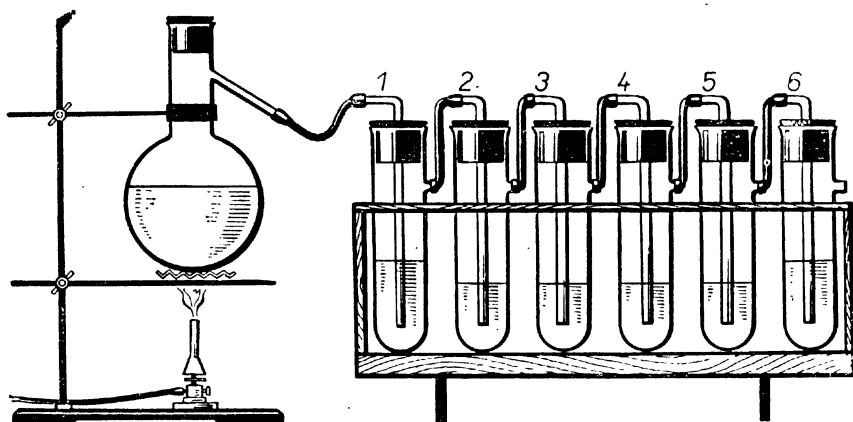


Рис. 9-3. Восстановительные свойства сероводорода.

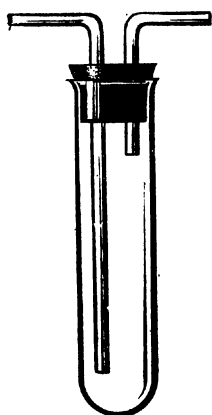
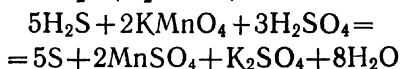
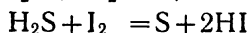
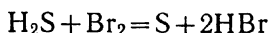


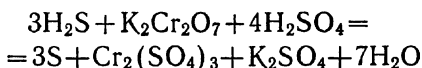
Рис. 9-4.
Самодельный
пробирочный
«гусек».

да натрия. Первый «гусек» с водой присоедините к прибору, в котором получается сероводород. При нагревании колбы Вюрца (рис. 9-3) выделяется сероводород, который будет взаимодействовать с растворами в «гуськах».

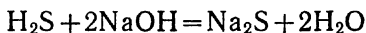
При прохождении сероводорода через второй, третий и четвертый «гуськи» откраска обесцвечивается, а растворы постепенно мутнеют:



В пятом «гуське» оранжевая окраска раствора дихромата калия меняется на зеленую и постепенно образуется взвесь серы:



В шестом «гуське» связывается весь сероводород (он не поступает в воздух):



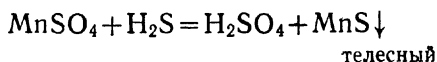
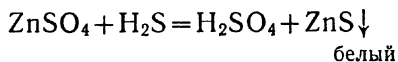
Примечание. Если нет готовых пробирочных «гуськов», их можно заменить самодельными (см. рис. 9-4).

Опыт 9-8. Образование сульфидов металлов¹.

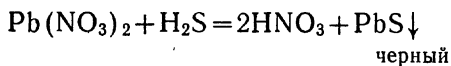
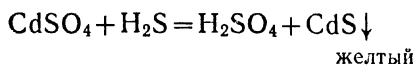
Оборудование и материалы. Прибор с «гуськами» (рис. 9-3), дистиллированная вода, 0,01 М растворы солей сульфатов цинка, марганца, кадмия, нитрата свинца, раствор гидроксида натрия (1 М).

В пробирочные «гуськи» последовательно налейте 3—4 мл воды, по 2—3 мл растворов сульфата цинка, сульфата марганца, сульфата кадмия, нитрата свинца, гидроксида натрия. Следует строго соблюдать указанную последовательность растворов, с тем чтобы более светлые осадки предшествовали темным. В противном случае темные осадки, увлекаемые током газа, могут изменить окраску светлых.

Зажгите горелку под колбой Вюрца. При прохождении сероводорода, поступающего из прибора, через растворы взятых солей в «гуськах» образуются осадки различного цвета:



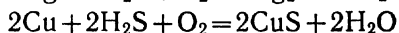
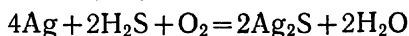
¹ См. также опыт 11-10.



Опыт 9-9. Почернение серебряных и медных пластинок при погружении их в сероводородную воду.

Оборудование и материалы. Серебряная пластинка, медная пластинка, сероводородная вода, 2 «гуська».

При погружении в сероводородную воду серебряной и медной пластинок они чернеют вследствие образования на их поверхности сульфидов серебра и меди:



Опыт 9-10. Взаимодействие сероводорода с оксидом свинца (IV).

Оборудование и материалы. Прибор для получения сероводорода (рис. 9-2), стеклянная трубка с оттянутым концом, ложечка, белая керамическая плитка, оксид свинца (IV).

К прибору с сероводородом присоедините стеклянную трубку с оттянутым концом. На керамическую плитку положите немного оксида свинца (IV) и направьте на него ток сероводорода. Через некоторое время сероводород воспламеняется и горит голубоватым пламенем:



Опыт 9-11. Получение оксида серы (IV) и сернистой кислоты при взаимодействии сульфата натрия с концентрированной серной кислотой (см. опыт 6-7).

Опыт 9-12. Получение оксида серы (IV) и сернистой кислоты действием концентрированной серной кислоты на медь.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, кольцом, асбестированной сеткой и горелкой, колба Вюрца, капельная воронка, стакан на 200 мл, пробирка, промывная склянка с концентрированной серной кислотой, стеклянная трубка, согнутая под прямым углом, резиновые трубки, серная кислота (пл. 1,84), медные стружки, синий раствор лакмуса, дистиллированная вода.

Соберите прибор, как указано на рисунке 9-5. В колбу Вюрца насыпьте 20—30 г медных стружек и вставьте делительную воронку с концентрированной серной кислотой. К газоотводной трубке колбы Вюрца присоедините промывную склянку с концентрированной серной кислотой. К промывной склянке присоедините стеклянную трубку, опущенную в стакан с дистиллированной водой. Из делительной воронки прилейте концентрированную серную кислоту так, чтобы она покрыла медные стружки (при обычной температуре реакция не протекает). Зажгите

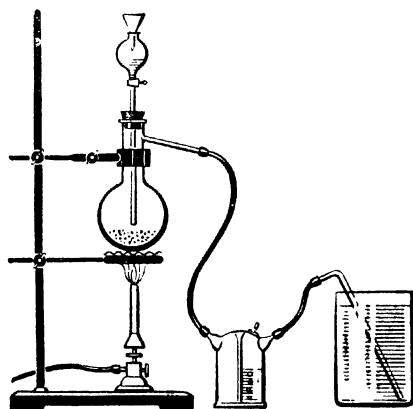
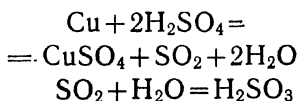


Рис. 9-5. Получение оксида серы (IV) и сернистой кислоты действием концентрированной серной кислоты на медь.

горелку. Нагревайте до энергичного выделения газа и насыщения им дистиллированной воды:

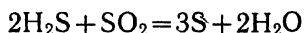


Немного отлейте раствора сернистой кислоты в пробирку и подействуйте раствором синего лакмуса для доказательства кислотных свойств. Остаточный раствор сернистой кислоты сохраните для следующих опытов.

Опыт 9-13. Взаимодействие сернистой кислоты с сероводородной водой.

Оборудование и материалы. 2 стакана, стеклянная палочка, растворы сернистой кислоты и сероводородной воды.

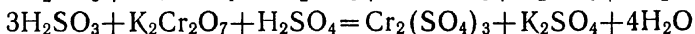
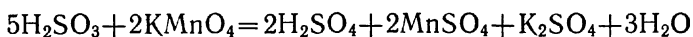
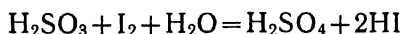
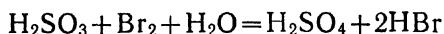
Свежеприготовленная сероводородная вода готовится насыщением дистиллированной воды сероводородом (опыт 9-5). В стакан с раствором сернистой кислоты прилейте равный объем свежеприготовленной сероводородной воды, размешайте стеклянной палочкой. Появляется белая взвесь:



Опыт 9-14. Взаимодействие сернистой кислоты с окислителями.

Оборудование и материалы. 4 стакана емкостью 100 мл с палочками, растворы сернистой кислоты, бромная и иодная вода, растворы перманганата и дихромата калия (0,005 M), серной кислоты (1 M).

Налейте в первый стакан 10 мл бромной воды, во второй — 10 мл иодной воды, в третий — 10 мл раствора перманганата калия и 2 мл серной кислоты, в четвертый — 10 мл раствора дихромата калия и 2 мл серной кислоты. Прилейте во все стаканы по 10 мл раствора сернистой кислоты. Бромная и иодная вода и раствор перманганата калия обесцвечиваются, а цвет раствора в пробирке с дихроматом калия из оранжевого превращается в зеленый:

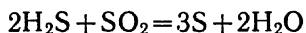


Опыт 9-15. Взаимодействие оксида серы (IV) с сероводородом.

Оборудование и материалы. Приборы для получения оксида серы (IV) и сероводорода (рис. 6-2 и 9-2), 2 цилиндра одинакового диаметра со стеклянными пластинками.

Смочите один цилиндр внутри водой, наполните его сероводородом, применяя способ вытеснения воздуха, и накройте стеклянной пластинкой. Другой цилиндр наполните тем же способом оксидом серы (IV), накройте стеклянной пластинкой и поставьте в перевернутом положении на цилиндр с сероводородом.

Выньте стеклянные пластинки и переверните несколько раз цилиндры, прижимая их отверстиями друг к другу. Появляется дым, образованный из очень мелких частиц серы, оседающих на стенках цилиндра:



По окончании опыта цилиндры наполните водой; в противном случае их трудно будет отмыть.

Опыт 9-16. Обесцвечивание живых цветов оксидом серы (IV).

Оборудование и материалы. Стеклянный колокол, стекло по размеру колокола, толстая стеклянная палочка, большой стакан, стеклянный цилиндр, чашка, горелка, тигельные щипцы, пульверизатор с водой, сера, диэтиловый эфир, розы, незабудки, пионы и другие цветы.

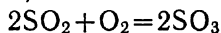
Цветы на непродолжительное время погрузите в эфир для растворения воска, покрывающего лепестки цветов, который препятствует действию оксида серы (IV). Спрысните цветы из пульверизатора водой, поместите их в маленький цилиндр и поставьте под колокол.

Нагрейте в чашке серу, подожгите ее и поставьте чашку с горячей серой под колокол, подложив под его край толстую стеклянную палочку для поступления воздуха. Цветы в атмосфере оксида серы (IV) обесцвечиваются.

Опыт 9-17*. Получение оксида серы (VI) каталитическим окислением оксида серы (IV).

Оборудование и материалы. Горелка, большая коническая колба, платиновая пластинка на стеклянной палочке или платинированный асбест, насыщенный водный раствор оксида серы (IV).

В коническую колбу налейте 20—30 мл насыщенного водного раствора оксида серы (IV). В пламени горелки накалите платиновую пластинку или платинированный асбест и тут же внесите в колбу. Перед внесением платиновой пластинки содержимое колбы тщательно встряхните, не закрывая ее. Появляется туман оксида серы (VI):



Опыт 9-18. Гигроскопические свойства серной кислоты.

Оборудование и материалы. Технохимические весы с разновесом, чашка Петри, 2 стакана емкостью 100 мл, дробь или песок, серная кислота (пл. 1,84), сульфат меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, сульфат никеля $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

а) Налейте концентрированную серную кислоту в чашку Петри и уравновесьте ее на весах. Обратите внимание учащихся, что весы находятся в равновесии. К концу занятия равновесие резко нарушается за счет поглощения серной кислотой воды из воздуха.

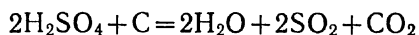
б) В 2 стакана на $\frac{1}{4}$ налейте концентрированную серную кислоту. В один стакан на поверхность кислоты насыпьте синие кристаллики сульфата меди, в другой — зеленые кристаллики сульфата никеля. Через некоторое время кристаллики теряют свою окраску за счет отнятия кристаллизационной воды серной кислотой.

Опыт 9-19. Обугливание сахарной пудры.

Оборудование и материалы. Ступка с пестиком, стакан на 100 мл (наиболее удобен узкий), стеклянная палочка, серная кислота (пл. 1,84), сахарная пудра.

20 г сахара, растертого в ступке до состояния пудры, высыпьте в стакан, поставленный на подставку. Добавьте 3 мл дистиллированной воды и тщательно перемешайте стеклянной палочкой. Влейте в стакан 10 мл концентрированной серной кислоты, снова перемешайте и стеклянную палочку поставьте посередине стакана.

Через минуту сахар начинает чернеть, вспучиваться и вылезать из стакана в виде рыхлой поздравательной массы (рис. 9-6). Реакция протекает с выделением значительного количества теплоты, в результате чего выделяются пары воды, стакан сильно разогревается. Серная кислота отнимает воду от сахара и реагирует с образовавшимся углем:



Выделяющиеся пар и газы вспучивают массу, делают ее пористой и выталкивают из стакана.

Опыт 9-20*. «Реставрация старинных картин».

Оборудование и материалы. 2 металлических ювета на 30×50 см, фанера, кнопки, тонкая кисточка для рисования, фильтровальная бумага, 3 стакана на 100—200 мл с палочками, растворы нитрата свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (0,1 М), карбоната натрия Na_2CO_3 (0,1 М), свежеприготовленная сероводородная вода, пероксид водорода H_2O_2 (10%-ный), дистиллированная вода.

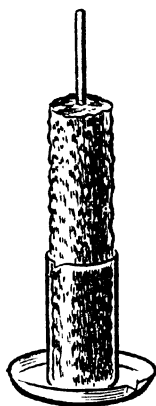
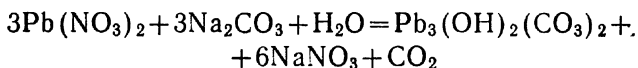
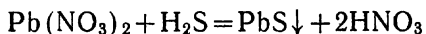


Рис. 9-6.
Обугливание
сахарной
пудры.

В один стакан налейте наполовину нитрата свинца и долейте до верха стакана раствор карбоната натрия. Образовалась взвесь свинцовых белил:

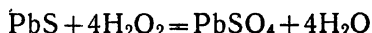


Из первого стакана перелейте половину суспензии во второй стакан и долейте доверху сероводородной водой, а первый стакан — водой. Во втором стакане образовался сульфид свинца черного цвета:



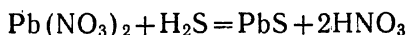
Так же темнеют со временем картины, написанные свинцовыми белилами.

Из второго стакана отлейте половину суспензии в третий стакан и дополните его доверху раствором пероксида водорода. Во второй стакан долейте дистиллированную воду. В третьем стакане образовался сульфат свинца белого цвета:

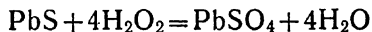


По этому же принципу реставрируют старинные картины, написанные свинцовыми белилами. Более наглядно это можно показать демонстрацией другого опыта.

Нарежьте фильтровальную бумагу по размеру кюветов. В один кювет налейте раствор нитрата свинца, в другой — сероводородную воду. Опустите лист фильтровальной бумаги сначала в раствор нитрата свинца, а затем в раствор сероводородной воды:



От сульфида свинца бумага чернеет. Просушите бумагу и прикрепите ее кнопками к листу фанеры. Затем кисточкой, смоченной пероксидом водорода, запишите на бумаге уравнение реакции:

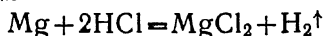


1. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Опыт 10-1. Зависимость скорости реакции от природы реагирующих веществ.

Оборудование и материалы. 2 стакана емкостью 200 мл со стеклянными палочками, мерный цилиндр емкостью 100 мл, раствор соляной кислоты (1 М), пластинки магния и цинка одинаковых размеров.

Налейте в 2 стакана по 100 мл соляной кислоты и опустите в один из них цинковую, а в другой магниевую пластинки. По интенсивности выделения пузырьков водорода делается заключение о скорости взаимодействия различных металлов с одной и той же кислотой (у магния она наибольшая):



Опыт 10-2. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

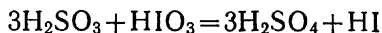
Оборудование и материалы. 4 стакана емкостью 200 мл со стеклянными палочками, 2 мерные колбы емкостью 500 мл, 3 измерительных цилиндра (на 100, 50 и 25 мл), секундомер или метроном, белый экран, иодат калия KIO_3 , сульфит натрия Na_2SO_3 , свежеприготовленный 1%-ный раствор крахмала, раствор серной кислоты (0,25 М), дистиллированная вода.

Приготовьте два раствора: раствор А — 1 г иодата калия в 500 мл 0,25 М раствора серной кислоты; раствор Б — 0,5 г сульфита натрия в 500 мл воды. Раствор А можно приготовить одновременно, раствор Б — перед демонстрацией (сульфит натрия легко разлагается). Напишите на четырех стаканах номера I, 2 и соответственно I и II.

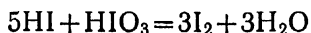
Налейте в стаканы I, 2 по 100 мл раствора А, в стакан I 100 мл раствора Б, в стакан II 50 мл раствора Б и 50 мл дистиллированной воды. В стаканы I и II добавьте по 25 мл раствора крахмала. Затем быстро слейте попарно растворы в стаканах I и I и включите секундомер или метроном. Позади стаканов поставьте белый экран. Отсчитайте время с момента сливания раствора до появления синего окрашивания. Ту же операцию сделайте со стаканами 2 и II. Сравните результаты.

При смешении растворов образуется иодноватая кислота HIO_3 , которая реагирует с сернистой кислотой (последняя по-

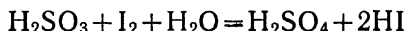
лучается при взаимодействии серной кислоты с сульфитом натрия):



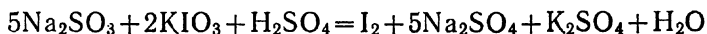
Эта реакция протекает довольно медленно. Когда вся сернистая кислота израсходуется, иодноватая кислота реагирует с иодоводородной, а выделяющийся иод в присутствии крахмала окрашивает раствор в синий цвет:



В присутствии сернистой кислоты иод выделиться не может, так как он реагирует с ней:



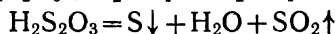
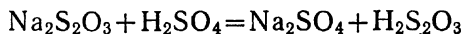
Суммарное уравнение реакции такое:



Свободный иод появляется в растворе только после окисления сульфита натрия.

Опыт 10-3. Скорость реакции при взаимодействии тиосульфата натрия с серной кислотой.

Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ можно также проследить по взаимодействию растворов тиосульфата натрия и серной кислоты:



Первая реакция протекает практически мгновенно. Скорость второй реакции зависит от концентрации реагирующего вещества $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$. В этом случае скорость измеряется временем от начала сливания растворов до появления во всех опытах одинаковой плотности суспензии серы.

Оборудование и материалы. 6 стаканов на 200 мл, 2 мерных цилиндра по 50 мл, секундомер или метроном, черный экран, 1 М растворы серной кислоты и тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, дистиллированная вода.

Приготовьте свежий раствор тиосульфата натрия в дистиллированной воде. На всех стаканах сделайте метки, соответствующие 75 мл. На трех стаканах поставьте номера 1, 2, 3, на трех других — номера I, II, III.

С помощью мерного цилиндра точно отмерьте раствор тиосульфата натрия: в стакан 1 — 10 мл, 2 — 20 мл, 3 — 40 мл; долейте дистиллированной водой до метки. Точно так же налейте 10, 20 и 40 мл раствора серной кислоты в стаканы I, II, III и тоже долейте дистиллированной водой до метки.

Быстро слейте растворы попарно в один стакан (1 и I), легким покачиванием перемешайте содержимое стакана и определите по секундомеру или метроному (по числу ударов) время появления слабой опалесценции, постепенно переходящей в за-

метное помутнение. То же сделайте, слив растворы стаканов 2 и II, а затем 3 и III. Чтобы легче заметить опалесценцию, позади стаканов поставьте черный экран.

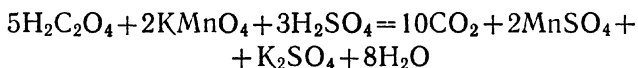
С помощью учащихсЯ можно слить три пары растворов одновременно и для всех сразу вести отсчет времени появления опалесценции. Раньше всего она появляется в стакане с наибольшей концентрацией раствора, во втором стакане для завершения реакции потребуется времени в два раза больше, в третьем — в три раза, т. е. скорость реакции пропорциональна концентрации реагирующих веществ.

Температура всех растворов должна быть одинаковой.

Опыт 10-4. Зависимость скорости реакции от температуры.

Опыт 10-4 выполняют аналогично опыту 10-2. Могут быть использованы те же растворы, однако температура не должна превышать 40°C, так как при более высокой температуре исчезает синее окрашивание.

Для исследования зависимости скорости реакции от температуры лучше использовать реакцию окисления щавелевой кислоты до оксида углерода (IV) перманганатом калия в присутствии серной кислоты:



Оборудование и материалы. 2 стакана на 500 мл, 4 стакана на 200 мл, 2 мерных цилиндра на 100 мл и один на 50 мл, белый экран, 2 штатива с закрепленными на каждом по 2 термометра на 100°C, 2 треножника с асбестированными сетками и горелками, растворы перманганата калия KMnO_4 (0,1 М), щавелевой кислоты (0,2 М), серной кислоты (1 М).

2 больших стакана пометьте номерами 1 и 2. На 2 малых стакана наклейте этикетки с надписью KMnO_4 , на 2 других — $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Налейте в 2 стакана с соответствующими этикетками по 100 мл раствора перманганата калия и по 50 мл раствора серной кислоты, в другие 2 стакана — по 100 мл раствора щавелевой кислоты и по 50 мл раствора серной кислоты. В растворы поместите термометры. Стаканы попарно поставьте на треножники, а напротив большие стаканы 1 и 2.

Нагрейте содержимое одной пары стаканов до 42—43°C, другой — до 52—53°C. С помощью ученика одновременно попарно слийте нагретые растворы в большие стаканы и измеряйте секундомером или метрономом (по числу ударов) время обесцвечивания раствора перманганата калия в стаканах 1 и 2.

Опыт 10-5. Зависимость скорости реакции от температуры при взаимодействии тиосульфата натрия с серной кислотой.

Зависимость скорости реакции от температуры можно также проследить на примере реакции, используемой в опыте 10-3.

Оборудование и материалы. 3 стакана на 500 мл, 6 стаканов на 200 мл со стеклянными палочками, мерный цилиндр на 100 мл, 2 пипетки емкостью по 10 мл, 2 треножника с асбестированными сетками и горелками, 2 штатива с закрепленными на каждом по 2 термометра на 100°C , секундомер или метроном, черный экран, растворы тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (1 М) и серной кислоты (1 М).

На шести стаканах емкостью по 200 мл нанесите метки, соответствующие 75 мл. На первых трех наклейте этикетки с надписью $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и на других — H_2SO_4 .

В стаканы, предназначенные для тиосульфата, пипеткой внесите по 10 мл его раствора и долейте дистиллированной водой до метки. В стаканы с этикеткой H_2SO_4 другой пипеткой внесите по 10 мл раствора кислоты и тоже долейте дистиллированной водой до метки.

Одну пару стаканов с тиосульфатом натрия и серной кислотой поставьте рядом с одним из больших стаканов и держите их при комнатной температуре. В остальные стаканы опустите термометры, попарно поставьте их на треножники и осторожно нагрейте выше комнатной температуры: одну пару стаканов на $11\text{--}12^{\circ}\text{C}$, другую — на $22\text{--}23^{\circ}\text{C}$ (нагревание на $1\text{--}3^{\circ}\text{C}$ выше 10 и 20°C производится потому, что при сливании растворов в большой стакан температура растворов обычно уменьшается на $1\text{--}3^{\circ}\text{C}$).

Подготовленные три пары растворов одновременно попарно слийте в большие стаканы, за которыми поставлен черный экран, и ведите отсчет времени по секундомеру или метроному до появления опалесценции. Быстрее всего реакция будет протекать в растворах, нагретых на 20°C выше комнатной, и в два раза дольше — в растворах, нагретых на 10°C выше комнатной, и в три раза дольше — в растворах комнатной температуры.

Опыт 10-6. Влияние величины поверхности реагирующих веществ на скорость реакции.

Оборудование и материалы. 2 штатива с лапками, резиновые трубки, 2 бюретки с краном, 2 конические колбы на 100 мл, стеклянные трубочки, кристаллизатор, раствор серной кислоты (1 М), цинк гранулированный, цинковый порошок.

Соберите прибор по рисунку 10-1. Для этого укрепите в штативе 2 бюретки, погружен-

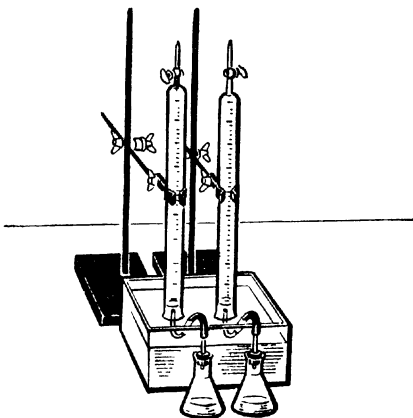


Рис. 10-1. Прибор для изучения влияния поверхности реагирующих веществ на скорость реакции.

ные открытым концом в кристаллизатор с водой. В каждую бюретку засосите воду до крана, после чего кран закройте. Коническую колбу плотно закройте резиновой пробкой с газоотводной трубкой и последнюю подведите под бюретку (см. рис. 10-1). Эти же операции сделайте и со второй бюреткой.

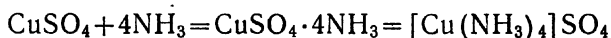
Откройте колбы и заполните их наполовину 1 М раствором серной кислоты. Взвесьте по 1 г гранул цинка и цинкового порошка. Внесите навески в колбы одновременно (цинк гранулированный — в первую, порошок — во вторую) и снова их плотно закройте.

После включения приборов проводите через определенный интервал времени (например, через 2 мин) отсчет объемов выделившегося водорода в каждой бюретке и регистрируйте их. Покажите учащимся, во сколько раз объем выделившегося водорода во второй бюретке больше, чем в первой, через 2 мин, через 4 мин и т. д.

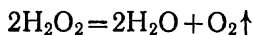
Опыт 10-7. Гомогенный катализ.

Оборудование и материалы. 3 цилиндра на 250 мл, измерительные цилиндры на 100 и 10 мл, растворы медного купороса (3%-ный), аммиака (10%-ный), пероксида водорода (10%-ный).

Налейте в один цилиндр 50 мл раствора медного купороса, в другой — 50 мл раствора аммиака, в третий — по 25 мл растворов медного купороса и аммиака. В третьем цилиндре образуется темно-синий раствор сульфата тетрааммина-меди (II):



Добавьте во все цилиндры по 10 мл раствора пероксида водорода. В то время как в первых двух цилиндрах признаки реакции еще заметны, в третьем цилиндре, содержащем сульфат тетрааммин-меди (II), протекает бурная реакция разложения пероксида водорода:



Сульфат тетрааммин-меди (II) разлагает пероксид водорода почти в миллион раз быстрее, чем медный купорос.

Опыт 10-8. Гетерогенный катализ¹.

Оборудование и материалы. 3 стакана на 200 мл, мерный цилиндр на 100 мл, 3%-ный раствор пероксида водорода, оксид марганца (IV), кусочек мяса (или кусочек картофеля, моркови).

Налейте в 2 стакана по 50 мл 3%-ного раствора пероксида водорода. В один стакан внесите немного оксида марганца (IV),

¹ См. также опыт 7-2, 6.

в другой — небольшой кусочек сырого мяса (или кусочек картофеля, моркови). Наблюдается интенсивное разложение пероксида водорода, сопровождающееся выделением кислорода. Выделение кислорода покажите тлеющей лучинкой.

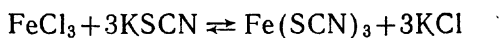
Этот эксперимент можно расширить. Налейте в третий стакан то же количество пероксида водорода и добавьте кусочек вареного мяса. Вареный кусочек мяса не разлагает пероксид водорода. Природные катализаторы (ферменты) неустойчивы к нагреванию; содержащиеся в них белки при нагревании денатурируются.

2. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Опыт 10-9. Влияние концентраций реагирующих веществ на химическое равновесие.

Оборудование и материалы. Стакан на 500 мл, 4 стакана на 100 мл, 4 стеклянные палочки, 2 измерительных цилиндра, 2 пипетки на 5 мл, белый экран, хлорид железа (III) $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,01 М и 1 М растворы), роданид калия KSCN (0,01 М и 1 М растворы), хлорид калия (кристаллический).

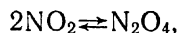
Налейте в большой стакан по 100 мл разбавленных растворов хлорида железа (III) и роданида калия и содержимое перемешайте стеклянной палочкой. Появляется характерное красное окрашивание, обусловленное присутствием малодиссоциированных молекул $\text{Fe}(\text{SCN})_3$:



Разлейте полученный красный раствор поровну в 4 стакана, которые поставьте перед белым экраном. Первый стакан оставьте для сравнения, во второй добавьте 5 мл 1 М раствора хлорида железа (III), в третий — 5 мл 1 М раствора роданида калия и перемешайте их стеклянной палочкой. Во втором и третьем стаканах окраска усиливается, что свидетельствует о смещении равновесия вправо, т. е. в направлении образования роданида железа (III). В четвертый стакан прибавьте немного сухой соли хлорида калия и энергично перемешайте стеклянной палочкой. Окраска раствора по мере растворения хлорида калия заметно ослабляется, что свидетельствует о смещении равновесия влево, в направлении образования хлорида железа (III) и роданида калия.

Опыт 10-10. Влияние температуры на химическое равновесие.

Влияние температуры на химическое равновесие изучается на примере обратимой реакции:



$$\Delta H = -54,4 \text{ кДж/моль}$$

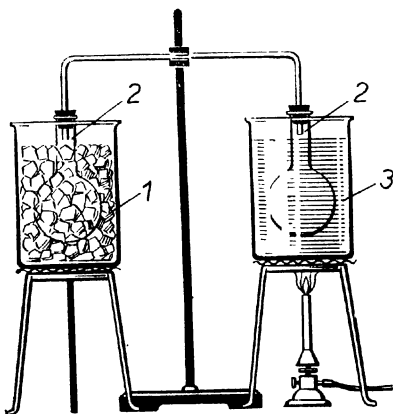


Рис. 10-2. Смещение равновесия между оксидом азота (IV) и его димером N_2O_4 :

1 — лед с солью; 2 — NO_2 и N_2O_4 ; 3 — горячая вода.

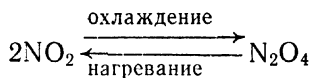
Оксид азота (IV) — бурый газ, димер оксида азота (IV) N_2O_4 — бесцветная жидкость. Смещение равновесия определяется по изменению интенсивности окраски газа.

Оборудование и материалы. Прибор из двух сообщающихся сосудов с оксидом азота (IV) (рис. 10-2), 2 стеклянных стакана на 500 мл, 2 треножника с асбестованными сетками, штатив с лапкой, горелка, снег или лед.

Соберите прибор по рисунку 10-2. К двум колбам подберите резиновые пробки, сделайте в них отверстия по диа-

метру изогнутой стеклянной трубки. Наденьте пробки на изогнутые концы стеклянной трубки. Пробкой одного конца трубки плотно закройте колбу, заполните ее оксидом азота (IV), а пробкой второго конца трубки плотно закройте вторую колбу. Одну колбу опустите в стакан с горячей водой, другую — в стакан со снегом или холодной водой. Через некоторое время наблюдайте изменение окраски.

Выше 140°C оксид азота (IV) состоит только из молекул NO_2 , тогда как при температуре кристаллизации (-11°C) — исключительно из молекул N_2O_4 , а в интервале температур от -11 до $+140^\circ\text{C}$ находится смесь NO_2 и N_2O_4 . Смещение равновесия можно выразить схемой:



1. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ РАСТВОРОВ

Для выполнения опытов, связанных с электролитической диссоциацией, применяют простой прибор, устройство которого видно из рисунка 11-1. Он состоит из банки или стакана и металлических (обычно медных) электродов, соединенных с проводами на краю сосуда. Один из электродов соединен с электрической лампой, другой — с электрической цепью. Следует пользоваться напряжением от 36 до 40 В, для чего применяются понижающие трансформаторы: латры, выпрямители. В этом случае в качестве указателя тока используют лампочки, рассчитанные на соответствующее напряжение.

Для одновременной демонстрации сравнительной электропроводности электролитов часто пользуются прибором, представленным на рисунке 11-2.

В школах распространен набор для опытов с электрическим током, т. е. специальный комбинированный прибор, позволяющий демонстрировать электропроводность металлов и неметаллов, растворов электролитов и неэлектролитов и зависимость электропроводности от различных условий; электролиз воды и растворов солей; движение ионов (рис. 11-3).

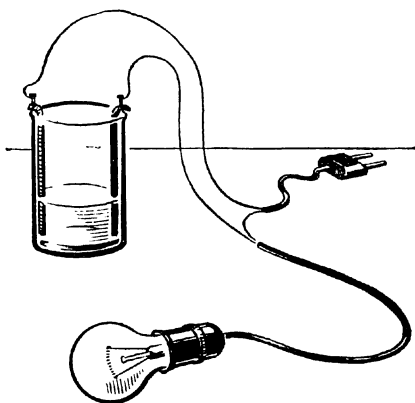


Рис. 11-1. Простейший прибор для испытания электропроводности.

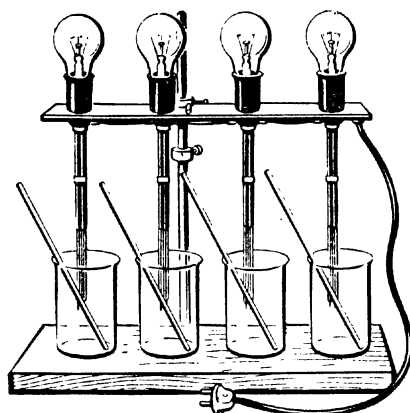


Рис. 11-2. Прибор для демонстрации электропроводности растворов электролитов.

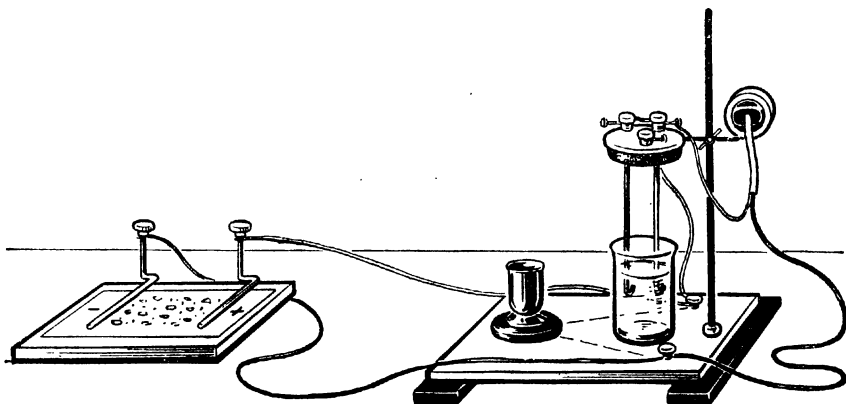


Рис. 11-3. Прибор для демонстрации движения ионов.

Опыт 11-1. Растворы неэлектролитов.

Оборудование и материалы. Прибор для испытания электропроводности (рис. 11-1), 4 стакана на 200 мл со стеклянными палочками, источник постоянного тока или выпрямитель с латром для понижения напряжения до 36—40 В, сахар, этиловый спирт, глицерин, дистиллированная вода.

Налейте в 4 стакана по 100 мл дистиллированной воды. Во второй стакан добавьте немного сахарного песка, в третий — этиловый спирт, в четвертый — глицерин. Каждого вещества возьмите 1—2 г. Содержимое стаканов перемешайте. Присоедините к источнику тока прибор для испытания электропроводности и опустите указатели тока во все стаканы. Лампочки не загораются: дистиллированная вода¹ и водные растворы сахара, спирта и глицерина не проводят электрический ток. После опыта электроды тщательно промойте в дистиллированной воде первого стакана.

Опыт 11-2. Растворы электролитов.

Оборудование и материалы. Прибор для испытания электропроводности (рис. 11-1), 4 стакана на 200 мл со стеклянными палочками, растворы соляной кислоты (2 М), гидроксида натрия (2 М), хлорида натрия (2 М), дистиллированная вода.

Налейте в один стакан 100 мл дистиллированной воды, во второй — 100 мл соляной кислоты, в третий — 100 мл раствора

¹ Вода обладает весьма незначительной электропроводностью, которую можно обнаружить, заменив в приборе 11-1 лампу накаливания на неоновую. При диссоциации она образует ионы H^+ и OH^- ; концентрация каждого иона при 22°C 10^{-7} моль/л. Вода — очень слабый электролит.

гидроксида натрия и в четвертый — 100 мл раствора хлорида натрия. Прибор для испытания электропроводности присоедините к источнику тока, указатели тока опустите во все стаканы. Лампочки ярко загораются от указателей тока во втором, третьем и четвертом стаканах, что свидетельствует о хорошей электропроводности растворов соляной кислоты, гидроксида натрия и хлорида натрия. После опыта электроды тщательно промойте в дистиллированной воде первого стакана.

Опыт 11-3. Электропроводность растворов серной и уксусной кислот, гидроксидов калия и аммония.

Оборудование и материалы. Прибор для испытания электропроводности (рис. 11-1), 5 стаканов на 200 мл, 2 М растворы серной и уксусной кислот, гидроксидов аммония и натрия, дистиллированная вода.

В 4 стакана последовательно налейте по 100 мл растворов соляной и уксусной кислот, гидроксида аммония и гидроксида натрия. Пятый стакан заполните дистиллированной водой.

Подключите прибор для испытания электропроводности растворов. Растворы в первом и четвертом стаканах дают яркое свечение лампочек, растворы во втором и третьем стаканах — слабее свечение. Это говорит о хорошей проводимости тока в растворах сильных электролитов — серной кислоте и гидроксиде натрия и о плохой проводимости тока в растворах слабых электролитов — уксусной кислоте и гидроксиде аммония. После опыта промойте электроды дистиллированной водой пятого стакана.

2. СМЕЩЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Опыт 11-4. Влияние разбавления на степень диссоциации.

Оборудование и материалы. Прибор для испытания электропроводности (рис. 11-1), 5 стаканов на 200 мл со стеклянными палочками, концентрированная уксусная кислота, концентрированный раствор гидроксида аммония (без карбонатов), дистиллированная вода.

В 2 стакана налейте по 50 мл концентрированного раствора уксусной кислоты, в другие 2 — по 50 мл концентрированного раствора гидроксида аммония, в пятый — дистиллированную воду (для подливания воды в стаканы с электролитами и для промывания электродов).

Опустите электроды в стаканы с электролитами. Концентрированные растворы электрического тока не проводят: лампочки прибора не светятся. По одному стакану с концентрированными растворами уксусной кислоты и гидроксида аммония оставьте

для сравнения, а в другие постепенно приливайте воду из пятого стакана.

При разбавлении растворов их степень электролитической диссоциации увеличивается, вследствие чего они начинают проводить электрический ток и лампочки светятся (вначале очень слабо). По мере прибавления воды (до известного предела) яркость свечения лампочек увеличивается. По окончании опыта промойте электроды дистиллированной водой.

В заключение опыта демонстрируют данные о влиянии разбавления на степень диссоциации некоторых кислот и оснований (числа означают степень диссоциации, в %):

Т а б л и ц а 2

Вещества	Степень диссоциации растворов, в %				
	2 н.	1 н.	0,1 н.	0,01 н.	0,001 н.
HCl	69,3	79,6	92,0	99,8	100
HNO ₃	73,9	84,8	91,0	99,3	100
H ₂ SO ₄	39,9	50,7	58,0	79,6	97,7
H ₃ PO ₄	16,1	17,5	26,0	59,0	89,0
CH ₃ COOH	0,30	0,37	1,4	4,2	12,8
KOH	66,3	81,9	89,0	99,9	100
NaOH	57,0	76,6	84,0	99,5	100
Ba(OH) ₂	—	—	—	88,4	96
NH ₄ OH	0,30	0,42	1,33	4,15	12,52

Опыт 11-5. Влияние растворителя на диссоциацию.

Оборудование и материалы. Прибор для испытания электропроводности (рис. 11-1), 4 стакана на 200 мл, пипетка на 1 мл с грушей, соляная кислота (пл. 1,19), диэтиловый эфир, этиловый спирт, метиловый спирт, дистиллированная вода.

В 4 стакана прилейте последовательно по 50 мл диэтилового эфира, этилового спирта, метилового спирта и дистиллированной воды. Присоедините к источнику тока прибор для испытания электропроводности, погрузите электроды в стаканы. Во всех стаканах свечения лампочки не наблюдается. Затем в каждый стакан прилейте по 0,5—1 мл концентрированной соляной кислоты. Перемешайте жидкость стеклянными палочками. В стакане с эфиром свечения лампочки не наблюдается, в трех остальных лампочки загораются: интенсивность свечения постепенно нарастает при переходе от этилового спирта к метиловому спирту и далее к воде. По окончании опыта промойте электроды дистиллированной водой.

Сила электростатического притяжения между ионами ослабляется в среде с высокой диэлектрической проницаемостью. Растворители, обладающие хорошей диссоциирующей способностью, имеют высокую диэлектриче-

скую проницаемость. Ниже приводятся значения диэлектрической проницаемости некоторых жидкостей, в том числе и использованных в опыте растворителей.

Циановодород (жидкий)	HCN	— 95
Вода	H ₂ O	— 81
Муравьиная кислота	HCOOH	— 58
Метиловый спирт	CH ₃ OH	— 32
Винная кислота	H ₂ C ₄ H ₄ O ₆	— 27
Этиловый спирт	C ₂ H ₅ OH	— 22
Аммиак (жидкий)	NH ₃	— 22
Ацетон	(CH ₃) ₂ CO	— 21
Оксид серы (жидкий)	SO ₂	— 14
Хлороформ	CHCl ₃	— 5
Диэтиловый эфир	(C ₂ H ₅) ₂ O	— 4
Дисульфид углерода	CS ₂	— 2,6
Бензол	C ₆ H ₆	— 2
Толуол	C ₆ H ₅ CH ₃	— 2

Опыт 11-6. Влияние одноименного иона на степень диссоциации.

Оборудование и материалы. 6 стаканов на 100 мл со стеклянными палочками, разбавленные растворы уксусной кислоты, аммиака и бромида меди (II), кристаллические ацетат натрия CH₃COONa, хлорид аммония NH₄Cl, бромид калия KBr, растворы индикаторов метилового оранжевого и фенолфталеина.

Пронумеруйте 6 стаканов и налейте в первый и второй по 50 мл раствора уксусной кислоты и по 8—10 капель метилового оранжевого, в третий и четвертый по 50 мл раствора аммиака и по 8—10 капель фенолфталеина, в пятый и шестой по 50 мл раствора бромида меди (II). Затем внесите по 3 г соли во второй стакан ацетата натрия (одноименный ион CH₃COO⁻), в четвертый — хлорида аммония (одноименный ион аммония), в шестой — бромида меди (II) (одноименный бромид-ион). Хорошо перемешайте содержимое этих стаканов стеклянной палочкой.

Сравните окраску растворов, в которые добавлены одноименные ионы, с соответствующими исходными (в стаканах 1, 3, 5): диссоциация растворов электролитов, в которые добавлены одноименные ионы, уменьшилась, окраска их изменилась.

Опыт 11-7. Изменение концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов.

Оборудование и материалы. 4 стакана на 100 мл со стеклянными палочками, 2 М растворы соляной кислоты и гидроксида натрия, насыщенный раствор ацетата натрия, кристаллический хлорид аммония, 2 М раствор хлорида магния, дистиллированная вода, кусочки цинка.

Пронумеруйте 4 стакана и налейте в первый и второй по 50 мл раствора соляной кислоты, а в третий и четвертый по 50 мл раствора гидроксида натрия. Подберите 2 одинаковых

кусочка цинка и бросьте один из них в первый стакан, другой — во второй стакан. Когда установится равномерное выделение водорода, в первый стакан прилейте 25 мл насыщенного раствора ацетата натрия, во второй — 25 мл дистиллированной воды (для сохранения одинакового объема). Растворы перемешайте. В третий стакан внесите 5 г соли хлорида аммония и также хорошо перемешайте. Затем в третий и четвертый стаканы прибавьте по 25 мл раствора хлорида магния.

В первом стакане уменьшилась скорость реакции, так как уменьшилась концентрация ионов водорода. В третьем стакане не выпал осадок гидроксида магния, так как понизилась концентрация гидроксид-ионов.

3. СВОЙСТВА ИОНОВ

Опыт 11-8. Движение ионов в электрическом поле.

Оборудование и материалы. Прибор для демонстрации движения ионов (рис. 11-3), шпатель, раствор хлорида натрия, кристаллические хлорид меди (II) и дихромат калия, фильтровальная бумага.

На фильтровальную бумагу, смоченную раствором хлорида натрия, положите 2 фигурных стержня (они соединены с выпрямителем и в опыте являются электродами). Включите прибор с выпрямителем в сеть и на равных расстояниях от электродов поместите небольшие кристаллы окрашенных солей хлорида меди (II) и дихромата калия. В результате их растворения вокруг кристаллов появляются голубое (цвет иона Cu^{2+}) и оранжевое (цвет иона $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) кольца. Через некоторое время от кристаллов потянутся окрашенные язычки: оранжевое окрашивание распространяется в сторону анода, голубое — в сторону катода.

Опыт 11-9. Гидратация и дегидратация ионов.

Оборудование и материалы. Горелка, стакан со стеклянной палочкой, лист бумаги, разбавленный раствор хлорида кобальта — розоватого цвета, безводный хлорид кобальта CoCl_2 — синего цвета, его кристаллогидрат $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — розового цвета.

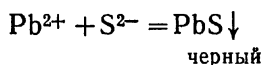
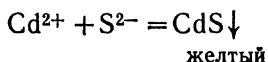
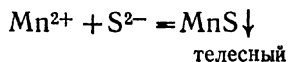
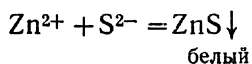
Сделайте надпись на бумаге розоватым раствором хлорида кобальта. При высыхании буквы практически не видны. Прогрейте бумагу с надписью над пламенем горелки. Буквы станут синими (дегидратация ионов). Если теперь эту бумагу подержать над водяным паром, то буквы исчезнут (гидратация ионов). При повторном нагревании они появляются опять.

Опыт 11-10. Ионные реакции в растворах.

Оборудование и материалы. 5 стаканов на 100 мл со стеклянными палочками, мерный цилиндр на 100 мл, растворы солей (0,5 М): суль-

фата цинка, сульфата марганца (II), хлорида кадмия, нитрата свинца (II), ацетата натрия, сульфида натрия (свежеприготовленный).

В стаканы налейте по 25 мл растворов сульфата цинка, сульфата марганца (II), хлорида кадмия, нитрата свинца (II). К раствору сульфата цинка добавьте 5 мл раствора ацетата свинца (II). Затем в каждый стакан добавьте примерно по 25 мл раствора сульфида натрия и перемешайте стеклянными палочками. Дайте отстояться осадкам и наблюдайте их окраску:

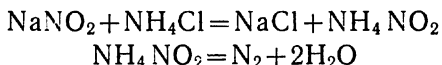


На различной растворимости сульфидов и различной окраске многих из них основан качественный анализ катионов.

Опыт 12-1. Получение азота из нитрита аммония.

Оборудование и материалы. 2 горелки с треножниками и асбестированными сетками, кристаллизатор, большой стакан, 2 стакана по 100 мл, лучина, растворы нитрита натрия NaNO_2 , хлорида аммония NH_4Cl , гидроксида натрия NaOH (1 : 1).

В стакан на 100 мл налейте 50 мл насыщенного при комнатной температуре раствора нитрита натрия; во второй стакан на 100 мл — 50 мл насыщенного раствора хлорида аммония. Большой стакан поместите в кристаллизатор. Растворы нитрита натрия и хлорида аммония нагрейте до $30\text{--}40^\circ\text{C}$ и одновременно вылейте оба раствора в большой стакан (рис. 12-1). Тотчас начинается экзотермическая реакция, усиливающаяся со временем:



Горящая лучина, поднесенная к краю стакана, гаснет.

Если нужно собирать азот в цилиндры, то можно воспользоваться прибором, изображенным на рисунке 12-2. В делительную воронку налейте насыщенный раствор нитрита натрия, в колбу — насыщенный раствор хлорида аммония, а в промывную склянку Тищенко — концентрированный раствор гидроксида натрия. При получении азота колбу Вюрца подогревайте до $30\text{--}40^\circ\text{C}$.

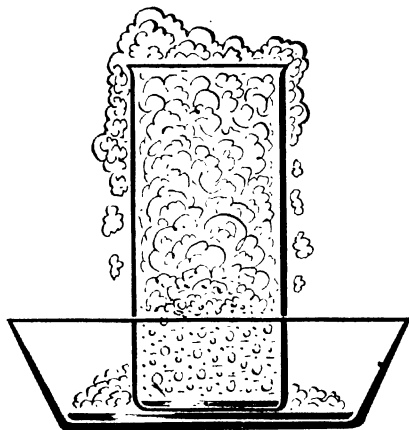


Рис. 12-1. Получение азота из нитрита аммония.

Опыт 12-2. Синтез аммиака.

Оборудование и материалы. Аппарат Киппа с цинком и раствором серной кислоты (1 : 5), газометр с азотом, склянка Тищенко с концентрированной серной кислотой, колба коническая с пробкой и отводными стеклянными трубками, стеклянная трубка для катализатора, восстановленное железо, перемешанное с асбестом, пробирка, стеклянная палочка, резиновые трубки, штатив с лапкой, горелка, раствор фенолфталеина, дистиллированная вода.

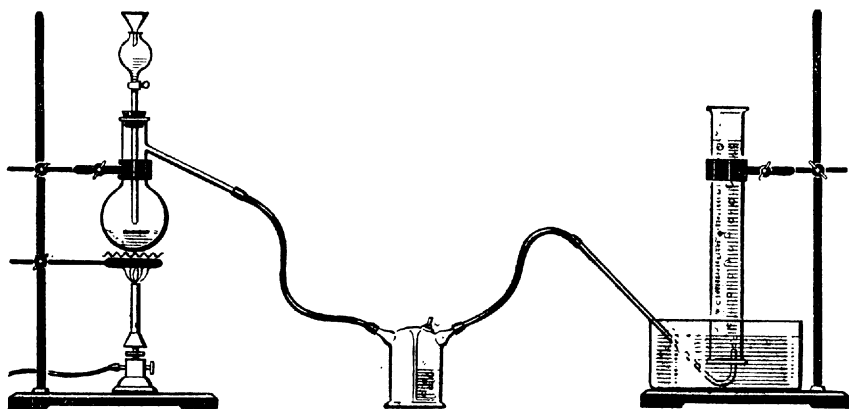


Рис. 12-2. Получение и соби́рание чистого азота.

Соберите прибор по рисунку 12-3. Водород получите из аппарата Киппа, азот возьмите из заранее заполненного газометра. Эти газы в отношении 3:1 направьте в коническую колбу с водой (поступление газов регулируют по пробужливанию пузырьков). Смесь газов пропустите через склянку Тищенко, заполненную концентрированной серной кислотой, которая поглощает влагу, затем через катализатор (восстановленное железо, перемешанное с асбестом), далее в пробирку с 5—7 мл раствора фенолфталеина (для опыта берут спиртовой раствор фенолфталеина, разбавленный дистиллированной водой). Появление малинового окрашивания в пробирке доказывает образование аммиака.

Вначале пропускайте через прибор смесь водорода и азота в течение 2—3 мин без нагревания катализатора. Раствор фенолфталеина не изменяет окраску. Когда воздух из прибора

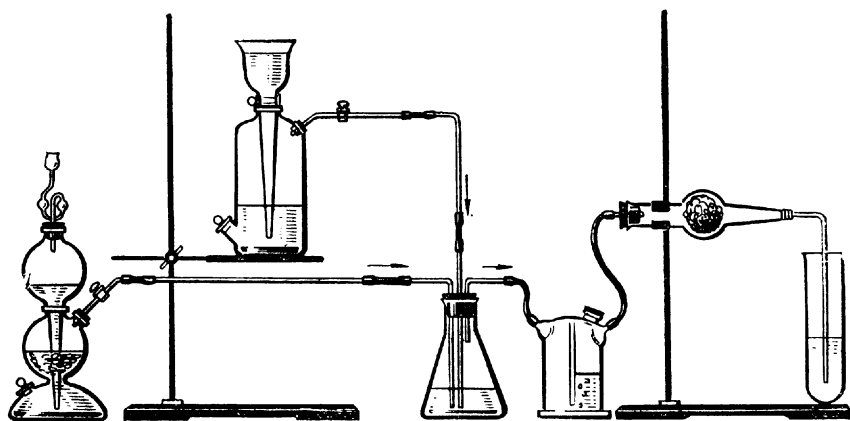
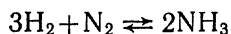


Рис. 12-3. Синтез аммиака.

будет вытеснен (проба на отсутствие гремучей смеси), осторожно нагрейте катализатор. При нагревании катализатора до 450—500°C раствор фенолфталеина приобретает малиновую окраску:



При поднесении стеклянной палочки, смоченной концентрированной соляной кислотой, к отверстию трубки с катализатором образуется дым хлорида аммония. Однако если трубку с катализатором очень сильно раскалить, то получающийся аммиак будет разлагаться и изменения окраски раствора фенолфталеина не происходит.

Заканчивая опыт, сначала вынимают пробирку с раствором фенолфталеина, потом прекращают нагревание трубки с катализатором, после чего отключают водород и азот.

Опыт 12-3. Получение аммиака взаимодействием хлорида аммония с гидроксидом кальция.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, кольцом, асбестированной сеткой и горелкой, 2 штатива с лапкой, ступка с пестиком, колба Вюрца с корковой пробкой, цилиндр на 500 мл, 3 стакана на 200 мл, 3 стеклянные палочки по диаметру стаканов, стеклянная трубка, согнутая под прямым углом (по величине цилиндра), резиновые трубки, хлоркальциевая трубка, заполненная натронной известью, хлорид аммония, гидроксид кальция, раствор фенолфталеина, дистиллированная вода, полоски фильтровальной бумаги.

В фарфоровой ступке тщательно перемешайте 5 мас. ч. хлорида аммония и 8 мас. ч. гидроксида кальция. Поставьте рядом 3 стакана: в один насыпьте хлорид аммония, во второй — смесь хлорида аммония с гидроксидом кальция, в третий — гидроксид кальция. В стаканы на стеклянных палочках повесьте смоченные раствором фенолфталеина полоски фильтровальной бумаги (рис. 12-4). Обратите внимание, что в первом и третьем стаканах полоски бумаги остаются без изменения, а во втором полоска становится розовой от выделяющегося аммиака:

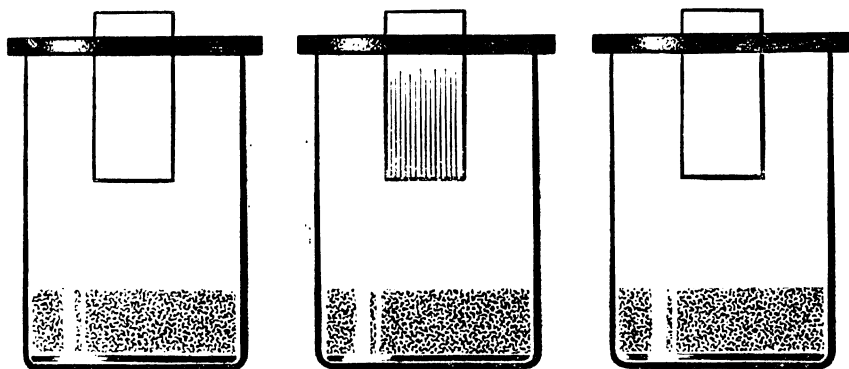
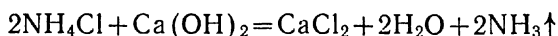


Рис. 12-4. Взаимодействие хлорида аммония с гидроксидом кальция.



Эта реакция подтверждает, что нельзя одновременно известковать почву и вносить азотные удобрения, так как азот удобрения улетучивается в виде аммиака.

Для наполнения цилиндра аммиаком соберите прибор, как указано на рисунке 12-5. В колбу Вюрца наполовину ее объема насыпьте приготовленную смесь хлорида аммония с гидроксидом кальция. Добавьте 5 мас. ч. воды и закройте колбу корковой пробкой. Для сушки аммиака к колбе присоедините хлоркальциевую трубку, наполненную натронной известью. Закрепите цилиндр вверх дном в штативе. Слегка нагревая колбу Вюрца со смесью, наполните цилиндр газом.

Опыт 12-4. Растворение аммиака в воде.

Оборудование и материалы. Прибор для получения аммиака (рис. 12-5), цилиндр емкостью 0,5 л со стеклянной пластинкой, кристаллизатор, 2 большие стеклянные бутылки или большие колбы с пробками и трубками, промывная склянка с водой, штатив с двумя кольцами, раствор фенолфталеина.

а) Растворение аммиака в промывной склянке, наполненной водой с несколькими каплями фенолфталеина. К прибору, в котором получают аммиак, присоедините промывную склянку. Несмотря на то что аммиак непрерывно поступает в трубку, пробуживание газа через жидкость не наблюдается, так как он весь растворяется в воде. При этом жидкость, в которую добавлен фенолфталеин, окрашивается в красный цвет.

б) Растворение аммиака в воде («фонтан»). Соберите прибор, как показано на рисунке 6-4. Бутыль или большую колбу, предварительно тщательно высушенные, закрепите в штативе вверх дном, наполните аммиаком, вставьте до дна бу-

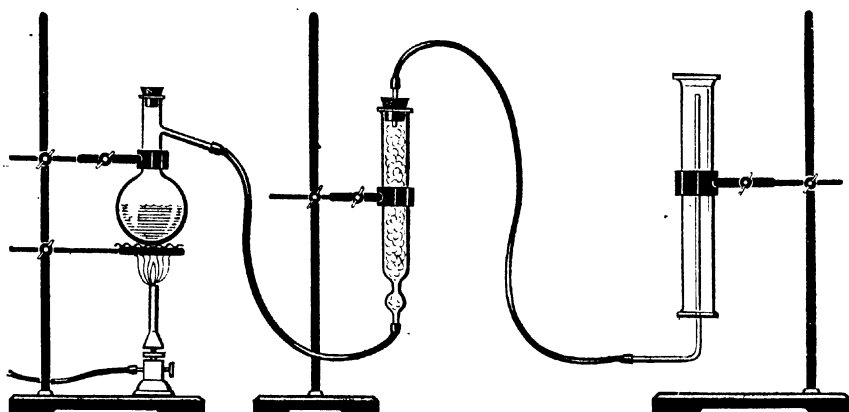
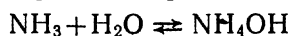


Рис. 12-5. Получение и соби́рание аммиака при взаимодействии хлорида аммония с гидроксидом кальция.

гыли согнутую под прямым углом стеклянную трубку, соединенную с прибором, в котором получают аммиак (или с баллоном аммиака), и пропускайте аммиак в течение 10—15 мин. Затем бутыль плотно закройте резиновой пробкой, через которую проходит прямая длинная стеклянная трубка диаметром около 1 см, слегка оттянутый конец которой доходит до половины высоты бутылки. На другой конец трубки наденьте короткую резиновую трубку с винтовым зажимом, который плотно завинтите. С помощью этой же резиновой трубки бутылку с аммиаком, укрепленную в штативе, соедините со второй бутылкой, наполненной водой, в которую прибавлено 10—15 мл раствора фенолфталеина.

Нижняя бутылка должна быть плотно закрыта резиновой пробкой со стеклянной трубкой, доходящей почти до самого дна бутылки, а сверху соединяющейся с трубкой от верхней бутылки. В пробку нижней бутылки также вставлена короткая стеклянная трубка, согнутая под прямым углом, на внешний конец которой надевают длинную резиновую трубку.

Открыв винтовой зажим, через трубку вдувайте немного воздуха в нижнюю бутылку, отчего несколько капель воды входят в верхнюю бутылку и «фонтан» приходит в действие:

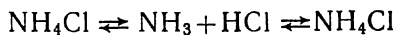


в) *Растворение аммиака в цилиндре.* Цилиндр, наполненный аммиаком, закрытый стеклянной пластинкой и перевернутый вверх дном, погрузите в кристаллизатор с водой, в которой имеется раствор фенолфталеина. Отняв под водой стеклянную пластинку, закрывающую отверстие цилиндра, покачивайте его из стороны в сторону. Вода входит в цилиндр, заполняя его почти целиком. Жидкость в цилиндре при этом окрашивается в красный цвет.

Опыт 12-5. Возгонка хлорида и карбоната аммония.

Оборудование и материалы. 2 штатива с лапками, горелка, 2 большие пробирки, хлорид аммония, карбонат аммония.

В пробирку, укрепленную в штативе с некоторым наклоном, насыпьте немного сухого хлорида аммония и нагревайте дно ее в пламени горелки. При этом количество взятой соли постепенно уменьшается, холодная часть пробирки покрывается изнутри белым налетом возгонанного хлорида аммония:

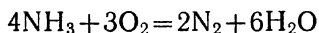


Во второй пробирке такой же опыт проделайте с карбонатом аммония, обратите внимание, что налета на холодных стенках пробирки не образуется:



Опыт 12-6. Горение аммиака в кислороде и кислорода в аммиаке.

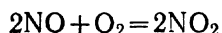
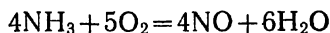
Рекомендуемый опыт аналогичен опыту 3-6 (рис. 3-57).



Опыт 12-7. Каталитическое окисление аммиака в присутствии платины или оксида хрома (III).

Оборудование и материалы. 2 большие конические колбы с резиновыми пробками, платиновая спираль, вляянная одним концом в стеклянную палочку, или платиновый асбест, горелка, металлическая ложечка, гидроксид аммония (25%-ный раствор), оксид хрома (III).

В 2 колбы налейте по 10—15 мл концентрированного раствора аммиака, закройте пробками и сильно встряхните. В колбах образуется смесь паров аммиака с воздухом. Накалите платиновую спираль в пламени горелки. Откройте одну колбу и быстро внесите раскаленную платину в колбу. Платина продолжает накаливаться. В колбе образуются бурый газ (NO_2) и белый туман, состоящий из нитрита и нитрата аммония:



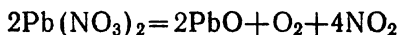
В другую колбу с аммиаком внесите нагретый в ложечке оксид хрома (III), постукивая по ложечке пальцем. Наблюдается огненный дождь. В этом случае образуются те же вещества, что и в присутствии платинового катализатора.

Опыт 12-8. Получение оксида азота (IV) и азотной кислоты и изучение их свойств.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, кольцом, асбестированной сеткой и горелкой, ступка с пестиком, резиновая трубка, колба Вюрца, 3 стакана по 100 мл с палочками, стеклянная газоотводная трубка, нитрат свинца (кристаллический), дистиллированная вода, сероводородная вода, раствор лакмуса (синий), раствор крахмала, 0,01 М раствор иодида калия, чистый прокаленный кварцевый песок.

Смешайте кристаллический нитрат свинца с чистым прокаленным кварцевым песком (1:1). Тщательно разотрите смесь в ступке. Закрепите колбу Вюрца в штативе и всыпьте в нее смесь (рис. 12-6). Соедините встык резиновой трубкой стеклянную газоотводную трубку с колбой Вюрца. Налейте в 3 стакана последовательно воду, сероводородную воду и раствор иодида калия.

Опустите конец газоотводной трубки в стакан с водой и нагревайте колбу Вюрца с нитратом свинца. В результате разложения нитрата свинца выделяются красно-бурые пары оксида азота (IV):



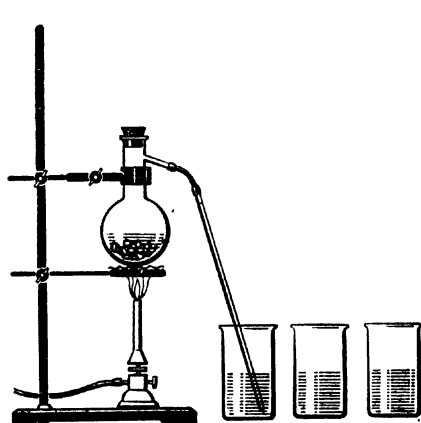


Рис. 12-6. Получение оксида азота (IV) и азотной кислоты.

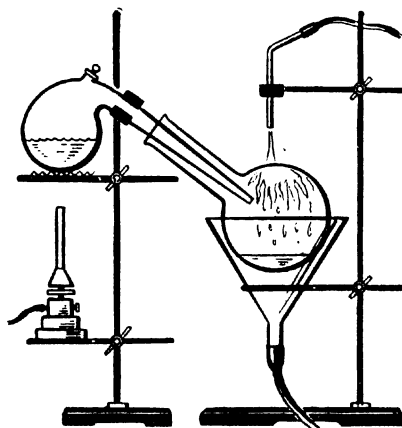
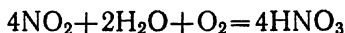


Рис. 12-7. Получение азотной кислоты из селитры.

Растворяясь в воде, оксид азота (IV) вместе с кислородом образует азотную кислоту:

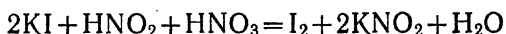
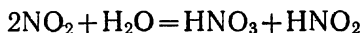


Прилейте в стакан раствор синего лакмуса, покажите, что образуется кислота.

Опустите конец газоотводной трубки во второй стакан с сероводородной водой, через некоторое время появляется взвесь серы:



Перенесите газоотводную трубку в третий стакан с иодидом калия, наблюдайте посинение крахмального раствора:



Опыт 12-9. Получение азотной кислоты из селитры.

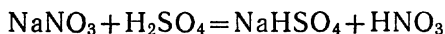
Оборудование и материалы. Реторта с тубусом и притертой пробкой, колба на 1—2 л, большая стеклянная воронка, стеклянная трубка, стеклянная палочка, резиновая трубка, 2 штатива с лапками и кольцами, асбестированная сетка, горелка, нитрат натрия, серная кислота (пл. 1,84).

Соберите прибор по рисунку 12-7. В реторту внесите около 40 г измельченного и высушенного в сушильном шкафу нитрата натрия. Горло реторты введите в колбу, которая служит приемником. Колбу поместите в большую воронку, а трубку от воронки опустите в раковину. Над колбой укрепите стеклянную трубку, которая соединена с водопроводным краном.

Через тубус реторты влейте концентрированную серную кис-

лоту так, чтобы она покрыла всю селитру, и осторожно перемешайте стеклянной палочкой. Закройте тубус. Направьте струю воды на колбу и начинайте нагревать реторту через асбестированную сетку небольшим пламенем горелки, постепенно усиливая его.

В приемнике собирается азотная кислота в виде желтоватой жидкости, окраска которой зависит от растворенного оксида азота (IV):



Полученную кислоту перелейте в склянку с притертой пробкой и используйте для последующих опытов или как реактив. Остывшую реторту заполните водой для растворения в ней веществ, а затем вымойте ее.

Опыт 12-10. Действие азотной кислоты на древесину.

Оборудование и материалы. Пробирка, штатив с лапкой, чашка с песком, пинцет, горелка, дымящая азотная кислота (пл. 1,5).

Закрепите пробирку в штативе. Подставьте под нее чашку с песком. В пробирку налейте 5—7 мл дымящей азотной кислоты.

Нагрейте азотную кислоту почти до кипения. Бросьте в нее пинцетом спичку (без головки). Через некоторое время наблюдается полное разрушение древесины без изменения цвета кислоты.

Опыт 12-11. Горение скипидара в азотной кислоте.

Оборудование и материалы. Большой толстостенный стакан (вегетационный сосуд), пипетка, фарфоровая чашка (плоскодонная), тигельные щипцы, дымящая азотная кислота (пл. 1,5), концентрированная серная кислота (пл. 1,84), свежеперегнанный скипидар, кварцевый песок.

На дно стакана насыпьте песок слоем 2—3 см. В чашку налейте смесь равных объемов азотной и серной кислот и аккуратно поставьте ее в стакан на песок.

В чашку из пипетки осторожно по каплям приливайте скипидар. Каждая капля, попадая в кислоту, воспламеняется и сгорает, выделяя много копоти (рис. 12-8). Серная кислота в этом случае действует как обезвоживающее средство.

Опыт 12-12. Получение оксида фосфора (V) и фосфорной кислоты.

Оборудование и материалы. Треножник с асбестированной сеткой и горелкой, большая плоскодонная колба с широким горлом и пробкой, стеклянная трубка, стакан, 3 пробирки, пипетка,

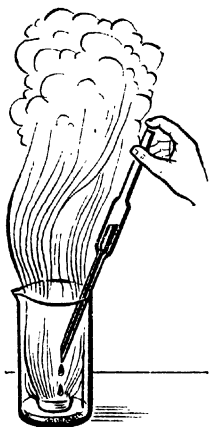


Рис. 12-8. Горение скипидара в азотной кислоте.

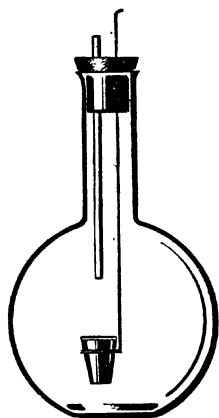
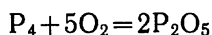


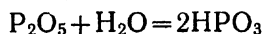
Рис. 12-9. Получение оксида фосфора (V) и фосфорной кислоты.

тигелек, толстая проволока с кольцом на конце, красный фосфор, раствор синего лакмуса, концентрированный раствор нитрата серебра (1:4), магниевая смесь, дистиллированная вода.

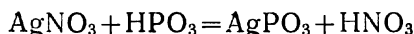
Соберите прибор, как показано на рисунке 12-9. В тигелек положите небольшое количество красного фосфора. Подожгите фосфор и закройте колбу пробкой. Оксид фосфора (V), образующийся при горении, осаждается на стенках колбы:



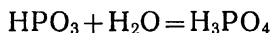
По окончании горения фосфора выньте тигелек из колбы, прилейте в колбу 15—20 мл воды. Тщательно взбалтывая, растворите оксид фосфора (V) в воде:



Получается метафосфорная кислота. Перелейте раствор в стакан. Отлейте в пробирку 2—3 мл раствора и лакмусом покажите, что образовалась кислота. В другую пробирку налейте 2—3 мл концентрированного раствора нитрата серебра и добавьте к нему несколько капель раствора метафосфорной кислоты:

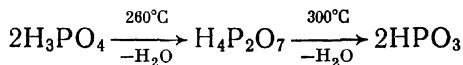


При длительном хранении, разбавлении раствора и нагревании метафосфорная кислота превращается в ортофосфорную кислоту:

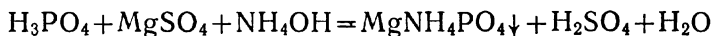


Кристаллизуясь, ортофосфорная кислота образует прозрачные, расплывающиеся на воздухе кристаллы (пл. 1,88). Она легко растворима в воде, не ядовита, имеет температуру плавления 42°C.

При нагревании до 260°C ортофосфорная кислота, теряя воду, переходит в дифосфорную кислоту ($H_4P_2O_7$), а при дальнейшем нагревании — в метафосфорную кислоту:



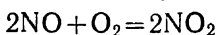
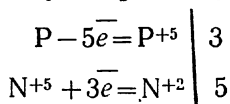
Прокипятите полученный раствор метафосфорной кислоты и проделайте реакцию на ортофосфорную кислоту:



Опыт 12-13. Получение ортофосфорной кислоты окислением фосфора азотной кислотой.

Оборудование и материалы. Треножник с асбестированной сеткой и горелкой, фарфоровая чашка, стеклянная палочка, красный фосфор, 3 М раствор азотной кислоты.

В чашку внесите 0,5 г красного фосфора, прибавьте 10—15 мл азотной кислоты и нагревайте под тягой на небольшом пламени при непрерывном помешивании. По мере испарения азотной кислоты прибавляйте ее небольшими порциями вплоть до растворения фосфора. После этого продолжайте нагревание на небольшом пламени до прекращения выделения бурых паров оксида азота (IV):

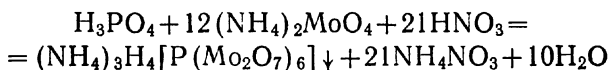


Опыт 12-14*. Специфическая реакция обнаружения ортофосфорной кислоты.

Каким бы путем ни получались ортофосфорная кислота и ее соли, специфическим реагентом на ион PO_4^{3-} является молибдат аммония в азотнокислой среде.

Оборудование и материалы. Стакан емкостью 200 мл, треножник с асбестированной сеткой и горелкой, молибденовая жидкость¹, концентрированная азотная кислота (пл. 1,4), 1 М раствор ортофосфорной кислоты или ортофосфорная кислота, полученная в предыдущих опытах.

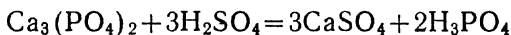
В стакан налейте 20—30 мл молибденовой жидкости, 1—2 мл ортофосфорной кислоты, нагревайте до 40—50°C. Выпадает желтый осадок:



Опыт 12-15. Получение ортофосфорной кислоты из фосфоритной муки.

Оборудование и материалы. Большая фарфоровая чашка, треножник с асбестированной сеткой и горелкой, стакан 0,5 л с палочкой, воронка Бюхнера с колбой Бунзена и водоструйным насосом, серная кислота (1:1), фосфоритная мука, фильтровальная бумага.

В фарфоровой чашке в течение нескольких минут кипятите 20—30 г фосфоритной муки с 100 мл серной кислоты:



Затем содержимое чашки перенесите в стакан и после охлаждения разбавьте равным объемом холодной воды. После отфильтровывания осадка проделайте реакции на ортофосфорную кислоту.

¹ Молибденовая жидкость — это смесь 3%-ного раствора молибдата аммония $(NH_4)_2MoO_4$ с 25%-ной азотной кислотой и 3,5%-ным раствором нитрата аммония.

Опыт 13-1. Получение угля термическим разложением древесины.

Оборудование и материалы. Реторта без тубуса емкостью 250 мл, колба Вюрца, шариковый холодильник, небольшой отрезок оттянутой стеклянной трубочки, 2 штатива с лапками, горелка, стеклянная вата, древесина лиственных пород деревьев (лучинки, стружки, сухие опилки).

Соберите прибор, как показано на рисунке 13-1. Реторту на $\frac{3}{4}$ заполните опилками древесины. В горло реторты вставьте пробку, которой закрывают колбу Вюрца, а отводную трубку колбы соедините с холодильником. Небольшой отрезок слегка оттянутой стеклянной трубки на $\frac{1}{3}$ заполните стеклянной ватой и присоедините к верхнему концу холодильника. Воду через холодильник пропускайте через резиновые шланги, как показано на рисунке 13-1.

Небольшим некоптящим пламенем горелки прогрейте сначала всю реторту, а затем нагревайте ее нижнюю часть. При этом опилки в реторте постепенно обугливаются. При 280—290°C разложение протекает с выделением теплоты. На дне колбы Вюрца собираются жидкие продукты термического разложения древесины: нижний слой — водный раствор, содержащий около 10% уксусной кислоты, 1,5—3% метилового спирта и 0,5% ацетона, верхний слой — нерастворимая в воде густая маслянистая жидкость (древесный деготь или смола).

В конце опыта, когда из прибора полностью будет вытеснен воздух, подожгите газ, выходящий из газоотводной трубки. Газ горит слабосветящимся пламенем. В реторте остается древесный уголь.

После окончания опыта наполните реторту и колбу Вюрца концентрированной серной кислотой или раствором щелочи, оставьте на некоторое время, после чего отмойте их.

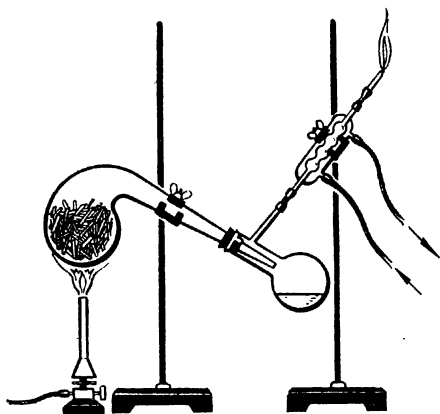


Рис. 13-1. Получение угля термическим разложением древесины.

Опыт 13-2. Получение активированного угля.

Оборудование и материалы. Фарфоровый тигель, горелка с треножником и керамическим треугольником, тигельные щипцы, кусочки угля, ступка с пестиком, пустая банка с хорошо пригнанной пробкой, набор металлических сит (используемых в почвенном анализе).

В ступке размельчите уголь до величины зерен 2—3 мм и отделите последние от пыли.

Для активирования кусочки угля поместите в тигель, закройте его и прокаливайте в течение 15—20 мин. После охлаждения уголь еще раз просейте через сито и поместите в банку с хорошей пробкой.

Примечание. Для опытов можно использовать активированный уголь из старого противогаса или размельченные таблетки аптечного карболена.

Опыт 13-3. Адсорбция активированным углем газов.

Оборудование и материалы. Цилиндр с пробкой на 250—300 мл, большая пробирка с пробкой, белый экран, активированный уголь, бром, кристаллический нитрат свинца (II).

а) *Адсорбция активированным углем паров брома.* Под тягой в цилиндр «налейте» пары брома, наклонив склянку с бромом так, чтобы жидкий бром из нее не вытекал. Цилиндр закройте пробкой.

Откройте пробку, насыпьте в цилиндр мелкие кусочки активированного угля (не порошок), закройте цилиндр пробкой и встряхните несколько раз. Бурый цвет брома исчезает.

б) *Адсорбция активированным углем оксида азота (IV).* В большой пробирке нагрейте несколько кристалликов нитрата свинца (II):



После образования в пробирке красно-бурых паров оксида азота (IV) насыпьте в пробирку мелкие кусочки активированного угля (не порошок), закройте пробирку пробкой и встряхните несколько раз. Красно-бурый цвет оксида азота (IV) пропадает.

Примечание. Количество поглощенного адсорбентом газа зависит от свойств адсорбента и природы газа. Чем выше молекулярная масса, температура кипения и критическая температура газа, тем он лучше поглощается.

Опыт 13-4. Адсорбция углем растворенных в воде красящих и пахучих веществ.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, 2 штатива с кольцами для фильтрования, фильтровальная бумага, стеклянная палочка по величине бюретки, стеклянная вата, бюретка на 50 мл, 2 колбы на 200 мл, стакан на 100 мл, 2 стакана на 200 мл, 2 воронки по 8—10 см, активированный уголь, разбавленный раствор фуксина, сероводородная вода.

а) Приготовьте складчатые фильтры и поместите их в воронки на штативах. Налейте в колбы по 100 мл раствора фуксина и сероводородной воды.

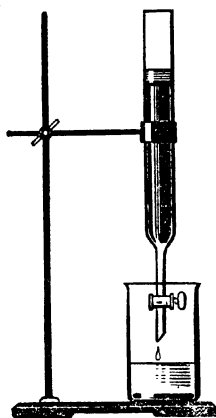


Рис. 13-2. Адсорбция углем растворимых в воде красящих и пахучих веществ.

В колбы с фуксином и сероводородной водой насыпьте активированный уголь и тщательно взболтайте их. Профильтруйте растворы. Окраска и запах исчезают.

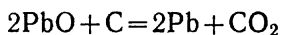
б) Бюретку закрепите в штативе. Поставьте под кран бюретки стакан. Внутри бюретки вложите рыхлый тампон стеклянной ваты, на нее насыпьте слой активированного угля на $\frac{3}{4}$ высоты. На уголь вновь поместите тампон стеклянной ваты. Налейте в бюретку доверху раствор фуксина (рис. 13-2). Приоткройте кран бюретки и по каплям выпускайте обесцветившуюся жидкость в стакан.

Опыт 13-5. Восстановление углем оксида свинца.

Вследствие высокой экзотермичности реакции углерода с кислородом уголь восстанавливает большинство металлических оксидов до металлов. Восстановление оксидов, характеризующихся большой теплотой образования, протекает только при очень высоких температурах, когда образуется оксид углерода (II).

Оборудование и материалы. Фарфоровый тигель с крышкой диаметром 3—4 см, керамический треугольник, горелка с треножником, тигельные щипцы, пинцет, напильник, лист асбеста, уголь, оксид свинца (II), сульфид натрия.

В тигель насыпьте хорошо перемешанную смесь 20 г оксида свинца, 1—2 г угля и 6 г безводного сульфида натрия, играющего роль флюса. Тигель установите на керамический треугольник, закройте крышкой и сильно нагревайте его в течение 10—15 мин:



По окончании восстановления содержимое тигля вылейте на асбестовый лист и отделите образовавшиеся капли свинца. Если они не блестят, зачистите их напильником.

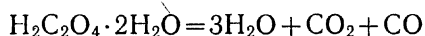
Опыт 13-6. Получение оксида углерода (II) и реакции с ним¹.

Оборудование и материалы. Прибор по рисунку 12-2, 3 стакана по 100 мл с палочками, известковая вода, 0,01 М растворы перманганата калия и дихромата калия, 1 М раствор гидроксида натрия, щавелевая кислота $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (кристаллическая), серная кислота (пл. 1,84), 0,1 М раствор нитрата серебра, муравьиная кислота HCOOH .

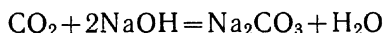
В колбу Вюрца насыпьте 15 г щавелевой кислоты и через делительную воронку прилейте 100 мл концентрированной сер-

¹ При работе с оксидом углерода (II) необходимо соблюдать правила техники безопасности, так как этот оксид очень ядовит.

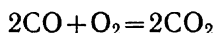
ной кислоты (пл. 1,84). Для очистки газов присоедините к трубке колбы Вюрца промывную склянку с гидроксидом натрия. Газоотводную трубку, идущую от промывной склянки, опустите в кристаллизатор с водой. Нагревайте колбу Вюрца с реакционной смесью. После того как воздух из прибора будет вытеснен (*проба в пробирке на гремячую смесь!*), наполните оксидом углерода (II) цилиндр (рис. 12-2). При нагревании колбы Вюрца протекает реакция:



Серная кислота в этой реакции действует как водоотнимающее вещество. Для очистки смесь газов пропускают через промывную склянку с гидроксидом натрия, в которой поглощается оксид углерода (IV):

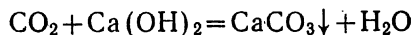


После наполнения выньте цилиндр из кристаллизатора и подожгите спичкой газ — он спокойно сгорает синим пламенем:

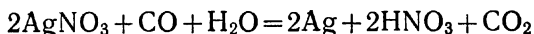


Реакция протекает только в присутствии следов воды.

После сгорания оксида углерода (II) налейте в цилиндр прозрачный раствор известковой воды, взболтайте; появляется белая взвесь:

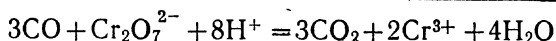
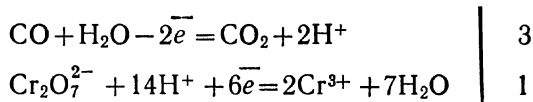
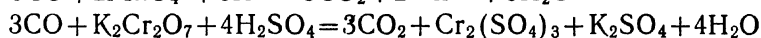
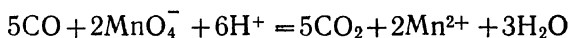
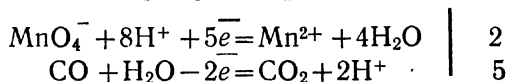


Проделайте качественную реакцию на оксид углерода (II). Для этого налейте в стакан раствор нитрата серебра и пропустите через него оксид углерода (II):

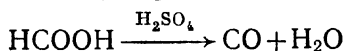


Выделяется коллоидное серебро.

В другие 2 стакана налейте растворы перманганата калия и дихромата калия. Пропустите через каждый раствор оксид углерода (II); оксид углерода (II) проявляет восстановительные свойства:



Оксид углерода (II) можно получать и из муравьиной кислоты. В этом случае оксид углерода (IV) не образуется:

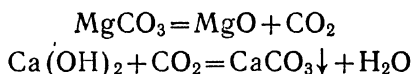


Опыт 13-7. Получение оксида углерода (IV) термическим разложением карбоната магния.

Оборудование и материалы. Небольшая колба Вюрца с пробкой, стакан на 200 мл, резиновая трубка со стеклянной трубкой, согнутой под прямым углом, горелка, штатив с лапкой, известковая вода, карбонат магния.

Насыпьте в колбу Вюрца карбонат магния и к колбе Вюрца присоедините газоотводную трубку, другой конец которой опустите в стакан с прозрачной известковой водой.

Вначале медленно и осторожно прогревайте всю колбу Вюрца с карбонатом магния. После этого поставьте горелку под колбу Вюрца и наблюдайте образование карбоната кальция в стакане:



Аналогичным образом можно получить оксид углерода (IV) из карбонатов марганца, железа и др.

Температура разложения некоторых карбонатов:

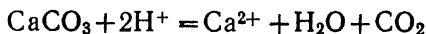
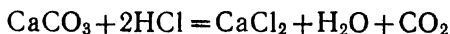
MnCO ₃	FeCO ₃	MgCO ₃	CaCO ₃	SrCO ₃	BaCO ₃
327°C	405°C	500°C	850°C	1130°C	1300°C

Опыт 13-8. Получение оксида углерода (IV) из мрамора и поглощение его щелочью.

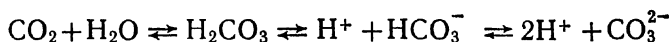
Оборудование и материалы. Аппарат Киппа, заряженный мрамором и соляной кислотой (1:5), кристаллизатор, 2 промывные склянки (одна с водой, другая с концентрированной серной кислотой), цилиндр на 250 мл с пластинкой, стеклянная трубка, согнутая под прямым углом (по высоте цилиндра), соединительная резиновая трубка, дистиллированная вода, раствор нейтрального лакмуса, концентрированная серная кислота, 1 М раствор гидроксида натрия.

К аппарату Киппа присоедините промывную склянку с водой и лакмусом. Во вторую промывную склянку налейте концентрированную серную кислоту.

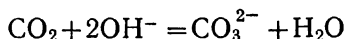
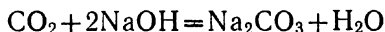
При взаимодействии соляной кислоты с мрамором образуется оксид углерода (IV):



Обратите внимание на изменение окраски индикатора в промывной склянке с водой, указывающее на кислотные свойства раствора оксида углерода (IV). При этом в растворе устанавливается равновесие:



Выделяющийся оксид углерода (IV) соберите в сухой цилиндр путем вытеснения воздуха. Цилиндр закройте пластинкой, опустите горлом в кристаллизатор с раствором щелочи и отнимите пластинку. Оксид углерода (IV) взаимодействует со щелочью, и жидкость заполняет цилиндр:



Опыт 13-9. Гашение оксидом углерода (IV) горящего бензина.

Оборудование и материалы. Металлический кювет, 2 широкогорлые банки 2—3 л, большой фарфоровый тигель, тигельные щипцы, аппарат Киппа, заряженный мрамором и соляной кислотой (1:5), резиновая трубка, пипетка, спички, бензин, вода.

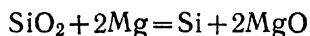
На металлический кювет установите большую банку, в которую поместите тигель с бензином (3—5 мл). Из аппарата Киппа (или из баллона) наполните вторую банку оксидом углерода (IV).

Подожгите бензин, бросив в него зажженную спичку, затем с помощью пипетки внесите в тигель небольшое количество воды. Бензин легче воды, поэтому он всплывает и продолжает гореть. При переливании оксида углерода (IV) из второй банки в первую бензин гаснет.

Опыт 13-10. Получение аморфного кремния восстановлением оксида кремния (IV) магнием.

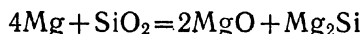
Оборудование и материалы. Горелка, ступка с пестиком, стакан на 200—400 мл, пробирка с держалкой, порошок магния, мелкий кварцевый песок, оксид магния, соляная кислота (1:1).

В пробирку насыпьте тщательно перемешанную в ступке смесь из кварцевого песка, порошка магния и оксида магния в отношении 3:2:1. Возьмите пробирку в держалку, прогрейте на пламени горелки сначала всю пробирку, а затем нагревайте верхнюю часть смеси. Как только начнется реакция, нагревание прекратите. Реакция протекает, энергично распространяясь по всей массе смеси:

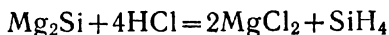


Остывшую пробирку разбейте в ступке и все содержимое высыпьте в стакан с соляной кислотой.

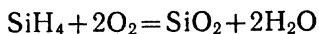
При избытке металлического магния образующийся кремний соединяется с магнием, давая силицид магния:



Силицид магния при взаимодействии с соляной кислотой образует газообразные силаны — SiH_4 , Si_2H_6 и другие:



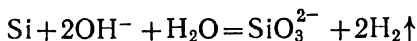
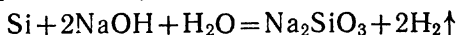
При соприкосновении с воздухом силаны самовоспламеняются и сгорают:



Опыт 13-11. Взаимодействие кремния с гидроксидом натрия.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, кольцом, асбестированной сеткой и горелкой, резиновая трубка со стеклянной трубкой, согнутой под прямым углом, маленькая колба Вюрца, пробирка, кремний, 50%-ный раствор гидроксида натрия.

Поместите в колбу Вюрца немного кремния и прибавьте 10—15 мл раствора щелочи. Горло колбы закройте пробкой. Осторожно нагрейте колбу:



Выделяющийся водород (*после проверки на чистоту!*) подожгите у оттянутого конца стеклянной трубки. При желании водород можно собрать в цилиндр.

Опыт 13-12. Получение геля кремниевой кислоты.

Оборудование и материалы. Горелка с треножником и асбестированной сеткой, штатив с лапкой, бюретка с воронкой, стакан на 200 мл с палочкой, свежеприготовленный 25%-ный раствор силиката натрия, соляная кислота (1:1), лакмус.

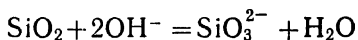
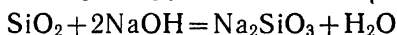
Наполните бюретку соляной кислотой. Нагрейте в стакане раствор силиката натрия до 50—60°C. К теплomu раствору силиката натрия прибавьте 7—10 капель раствора лакмуса и из бюретки при непрерывном помешивании приливайте соляную кислоту до появления слабой опалесценции. Через некоторое время (иногда 5—10 мин) вся масса в стакане коагулирует. Лакмус в течение всего опыта должен показывать щелочную реакцию раствора.

Раствор силиката натрия разъедает стекло, поэтому посуду необходимо тщательно вымыть тотчас же после опыта.

Опыт 13-13. Взаимодействие оксида кремния (IV) с гидроксидом натрия.

Оборудование и материалы. Горелка с треножником и асбестированной сеткой, штатив с воронкой и фильтром, фарфоровая чашка, 2 стакана на 100 мл, стеклянная палочка, 30%-ный раствор гидроксида натрия, соляная кислота (1:1), мелкий кварцевый песок, раствор лакмуса.

В фарфоровую чашку насыпьте мелкий песок, налейте концентрированный раствор щелочи, кипятите 20—30 мин и сразу же фильтруйте. Песок реагирует со щелочью;

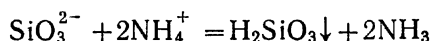
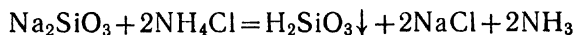


Чтобы обнаружить образование силиката, часть фильтрата отлейте и нейтрализуйте до слабокислой реакции соляной кислотой. Выпадает гель кремниевой кислоты.

Опыт 13-14. Гидролиз силиката натрия.

Оборудование и материалы. Горелка, коническая колба на 200 мл, свежеприготовленный 30%-ный раствор силиката натрия, насыщенный раствор хлорида аммония.

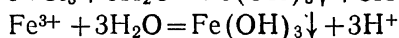
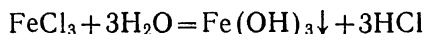
В коническую колбу налейте по 50 мл растворов силиката натрия и хлорида аммония. Тщательно взболтайте и подогрейте жидкость в пламени горелки. Обратите внимание на образующийся аморфный осадок кремниевой кислоты:



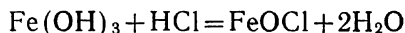
Опыт 13-15. Гидролиз соли хлорида железа (III).

Оборудование и материалы. Горелка, треножник с асбестированной сеткой, стакан, пробирка, пипетка, 2%-ный раствор хлорида железа, раствор лакмуса, дистиллированная вода.

В отдельной пробирке с помощью лакмуса определите реакцию раствора хлорида железа (III). Затем в тщательно вымытом стакане нагрейте до кипения примерно 100 мл дистиллированной воды. В кипящую воду небольшими порциями прибавьте 10—15 мл 2%-ного раствора хлорида железа (III). Кипятите раствор еще несколько минут. В результате гидролиза хлорида железа (III) получается коллоидный раствор гидроксида железа (III), окрашенный в красно-коричневый цвет:



Поверхностные молекулы агрегата $\text{Fe}(\text{OH})_3$ взаимодействуют с образовавшейся соляной кислотой:



Соединение FeOCl диссоциирует на ионы FeO^+ и Cl^- . Строение коллоидной частицы можно представить так: $[\text{Fe}(\text{OH})_3]_n \cdot m\text{FeO}^+$, т. е. золь гидроксида железа (III) заряжен положительно.

Опыт 13-16. Пропитка тканей силикатом натрия (получение негорючих тканей)¹.

Оборудование и материалы. Горелка, тигельные щипцы или пинцет, стакан на 200 мл, полоски холста и ситца, 10%-ный раствор силиката натрия.

Налейте в стакан раствор силиката натрия и опустите в него полоски холста и ситца. Выдержите их в растворе 50—70 мин.

¹ Опыт можно начать до занятий.

Выньте и высушите полоски материи. Одновременно внесите в пламя горелки не пропитанные и пропитанные раствором силиката натрия полоски ткани. Легко заметить, что пропитанные ткани практически не горят.

Опыт 13-17. Получение легкоплавкого свинцового стекла.

Оборудование и материалы. Горелка с треножником и керамическим треугольником, асбестовая пластинка, теххимические весы с разновесом, железный тигель с крышкой, тигельные щипцы, стакан на 200 мл с водой, мелкий кварцевый песок, оксиды свинца и бора.

Отвесьте 16,8 г оксида свинца (II), 2,2 г оксида бора и 9,0 г кварцевого песка. Смесь тщательно перемешайте, пересыпьте в железный тигель; тигель поместите в керамический треугольник и поставьте на треножник.

Расплавьте смесь в пламени горелки. Тигельными щипцами снимите тигель, опустите его наполовину в холодную воду и вытряхните стекло на асбестовую пластинку. Температура плавления такого стекла около 500°C.

1. ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Опыт 14-1. Сравнительная химическая активность щелочных металлов (см. опыт 7-1).

Опыт 14-2. Окрашивание пламени щелочными металлами.

Оборудование и материалы. Горелка, 3 трубочки с впаянной нихромовой проволокой¹, синее стекло, концентрированная соляная кислота, 3 бюкса с насыщенными растворами хлоридов лития, натрия и калия.

Сначала приготовьте 3 трубочки с впаянными нихромовыми проволоками. Для этого отрежьте стеклянную трубку диаметром 4—6 мм и длиной 100 мм и нихромовую проволоку длиной 25 мм. Один конец трубки оплавьте, а другой сильно разогрейте в пламени газовой горелки. Когда он почти заплывется, в суженное отверстие продвиньте нихромовую проволоку на 8—10 мм и продолжайте нагревание, пока отверстие не заплывется.

Отожгите место впаивания (для снятия напряжений) путем вращения стекла в светящемся пламени горелки, пока оно не покроется налетом копоти. Конец нихромовой проволоки изогните в ушко.

Возьмите нихромовую проволоку, впаянную в стеклянную палочку. Очистите проволоку от следов солей натрия. Для этого смочите ее в концентрированной соляной кислоте и прокалите в пламени горелки (до полного исчезновения окраски пламени). Очищенную проволоку смочите раствором хлорида калия и снова внесите в бесцветное пламя горелки. Наблюдайте фиолетовую окраску пламени. Ничтожные количества соединений натрия маскируют окраску пламени. Через синее стекло и индиговую призму, поглощающих желтые лучи, хорошо заметно фиолетовое окрашивание пламени.

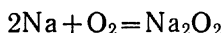
Аналогичное испытание проведите с насыщенными растворами солей хлорида натрия и хлорида лития. Натрий окрашивает пламя в желтый, а литий — в малиновый цвет. Летучие соли рубидия и цезия окрашивают бесцветное пламя горелки в розово-фиолетовый цвет.

Опыт 14-3.* Получение пероксида натрия.

Оборудование и материалы. Горелка, нож, пинцет, алюминиевая чайная ложечка, сухая склянка на 3 л, банка на 100 мл с хорошо подогнанной пробкой, газометр с кислородом, фильтровальная бумага, натрий.

¹ Можно использовать трубочки со впаянной платиновой проволокой.

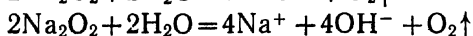
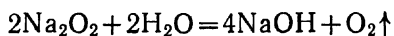
Согните под прямым углом алюминиевую ложечку и к ее ручке приделайте длинную деревянную ручку. Из газометра наполните сухую склянку кислородом. Зажгите горелку. Затем отрежьте ножом несколько кусочков натрия общим объемом с горошину и фильтровальной бумагой удалите керосин. Пинцетом положите кусочки натрия в ложечку, внесите их в пламя горелки, расплавьте и зажгите. После этого медленно опустите ложечку в склянку с кислородом. Натрий сгорает ярким желтым пламенем:



Опыт 14-4*. Взаимодействие пероксида натрия с водой.

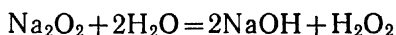
Оборудование и материалы. Горелка, лучина, ложечка, пипетка с резиновым баллоном, стакан на 100 мл, пероксид натрия, дистиллированная вода.

Положите в стакан половину ложечки пероксида натрия и пипеткой добавьте 5—6 капель воды:



Внесенная в стакан тлеющая лучинка вспыхивает от выделения кислорода.

Если опыт проводить в охлажденной смеси (поставить стакан в воду со льдом), то реакция протекает с образованием пероксида водорода:



Опыт 14-5*. Взаимодействие пероксида натрия с фильтровальной бумагой, ватой и древесными опилками.

Оборудование и материалы. 3 штатива с кольцом и асбестированной сеткой, стеклянная палочка, ложечка (или шпатель), пероксид натрия, фильтровальная бумага, вата, сухие древесные опилки, дистиллированная вода.

Поставьте 3 штатива с асбестированными сетками на расстоянии 0,5 м друг от друга. На сетку первого штатива поместите вдвое сложенный лист фильтровальной бумаги, насыпьте на нее ложечку пероксида натрия и стеклянной палочкой разровняйте слоем 2—3 мм. На сетку второго штатива положите слой ваты и то же количество пероксида натрия и также разровняйте стеклянной палочкой. На сетку третьего штатива положите смесь 10 г сухого пероксида натрия и 5 г сухих древесных опилок. Эту смесь размешайте стеклянной палочкой, сгребите в кучу и в середине сделайте палочкой углубление.

При добавлении 1—2 капель воды (на третьем штативе в углубление кучки — 2—3 капли) быстро выделяется кислород и фильтровальная бумага, вата и опилки воспламеняются и энергично сгорают.

Примечание. Смеси с пероксидом натрия готовят во время демонстрации. Категорически запрещается готовить их заблаговременно.

Опыт 14-6. Очистка хлорида натрия.

Оборудование и материалы. Сушильный шкаф, прибор для получения хлороводорода (рис. 8-1), устройство для фильтрования на воронке Бюхнера (рис. 1-5), фарфоровая ступка с пестиком, стакан на 200 мл, хлорид натрия, соляная кислота (пл. 1,19).

Метод очистки хлорида натрия основан на том, что растворимость электролита уменьшается при введении другого электролита с одноименным ионом. Так, при введении хлорид-ионов (раствора хлороводорода в воде), к насыщенному раствору хлорида натрия равновесие.



смещается влево, в результате выпадают чистые кристаллы соли.

Приготовьте насыщенный раствор поваренной соли при комнатной температуре. Для этого разотрите в ступке около 40 г соли и растворите ее в 100 мл воды. Раствор отфильтруйте в стакан.

Под тягой соберите прибор по рисунку 14-1. В колбу поместите 30 г хлорида натрия и через воронку¹ добавьте 25 мл 75%-ной серной кислоты. Содержимое колбы нагревайте через металлическую сетку слабым пламенем горелки.

Пропускайте ток хлороводорода в приготовленный насыщенный раствор хлорида натрия в стакане (рис. 14-1) до выпадения кристаллов. Полученные кристаллы соли отфильтруйте на воронке Бюхнера и высушите в сушильном шкафу.

Опыт можно упростить. В приготовленный насыщенный раствор хлорида натрия прилейте концентрированную соляную кислоту. Выпавшие кристаллы соли отфильтруйте и высушите.

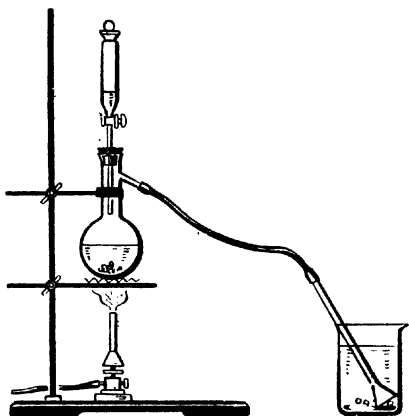


Рис. 14-1. Очистка хлорида натрия.

2. ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Опыт 14-7. Взаимодействие магния с водой (см. опыт 7-5,6).

Опыт 14-8. Взаимодействие оксида кальция с водой (см. опыт 4—5).

¹ Можно проводить опыт без воронки — вылить кислоту в колбу и быстро закрыть ее пробкой.

Опыт 14-9. Окрашивание пламени щелочноземельными металлами.

Оборудование и материалы. Горелка, 3 трубочки с нихромовыми проволоками, концентрированная соляная кислота, 3 бюкса с насыщенными растворами хлоридов кальция, стронция и бария.

Опыт проводится аналогично опыту 14-2. Очистите проволоку многократной промывкой в концентрированной соляной кислоте и прокаливанием в пламени горелки (до полного исчезновения окраски пламени). Очищенную проволоку окуните (для каждой соли отдельно) в насыщенные растворы солей кальция, стронция и бария и внесите в бесцветное пламя газовой горелки. Летучие соли кальция окрашивают бесцветное пламя горелки в кирпично-красный, стронция — в карминово-красный, бария — в желто-зеленый цвет.

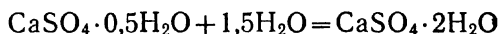
Опыт 14-10. Свойства гипса.

Оборудование и материалы. Горелка, большая пробирка, держатель для пробирок, стеклянная палочка, монета, гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, вазелин.

Вначале демонстрируют превращение необожженного гипса (дигидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в жженный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Для этого большую пробирку в держателе наполните на $\frac{3}{4}$ необожженным гипсом и нагревайте на пламени горелки. При этом необожженный гипс переходит в жженный, на холодных частях пробирки оседают капли воды:



Затем жженный гипс поместите в фарфоровую чашку, предварительно смазанную вазелином, и размешайте с водой до получения массы густоты сметаны:



Вдавите в эту массу пятикопеечную монету. После удаления монеты в застывшей массе виден ее отпечаток.

Опыт можно видоизменить. Получите массу консистенции сметаны, добавив к жженому гипсу воды. Разрежьте голову целлулоидной куклы, смажьте изнутри вазелином, снова склейте снаружи при помощи полосок бумаги и через нижнюю часть головки налейте приготовленную сметанообразную массу. Через некоторое время, когда масса застынет, снимите целлулоид. Получилась гипсовая скульптура.

Опыт 14-11. Взаимодействие мягкой и жесткой воды с раствором мыла.

Оборудование и материалы. 2 цилиндра на 250 мл с пробками, стеклянная трубочка, стеклянная палочка, нож, дистиллированная вода, жесткая вода, раствор мыла.

Сначала приготовьте раствор мыла. Для этого из детского мыла настругайте тонкие стружки и растворите их в дистилли-

рованной воде, чтобы раствор давал хорошие пузыри, если дуть в него через стеклянную трубочку. Затем приготовьте жесткую воду: в стакан внесите 50 мл насыщенного раствора гидроксида кальция, разбавьте его дистиллированной водой до 0,5 л, прибавьте 0,5 г кристаллогидрата сульфата магния и хорошо перемешайте стеклянной палочкой.

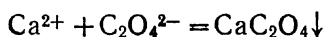
Налейте в один цилиндр на $\frac{1}{3}$ дистиллированную воду, в другой — приготовленную жесткую воду. В каждый цилиндр прибавьте по 10 мл раствора мыла. Закройте цилиндры пробками и сильно взболтайте. Хорошо видно, что в мягкой воде образуется пена, в жесткой — мыло свертывается.

Опыт 14-12. Качественные реакции на ионы кальция и бария.

Оборудование и материалы. Горелка, 2 стакана на 50 мл, 2 стеклянные палочки, 4 пробирки, 2 трубочки с никромовой проволокой, растворы оксалата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, ацетата натрия CH_3COONa , 2 М растворы соляной и уксусной кислот.

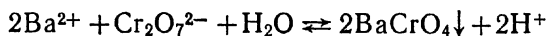
Заполните наполовину один стакан раствором хлорида кальция, другой — хлорида бария. К первому прибавьте около 10 мл раствора оксалата аммония, ко второму — 3—5 мл раствора ацетата натрия и около 10 мл раствора дихромата калия. Перемешайте растворы стеклянной палочкой и дайте отстояться.

Затем осадки испытывают на растворимость в 2 М растворах соляной и уксусной кислот. Оксалат аммония образует с раствором соли кальция белый кристаллический осадок, растворимый в соляной, но нерастворимый в уксусной кислоте:

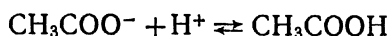


Аналогичный осадок образует катион Ba^{2+} . Поэтому этой реакцией можно обнаружить ион Ca^{2+} лишь после удаления иона Ba^{2+} .

Дихромат калия образует с раствором соли бария желтый осадок, растворимый в соляной или азотной, но нерастворимый в уксусной кислоте:



Реакцию следует вести в присутствии избытка ацетата натрия, который реагирует с образующимися ионами H^+ , смещая равновесие вправо вследствие образования малодиссоциированной уксусной кислоты:



Контрольная проверка наличия ионов Ca^{2+} и Ba^{2+} — окрашивание пламени горелки (см. опыт 14-9).

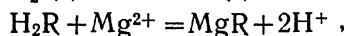
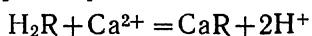
Опыт 14-13. Устранение жесткости воды с помощью ионообменников.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, бюретка, 2 стакана на 100 мл, 2 пробирки, зерна катионита в H^+ -форме, дистиллированная вода, насыщенный раствор сульфата кальция $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, раствор оксалата аммония, индикатор метиловый оранжевый.

Укрепите в штативе бюретку и на $\frac{1}{3}$ заполните ее зернами катионита в H^+ -форме. Налейте в стакан около 20 мл насыщенного раствора сульфата кальция. Из стакана возьмите в пробирку немного раствора и проведите пробу на ион Ca^{2+} (см. опыт 14-12). После этого небольшими порциями влейте раствор из стакана в бюретку и медленно спускайте раствор в другой стакан.

Когда весь раствор вытечет из бюретки, промойте катионит 20 мл дистиллированной воды. Часть фильтрата из стакана налейте в пробирку и испытайте на ион Ca^{2+} (см. опыт 14-12). В другую пробирку внесите фильтрат и добавьте раствор метилового оранжевого. Он окрашивается в красный цвет.

Ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , обуславливающие жесткость воды, удерживаются в катионите, а в раствор переходит эквивалентное количество ионов H^+ (раствор делается кислым):



где R — катионит. После использования большей части подвижных ионов катиониты обычно регенерируют.

3. АЛЮМИНИЙ

Опыт 14-14. Механическая прочность оксидной пленки алюминия.

Оборудование и материалы. Штатив с двумя зажимами, горелка, алюминиевая полоска толщиной не более 0,5 мм.

Закрепите в штативе полоску алюминия в горизонтальном положении и осторожно нагрейте свободный конец пламенем горелки: полоска провисает и расплавленный алюминий стекает в увеличивающийся «мешочек».

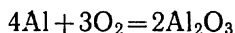
Опыт 14-15. Взаимодействие алюминия с водой.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 100 мл, воронка, фарфоровая чашка, щипцы, наждачная бумага, фильтровальная бумага, 2 алюминиевые пластинки, концентрированный раствор нитрата ртути (II), 2 М горячий раствор гидроксида натрия, дистиллированная вода.

Приготовьте 2 одинаковые пластинки алюминия. Погрузите одну пластинку в стакан с дистиллированной водой. Отметьте отсутствие реакции. Высушите алюминиевую пластинку фильтровальной бумагой. Затем обе пластинки хорошо очистите наждачной бумагой, промойте водой и опустите на 3 — 5 с в го-

рячий раствор гидроксида натрия. Снова ополосните их дистиллированной водой и опустите обе пластинки в фарфоровую чашку с небольшим количеством раствора нитрата ртути (II). (*Осторожно! Соли ртути ядовиты.*) Через 5 мин промойте пластинки дистиллированной водой, одну из них вытрите насухо фильтровальной бумагой и оставьте на воздухе, а другую опустите в стакан с водой: выделяется водород.

Если пластинку в стакане с водой поместить под небольшую воронку, а на воронку надеть пробирку с водой, то водород можно собрать и испытать (поджечь). На пластинке, которая находится на воздухе, появляется налет оксида алюминия:



На поверхности алюминия при окислении на воздухе образуется очень прочная пленка (поэтому алюминиевая пластинка с водой не взаимодействует). Если разрушить эту пленку, то энергично протекает реакция алюминия с водой:



При контакте алюминия с раствором соли $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ восстанавливается ртуть. На поверхности алюминия образуется сплав с ртутью — амальгама, разрушается естественная защитная пленка.

Опыт 14-16. Пассивация алюминия.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 50 мл, алюминиевая пластинка, соляная кислота (2 М), азотная кислота (14 М), дистиллированная вода.

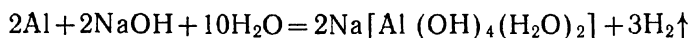
Алюминиевую пластинку опустите в стакан с раствором соляной кислоты. Наблюдайте выделение водорода. Выньте пластинку, обмойте дистиллированной водой и на 3—5 мин поместите в стакан с концентрированной (14 М) азотной кислотой. Затем выньте ее из азотной кислоты, снова обмойте водой и опустите в стакан с соляной кислотой: водород не выделяется.

Концентрированная азотная кислота пассивирует алюминий. В отличие от разбавленной концентрированная азотная кислота при обыкновенной температуре с алюминием не взаимодействует.

Опыт 14-17. Растворение алюминия в щелочи.

Оборудование и материалы. Стакан на 100 мл со стеклянной палочкой, алюминиевая стружка, 6 М раствор гидроксида натрия.

В стакан насыпьте немного стружек алюминия и влейте в него раствор щелочи. Растворение алюминия в щелочи приводит к образованию аквагидроксоли и водорода:



Для ускорения реакции смесь можно слегка подогреть (*соблюдать осторожность*).

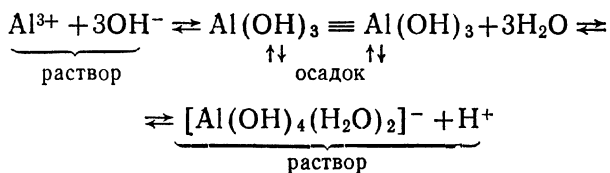
Соберите выделяющийся водород (см. опыт 14-15) и испытайте его на горючесть.

Опыт 14-18. Амфотерные свойства гидроксида алюминия.

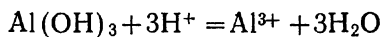
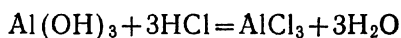
Оборудование и материалы. 3 стакана на 200 мл со стеклянными палочками, 0,5 М раствор сульфата (или хлорида) алюминия, 2 М раствор гидроксида аммония, 4 М раствор соляной кислоты, 4 М раствор гидроксида натрия, дистиллированная вода.

Стакан заполните на $\frac{1}{4}$ раствором соли алюминия и прилейте раствор гидроксида аммония до образования осадка гидроксида алюминия. Долейте дистиллированной воды до $\frac{3}{4}$ объема стакана, хорошо перемешайте стеклянной палочкой и разделите жидкость поровну на 3 стакана. В первый стакан добавьте раствор соляной кислоты, во второй — раствор гидроксида натрия до полного растворения (при перемешивании стеклянной палочкой) гидроксида алюминия. Третий стакан служит для сравнения. Рассмотрите растворы трех стаканов.

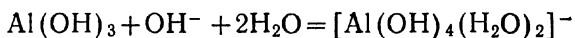
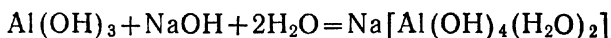
Амфотерные соединения одновременно диссоциируют по типу основания и по типу кислоты. Очевидно, в водном растворе существует равновесие, которое можно отразить уравнением¹:



Прибавляя к такой равновесной системе ионы H^+ (кислоту), связываем ионы OH^- в малодиссоциированное соединение — воду; равновесие смещается справа налево до тех пор, пока весь осадок не растворится:



Прибавляя к равновесной системе ионы OH^- (щелочь), связываем ионы H^+ также в воду, равновесие смещается слева направо до полного растворения осадка:

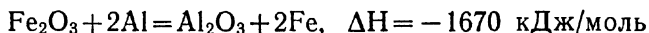


¹ Знак \rightleftharpoons означает равноценность формул.

Опыт 14-19. Аллюминотермия.

Оборудование и материалы. Большая кастрюля с сухим (прокаленным) песком, шамотовый тигель (или небольшой цветочный горшок), порошок оксида железа (III) и алюминия, порошок и лента магния, магнит, лучина.

Приготовьте смесь из 22 г порошка оксида железа (III) и 8 г порошка алюминия. Смесь насыпьте в шамотовый тигель (или в небольшой цветочный горшок) и поместите его в большую кастрюлю с сухим песком так, чтобы он весь находился в песке. Сверху смеси насыпьте немного порошка магния, в который вставьте ленту магния. Длинной лучиной подожгите ленту магния, а сами отойдите подальше от тигля, пока не закончится бурная реакция:



После остывания тигля железо можно обнаружить магнитом. Извлеките небольшие кусочки железа из шлака.

Примечание. Песок должен быть обязательно сухим (лучше прокаленным), иначе может произойти разбрызгивание.

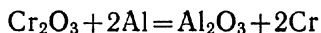
4. ХРОМ

Опыт 14-20. Получение хрома (алюмотермическое восстановление).

Оборудование и материалы. Большая кастрюля с сухим песком, шамотовый тигель, защитные очки с темными стеклами, порошок оксида хрома (III) и алюминия, фторид кальция, дихромат калия, порошок и лента магния, лучина.

Опыт проводится аналогично опыту 14-19. В тигель насыпьте 10 г порошка фторида кальция, сухую однородную смесь порошков 35 г оксида хрома (III) и 25 г дихромата калия, 17 г порошка алюминия. Сверху насыпьте немного порошка магния, в который вставьте ленту магния.

Тигель поместите в кастрюлю с сухим песком. Наденьте защитные очки с темными стеклами. Кастрюля с песком должна находиться на безопасном расстоянии от учащихся и учителя. Горящей лучиной зажгите магниевую ленту:



Хром остается на дне тигля в виде небольших «корольков». Фторид кальция служит флюсом — снижает температуру плавления смеси, а также способствует образованию хрома в виде «корольков». Дихромат калия служит источником кислорода и способствует повышению температуры реакции.

Опыт 14-21. Пассивация хрома.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 100 мл, стеклянная палочка, воск, соляная кислота (3 М), концентрированная азотная кислота (14 М), дистиллированная вода.

Прикрепите маленький кусочек электролитического хрома к стеклянной палочке воском или парафином. Опустите палочку в 3 М раствор соляной кислоты и наблюдайте энергичное растворение хрома. Через некоторое время перенесите хром в концентрированную азотную кислоту: растворение хрома моментально прекращается. Пассивированный хром промойте водой и снова опустите в соляную кислоту. Некоторое время хром не взаимодействует с кислотой, но потом вновь начинается энергичное растворение.

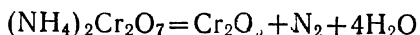
Причиной пассивации хрома считается образование на его поверхности очень тонкой пленки оксидов. На воздухе поверхность хрома покрыта тончайшей пленкой оксида хрома (III).

Опыт 14-22. Получение оксида хрома (III) из дихромата аммония и окисление им аммиака.

Оборудование и материалы. Горелка, тигель, керамическая плитка, коническая колба на 250 мл, металлическая ложечка, стеклянный колокол, банка с пробкой для оксида хрома (III), глянцевая бумага по диаметру колокола, наждачная бумага, магниевая лента, лучина, дихромат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 30%-ный раствор аммиака.

Высушите и разотрите дихромат аммония, заполните им тигель и вставьте магниевую ленту 8—10 см, очищенную наждачной бумагой. Положите на лист глянцевой бумаги керамическую плитку, а на нее поставьте тигель. Рядом поместите стеклянный колокол.

Подожгите зажженной лучиной магниевую ленту и накройте тигель колоколом. Наблюдайте разложение дихромата аммония, напоминающее извержение маленького вулкана:



Испытайте каталитические свойства оксида хрома (III), как описано в опыте 12-7.

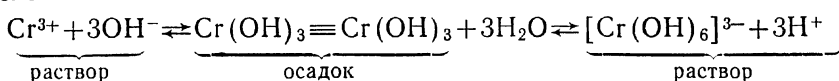
Примечание. Оксид хрома — ядовитое вещество, поэтому, проводя опыт, категорически запрещается вдыхать его пыль.

Опыт 14-23. Амфотерные свойства гидроксида хрома (III).

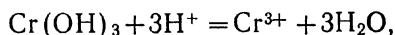
Оборудование и материалы. 3 стакана на 200 мл со стеклянными палочками, 0,5 М раствор хлорида хрома (III), 2 М раствор гидроксида аммония, 4 М раствор соляной кислоты, 4 М раствор гидроксида натрия, дистиллированная вода.

Опыт проводится аналогично опыту 14-18. Стакан на $\frac{1}{4}$ заполните раствором хлорида хрома (III), прилейте столько же раствора гидроксида аммония и разбавьте дистиллированной водой до $\frac{3}{4}$ объема стакана. Содержимое хорошо перемешайте стеклянной палочкой и разлейте поровну в 3 стакана. В первый стакан приливайте раствор соляной кислоты, во второй — раствор гидроксида натрия до полного растворения гидроксида хрома (III). Третий стакан оставьте для сравнения.

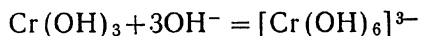
При образовании гидроксида хрома (III) над осадком устанавливается подвижное равновесие, которое можно выразить схемой:



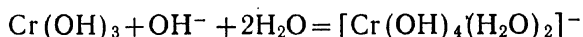
При добавлении H^+ -ионов равновесие смещается справа налево:



а при добавлении OH^- -ионов равновесие смещается слева направо:



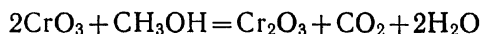
или



Опыт 14-24. Окислительные свойства оксида хрома (VI).

Оборудование и материалы. Стакан на 500 мл со стеклянной палочкой, колба Бунзена со стеклянным фильтром и водоструйным насосом, фарфоровая чашка, шпатель, пипетка с резиновым наконечником, кристаллизатор с охлаждающей смесью, насыщенный раствор дихромата калия, концентрированная серная кислота (96%-ная), 70%-ная азотная кислота, метиловый спирт.

Налейте в стакан 100 мл насыщенного раствора дихромата калия и поставьте в охлаждающую смесь. Непрерывно помешивая раствор стеклянной палочкой, медленно прилейте 150 мл концентрированной серной кислоты. Через некоторое время после выпадения темно-красных кристаллов оксида хрома (VI) отфильтруйте их через стеклянный фильтр (при упрощении опыта раствор можно отделить пипеткой). Для удаления серной кислоты два раза промойте кристаллы 70%-ной азотной кислотой. Часть кристаллов шпателем перенесите в фарфоровую чашку и пипеткой внесите несколько капель метилового спирта:



Метиловый спирт воспламеняется.

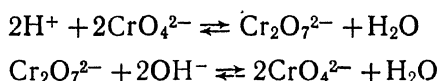
Оксид хрома (VI) является сильным окислителем. Он энергично растворяется в воде с образованием хромовой (H_2CrO_4) и двуххромовой ($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) кислот, известных только в растворе.

Примечание. Растворимые соединения хрома ядовиты! Тщательно мойте после работы руки.

Опыт 14-25. Превращение хроматов в дихроматы и обратно.

Оборудование и материалы. 4 стакана на 200 мл со стеклянными палочками, 0,5 М раствор хромата калия K_2CrO_4 , 0,5 М раствор дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 1 М раствор серной кислоты, 2 М раствор гидроксида калия.

Налейте в первый и второй стаканы по 100 мл раствора хромата калия, в третий и четвертый — столько же раствора дихромата калия. Оставьте первый и третий стаканы для сравнения, во второй добавьте раствор серной кислоты, в четвертый — раствор гидроксида калия. Изменение окраски растворов свидетельствует о смещении равновесия, устанавливающегося при растворении в воде хромата и дихромата калия:

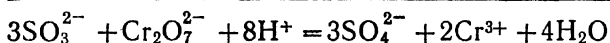
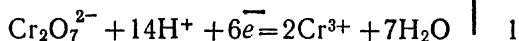
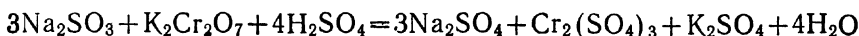


Хромат-ион CrO_4^{2-} окрашен в желтый цвет, дихромат-ион $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ — в оранжевый.

Опыт 14-26. Окисление сульфит-иона дихромат-ионом в кислой среде.

Оборудование и материалы. Стакан на 200 мл со стеклянной палочкой, 1 М раствор свежеприготовленного сульфита натрия Na_2SO_3 , 0,5 М раствор дихромата калия, 1 М раствор серной кислоты.

Налейте в стакан около 100 мл раствора дихромата калия и 20—30 мл серной кислоты. Перемешивая раствор стеклянной палочкой, добавляйте раствор сульфита натрия, пока оранжевый раствор не станет зелено-фиолетовым:

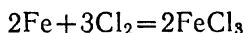


5. ЖЕЛЕЗО

Опыт 14-27. Горение железа в хлоре и кислороде.

Оборудование и материалы. Прибор и реактивы для получения хлора (см. рис. 8-1), банка со слоем песка на дне, закрытая стеклянной пластинкой, металлическая ложечка, тонкие железные стружки.

Наполните банку хлором и закройте ее стеклянной пластинкой. На железную ложечку положите комок тонких железных стружек, нагрейте их в пламени горелки и внесите в банку с хлором. Железо горит красноватым пламенем, заполняя банку рыжим дымом хлорида железа (III):

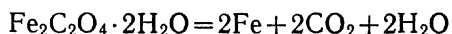


Горение железа в кислороде описано в опыте 2-3.

Опыт 14-28*. Получение пирофорного железа.

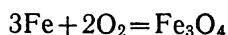
Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, горелка с плоской насадкой, большая пробирка с плотной резиновой пробкой и держателем, кювет с фильтровальной бумагой или большой лист асбеста, оксалат железа $\text{Fe}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (кристаллы).

Насыпьте в пробирку 5—7 г кристаллогидрата оксалата железа (соль щавелевой кислоты) и укрепите ее в штативе с небольшим наклоном в сторону отверстия. Нагревайте кристаллогидрат горелкой с плоской насадкой до тех пор, пока не прекратится выделение газа:



Выделяющуюся воду со стенок пробирки снимайте жгутом фильтровальной бумаги. Желтый цвет порошка оксалата станет черным, так как такой цвет имеет мелкораздробленное железо.

Пробирку плотно закройте пробкой, чтобы полученное железо не успело окислиться кислородом воздуха, и оставьте охлаждаться. По охлаждении пробирки с высоты 50—70 см постепенно высыпайте железо на кювет с фильтровальной бумагой (лучше в затемненном помещении). Крупинки железа настолько малы, что поверхность соприкосновения их с кислородом воздуха становится огромной и окисление протекает очень быстро. Железо самовоспламеняется и сгорает, образуя сноп искр:



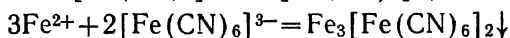
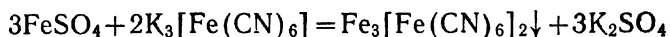
Такое железо называется пирофорным.

Опыт 14-28*. Качественные реакции на ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} .

Оборудование и материалы. 3 стакана на 100 мл со стеклянными палочками, 0,01 М растворы хлорида железа (III), роданида аммония NH_4SCN , сульфата железа (II) (свежеприготовленный), гексациано-(III)феррата калия, гексациано-(II)феррата калия, 2 М раствор соляной кислоты, дистиллированная вода.

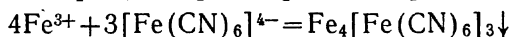
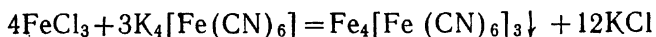
Налейте в один стакан 25 мл раствора сульфата железа (II), во второй и третий — столько же раствора хлорида железа (III). Растворы в первом и втором стаканах подкислите — внесите по 5 мл раствора соляной кислоты (подкисление благоприятствует течению реакции). Затем в первый стакан добавьте 25 мл раствора гексациано-(III)феррата калия, во второй — столько же раствора гексациано-(II)феррата калия и в третий — 25 мл роданида аммония. В каждый стакан добавьте по 70 мл дистиллированной воды и перемешайте жидкость стеклянной палочкой. Обратите внимание на окраску растворов.

Гексациано-(III)феррат калия образует с ионами Fe^{2+} темносиний осадок (турнбулеву синь):



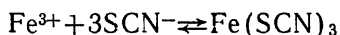
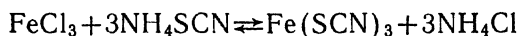
Это характерная реакция на катион Fe^{2+} . Осадок разлагается щелочами, в кислотах он практически нерастворим.

Гексациано-(II)феррат калия образует с раствором соли железа (III) темно-синий осадок (берлинскую лазурь):



Это характерная реакция на ион Fe^{3+} . Осадок разлагается в растворах щелочей, в кислотах он не растворяется.

Роданид аммония образует с растворами солей железа (III) соединение, которое окрашивает раствор в кроваво-красный цвет:

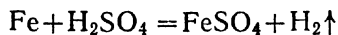
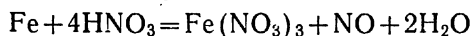


Роданид-ион SCN^- также является реагентом на ион железа (III).

Опыт 14-30. Отношение железа к кислотам.

Оборудование и материалы. 4 стакана на 200 мл, 2 вычищенные наждачной бумагой железные пластинки (или 2 больших гвоздя), тигельные щипцы, наждачная бумага, фильтровальная бумага, азотная кислота (пл. 1,5), 4 М раствор азотной кислоты, серная кислота (пл. 1,84), 2 М раствор серной кислоты, 0,1 М растворы гексациано-(III)феррата калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и гексациано-(II)феррата калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, дистиллированная вода.

Пронумеруйте 4 стакана. Налейте в них по 100 мл: в первый — разбавленной, во второй — концентрированной азотной кислоты, в третий — разбавленной, в четвертый — концентрированной серной кислоты. Вычистите наждачной бумагой до блеска 2 железные пластинки (или 2 больших гвоздя). Одну пластинку опустите в первый стакан (с разбавленной азотной кислотой), вторую — в третий стакан (с разбавленной серной кислотой). Наблюдайте выделение газов в обоих стаканах и почернение пластинки в первом:



С помощью раствора гексациано-(II)феррата калия обнаружьте ион Fe^{3+} в первом стакане, а реагентом, гексациано-(III) ферратом калия — ион Fe^{2+} в третьем стакане.

Выньте пластинки, промойте их дистиллированной водой, высушите фильтровальной бумагой. Погрузите пластинку, которая была в первом стакане, во второй (с концентрированной

азотной кислотой), а пластинку, которая была в третьем стакане, — в четвертый (с концентрированной серной кислотой). В концентрированных кислотах реакция не протекает. Выдержите в них пластинки 1—2 мин, после чего выньте, промойте дистиллированной водой и внесите соответственно в разбавленные кислоты (из второго стакана в первый, а из четвертого в третий): железо, сделавшись пассивным, не растворяется теперь и в разбавленных азотной и серной кислотах.

Снова ополосните пластинки дистиллированной водой, высушите фильтровальной бумагой, хорошо протрите кусками наждачной бумаги и опять погрузите в первый и третий стаканы с разбавленными кислотами. Хорошо видно, что протекает реакция.

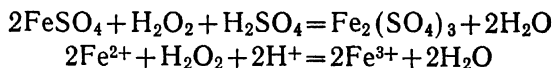
Пассивное состояние железа объясняется образованием на его поверхности тонкого слоя оксида, препятствующего реакции.

Опыт 14-31*. Восстановительные свойства иона Fe^{2+} и окислительные свойства иона Fe^{3+} .

Оборудование и материалы. 2 стакана на 200 мл со стеклянными палочками, 3 пробирки, 3 пипетки, свежеприготовленный 0,5 М раствор сульфата железа (II), 2 М раствор серной кислоты, 0,1 М раствор хлорида железа (III), 3%-ный раствор пероксида водорода, 0,01 М раствор иодида калия, реагенты на ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} — 0,1 М растворы гексациано-(III)феррата калия и гексациано-(II)феррата калия.

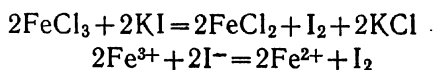
Нанесите на стаканы метки на 50, 60 и 100 мл. Налейте до первой метки в первый стакан раствор сульфата железа (II), во второй — раствор хлорида железа (III). В них же до второй метки добавьте раствор серной кислоты, после чего до третьей метки добавьте в первый стакан раствор пероксида водорода, во второй — иодида калия. Растворы перемешайте.

В первом стакане ионы железа (II) Fe^{2+} окислились в ионы железа (III) Fe^{3+} :



С помощью гексациано-(II)феррата калия обнаружьте в отдельной пробирке ионы Fe^{3+} .

Во втором стакане ионы железа (III) восстановились в ионы железа (II) Fe^{2+} :



В отдельной пробирке с помощью реагента гексациано-(III)феррата калия обнаружьте ионы Fe^{2+} . Образование иода подтверждается крахмалом, который добавляют к новой пробе раствора в пробирке, — появляется яркая синяя окраска.

1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Опыт 15-1. Медно-цинковый гальванический элемент.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 500 мл, U-образная трубка, вольтметр с внутренним сопротивлением около 2000 Ом, медная пластинка с клеммой, цинковая пластинка с клеммой, наждачная бумага, 1 М растворы сульфата меди и сульфата цинка, 10%-ный раствор нитрата калия, фильтровальная бумага.

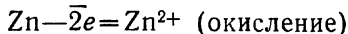
Соберите прибор, как показано на рисунке 15-1. Он состоит из двух стаканов, наполненных первый 1—250 мл раствора сульфата меди, второй 2 — таким же количеством раствора сульфата цинка. В стакан 1 опущена очищенная медная пластинка 3, снабженная соединительной клеммой, в стакан 2 — очищенная цинковая пластинка 4 с клеммой. Клеммы обоих электродов присоединяют к демонстрационному вольтметру. В качестве электролитического ключа 5 используйте U-образную трубку, заполненную раствором нитрата калия. Концы этой трубки закройте пробками 6, которые не позволяют раствору выливаться из трубки и в то же время не препятствуют диффузии ионов K^+ и NO_3^- в окружающий раствор.

Соедините оба электрода с помощью электролитического ключа (см. рис. 15-1) и наблюдайте за показаниями вольтметра, напряжение которого должно быть около 1,1 В.

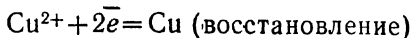
Медно-цинковый элемент называется также элементом Даниеля—Якоби. Схема элемента:



Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Суммарное уравнение реакции:

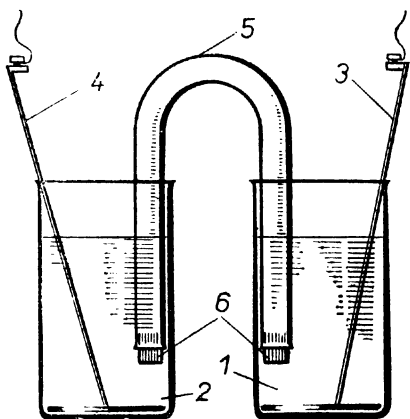
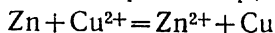
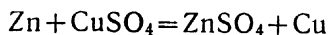


Рис. 15-1. Схема медно-цинкового гальванического элемента.

Опыт 15-2. Марганцово-цинковый элемент.

Оборудование и материалы. Вольтметр, угольная пластинка¹ (50×30×5 мм), цинковая пластинка (50×30×0,25 мм), медная проволока, фарфоровая чашка, оплавленная стеклянная палочка, вата, оксид марганца (IV), насыщенный раствор хлорида аммония.

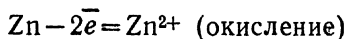
Марганцово-цинковые (сухие) элементы применяются в батарейках для карманных фонарей. Положительным полюсом в этом гальваническом элементе служит угольный электрод, отрицательным — цинк (рис. 15—2). Между электродами находится «сухой» электролит (паста), который содержит хлорид аммония и оксид марганца (IV) — деполаризатор.

Для приготовления пасты (электролита) в маленькую ступку или фарфоровую чашечку насыпьте немного оксида марганца (IV), при тщательном перемешивании приливайте небольшими порциями насыщенный раствор хлорида аммония. Паста по густоте должна напоминать сметану. На угольный электрод поместите сначала пасту (толщина слоя около 20 мм), затем слой ваты (толщиной 30—40 мм), пропитанной насыщенным раствором хлорида аммония. На слой ваты положите цинковый электрод (пластинка из листового цинка такого же размера, как и угольный электрод). Чтобы проверить работу полученного марганцово-цинкового элемента, к обоим электродам указательным и большим пальцами прижмите медные проволочки, соединенные с вольтметром.

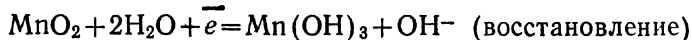
Схема элемента:



Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Суммарное уравнение:

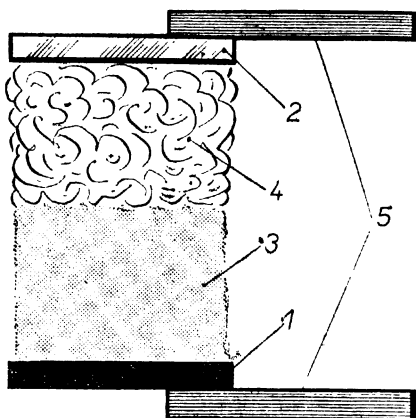
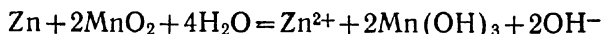


Рис. 15-2. Марганцово-цинковый элемент:

1 — угольный электрод; 2 — цинковый электрод; 3 — паста; 4 — вата; 5 — токоотводы.

¹ Угольную пластинку можно сделать, распилив соответствующим образом угольный электрод из школьного набора для опытов по электролизу.

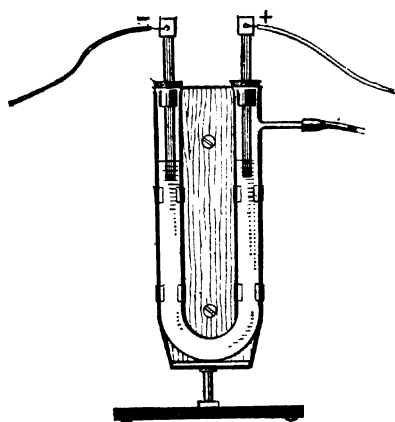
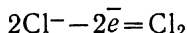


Рис. 15-3. Прибор для электролиза растворов электролитов.

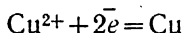
электродами (рис. 15-3), источник постоянного тока (выпрямитель с латром)¹, 10%-ный раствор хлорида меди (II), иодокрахмальная бумажка.

Наполните прибор для электролиза раствором хлорида меди (II) так, чтобы концы угольных электродов были погружены в него на 4 см. Подключите электроды к источнику постоянного тока с напряжением 4—6 В. Наблюдайте, что происходит с электродами. Через некоторое время отключите ток, выньте и осмотрите катод. Он покрылся медью. В анодное пространство внесите влажную иодокрахмальную бумажку. На аноде выделяется хлор, который можно обнаружить также по запаху.

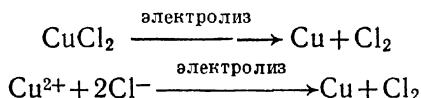
Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Суммарное уравнение реакции:



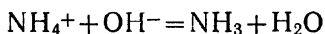
Опыт 15-4. Электролиз раствора хлорида натрия.

Оборудование и материалы. Прибор для электролиза растворов с угольными электродами (рис. 15-3), источник постоянного тока (выпрямитель с латром), насыщенный раствор хлорида натрия, раствор лакмуса, иодокрахмальная бумажка.

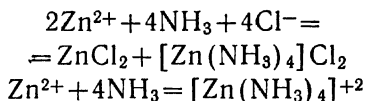
Заполните электролизер насыщенным раствором хлорида натрия (как и в опыте 15-3), подкрашенным нейтральным лакму-

¹ Для проведения опытов по электролизу обычно достаточно напряжения, получаемого от селенового выпрямителя.

Ионы OH^- взаимодействуют с находящимися в растворе ионами аммония:



Взаимодействуют и образовавшиеся ионы цинка:



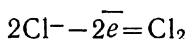
2. ЭЛЕКТРОЛИЗ

Опыт 15-3. Электролиз раствора хлорида меди(II).

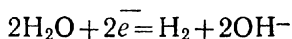
Оборудование и материалы. Прибор для электролиза растворов электролитов с угольными электродами (рис. 15-3), источник постоянного тока (выпрямитель с латром)¹, 10%-ный раствор хлорида меди (II), иодокрахмальная бумажка.

сом. Подключите электроды к источнику постоянного тока с напряжением 4—6 В. Пропускайте ток в течение нескольких минут. Наблюдайте выделение газов на электродах: на катоде выделяется водород, а окраска раствора, соприкасающегося с катодом, переходит в синюю от образующегося гидроксида натрия; на аноде выделяется хлор, поэтому окраска раствора, окружающего анод, вначале переходит в красную, а затем обесцвечивается (выделяющийся хлор разрушает лакмус). Хлор также можно обнаружить по запаху или по посинению иодокрахмальной бумажки (см. опыт 15-3).

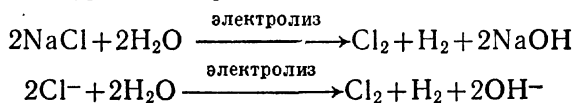
Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Суммарное уравнение реакции:



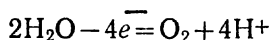
Опыт 15-5. Электролиз раствора сульфата натрия.

Оборудование и материалы. Прибор для электролиза растворов электролитов с угольными электродами (рис. 15-3), источник постоянного тока, 10%-ный раствор сульфата натрия, нейтральный (фиолетовый) раствор лакмуса.

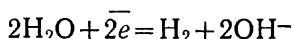
Наполните прибор раствором сульфата натрия, подкрашенным фиолетовым раствором лакмуса. Подключите электроды к источнику постоянного тока с напряжением 4—6 В. Наблюдайте выделение газов (на аноде — кислород, на катоде — водород). В анодном пространстве фиолетовая окраска раствора становится красной (в процессе электролиза она постепенно обесцвечивается в результате протекающих окислительных процессов), в катодном — синей.

Если вскоре после появления красной и синей окраски соответственно в анодном и катодном пространствах электролиз прекратить и весь раствор из прибора слить в большой стакан, то окраска лакмуса снова станет фиолетовой. Это означает, что при электролизе окисление и восстановление веществ осуществляется в эквивалентных количествах.

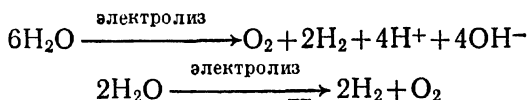
Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Суммарное уравнение:



Опыт 15-6. Электролиз раствора сульфата меди (II) с растворимым анодом (медным).

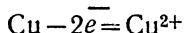
Оборудование и материалы. Прибор для электролиза растворов электролитов (рис. 15-3), источник постоянного тока, пластинка из алюминия с клеммой (для катода), пластинка из меди с клеммой (для анода), 30%-ный раствор медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, подкисленный серной кислотой.

В приборе для электролиза снимите угольные электроды, наполните прибор подкисленным раствором медного купороса и погрузите в него анод (медная пластинка) и катод (алюминиевая пластинка). Последний необходимо хорошо очистить, сполоснув сначала разбавленной соляной кислотой, затем дистиллированной водой (медь осаждается равномерно только на чистом металле). Подключите электроды к источнику постоянного тока.

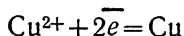
При электролизе медная пластинка растворяется, делается тоньше, а алюминиевая пластинка покрывается слоем меди.

На опыт затрачивается много времени, и если его поставить в начале урока, то результаты будут заметны лишь к концу урока.

Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Опыт 15-7*. Работа кислотного свинцового аккумулятора.

Оборудование и материалы. Слянка на 0,8—1 л, пробка к слянке со вставленной стеклянной трубкой, пластмассовая распорка, 2 полоски свинцовой фольги с клеммами, 2 небольших угольных (графитовых) электрода, стакан на 100 мл, источник постоянного тока, 3 М раствор серной кислоты, 0,25 М раствор сульфата меди (II).

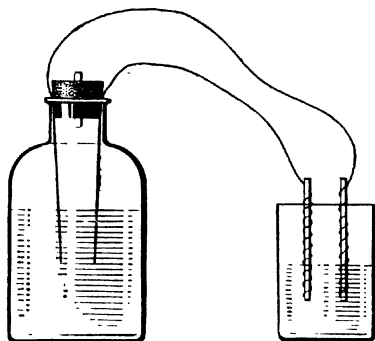


Рис. 15-4. Электролиз раствора сульфата меди (II) с помощью свинцового аккумулятора.

В слянке (рис. 15-4) закрепите 2 полоски свинцовой фольги. Между ними укрепите деревянную или пластмассовую распорку, чтобы полоски не соприкасались друг с другом. Верхние края полосок отогните наружу. Слянку на $\frac{2}{3}$ наполните 3 М раствором сер-

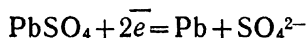
ной кислоты и закройте ее пробкой с отверстием для выхода газа. Обратите внимание на изменение поверхности свинцовой фольги вследствие образования сульфата свинца.

К изготовленному аккумулятору присоедините источник постоянного тока с напряжением 3—6 В и пропустите через аккумулятор ток в течение 3—4 мин. Цвет фольги изменяется вследствие образования на одном ее полюсе свинца, а на другом — оксида свинца (IV). Заряженный аккумулятор может давать ток. С его помощью проведите электролиз раствора сульфата меди.

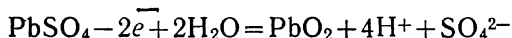
Проволочки от аккумулятора намотайте на кусочки грифелей от карандаша или на небольшие угольные (графитовые) электроды, которые частично опустите в стаканчик с 0,25 М раствором сульфата меди. Через 2—3 мин на одном графитовом электроде, который соединен с отрицательным полюсом аккумулятора, откладывается медь, а на другом — выделяется кислород.

В данном опыте протекают следующие химические процессы. Свинец взаимодействует с серной кислотой, образуя сульфат свинца, который в виде пленки покрывает поверхность электродов. В результате этого дальнейшее взаимодействие свинца с кислотой прекращается. Когда к аккумулятору присоединяют источник постоянного тока, то происходит окисление и восстановление ионов Pb^{2+} (из $PbSO_4$).

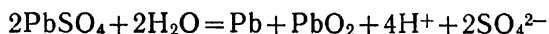
Процесс на катоде:



Процесс на аноде:



Поскольку эти процессы, характеризующие зарядку аккумулятора, протекают одновременно, то их можно выразить суммарным уравнением:



При разрядке аккумулятора химическая энергия превращается в электрическую, т. е. возникает электрический ток.

Процесс на катоде:



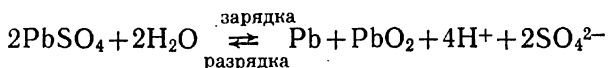
Процесс на аноде:



Суммарное уравнение, характеризующее процесс разрядки аккумулятора:



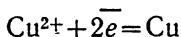
Как видно, процесс разрядки аккумулятора обратен процессу зарядки, а поэтому процессы можно выразить одним уравнением:



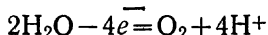
Следует обратить внимание на название электродов и их знаки. У химического источника тока (аккумулятора, гальванического элемента) отрицательный электрод является анодом, положительный — катодом. В случае электролиза отрицательный электрод является катодом (соединен с отрицательным полюсом источника тока), а положительный — анодом (соединен с положительным полюсом). Это различие обусловлено тем, что электрод, уводящий электроны из данной системы, условно называется анодом, а электрод, вводящий электроны, — катодом. На аноде происходит реакция окисления, на катоде — реакция восстановления. Поэтому у свинцового аккумулятора отрицательный электрод, который при зарядке был катодом, при разрядке становится анодом.

Процессы, протекающие при электролизе сульфата меди (II) (электроды графитовые), можно записать так:

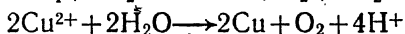
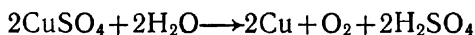
Процесс на катоде:



Процесс на аноде:



Суммарное уравнение электролиза:



3. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Опыт 15-8. Образование защитной пленки на железе.

Оборудование и материалы. Стальная пластинка (90×40×2 мм), наждачная бумага, пипетка, горелка, тигельные щипцы, 2%-ный раствор нитрата меди (II), ацетон.

Стальную пластинку (90×40×2 мм) зачистите наждачной бумагой и протрите органическим растворителем (ацетоном) для обезжиривания. Нагревайте пластинку с одного конца в пламени газовой горелки в течение 2—3 мин до появления цветов побежалости. Дайте ей остыть и затем пипеткой нанесите равномерно по длине пластинки на некотором расстоянии друг от друга 5—6 капель 2%-ного раствора нитрата меди (II). Заметьте время появления пятен меди в зависимости от того, в какой степени был нагрет участок пластинки.

На том конце пластинки, который совсем не нагревался, медь не выделяется, потому что тонкая оксидная пленка защищает металл и не пропускает раствор нитрата меди. На проти-

в противоположном конце пластинки почти мгновенно появляется большое желтое пятно меди. Этот конец нагревался больше всего, и здесь образовалась наиболее толстая, но и менее эластичная пленка оксидов железа. Она растрескивается при высоких температурах, поэтому не обладает защитными свойствами.

Опыт 15-9. Разрушение защитной пленки на алюминии.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 100 мл, штатив с зажимом, 10%-ные растворы хлорида меди (II) и сульфата меди (II), 2 алюминиевые пластинки.

2 небольшие алюминиевые пластинки, укрепленные в штативе, опустите в стаканы с растворами солей хлорида меди (II) и сульфата меди (II). Наблюдайте вытеснение меди в пробирке с раствором хлорида меди (II) и вначале медленное, а затем бурное выделение водорода.

Хлорид-ионы быстро разрушают защитную пленку алюминиевой пластинки. Сульфат-ионы действуют лишь при большой концентрации и притом медленно.

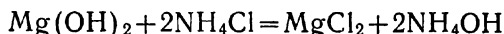
Опыт 15-10. Разрушение защитной пленки на магнии.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 100 мл, водяная баня, горелка, пипетка, кусочки магния, насыщенный раствор хлорида аммония, дистиллированная вода.

Заполните наполовину каждый стакан дистиллированной водой и внесите по несколько кусочков или крупинок магния. В одном из них нагрейте на водяной бане жидкость до кипения и кипятите в течение 2 мин: магний не растворяется.

Во второй стакан добавьте 5 мл насыщенного раствора хлорида аммония: в течение нескольких минут магний растворяется с выделением водорода. При этом чувствуется запах аммиака и раствор становится прозрачным.

Вследствие того что магний покрыт защитной пленкой гидроксида, он не растворяется в воде даже при кипячении. При добавлении хлорида аммония защитная пленка разрушается:



Опыт 15-11. Коррозия при контакте различных металлов.

Оборудование и материалы. Штатив с лапкой, согнутая под углом стеклянная трубочка (рис. 15-5), медная и цинковая проволоочки (или пластинки), 0,01 М раствор серной кислоты.

Укрепите трубочку, согнутую под углом, в штативе и заполните ее 0,01 М раствором серной кислоты. С противоположных сторон изогнутой трубочки вставьте медную и цинковую проволоочки (или полоски) так, чтобы они не соприкасались (рис. 15-5).

Водород выделяется только на цинковой проволочке (или пластинке). Приведите медную проволочку в контакт с цин-

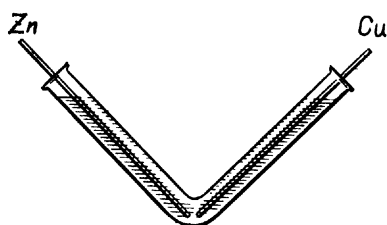
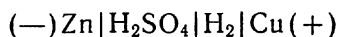


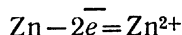
Рис. 15-5. Схема опыта для наблюдения коррозии цинка в контакте с медью в разбавленном растворе серной кислоты.

ковой. В этом случае наблюдается интенсивное выделение водорода на меди. Коррозия цинка усиливается.

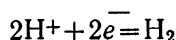
Схема гальванопары:



Процесс на аноде:



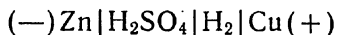
Процесс на катоде:



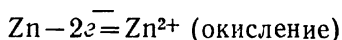
Опыт 15-12. Образование микрогальванопар.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 100 мл, одинаковые (равные) кусочки цинка, 1 М раствор серной кислоты, 10%-ный раствор сульфата меди (II).

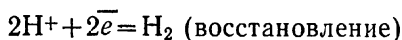
2 стакана наполовину заполните 1 М раствором серной кислоты и внесите примерно равные кусочки цинка. Наблюдайте медленное выделение водорода. В один стакан добавьте 5 мл 10%-ного раствора сульфата меди: скорость выделения водорода сильно возрастает. На поверхности цинка возникает множество микроскопических гальванических элементов:



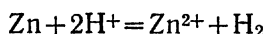
На цинке протекает анодный процесс:



На меди протекает катодный процесс:



Кроме того, цинк растворяется и при непосредственном взаимодействии с кислотой:



Однако скорость этой реакции мала по сравнению со скоростью растворения цинка как анода микрогальванопар.

Опыт 15-13*. Изучение скорости коррозии железа во влажном воздухе.

Оборудование и материалы. Стакан на 100 мл, большая пробирка, резиновая пробка с газоотводной трубкой, шпатель, секундомер, миллиметровая бумага, дистиллированная вода, раствор метилового оранжевого, железный порошок, вазелин.

Соберите прибор, как показано на рисунке 15-6. В стакан / или колбу емкостью 100 мл налейте 50 мл воды, подкрашенной

восемью каплями метилового оранжевого. Пробирку 2 смочите дистиллированной водой, стряхните в нее с сухого шпателя 1—2 г железного порошка. Быстро и плотно закройте резиновой пробкой с газоотводной трубкой 3 диаметром 3—3,5 мм и одновременно включите секундомер. Пробку для герметичности можно смазать вазелином. За газоотводной трубкой укрепите миллиметровую бумагу 4 и другой конец газоотводной трубки опустите в стакан с подкрашенной водой. Отмечайте уровень воды в трубке каждые 30 с. По полученным результатам можно построить график в координатах: время—высота подъема воды, который наглядно показывает изменение скорости процесса коррозии.

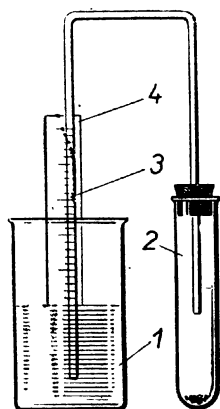
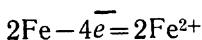


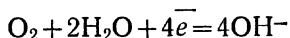
Рис. 15-6. Прибор для изучения скорости коррозии железа во влажном воздухе.

Коррозия в нейтральной среде происходит с поглощением кислорода. Продукт коррозии—гидроксид железа (II), который окисляется в гидроксид железа (III):

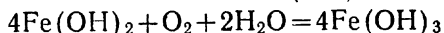
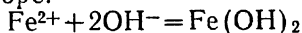
Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Реакции в растворе:



4. ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

Опыт 15-14. Катодные и анодные покрытия.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 200 мл со стеклянными палочками, пластинка оцинкованного железа, пластинка луженого железа, напильник, 3%-ный раствор хлорида натрия, раствор гексациано-(III)-феррата калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

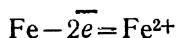
Оба стакана наполовину заполните 3%-ным раствором хлорида натрия и добавьте в каждый по 8—10 капель гексациано-(III)феррата калия. Растворы перемешайте стеклянными палочками. Затем, сделав на поверхности пластинок оцинкованного и луженого железа глубокие царапины напильником так, чтобы обнажить железо, погрузите их в разные стаканы. Через некоторое время в стакане, содержащем железную пластинку с нарушенным оловянным покрытием, заметно посинение в местах повреждения покрытия вследствие коррозии железа (перехода ионов Fe^{2+} в раствор) и образования турбулевой сини.

В стакане с оцинкованной железной пластинкой, у которой повреждено цинковое покрытие, посинение раствора начинается значительно позднее, покуда не растворится более активный, чем защищаемый, металл, т. е. цинк.

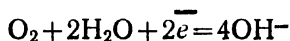
Вместо пластинок оцинкованного и луженого железа для опыта можно взять соответственно стальное перо, в расщеп которого вставлен маленький листочек металлического цинка, и перо, в которое вставлен маленький кусочек олова.

Процессы коррозии при разрушении катодного покрытия (гальванопара Sn/Fe):

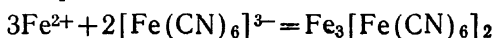
Процесс на аноде:



Процесс на катоде:

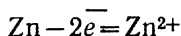


Появление окрашивания:

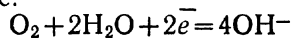


При разрушении анодного покрытия (гальванопара Fe/Zn):

Процесс на аноде:

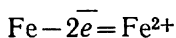


Процесс на катоде:

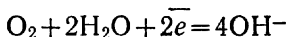


Окрашивание отсутствует. После растворения цинка возникает новая гальванопара (например, C/Fe):

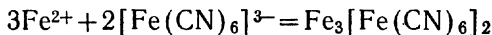
Процесс на аноде:



Процесс на катоде:



Появление окрашивания:



Опыт 15-15. Пассивация железа.

Оборудование и материалы. 2 стакана на 100 мл, пробирка, 2 гвоздя (или 2 куса железной проволоки), концентрированная азотная кислота (7 М), 10%-ный раствор серной кислоты, дистиллированная вода.

Тщательно очистите 2 гвоздя (или 2 куса железной проволоки), сполосните их водой. Один из них опустите на 1—2 мин в концентрированный 7 М раствор азотной кислоты, другой оставьте для сравнения. Затем опустите их отдельно в 10%-ный раствор серной кислоты. Наблюдайте быстрое растворение гвоздя, который не был опущен в азотную кислоту, и выделение на нем пузырьков водорода. Гвоздь, обработанный азотной кис-

лотой, остается без изменения. Это объясняется тем, что концентрированная азотная кислота пассивирует железо — на его поверхности образуется прочная оксидная пленка, защищающая от коррозии. Поэтому концентрированную азотную кислоту можно перевозить в железных цистернах.

Опыт 15-16. Ингибиторы кислотной коррозии.

Оборудование и материалы. Прибор для сравнения скоростей кислотной коррозии (рис. 15-7), кусочки или гранулы цинка, соляная кислота (3:1), порошок уротропина, 10%-ный раствор формалина.

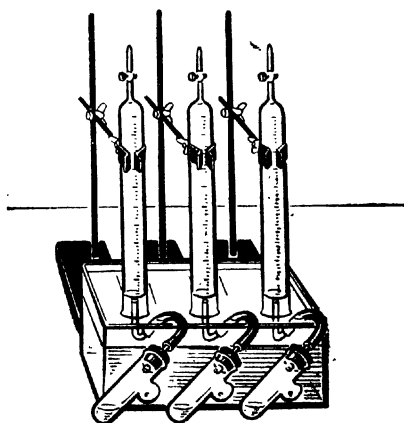


Рис. 15-7. Прибор для сравнения скоростей кислотной коррозии.

Соберите прибор по рисунку 15-7. Градуированные бюретки укреплены в штативе и заполнены водой. С помощью газоотводных трубок они соединены с пробирками, имеющими небольшие вздутия (отростки) вблизи отверстия. В пробирки внесите по 10 мл раствора соляной кислоты (3:1) и в первую добавьте 3 г порошка уротропина, во вторую — 5 мл 10%-ного раствора формалина, третью оставьте для сравнения. В отросток каждой пробирки поместите по 1 г цинка. Затем пробирки присоедините каждую к своему прибору, как показано на рисунке, и одновременно поворотом пробирок сбросьте кусочки цинка в кислоту.

Отмечайте объем выделяющегося водорода в первой пробирке (с уротропином) через 15 с, во второй (с формалином) — через 30 с и в третьей (без ингибитора) — через 10 с. В последнем случае реакция заканчивается примерно за 1,5 мин, а в ингибированной кислоте растворение продолжается свыше 10 мин.

По полученным данным можно построить график. На оси ординат отложите объем выделившегося водорода в миллилитрах, на оси абсцисс — время в секундах. Рассчитайте эффект торможения по формуле

$$A = \frac{V_0}{V},$$

где A — эффект торможения; V_0 — средний объем выделившегося водорода за 1 мин в неингибированной среде; V — в ингибированной среде.

1. ПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Опыт 16-1. Получение метана из ацетата натрия.

Оборудование и материалы. Фарфоровая ступка с пестиком, фарфоровая чашка, железная (фарфоровая, кварцевая) трубка длиной 150 мм и диаметром 20—30 мм, газометр, штатив металлический, электроспираль, 2 конические или плоскодонные колбы емкостью 100—150 мл, стеклянная палочка, эксикатор, асбестовая вата, горелка, ацетат натрия, натронная известь¹, серная кислота (1:5).

Опыт можно поставить в двух вариантах.

а) Подготовьте реакционную смесь из ацетата натрия и натронной извести. Так как ацетат натрия $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ содержит кристаллизационную воду, то его обезвоживают. Для этого в фарфоровую чашку поместите кристаллическую соль и нагрейте ее, помешивая периодически стеклянной палочкой. Соль сначала растворяется в кристаллизационной воде, затем становится твердой и снова плавится при более высокой температуре (319°C). Расплав остудите в эксикаторе, а затем измельчите в ступке. Безводный ацетат натрия храните в эксикаторе. Натронную известь перед опытом прокалите.

Железную трубку закройте с одного конца пробкой, промазанной асбестовой массой (асбестовую вату обрабатывают силикатным клеем до получения кашицы), затем установите ее вертикально и насыпьте слой асбестовой ваты высотой около 3—4 см (утрамбуйте ее палочкой), которая предохраняет пробку от сильного нагревания и дает возможность разместить реакционную смесь в центре трубки. В железную трубку поместите реакционную смесь, состоящую из 10 г измельченного в порошок ацетата натрия и 20—25 г натронной извести (смесь тщательно перемешайте палочкой и разместите в центре), закройте ее пробкой (промазать асбестовой ватой) с отводной стеклянной трубкой. Железную трубку укрепите в лапке штатива несколько наклонно (рис. 16-1).

Нагревание смеси начните со стороны отводной трубки, постепенно пламя перенесите к центру железной трубки. При нагревании смеси происходит реакция:



Метан получается с примесями, так как образуются побочные продукты: ацетон, этилен, водород, оксид углерода (IV).

¹ Натронная известь — смесь NaOH и CaO ; она не плавится, и благодаря ее пористости облегчается выделение газообразного углеводорода.

Его необходимо очистить, иначе результаты некоторых опытов будут искажены (действие окислителей, характер пламени). Поэтому выделяющийся газ пропускают сначала в колбу 1, где конденсируются пары, затем в колбу 2 с серной кислотой. Здесь он осушается и очищается. Перед тем как собрать газ в газометр, его проверяют на чистоту. Из взятого количества ацетата натрия получают до 1,5 л метана. Газометр (на 5—6 л) заполняют полученным метаном или сетевым газом до начала урока. Этого объема газа достаточно для изучения свойств метана в трех-четырех классах. Можно использовать самодельный газометр малого объема, позволяющий экономно расходовать метан при проведении опытов.

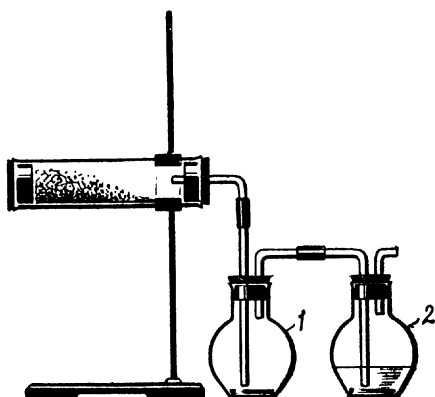


Рис. 16-1. Получение метана из ацетата натрия.

Самодельный газометр (рис. 16-2) состоит из двух сообщающихся колб по 0,5 л (конических или плоскодонных). В одну из них, например колбу 2, вставлена пробка, через которую проходят две трубки. По трубке, доходящей до дна колбы, перетекает вода, по изогнутой трубке с краном или зажимом поступает газ.

Для заполнения газометра метаном в колбу 1 налейте доверху воды, при этом у колбы 2 должен быть открыт кран, затем колбу 1 поставьте на подъемный столик и откройте кран колбы 2 — вода перетекает в колбу 2 (рис. 16-3). Необходимо проследить за тем, чтобы вода в этой колбе не достигала отверстия трубки у пробки. В противном случае вода попадет в трубку, что приводит к неравномерной подаче газа, а при попытке поджечь его он или не горит, или горит доли секунды. На дне колбы 1 должен оставаться небольшой слой воды, в который погружен конец переточной трубки. В этом случае создается водяной затвор, обеспечивающий поступление воды из одной колбы в другую.

Присоедините к трубке колбы 2 прибор, в котором получают метан, и заполните колбу газом. Вода вытесняется в колбу 1, на дне колбы 2 дол-

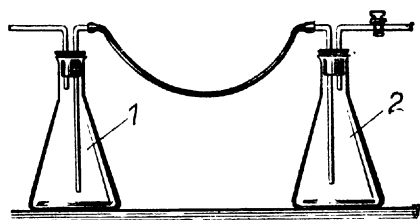


Рис. 16-2. Самодельный газометр.

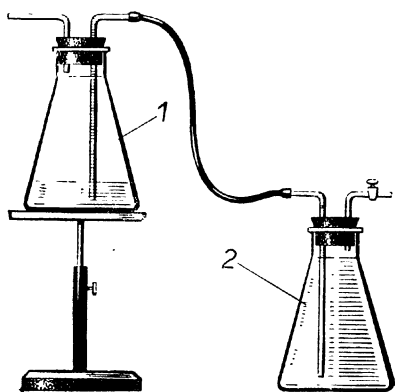


Рис. 16-3. Газометр перед заполнением газом.

2. Заполнять газометр только проверенным на чистоту газом.
3. При демонстрации опытов вблизи газометра не должны быть нагревательные приборы.
4. Не рекомендуется оставлять в газометрах метан на последующие дни.

б) Железную трубку длиной 150 мм покройте тонким слоем асбестовой массы, поверх нее намотайте нихромовую спираль (рис. 16-4). Чтобы исключить подвижность витков, их несколько вдавливают в массу. Пробки, которыми закрывают трубку, промажьте асбестовой массой. Спираль следует включать в сеть только через регулятор напряжения. Накал спирали доводят до красного каления.

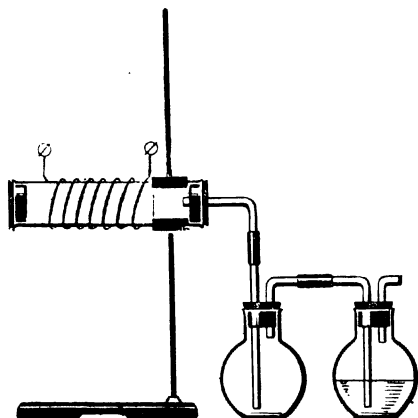


Рис. 16-4. Получение метана из ацетата натрия.

жен оставаться тонкий слой воды для водяного затвора. Закройте кран, и газометр готов к действию. Для удобства выполнения опытов к трубке крана присоединяют отводную трубку.

В лаборатории желательно иметь несколько таких самодельных газометров, заполненных метаном. При пользовании газометрами, наполняемыми метаном, учителю следует помнить:

1. Газометр перед заполнением газом необходимо проверить на герметичность.

2. Проверенным на чистоту газом.

3. Вблизи газометра не должны

быть нагревательные приборы.

4. Не рекомендуется оставлять в газометрах метан на последующие дни.

б) Железную трубку длиной 150 мм покройте тонким слоем асбестовой массы, поверх нее намотайте нихромовую спираль (рис. 16-4). Чтобы исключить подвижность витков, их несколько вдавливают в массу. Пробки, которыми закрывают трубку, промажьте асбестовой массой. Спираль следует включать в сеть только через регулятор напряжения. Накал спирали доводят до красного каления.

Выполнение опыта по этому варианту ничем не отличается от описанного выше, но он имеет некоторые преимущества — использование спирали позволяет равномерно нагревать всю реакционную смесь.

Опыт 16-2. Получение метана из уксусной кислоты.

Оборудование и материалы. Коническая колба емкостью 200 мл, нагревательный элемент, 3 конические или плоскодонные колбы емкостью 100 мл, штатив металлический, уксусная кислота (80%-ная и выше), 30%-ный раствор гидроксида натрия, баритовая или известковая вода, серная кислота (пл. 1,84).

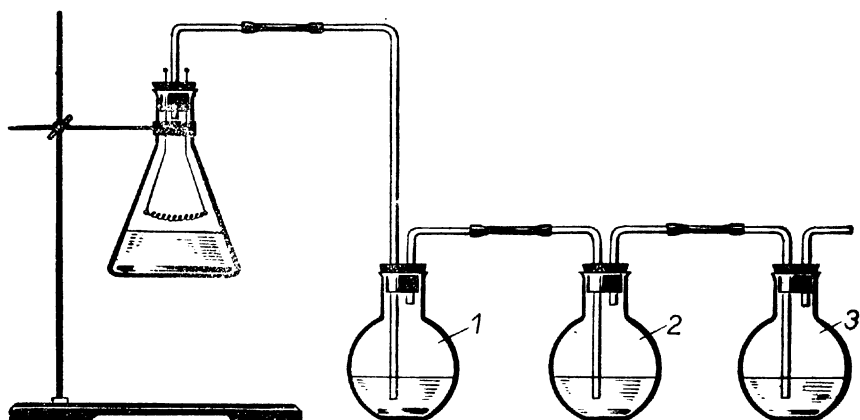


Рис. 16-5. Получение метана из уксусной кислоты.

Соберите прибор по рисунку 16-5. Коническую колбу закройте резиновой пробкой, через которую протянуты 2 тонких медных или алюминиевых стержня, соединенных между собой спиралью из нихромовой проволоки. Стержни проводами присоедините к регулятору напряжения и опытным путем подберите такое напряжение, чтобы спираль нагревалась до красного каления. Для очистки и осушки газа предназначены 3 колбы: первая — с раствором гидроксида натрия, вторая — с известковой водой, третья — с серной кислотой.

В качестве катализатора используйте смесь ацетата и карбоната натрия в весовом отношении 4 : 1. В получающийся при нагревании в фарфоровой чашке раствор ацетата натрия прибавьте карбонат натрия и погрузите в жидкую смесь асбестовый шнур. Нагревание чашки продолжайте до испарения воды, шнур периодически поворачивайте стеклянной палочкой. Затем кусочки шнура поместите в витки спирали.

Для проведения опыта в колбу налейте 20—25 мл уксусной кислоты и присоедините нагревательный элемент. При этом спираль должна быть на расстоянии 5 мм от поверхности кислоты. Собрав весь прибор, включите его в сеть через регулятор напряжения. Выделяющийся метан после очистки и осушки проверьте на чистоту и заполните им газометр:



По окончании опыта отключите вначале колбу 1, иначе произойдет засасывание жидкости, затем выключите регулятор напряжения.

Опыт 16-3. Заполнение газометра пропан-бутановой смесью.

Оборудование и материалы. Газометр (промышленный или самодельный), баллончик с газовой смесью.

Для изучения свойств предельных углеводородов целесообразно пользоваться не только метаном, но и пропан-бутановой смесью. Пропан-бутановая смесь находится в баллончиках под давлением $16 \cdot 10^5$ Па (в сжиженном виде). В комплект портативной переносной газовой плиты входят 2 баллончика. Для пользования баллончиком нужно снизить давление с помощью редуктора. При этом пропан и бутан переходят в газообразное состояние. При пользовании баллончиком необходимо придерживаться инструкции, прилагаемой к газовой плите.

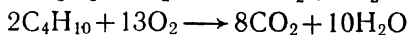
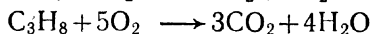
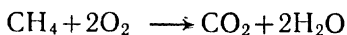
Для заполнения газометра на конец шланга наденьте резиновую трубку длиной 200—250 мм, затем приоткройте винт редуктора и регулируйте подачу газа по количеству пузырьков, проходящих через воду. После этого трубку поместите в нижний тубулус газометра. Заполнив газометр газом, закройте винт редуктора, отставьте в сторону баллончик, закройте нижний тубулус пробкой.

Опыт 16-4. Горение газообразных углеводородов и установление их качественного состава.

Оборудование и материалы. Самодельные или промышленные газометры с метаном и пропан-бутановой смесью, газометр с кислородом, стеклянный стакан, известковая или баритовая вода.

Для демонстрации опыта используйте промышленный или самодельный газометр. К отводу газа (в случае самодельного газометра это трубка колбы 2, см. с. 133) присоедините стеклянную трубку с оттянутым концом длиной 8—10 см. После проверки газа на чистоту подожгите его. В первый момент можно заметить, что метан горит почти бесцветным пламенем, пропан-бутановая смесь — слегка коптящим. Следует попросить учащихся объяснить, почему такое пламя у пропан-бутановой

смеси и как его сделать некоптящим. Затем направьте струю кислорода в пламя пропан-бутановой смеси, при этом конец трубки газометра держите у пламени на расстоянии 2—3 см, но не вводите ее в пламя (рис. 16-6):



Для установления качественного состава метана заполните цилиндр метаном вытеснением воды, закройте его стеклянной пластиной и поставьте на стол. Затем, удалив

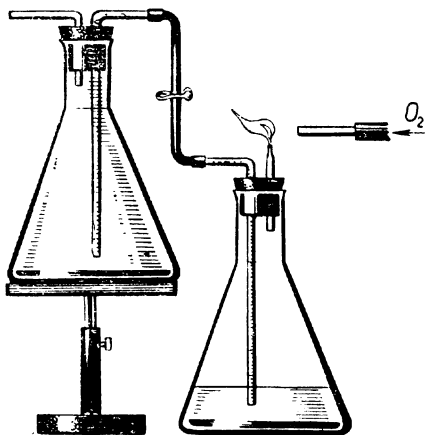


Рис. 16-6. Вдувание воздуха или кислорода в коптящее пламя.

пластину, подожгите метан: он горит едва светящим пламенем. Обратите внимание на то, что цилиндр как бы «запотевает» (капли образовавшейся воды). После сгорания газа быстро влейте баритовой или известковой воды и встряхните цилиндр — происходит помутнение раствора.

Можно использовать другой способ определения качественного состава метана. Над пламенем горящего газа (газ поступает из газометра) подержите сухой стакан вверх дном — на стенках стакана заметно «запотевание». Затем сполосните стакан баритовой или известковой водой и снова поднесите его к пламени.

Опыт 16-5. Горение жидких углеводородов.

Оборудование и материалы. 3 фарфоровые чашки или столько же фарфоровых тиглей, гексан (изооктан), бензин и керосин, очищенные от непредельных соединений¹, лучины, 3 стеклянные пластины размером 70×70 мм.

В фарфоровые чашки (тигли) налейте по 1 мл гексана (изооктана), бензина (содержит углеводороды $C_5 - C_{11}$) и керосина (содержит углеводороды $C_{12} - C_{18}$). Вначале спросите у учащихся, как должны гореть указанные вещества и их смеси, содержащие большое число атомов углерода. Затем поднесите горящую лучину к фарфоровым чашкам. При этом тотчас загораются гексан и бензин и лишь значительно позже — керосин. Горящие коптящим пламенем продукты прикройте стеклянными пластинами. Опыт выполняйте под тягой.

Опыт 16-6. Горение твердых углеводородов.

Оборудование и материалы. Фарфоровая чашка или тигель, тигельные щипцы, стеклянная пластина размером 70×70 мм, штатив металлический, горелка (спиртовка), лучины, парафин.

В фарфоровую чашку поместите кусочек (5×5×5 мм) парафина — смесь твердых углеводородов ($C_{16} - C_{40}$) и поднесите к нему зажженную лучину. Горения не наблюдается. Подогрейте парафин — он плавится, закипает. Периодически к чашке подносите горящую лучину, пока парафин не загорится большим коптящим пламенем. Чашку тотчас же прикройте стеклянной пластиной. Сравните горение метана, пропан-бутановой

¹ Очистку бензина или керосина проводят до уроков. В делительную воронку налейте 15—20 мл бензина (керосина) и столько же по объему концентрированной серной кислоты. Воронку закройте пробкой и встряхивайте в течение 5 мин. Затем укрепите воронку в лапке штатива, откройте пробку и выпустите газообразные вещества. После отстаивания смеси слейте из воронки нижний темный слой. К светлomu продукту снова прилейте концентрированную серную кислоту и повторите все операции по очистке. Для удаления следов серной кислоты бензин (керосин) промойте вначале дистиллированной водой, затем концентрированным раствором соды и снова дистиллированной водой до нейтральной реакции. Бензин и керосин обычно окрашены примесями в желтый цвет, после очистки они становятся почти бесцветными.

смеси, гексана, бензина, керосина и парафина. Опыт выполняйте под тягой.

Опыт 16-7. Взрыв смеси метана с кислородом или пропан-бутановой смеси с кислородом.

Метан, пропан, бутан могут давать взрывчатые смеси с кислородом и с воздухом. Наиболее сильный взрыв наблюдается в том случае, когда газы смешаны в тех же объемных отношениях, в которых они вступают в реакцию полного сгорания (для метана это соотношение 1 : 2, для пропана — 1 : 5).

Учителю следует знать, что у каждого горючего газа есть нижний и верхний пределы взрываемости или воспламеняемости. Газовоздушная смесь, в которой содержание газа меньше нижнего предела, не горит и не взрывается; смесь, в которой содержание газа больше верхнего предела, тоже не горит (может гореть при подогревании смеси) и не взрывается. Данные о пределах взрываемости указаны в таблице.

Таблица 3

Пределы воспламеняемости (взрываемости) углеводородов в смеси с воздухом

Газы	Пределы взрываемости (воспламеняемости) в смеси с воздухом (%)	
	нижний	верхний
CH_4	5,0	15,0
C_3H_8	2,0	9,5
C_4H_{10}	1,7	8,5
C_2H_4	3,0	23,6
C_2H_2	2,5	80,0

Оборудование и материалы. Толстостенная банка емкостью 150—200 мл (например, банка из-под майонеза), градуированная на 3 части (в случае пропана — 6 частей), горелка или спиртовка, газометры с метаном и кислородом, стеклянная пластина, лучины, коническая чашка, делительная воронка, градуированная на 3 части, склянка с тубулусом емкостью 0,5 л, стакан на 250 мл, подъемный столик.

а) В банку до первого деления соберите над водой метан, остальную часть банки заполните кислородом. Газометры уберите на другой конец стола. Стеклянной пластиной закройте банку под водой и выньте ее. Для лучшего перемешивания газов банку переверните несколько раз. Затем уберите пластину и тотчас же поднесите к горлу банки длинную горячую лучину.

б) Соберите прибор, который показан на рисунке 16-7. Градуированную делительную воронку заполните водой, приподняв сообщающийся сосуд (кран у воронки должен быть открыт). Затем воронку заполните одним объемом метана (заполнение проводите через открытый кран) и двумя объемами кислорода. При этом вода перетекает из воронки в сосуд. После

этого кран закройте. Для лучшего перемешивания газов воронку выньте из лапок штатива и несколько раз переверните, затем снова укрепите. К резиновой трубке, прикрепленной к крану воронки, присоедините стеклянную трубку. Изогнутой частью она должна быть погружена в воду (почти у самого дна банки). Если открыть кран воронки, газ пойдет в банку и пузырьками будет подниматься вверх. При их поджигании над водой они взрываются.

При отсутствии делительной воронки можно использовать широкую стеклянную трубку.

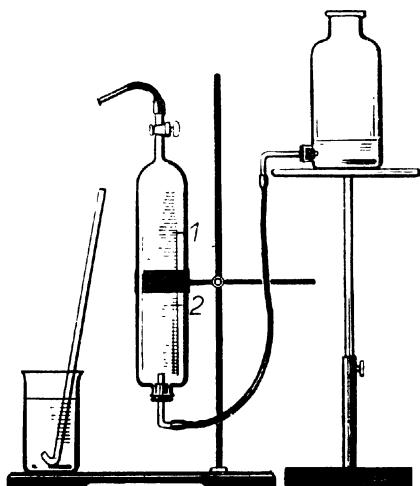
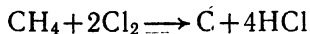


Рис. 16-7. Прибор для взрыва метана с кислородом.

Опыт 16-8. Горение метана в хлоре.

Оборудование и материалы. Банка стеклянная или стакан емкостью 250—300 мл, стеклянная пластина, самодельный газометр с метаном, перманганат калия, соляная кислота (пл. 1,19).

На дно банки поместите тонким слоем перманганат калия, прилейте немного соляной кислоты и закройте ее пластиной. В банку с хлором (белый фон) введите трубку с горящим метаном. Метан продолжает гореть, при этом образуется много копоти:



Опыт выполняйте под тягой.

Опыт 16-9. Хлорирование метана, пропан-бутановой смеси.

Оборудование и материалы. 2 пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, 2 конические чашки, стеклянная палочка, кварцевая лампа или другой источник ультрафиолетовых лучей, газометр с метаном, прибор для получения хлора, насыщенный раствор хлорида натрия, метиловый оранжевый, 25%-ный раствор аммиака, магний (мелкие кусочки или пыль).

а) В коническую чашку налейте $\frac{2}{3}$ объема насыщенного раствора хлорида натрия; им же заполните пробирку и укрепите ее в лапке штатива так, чтобы конец пробирки был погружен в чашку (в растворе хлорида натрия минимальная растворимость хлора). Затем заполните пробирку на $\frac{1}{3}$ метаном и на $\frac{2}{3}$ хлором, вытеснив раствор соли (рис. 16-8, а). Прибор поставьте на рассеянный свет. К результатам опыта возвратитесь

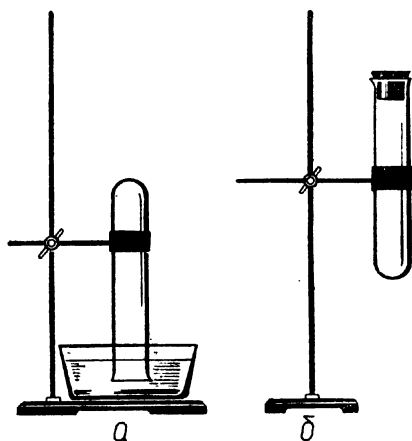


Рис. 16-8. Хлорирование метана или пропан-бутановой смеси.

на следующем уроке (для протекания реакции достаточно 10—12 ч). Окраска хлора обесцветилась. Пробирка заполнилась раствором соли в результате растворения хлороводорода.

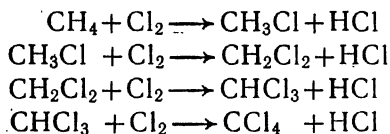
Одновременно (если есть такая возможность) подготовьте второй такой же прибор. Пробирку со смесью метана и хлора облучите источником ультрафиолетовых лучей, например кварцевой лампой, находящейся на расстоянии 20—30 см от объекта¹. Для безопасности опыт проводите в вытяжном шкафу. Продолжительность его от 8 до 15 мин в зависимости от источника ультра-

фиолетовых лучей. Окраска хлора постепенно обесцвечивается, а в пробирке поднимается раствор соли в результате растворения хлороводорода.

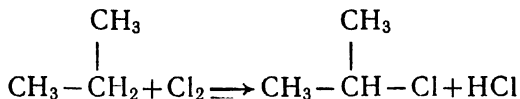
Закройте пальцем пробирку, выньте ее из чашки, прилейте метиловый оранжевый, который изменяет свою окраску.

Параллельно следует показать опыт, доказывающий, что раствор поваренной соли не изменяет окраски метилового оранжевого.

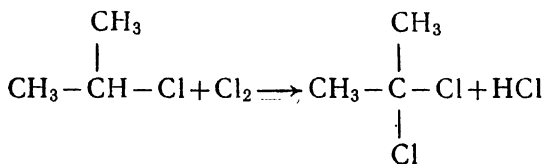
При хлорировании метана образуется смесь хлорпроизводных:



Хлорирование пропан-бутановой смеси можно провести тем же способом, что и метана. Различие состоит лишь в том, что хлорирование пропана (его больше в пропан-бутановой смеси) проходит быстрее, чем метана. Это объясняется тем, что замещение на галоген легче идет у вторичного атома углерода, чем у первичного (правило Марковникова):



¹ См.: Цлаф Н. З. Использование ультрафиолетовых лучей в демонстрационных опытах по химии. — «Химия в школе», 1975, № 2.



В действительности получается смесь галогенопроизводных пропана.

б) Наберите в 2 пробирки вытесненным раствором хлорида натрия метан (или пропан-бутановую смесь) и хлор, как это описано в варианте «а», закройте их пробками. Одну из пробирок поставьте на рассеянный свет (до следующего урока), вторую укрепите в лапке штатива и облучите ультрафиолетовыми лучами (рис. 16-8, б).

После облучения выньте пробку из пробирки и быстро поднесите к ее отверстию палочку, смоченную аммиаком, — появляется «дымок» хлорида аммония. Затем тотчас прилейте в пробирку 2—3 мл дистиллированной воды и взболтайте ее. Содержимое пробирки разделите на 3 части: к одной прилейте раствор фиолетового лакмуса — он краснеет, в другую добавьте магний — выделяются пузырьки водорода (они особенно видны при проецировании пробирки на экран, водород можно собрать, закрыв пальцем пробирку, а затем поджечь его — появляется синий язычок, опускающийся вниз), в третью — нитрат серебра — образуется белый осадок.

Без облучения смеси газов хлорирование проходит очень медленно, что видно на примере пробирки с газами, стоявшей на рассеянном свете. Можно заметить, что в ней только через несколько часов произошло обесцвечивание хлора. Обнаружить хлороводород можно так же, как описано выше.

При отсутствии в школе кварцевой лампы целесообразно поставить опыт хлорирования в двух вариантах (параллельно): один — с растворением хлороводорода, другой — с обнаружением газообразного хлороводорода.

Опыт 16-10. Бромирование жидких углеводородов.

Оборудование и материалы. Металлический штатив, 3 пробирки, черно-белый фон, полоска бумаги темного цвета, гексан (изеооктан, керосин, очищенный от непредельных соединений), раствор фиолетового лакмуса, 2%-ный раствор нитрата серебра.

В пробирку поместите 2 капли брома и прилейте 3,5 мл гексана (изеооктана или керосина). Смесь взболтайте до получения прозрачного желтого раствора. Половину объема жидкости закройте темной полоской бумаги (рис. 16-9). К пробирке присоедините газоотводную трубку. Для улавливания бромоводорода используйте синий лакмус (пробирка 1) и раствор нитрата серебра (пробирка 2).

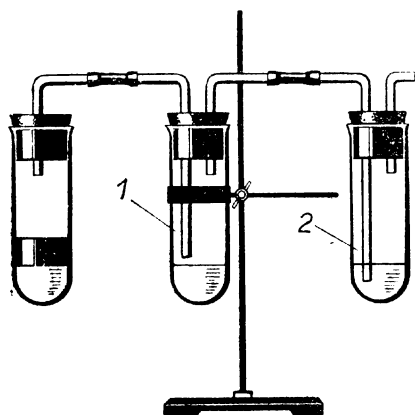
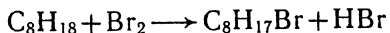
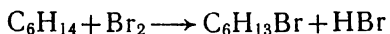


Рис. 16-9. Бромирование жидких углеводородов.

Реакцию бромирования следует проводить на солнечном или дневном рассеянном свете или при облучении кварцевой лампой. При использовании последней реакцию пробирку установите на расстоянии 20 см от источника ультрафиолетовых лучей. Через 5 мин работы кварцевой лампы начинается обесцвечивание смеси незатемненной части пробирки (для лучшей видимости следует использовать подсвет и белый фон) и выделение пузырьков газа:



Затем уберите темную полосу. Сразу можно заметить, что та часть жидкости, которая была закрыта темной бумагой, не обесцветилась. После этого продолжайте облучение всей жидкости. Полное ее обесцвечивание указывает на окончание процесса бромирования.

Для установления галогена в основном продукте реакции — бромпроизводном — 0,5 мл бесцветной жидкости (в облучавшейся пробирке) вылейте на прокаленную медную пластинку и внесите ее в пламя; оно приобретает зеленую окраску, так как бромпроизводное вступает в реакцию с оксидом меди (II), а образующийся при этом хлорид меди окрашивает пламя¹.

Опыт 16-11. Разложение углеводородов в искровом разряде.

Оборудование и материалы. Стеклоанальная трубка (градуированная), склянка с тубулусом, металлический штатив, подъемный столик, индуктор, газометр с метаном или пропан-бутановой смесью.

При разложении метана, пропана (бутана) на элементы увеличивается объем газа. Так, из одного объема метана образуются 2 объема водорода, а из одного объема пропана — 4 объема водорода. Увеличение объема можно проследить в приборе (рис. 16-10). Он состоит из стеклянной трубки длиной 150 мм и диаметром 20—25 мм, на которой нанесено до 8 делений (цена каждого деления 10—15 мм). Трубка соединяется с сообщающимся сосудом. Верхний конец трубки закрывают пробкой, в которую вставлены медный или железный электрод и изогнутая стеклянная трубка с краном. С противоположной

¹ Этот простой способ обнаружения галогенов был предложен Ф. Ф. Бейльштейном; он называется пробой Бейльштейна.

стороны¹ трубки находится второй электрод; для предохранения его от коррозии на него надевают резиновую трубку, конец электрода остается оголенным. Между электродами устанавливается зазор 0,8—10 мм.

Стекланную трубку заполните водой. Для этого откройте зажим и кран, а сосуд с водой поднимите вверх, пока трубка полностью не заполнится водой (в таком состоянии сосуд с водой остается до конца опыта). Затем к крану присоедините газометр с метаном или пропан-бутановой смесью и заполните трубку газом на 2—3 деления, после чего закройте кран и пропустите искровой разряд. Через несколько минут можно заметить увеличение объема газа. При опыте с пропан-бутановой смесью образуется темный налет. Когда объем газа перестанет увеличиваться, выключите ток. Прибор также следует отключать от сети в том случае, когда образуется сажевый мостик.

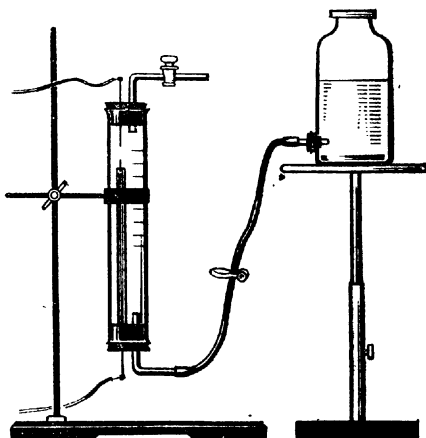
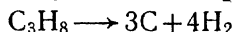
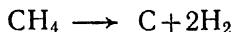


Рис. 16-10. Прибор для разложения углеводородов в искровом разряде.

Для обнаружения водорода к крану присоедините короткую резиновую трубку с наконечником, откройте кран и подожгите газ. Следует иметь в виду, что при искровом разряде, кроме водорода и углерода, образуются другие продукты: из метана — ацетилен, из пропана (бутана) — этилен, пропилен и др. При демонстрации разложения углеводородов акцент делается на конечные продукты — углерод и водород:



Опыт можно повторить при изучении непредельных углеводородов, обратив внимание на их получение из предельных (обнаружение перманганатом калия или бромной водой).

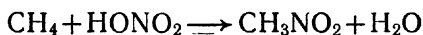
Опыт 16-12. Отношение газообразных, жидких и твердых углеводородов к различным реагентам.

Оборудование и материалы. 9 больших пробирок (длина 210 мм, диаметр 20 мм), раствор серной кислоты (1:5), 10%-ный раствор гидроксида натрия, 1%-ный раствор перманганата калия, газометр с металом (пропан-бутановой смесью), гексан (изооктан), кусочки парафина.

¹ Если электроды вставлять в одну пробку, то между ними образуется сажевый «мостик» и прекращается искровой разряд.

В пробирки налейте по 2 мл: в одну — раствор серной кислоты, в другую — раствор гидроксида натрия, в третью — раствор перманганата калия. В каждую из них пропустите из газометра метан (или пропан-бутановую смесь) — изменений нет. Прилейте в пробирки с растворами этих веществ гексан (изооктан) — заметны два слоя жидкости, даже после взбалтывания происходит их расслоение. Наконец, в пробирки с указанными реагентами поместите по маленькому кусочку парафина, содержащее взбалтывайте — на парафин не действуют взятые для опыта реагенты.

Таким образом, при нормальных условиях предельные углеводороды не реагируют с растворами кислот, щелочей и окислителей. Необходимо указать, что при высоких температурах происходит окисление (сгорание) углеводородов, окисление также возможно в присутствии катализатора. Так, при нагревании углеводороды могут реагировать с кислотами (азотная, серная):

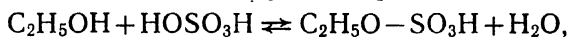


2. НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

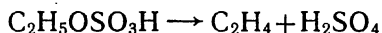
Опыт 16-13. Получение этилена из этилового спирта.

Оборудование и материалы. Круглодонная колба с длинным горлом емкостью 150 мл, штатив металлический, асбестированная сетка, горелка или спиртовка, самодельный газометр на 500—1000 мл, капельная или делительная воронка, коническая колба емкостью 150—200 мл, склянка или плоскодонная колба емкостью 150 мл, 10%-ный раствор гидроксида натрия, серная кислота (пл. 1,84), этиловый спирт.

Этилен из спирта получают в присутствии катализатора — серной кислоты. Как установлено, реакция протекает в две стадии. На первой стадии образуется серноэтиловый эфир:



который при нагревании (при температуре 160—170°C) разлагается:



При получении этилена образуются побочные продукты. Их образование связано с тем, что серная кислота — окислитель, поэтому при нагревании выделяются оксиды углерода CO и CO₂, оксид серы (IV), а жидкость постепенно темнеет. Так как указанные оксиды могут исказить результаты опытов (характер пламени, действие окислителей и др.), то их удаляют раствором щелочи.

Приготовьте смесь спирта с серной кислотой. Для этого в коническую колбу налейте 20 мл спирта и к нему при постоянном взбалтывании и охлаждении осторожно, небольшими порциями добавьте 60 мл серной кислоты. Если смесь не охлаждать, то она сильно разогреется, что приводит к испарению спирта.

Соберите прибор, как указано на рисунке 16-11. В круглодонную колбу поместите чистый сухой кварцевый песок (он способствует равномерному кипению смеси и служит катализатором), при его отсутствии — кусочки пемзы или фарфора или несколько стеклянных капилляров. Налейте 30—40 мл приготовленной смеси спирта и кислоты в колбу и 20 мл — в капельную или делительную воронку. Для очистки этилена склянку или плоскодонную колбу до половины заполните раствором гидроксида натрия. Колбу нагрейте через асбестированную сетку, выделяющийся газ испытайте на отсутствие примеси воздуха, после чего начинайте собирать его в самодельный газометр.

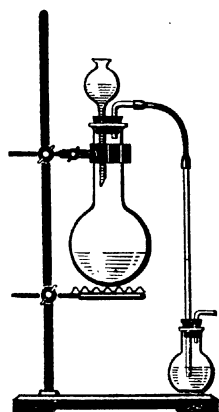


Рис. 16-11. Получение этилена из этилового спирта.

Если смеси в круглодонной колбе будет недостаточно, уменьшите пламя и прилейте смесь из воронки.

Опыт 16-14. Горение этилена.

Оборудование и материалы. Самодельный газометр с этиленом, стакан, баритовая или известковая вода.

Откройте кран газометра и испытайте газ на чистоту, после чего подожгите его. Этилен горит светящимся пламенем. Если подержать над пламенем стакан, смоченный баритовой или известковой водой, то можно заметить помутнение стекла. Сухой стакан над пламенем «запотевает».

Поджигать этилен можно непосредственно в приборе, в котором он получается. Для этого после проверки газа на чистоту подожгите его у трубки колбы или склянки, предназначенной для очистки этилена.

Опыт 16-15. Бромирование этилена.

Оборудование и материалы. Самодельный газометр с этиленом, самодельный газометр для улавливания этилена, пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, делительная воронка, стеклянная палочка, медная пластина, концентрированная бромная вода, бром.

Опыт можно ставить в двух вариантах.

а) Для доказательства, что реакция между этиленом и бромом возможна, достаточно воспользоваться бромной водой. При пропускании из газометра этилена в пробирку с бромной водой происходит ее обесцвечивание.

б) Для демонстрации получения 1,2-дибромэтана в пробирку налейте 1 мл брома (*под тягой!*), затем 4—5 мл воды и присоедините ее к газометру с этиленом. Откройте кран газометра и пустите несильную струю этилена. Для улавливания непрореагировавшего этилена присоедините к пробирке самодельный газометр (рис. 16-12). При открытом кране не вступивший в

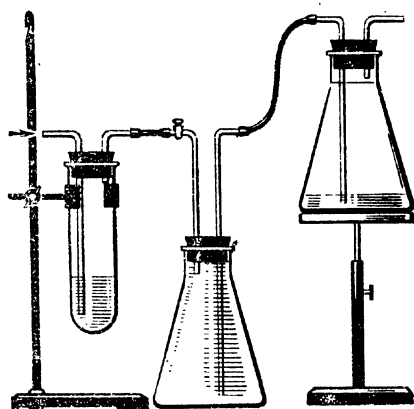
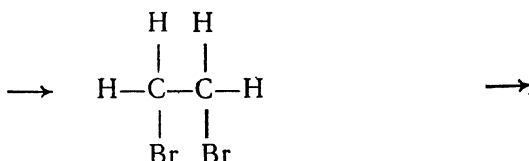
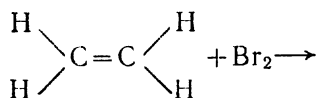


Рис. 16-12. Бромирование этилена с улавливанием непрореагировавшего этилена.

реакцию этилен поступает в колбу с водой, вытесняя ее в другую колбу. Когда газ наполнит колбу (должен остаться водяной затвор), прекратите его подачу, отсоедините газометр с чистым этиленом и вместо него, если не произошло обесцвечивания брома, присоедините газометр с непрореагировавшим этиленом. Откройте кран этого газометра — снова пойдет процесс бромирования:



После обесцвечивания в пробирке получаются два слоя: верхний — вода, нижний — бесцветная тяжелая жидкость. Это 1,2-дибромэтан.

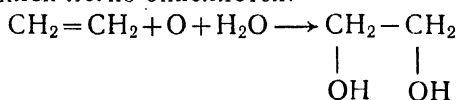
Для большей убедительности прилейте в пробирку несколько капель раствора индиго или фуксина, при этом слой воды принимает окраску.

Вылейте смесь веществ в делительную воронку и отделите нижний слой в сухую пробирку. Стеклой палочкой нанесите несколько капель 1,2-дибромэтана на прокаленную медную пластину и поместите ее в пламя — оно окрашивается в зеленый цвет. Соберите 1,2-дибромэтан в специальную склянку и сохраните его для демонстраций.

Опыт 16-16. Действие этилена на раствор перманганата калия (реакция Вагнера).

Оборудование и материалы. Газометр с этиленом, пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, 1%-ный раствор перманганата калия (слегка подкисленный).

В пробирку налейте 5—6 мл раствора перманганата калия и пропускайте в него этилен из газометра. Струя газа должна быть несильная. Обесцвечивание перманганата калия указывает на то, что этилен легко окисляется:



Опыт 16-17. Отношение полиэтилена к нагреванию.

Оборудование и материалы. Пластина из жести 100×100 мм, горелка или спиртовка, тигельные щипцы, стеклянная палочка, металлический штатив, полиэтилен.

На кольцо штатива положите пластину и нагрейте ее. На несколько секунд поместите на пластину изделие из полиэтилена, затем снимите его тигельными щипцами. Стеклянной палочкой быстро измените форму изделия и охладите водой. Покажите, что оно приняло новую форму. Полиэтилен термопластичен, он может при нагревании многократно изменять свою форму.

Свойство термопластичности используется для формования изделий, а также для сварки деталей из полиэтилена. Для сварки возьмите 2 кусочка полиэтилена, нагрейте их и соедините друг с другом. После охлаждения получается прочный шов.

Опыт 16-18. Диэлектрические свойства полиэтилена.

Оборудование и материалы. Прибор для демонстрации электропроводности, тигельные щипцы, полиэтиленовая пленка размером 50×50 мм или кусочек изделия.

К электродам прибора, включенного в электросеть, с помощью тигельных щипцов поднесите изделие из полиэтилена — лампочка не загорается, так как полиэтилен — диэлектрик. Его макромолекулы неполярны (между атомами осуществляется только ковалентная связь).

Опыт 16-19. Горение полиэтилена.

Оборудование и материалы. Тигельные щипцы, фарфоровая чашка, песок, горелка или спиртовка, кусочки полиэтилена.

Кусочек полиэтилена (не пленки) внесите тигельными щипцами в пламя горелки; когда он загорится, отставьте горелку. Горящий полиэтилен держите над чашкой с песком. Он горит синеватым пламенем без копоти, распространяя запах горящего парафина, при горении легко отделяются капли расплава. Для прекращения горения образец погрузите в песок или воду.

Опыт 16-20. Отношение полиэтилена к окислителям.

Оборудование и материалы. 2 пробирки, кусочки полиэтилена, 5%-ный раствор перманганата калия, 3%-ный раствор пероксида водорода, парафин.

В одну из пробирок налейте 5 мл раствора перманганата калия, в другую — столько же раствора пероксида водорода и погрузите в них несколько кусочков полиэтилена. Параллельно поставьте такой же опыт с парафином. Через некоторое время покажите учащимся, что полиэтилен и парафин не изменились.

Следует отметить, что на полиэтилен постепенно сказывается воздействие кислорода воздуха в сочетании с ультрафиолетовыми лучами и теплоты. Появляется хрупкость, возникают трещины, т. е. происходит процесс старения полиэтилена (сравни-

тельно быстрый при повышенных температурах). Для замедления этого процесса в полиэтилен обычно вводят антиоксиданты.

Опыт 16-21. Отношение полиэтилена к кислотам и щелочам.

Оборудование и материалы. 6 пробирок длиной 210 мм и диаметром 20 мм, кусочки полиэтилена, концентрированная серная кислота (пл. 1,84), концентрированная азотная кислота (пл. 1,4), 10%-ный раствор гидроксида натрия, парафин.

В первую пробирку налейте 4 мл концентрированной серной кислоты, во вторую — столько же концентрированной азотной кислоты, в третью — столько же раствора гидроксида натрия. В каждую пробирку положите по кусочку полиэтилена. В другие 3 пробирки с растворами опустите кусочки парафина. Можно заметить, что при нормальных условиях с ними не происходят какие-либо изменения, т. е. они химически стойки при комнатных условиях.

Опыт 16-22. Разложение натурального каучука.

Оборудование и материалы. 3 пробирки, металлический штатив, горелка или спиртовка, кусочки натурального каучука, слабый раствор перманганата калия (подкисленный).

Пробирки соедините так, как показано на рисунке 16-13. В пробирку 1 поместите кусочки каучука, к ней присоедините пробирки 2 и 3. При нагревании каучука образуются жидкие продукты, которые конденсируются в пробирке 2, и парообразные вещества (в том числе изопрен, температура кипения которого 34,1°C), скапливающиеся в пробирках 2 и 3. В пробирку 3 налейте 1,5—2 мл раствора перманганата калия и периодически ее взбалтывайте. Когда соберется немного конденсата в пробирке 2 и произойдет обесцвечивание жидкости в пробирке 3, прекратите нагревание каучука. В пробирку 2 не рекомендуем приливать раствор перманганата калия, так как его обесцвечивание установить невозможно из-за образования жидких продуктов темного цвета.

Опыт 16-23. Сравнение эластичности каучука и резины.

Оборудование и материалы. Линейка, тонкие полоски натурального каучука и резины одинаковой длины и толщины.

Слегка растяните полоски и измерьте их длину. Полоска каучука стала длиннее, а полоска резины осталась без изменений. Остаточная деформация каучука объясняется тем,

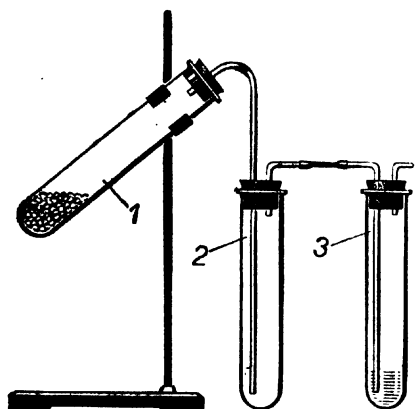


Рис. 16-13. Разложение натурального каучука.

что при растяжении линейные макромолекулы распрямляются, происходит скольжение одних макромолекул по отношению к другим. У резины пространственная (сетчатая) структура ограничивает растяжение «сетки», а при снятии силы «сетка» возвращается в прежнее состояние. Следовательно, эластичность резины выше, чем каучука.

Опыт 16-24. Отношение каучука и резины к нагреванию, их механическая прочность.

Оборудование и материалы. Водяная баня, горелка или спиртовка, тигельные щипцы, металлический штатив, одинаковые тонкие полоски каучука и резины.

Доведите водяную баню до кипения и, продолжая ее нагревать, поместите в нее на 5 мин полоски каучука и резины. Затем выньте тигельными щипцами полоску резины и быстро растяните ее. То же сделайте с полоской каучука. Учащиеся убеждаются в том, что полоска каучука после размягчения сильно растягивается, теряет эластичность, полоска резины остается без изменений.

Таким образом, каучук термопластичен, резина же нет, она имеет большую термическую и механическую стойкость. Эти свойства каучука и резины объясняются их различной структурой.

Опыт 16-25. Растворимость каучука и резины в органических растворителях.

Оборудование и материалы. Пробирки, штатив для пробирок, подсвет, тонкие полоски каучука и резины (от предыдущих опытов), бензин, бензол (ацетон и др.).

В одну пробирку налейте 4—5 мл бензина, в другую — столько же бензола и погрузите в растворитель до половины по одной полоске каучука. То же самое сделайте с полосками резины. Если полоски были очень тонкие, то через 15—20 мин можно заметить растворение только каучука.

Пробирки с полосками каучука и резины закройте корковыми пробками и оставьте стоять до следующего урока. Этим опытом доказывают, что растворители разрушают межмолекулярные связи у линейных макромолекул каучука, образуя вязкие растворы. Но растворители не в состоянии разрушить сетчатую структуру резины; они действуют только на ее отдельные участки, где отсутствуют химические связи. Поэтому резина только набухает в растворителе.

Опыт 16-26. Доказательство неопределенности каучука.

Оборудование и материалы. Пробирка с раствором каучука в бензоле (от предыдущего опыта), стеклянная палочка, раствор перманганата калия (подкисленный), бромная вода.

Вязкий раствор каучука в бензоле (можно взять раствор каучука в бензине, если он предварительно был очищен от непредельных соединений) разделите на 2 части. К одной прилей-

те 1—1,5 мл раствора перманганата калия, к другой — 1 мл бромной воды. Пробирки взболтайте — происходит обесцвечивание взятых реагентов.

Опыт 16-27. Влияние кислорода воздуха и солнечных лучей на каучук и резину.

Оборудование и материалы. Деревянная дощечка, полоски каучука и резины.

Тонкие полоски одинакового размера натурального каучука и резины несильно растяните и прикрепите к дощечке, которую затем выставьте на свет. Через некоторое время можно заметить, что полоска каучука меняет свою окраску, на ней появляются трещинки, и, наконец, она разрывается во многих местах. Резина при этих условиях остается без изменений (ее «старение» происходит немного медленнее, чем каучука). Быстрое «старение» каучука объясняется наличием двойных связей в макромолекулах.

Опыт 16-28. Выделение каучука из резинового клея.

Оборудование и материалы. Стеклопластина, водяная баня, горелка или спиртовка, резиновый клей.

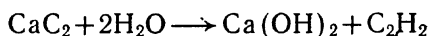
Натуральный каучук можно выделить из резинового клея (4%-ный раствор каучука в бензине). Эту работу выполняют до уроков.

На стеклянную пластину тонким слоем налейте резиновый клей и нагревайте ее на кипящей водяной бане. При этом бензин испаряется и на стекле остается желтая пленка каучука, которая легко скатывается в стерженек (таких стерженьков следует приготовить несколько). На выделенном каучуке можно показать его высокую эластичность, растворимость в органических растворителях, термопластичность и другие свойства. Опыты с этим каучуком проходят быстрее, чем с обычным натуральным. Например, растворимость его можно провести в течение 10 мин.

Опыт 16-29. Получение ацетилена карбидным способом.

Оборудование и материалы. Колба Вюрца емкостью 150 мл или круглодонная колба того же объема, самодельный газометр на 0,5 л, капельная или делительная воронка, трубка, соединяющая реакционную колбу с воронкой, склянка или колба плоскодонная емкостью 150 мл, металлический штатив, кусочки карбида кальция¹, насыщенный раствор хлорида натрия, 10%-ный раствор гидроксида натрия.

Соберите прибор, как показано на рисунке 16-14. В реакционную колбу поместите несколько кусочков карбида кальция и закройте ее пробкой с воронкой, в которую налейте насыщенный раствор хлорида натрия. Раствор соли небольшими порциями приливайте к карбиду кальция. Реакция проходит быстро, но спокойнее, чем с чистой водой:



¹ Карбид кальция хорошо сохраняется в керосине.

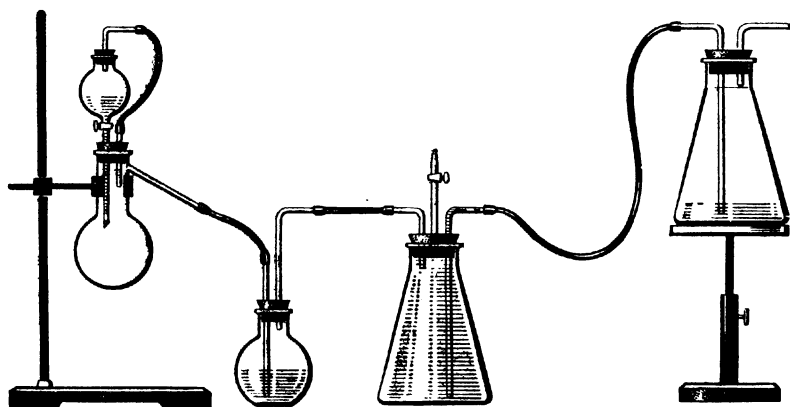


Рис. 16-14. Прибор для получения и собирания ацетилена.

Однако и в этом случае в реакционной колбе быстро скапливается ацетилен; в ней создается небольшое давление, и, если открыть кран воронки, раствор соли не поступает. Чтобы избежать этого, реакционную колбу соедините с воронкой резиновой трубкой, как показано на рисунке. Теперь газ попадает в воронку и создает некоторое давление над раствором соли. Достаточно открыть кран, и жидкость свободно поступает в реакционную колбу.

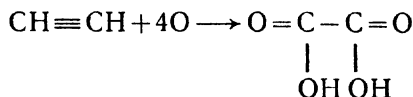
Образующийся ацетилен очищают от примесей (особенно сероводорода) в колбе или склянке со щелочью и направляют в наполненную водой колбу газометра. Первые порции ацетилена не собирают (кран газометра открыт), так как они содержат воздух. Затем кран газометра закройте — ацетилен вытесняет воду в другую колбу. Не допускайте, чтобы в газометр поступало больше ацетилена, чем он способен вместить (избыток ацетилена может попасть в помещение класса). Это можно предотвратить, если регулировать подачу раствора хлорида натрия малыми порциями в реакционную колбу. Только убедившись в отсутствии образования ацетилена (об этом судят по пробуживанию пузырьков в склянке или колбе со щелочью), приливайте новую порцию раствора хлорида натрия. Когда газометр будет заполнен ацетиленом до половины его объема, прекратите подачу раствора хлорида натрия.

Способ собирания ацетилена доказывает, что он не растворяется в воде.

Собранный в газометре ацетилен используют для изучения всех его свойств, кроме горения. Для безопасности сжигание ацетилена проводите так, как описано в следующих опытах.

Опыт 16-30. Сжигание ацетилена.

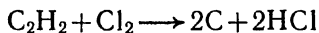
Оборудование и материалы. Пробирка с отверстием в дне, трубка с оттянутым концом, металлический штатив, стакан на 200-250 мл, газометр с кислородом, кусочки карбида кальция.



Опыт 16-32. Горение ацетилен в атмосфере хлора.

Оборудование и материалы. Банка стеклянная или стакан емкостью 250—300 мл, стеклянная пластина, пробирка с газоотводной трубкой, перманганат калия, соляная кислота (пл. 1,19).

В пробирку поместите 1—2 кусочка карбида кальция, прилейте немного воды и присоедините газоотводную трубку, конец которой медленно погрузите в сосуд с хлором (см. горение метана в хлоре, с. 139). В процессе реакции выделяется много копоти:



Опыт 16-33. Воспламенение ацетилена в атмосфере хлора.

Оборудование и материалы. Стакан или стеклянная банка, пробирка, газоотводная трубка, стеклянная пластина, перманганат калия, соляная кислота (пл. 1,19), карбид кальция.

На дно стакана поместите тонким слоем перманганат калия, прилейте немного соляной кислоты и закройте стакан пластиной. Затем введите в сосуд с хлором конец газоотводной трубки от пробирки, в которой получается ацетилен. Ацетилен быстро вспыхивает и загорается красноватым пламенем, при этом выделяется много копоти. После израсходования хлора ацетилен гаснет. Выньте трубку из стакана и поставьте его под тягу.

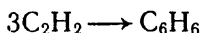
3. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Опыт 16-34. Получение бензола из ацетилена¹.

Оборудование и материалы. Железная (фарфоровая, кварцевая) трубка длиной 150—200 мм и диаметром 20—30 мм, горелка с насадкой, пробирка-приемник, газометр самодельный с ацетиленом, активированный уголь, формалин, концентрированная серная кислота (пл. 1,84).

В реакционную трубку поместите катализатор — активированный уголь и закройте ее пробками, в которые вставлены стеклянные трубки (рис. 16-16). Для регулирования подачи ацетилена служит пробирка с концентрированной серной кислотой.

В течение 2 мин пропускайте слабый ток ацетилена так, чтобы можно было считать пузырьки, затем нагрейте реакционную трубку широким пламенем газовой горелки. Образующиеся пары бензола конденсируются в приемнике, охлаждаемом водой:



¹ Опыт можно использовать для доказательства строения молекулы бензола.

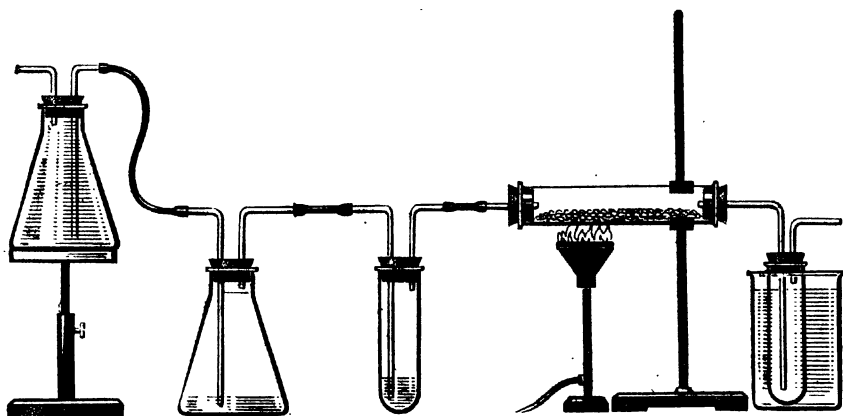


Рис. 16-16. Получение бензола из ацетилена.

При нагревании ацетилен частично разлагается с выделением сажи (она является также катализатором).

Для доказательства образования бензола в пробирку с жидким продуктом прилейте 0,5 мл формалина и 1 мл концентрированной серной кислоты — на стенках пробирки образуются красные полосы. Опыт длится несколько минут.

Примечание. Для получения бензола из ацетилена можно использовать железную (фарфоровую, кварцевую) трубку с внешним электрообогревом. Железную трубку изолируют асбестовой массой (см. с. 132).

Опыт 16-35. Кристаллизация бензола.

Оборудование и материалы. Коническая чашка, пробирка, бензол.

В пробирку налейте 2 мл бензола и поставьте ее в коническую чашку со снегом. Через несколько минут жидкий бензол превращается в кристаллический. После демонстрации пробирку с кристаллическим бензолом поставьте в штатив для пробирок; постепенно он переходит в жидкое состояние.

Опыт 16-36. Горение бензола.

Оборудование и материалы. Фарфоровая чашка или тигель с крышкой, стеклянная пластина, лучина, бензол.

В тигель налейте немного бензола и подожгите лучиной. Как только появится коптящее пламя, тигель закройте крышкой.

Опыт 16-37. Бромирование бензола (опыт выполняют под тягой).

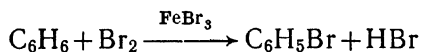
Оборудование и материалы. Металлический штатив, колба круглодонная емкостью 100 мл, пробирки, соединительные трубки, стакан,

бензол, бром, железные опилки (кусочки тонких гвоздей, проволоки), лакмус, магний (порошок или мелкие опилки), раствор соды.

Соберите прибор, как показано на рисунке 16-17. В нем реакционная колба соединена с двумя пробирками. В пробирке 1, охлаждаемой водой, улавливаются пары брома, в пробирке 2 с 2 мл дистиллированной воды происходит растворение бромоводорода.

В колбу налейте приготовленную смесь, состоящую из 5 мл бензола и 2 мл брома, поместите в нее железные опилки (кусочки проволоки) и быстро закройте пробкой с изогнутой трубкой. Катализатором реакции является бромид железа (III), образующийся при взаимодействии железа с бромом. Если реакция не начинается при комнатных условиях, нагрейте колбу на водяной бане.

Через несколько минут замените пробирку 2 другой, а полученную в пробирке 2 жидкость разделите на 3 части: к одной приливают раствор фиолетового лакмуса — он становится красным; к другой — кусочки магния — выделяются пузырьки водорода; к третьей — раствор нитрата серебра — выпадает осадок желтоватого цвета. Следует иметь в виду, что бром, который может попасть в приемник, также вступит в реакцию и образует осадок. Таким образом доказано образование побочного продукта реакции — бромоводорода:



Реакционную колбу продолжайте нагревать на водяной бане до исчезновения паров брома. Затем отсоедините колбу от прибора, слейте жидкость с железных опилок в стакан с 100 мл раствора соды. На дне стакана собирается тяжелая темно-желтая жидкость — бромбензол¹.

На бромбензол проводят пробу Бейльштейна (с. 142).

Опыт 16-38. Нитрование бензола.

Оборудование и материалы. Колба круглодонная емкостью 150—200 мл, обратный воздушный холодильник (трубка длиной 600—700 мм), металлический штатив, делительная воронка, водяная баня, горелка или спиртовка, коническая чашка, стакан, бензол, серная кислота (пл. 1,84), азотная кислота (пл. 1,4).

¹ Получившийся бромбензол содержит примеси. Его подвергают очистке во внеурочное время.

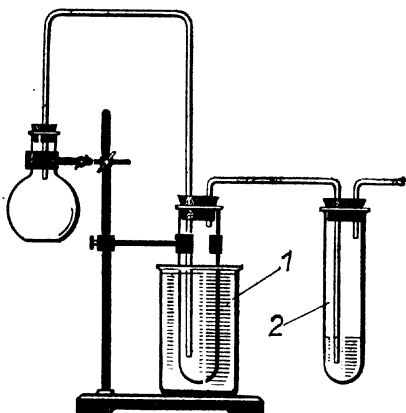
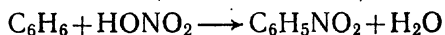


Рис. 16-17. Бромирование бензола.

Вначале подготовьте нитрующую смесь: в колбу налейте 7,5 мл серной кислоты и при перемешивании и охлаждении добавьте 4 мл азотной кислоты. К охлажденной до комнатной температуры нитрующей смеси небольшими порциями (по 0,5 мл) внесите 5 мл бензола. После каждой порции закрывайте колбу обратным воздушным холодильником и энергично взбалтывайте. Смесь разогревается, поэтому ее необходимо охлаждать в конической чашке с холодной водой, так как повышение температуры выше 50°C приводит к образованию динитробензола. Новую порцию бензола следует добавлять только после охлаждения. Перемешивание смеси продолжайте и после прибавления всего бензола, пока не прекратится выделение теплоты. Над смесью кислот появляется слой нитробензола, окрашенный в бледно-желтый цвет:



Смесь вылейте в стакан с водой; при этом избыток кислот растворяется, а нитробензол оседает на дне стакана в виде маслянистых капель. С помощью делительной воронки отделите нитробензол, покажите его классу, обратите внимание на запах нитробензола (запах горького миндаля).

Для доведения реакции до конца колбу с присоединенным воздушным холодильником нагрейте на водяной бане при 50°C (рис. 16-18). Периодически колбу вынимайте и взбалтывайте. Окончание реакции можно проверить следующим способом: внесите несколько капель жидкости в пробирку с водой; если капли падают на дно (плотность нитробензола 1,2, бензола 0,88), то реакция закончена. Содержимое колбы вылейте в делительную воронку и отделите нижний слой — нитробензол.

После уроков нитробензол следует очистить 10%-ным раствором щелочи, затем промыть два раза водой. Нитробензол слейте в склянку, закройте пробкой и сохраните его для демонстрации и синтезов (например, получение анилина). Когда в склянке соберется 15—20 мл нитробензола, осушите его прокаленным хлоридом кальция (нагревание на водяной бане при 60°C в течение 15 мин) и перегоните.

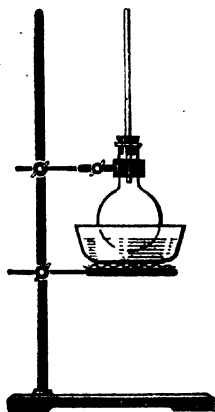


Рис. 16-18. Нитрование бензола.

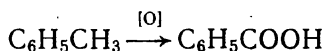
Опыт 16-39. Окисление толуола.

Оборудование и материалы. 2 пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, металлический штатив, водяная баня, горелка или спиртовка, толуол, бензол, 1%-ный раствор перманганата калия, раствор серной кислоты (1:5).

В одну пробирку налейте 2 мл толуола, в другую — столько же бензола. В каждую пробирку добавьте такой же объем раствора перманганата калия, подкисленного сер-

ной кислотой. Пробирки энергично встряхните. При этом можно заметить, что только в пробирке с толуолом происходит заметное обесцвечивание раствора перманганата калия. Для ускорения реакции окисления пробирку с толуолом поместите на несколько минут в нагретую баню, периодически встряхивайте пробирку.

Этот опыт доказывает, что окисление ароматических соединений происходит в боковой цепи:



Следует иметь в виду, что продолжительное действие на бензол подкисленного перманганата калия иногда приводит к обесцвечиванию. Это явление можно объяснить наличием примеси толуола в бензоле.

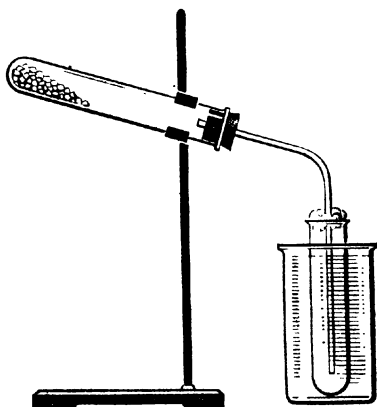


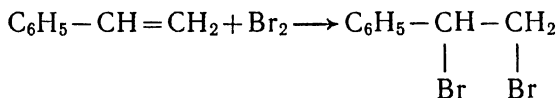
Рис. 16-19. Деполимеризация полистирола.

Опыт 16-40. Получение стирола и изучение его свойств.

Оборудование и материалы. Пробирки, газоотводная трубка, металлический штатив, стакан, горелка или спиртовка, кусочки полистирола, раствор перманганата калия, бромная вода.

В пробирку на $\frac{1}{4}$ ее объема поместите кусочки полистирола, присоедините к ней газоотводную трубку, конец которой проходит в приемник (пробирка), охлаждаемый водой и закрытый сверху ватой (рис. 16-19). Пробирку с полистиролом укрепите в лапке штатива с небольшим наклоном в сторону пробки. В приемник собирается бесцветная или желтоватая жидкость (мономер с примесями). Такой стирол можно использовать для дальнейших опытов.

В одну пробирку с 0,5 мл стирола прилейте 1,5 мл раствора перманганата калия, в другую — столько же бромной воды. Содержимое пробирок взболтайте. Происходит обесцвечивание растворов:



Опыт 16-41. Полимеризация стирола при нагревании (без инициатора).

Оборудование и материалы. Обратный воздушный холодильник, металлический штатив, асбестированная сетка, стеклянная палочка, пробирка, стирол.

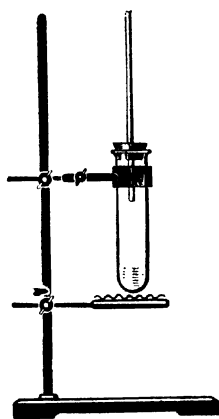
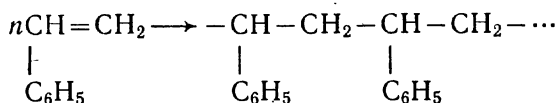


Рис. 16-20. Полимеризация стирола при нагревании.

В пробирку поместите 2 мл стирола, присоедините воздушный холодильник (рис. 16-20) и поставьте пробирку на асбестированную сетку, укрепив ее в лапке штатива. Нагревание должно быть слабым (небольшое кипение стирола). Через 15 мин¹ получается густая жидкость, а при ее охлаждении холодной водой образуется прозрачная желеобразная масса, в которой содержится некоторый процент полимера:

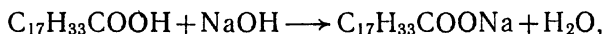


Стеклянной палочкой вытяните из этой массы нити.

Опыт 16-42. Полимеризация стирола в присутствии инициатора.

Оборудование и материалы. Колба емкостью 50 мл или пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, водяная баня, металлический штатив, стакан емкостью 100 мл, стирол, пероксодисульфат калия $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, олеиновая кислота, раствор гидроксида натрия, фенолфталеин, дистиллированная вода, насыщенный раствор алюмокалиевых квасцов.

В колбу налейте 5 мл дистиллированной воды и прибавьте 2—3 капли чистой олеиновой кислоты. Смесь взболтайте и добавьте каплю фенолфталеина и раствор гидроксида натрия до слабощелочной реакции. Олеиновая кислота с гидроксидом натрия образует олеат натрия:



который является эмульгатором (создает устойчивую эмульсию). Смесь энергично взболтайте до образования устойчивой пены, к ней прилейте 2,5 мл стирола и добавьте 60 мг инициатора реакции — пероксодисульфата калия $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$. Образовавшуюся эмульсию нагревайте на кипящей водяной бане в течение 7—8 мин, периодически взбалтывая колбу (капли эмульсии не должны сливаться). В процессе выполнения опыта постепенно стираются границы между стиролом и остальной массой. Признаком образования полимера является исчезновение запаха стирола.

Для осаждения полимера эмульсию вылейте в стакан с 10 мл насыщенного раствора алюмокалиевых квасцов. Полистирол осаждается в виде белой, вязкой, липкой массы (часто каучукоподобной), так как образовавшиеся макромолекулы растворя-

¹ При продолжительном нагревании будет преобладать процесс деполимеризации.

ются в стироле. Массу отделите от жидкости. Если в реакцию полимеризации вступил весь стирол, тогда осаждается белый порошок, который отфильтровывают через кусочек ткани. Из полученной массы или порошка после испарения воды при нагревании можно вытягивать нити.

4. ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Опыт 16-43. Фракционная перегонка нефти.

Оборудование и материалы. Колба Вюрца емкостью 250—300 мл или круглодонная колба такой же емкости, 3 конические или плоскодонные колбы емкостью 50 мл, холодильник Либиха, 2 металлических штатива, горелка или спиртовка, асбестированная сетка, фарфоровые крышки, термометр на 250—300°C, лучины, нефть или смесь, состоящая из бензина, керосина и смазочного масла.

Соберите прибор, как показано на рисунке 1-3. В колбу налейте на $\frac{1}{3}$ ее объема нефти или приготовленной смеси, с которой процесс перегонки идет быстрее, и поместите несколько стеклянных капилляров для равномерного кипения жидкости. Колбу закройте пробкой с термометром на 250—300°C и начинайте ее нагревать через асбестированную сетку. До начала нагревания пустите в холодильник воду. Соберите в маленькую колбу первую фракцию — до 100°C, вторую — от 101 до 150°C, третью — от 151 — 200°C.

Испытайте способность жидкости к воспламенению. Для этого в фарфоровые крышки налейте немного каждой фракции и поднесите горящую лучину. Первая фракция вспыхивает быстро — это бензин; вторая загорается не сразу — в ней большой процент лигроина, третья загорается лишь через некоторое время — это керосин. В данных условиях проведения опыта невозможно выделить другие фракции, кипящие при более высокой температуре.

Опыт 16-44. Перегонка нефти с помощью нагревательного элемента.

Оборудование и материалы. Нагревательный элемент, регулятор напряжения, большая пробирка с боковым отростком или без него; термометр на 250—300°C, воздушный нисходящий холодильник, металлический штатив, пробирки, нефть или смесь нефтепродуктов.

В большую пробирку с боковым отростком налейте на $\frac{1}{3}$ ее объема нефти или смеси нефтепродуктов, вставьте пробку с термометром, к отростку присоедините воздушный нисходящий холодильник (рис. 16-21). Пробирку поместите в отверстие нагревательного элемента, удерживаемого лапкой штатива (к нижнему отверстию нагревательного элемента прикрепите алюминиевую пластину). Накал спирали регулируйте с помощью регулятора напряжения.

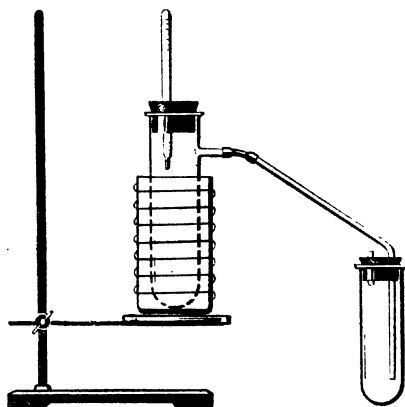


Рис. 16-21. Прибор для перегонки с помощью нагревательного элемента.

В такой постановке опыта удастся собрать фракции бензина, лигроина и керосина.

Примечание. Нагревательный элемент рефлектора имеется в продаже. Из элемента следует удалить токосъемные пластинки и в отверстия вставить винты, закрепляемые гайками.

Опыт 16-45. Перегонка нефти с использованием электрообогрева.

Оборудование и материалы. Трубка железная длиной 150 мм и диаметром 20—30 мм, никромовая спираль, регулятор напряжения, асбестовая вата, воронка, колба коническая или плоскодонная, нефть или смесь нефтепродуктов.

Соберите прибор по рисунку 16-22. На трубку, покрытую тонким слоем асбестовой массы (с. 132), намотайте спираль и просушите ее. С одного конца трубки присоедините воронку, с другого — отводную трубку. Для проведения опыта подберите накал спирали регулятором напряжения (спираль должна быть красной). В воронку налейте нефть или смесь нефтепродуктов. В пробирках происходит конденсация светлых нефтепродуктов. Недостатком этого опыта является то, что невозможно собирать фракции в диапазоне определенных температур.

Опыт 16-46. Крекинг гексана.

Оборудование и материалы. Тонкая стеклянная трубка длиной 150 мм и диаметром 6 мм, делительная или капельная воронка, асбестовый шнур длиной 150 мм (можно взять от фитиля для керогаза), пробирка, штатив металлический, горелка или спиртовка, гексан, 1%-ный раствор перманганата калия.

Для проведения опыта соберите прибор, изображенный на рисунке 16-23. В стеклянную трубку с помощью тонкой проволоки протяните асбестовый шнур (фитиль), трубку присоедините к укрепленной на штативе делительной воронке, в которую налейте 5—6 мл гексана. Для пропитки шнура

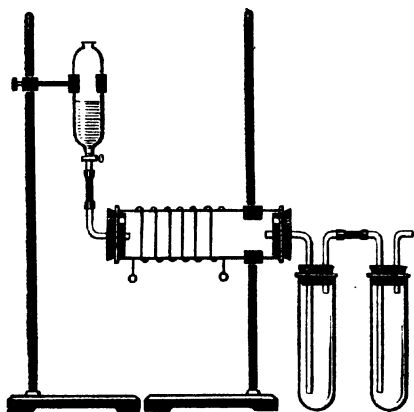


Рис. 16-22. Перегонка нефти с использованием электрообогрева.

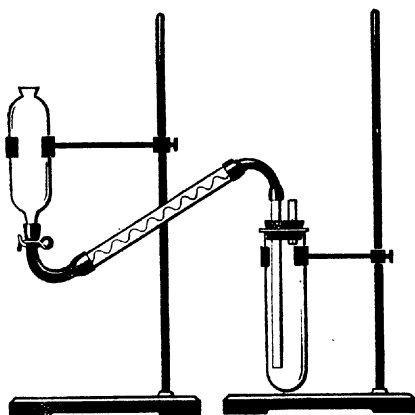


Рис. 16-23. Крекинг гексана.

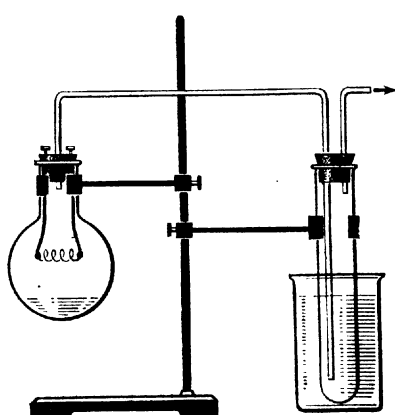
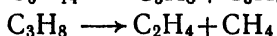
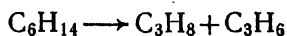


Рис. 16-24. Крекинг изооктана.

(фитиля) гексаном поступите следующим образом: приподнимите конец трубки немного выше уровня жидкости в воронке и приоткройте кран. По мере пропитки шнура конец трубки постепенно опускайте вниз, до горизонтального положения. Закройте кран воронки.

Трубку укрепите под углом 45° и присоедините к ней газотводную трубку, конец которой погружен в пробирку. Нагревание шнура начните с приподнятого конца трубки, затем постепенно пламя передвигайте вниз.

Гексан имеет температуру кипения 69°C, при нагревании происходит его испарение и крекинг. В условиях постановки опыта происходит неглубокий крекинг:



Продукты крекинга в виде паров проходят в пробирку, где они конденсируются. В пробирку прилейте немного раствора перманганата калия; происходит быстрое обесцвечивание, что доказывает наличие непредельных углеводородов в продуктах крекинга.

Обычно для опыта достаточно того количества гексана, которым пропитан шнур. Если при испытании продуктов крекинга не происходит обесцвечивания, добавьте небольшую порцию гексана из воронки (0,5 мл) и продолжайте нагревание трубки. При проведении опыта важно проследить, чтобы в пробирку поступали в основном пары.

Опыт 16-47. Крекинг изооктана (2,2,4-триметилпентана)¹.

Оборудование и материалы. Коническая или круглодонная

¹ Изооктан имеется в широкой продаже, как растворитель для бытовых целей.

широкогорлая колба емкостью 150—200 мл, пробирки, стакан емкостью 300 мл, самодельный газометр на 0,5 л, нагревательный элемент, регулятор напряжения, металлический штатив, изооктан, раствор перманганата калия.

Соберите прибор по рисунку 16-24. Прибор состоит из реакционной колбы, приемника (пробирка), газометра и нагревательного элемента. Нагревательный элемент представляет собой два стержня (медные, алюминиевые), к которым присоединяют нихромовую спираль сечением 0,4—0,7 мм.

В колбу налейте 15—20 мл изооктана, закройте ее пробкой с нагревательным элементом. Проследите за тем, чтобы спираль была на расстоянии 3—5 мм от поверхности жидкости. Присоедините к нагревательному элементу регулятор напряжения, включенный в сеть, и подберите необходимое напряжение: спираль должна быть накалиена до розового цвета. Когда в пробирке появятся пары, присоедините к ней газометр (с. 134).

Через несколько минут в приемнике появляются жидкие продукты крекинга, а в колбе газометра — газообразные. Когда колба газометра заполнится газом, прибор отключите от электросети. На жидкие и газообразные продукты подействуйте раствором перманганата калия, затем подожгите газы — они горят коптящим пламенем. Выньте нагревательный элемент (его следует вынуть сразу же после опыта, иначе пробка набухает), встряхните спираль над белым листом бумаги так, чтобы с нее упала копоть.

Таким образом, в этом опыте происходит крекинг углеводорода и разложение некоторых продуктов расщепления на элементы.

При повторении опыта в параллельном классе можно не доливать в колбу изооктан. Достаточно лишь очистить спираль от копоти, которая уменьшает накал.

Опыт 16-48. Крекинг керосина¹.

Оборудование и материалы. Трубка (металлическая, фарфоровая, кварцевая) длиной 300 мм и диаметром 20—30 мм, делительная воронка, самодельный газометр, пробирки, стакан, металлический штатив, очищенный керосин (см. 137), подкисленный раствор перманганата калия.

а) Для крекинга используйте прибор, изображенный на рисунке 16-25. Железную (фарфоровую, кварцевую) трубку покройте равномерно асбестовой массой (толщина 3 мм) (с. 132), намотайте электроспираль (витки ее располагаются друг от друга на расстоянии 1—2 мм и немного углубляются в асбестовую массу, что предохраняет их от движения по трубке) и просушите ее. Витки спирали не должны соприкасаться с металлической трубкой.

¹ При выполнении опыта в школьных условиях не удастся отличить продукты крекинга, получающиеся в присутствии катализатора (прокаленной белой глины) или без него.

Перед началом опыта покажите учащимся, что керосин не обесцвечивает раствор перманганата калия (отсутствуют непредельные углеводороды) и не дает реакции на ароматические углеводороды. В трубку поместите кусочки от фарфоровых изделий для увеличения поверхности. С одного ее конца вставьте с помощью корковых пробок, промазанных асбестовой массой, делительную воронку или небольших размеров бюретку с керосином, а с другого — приемник (пробирку). К приемнику присоедините газометр. Накал спирали установите регулятором напряжения (спираль не должна быть красной).

Прежде чем пользоваться прибором, проверьте его на герметичность. Для этого закройте кран 3 и откройте зажим 2 (лучше винтовой), кран 1 должен быть закрыт. Если вода не перетекает из колбы 4 в колбу 5, то прибор «держит». После этого в воронку или бюретку налейте 15—20 мл керосина и включите прибор в сеть. Когда нагреется трубка, пустите небольшими порциями керосин (0,3—0,5 мл); при этом зажим 2 и кран 3 открыты.

Жидкие продукты крекинга скапливаются в пробирке, охлаждаемой водой, а газообразные поступают в колбу 4 (первые порции газов выпустите, так как в них много воздуха). Для прекращения опыта закройте кран 1, отключите трубку от электросети, перекройте зажимом 2 резиновую трубку и отсоедините приемник (пробирку).

Полученный жидкий продукт разделите на 2 части: к одной прилейте немного подкисленного раствора перманганата калия — происходит его обесцвечивание, к другой — 0,5 мл формалина и 1 мл концентрированной серной кислоты (реакция на обнаружение ароматических углеводородов) — появляется темно-красный осадок, на стенках пробирки заметны красные полосы.

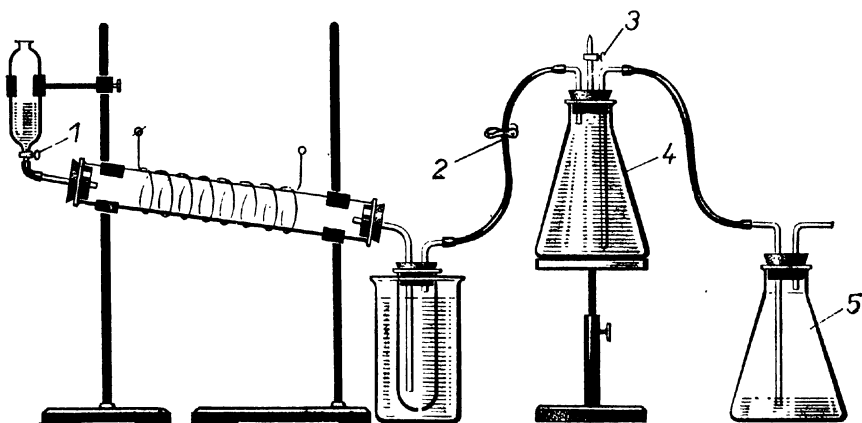


Рис. 16-25. Крекинг керосина.

Для испытания газов, собранных в газометре, поменяйте местами колбы 4 и 5 (газы будут под давлением), при этом зажим 2 и кран 3 должны быть перекрыты. К трубе с краном 3 присоедините газоотводную трубку, конец которой поместите в раствор перманганата калия, и откройте кран — раствор быстро обесцвечивается. Для испытания газов на горючесть отсоедините газоотводную трубку, откройте кран 3 и подожгите газ у оттянутого конца трубки.

Опыт 16-49. Крекинг керосина с использованием нагревательного элемента.

Оборудование и материалы. Колба коническая или круглодонная широкогорлая емкостью 150—200 мм, пробирки, стакан емкостью 200—300 мл, самодельный газометр, нагревательный элемент, металлический штатив, керосин очищенный, раствор перманганата калия (подкисленный).

Соберите прибор, который изображен на рисунке 16-24. В колбу налейте 15—20 мл керосина, закройте ее пробкой и прибор включите в сеть через регулятор напряжения. Следите за тем, чтобы спираль была на расстоянии 3—5 мм от поверхности керосина и имела необходимый накал (розовый цвет).

Через несколько минут в приемнике, соединенном с газометром, появляются жидкие продукты крекинга керосина, а в колбе газометра — газообразные. Испытание этих продуктов проведите так же, как в опыте 16-48. По окончании опыта отключите прибор от электросети.

Опыт 16-50. Крекинг и дегидрирование газообразных парафиновых углеводородов.

Оборудование и материалы. Стеклопаянная трубка длиной 200—250 мм и диаметром 30—40 мм, индуктор, металлический штатив, электроды (медные или алюминиевые), пробирки, 1%-ный раствор перманганата калия, метан, пропан-бутановая смесь.

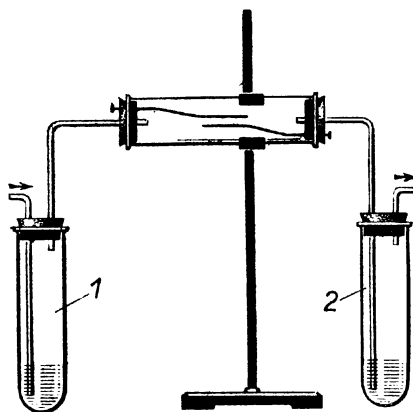
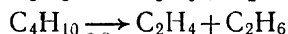
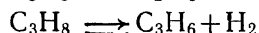
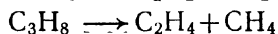
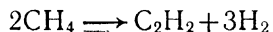


Рис. 16-26. Крекинг газообразных углеводородов.

Соберите прибор, изображенный на рисунке 16-26: В трубку вставьте пробки с электродами, соединяющимися с индуктором. В пробирки 1 и 2 налейте по 2 мл подкисленного раствора перманганата калия. Опыт начните с проверки работы индуктора (искровой разряд должен быть непрерывным). Отключив индуктор, пропускайте в течение примерно одной минуты метан или пропан (проверка прибора на герметичность). Не прекращая подачи газа, включите индуктор. Под влиянием искро-

вых разрядов происходит расщепление молекул с образованием непредельных углеводородов:



Непредельные углеводороды обнаруживаются в пробирке 2.

Опыт 16-51. Ароматизация (риформинг) бензина.

Оборудование и материалы. Железная трубка длиной 150—200 мм и диаметром 15—20 мм, делительная воронка, самодельный газометр, приемник (пробирка), горелка с насадкой или 2 спиртовки, пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, бензин (автомобильный очищенный)¹, 3%-ный раствор перманганата калия, формалин, серная кислота (пл. 1,84), нитрат натрия (кристаллический).

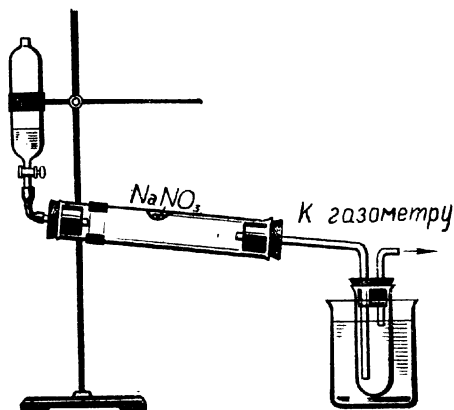


Рис. 16-27. Ароматизация бензина.

Соберите прибор по рисунку 16-27. В железную трубку по всей ее длине поместите асбестовую вату, смешанную с катализатором — свежеполученным оксидом хрома(III)². В нижний конец трубки вставьте пробку из медной сетки, которая предотвращает попадание катализатора в пробирку.

Прежде чем начать опыт, следует показать, что взятый для ароматизации бензин не дает реакции на ароматические углеводороды.

После сборки прибора начинайте нагревать трубку горелкой (с насадкой) или двумя спиртовками до 300°C. О достижении этой температуры можно судить по плавлению кристаллов ни-

¹ В промышленности риформингу подвергают бензин прямойгонки, содержащий предельные углеводороды и циклопарафины. Так как в продаже чаще всего крекинг-бензин, то его необходимо тщательно очистить от непредельных и ароматических углеводородов. Для этого в колбу наливают 20 мл бензина и приливают 70 мл нитрующей смеси, состоящей из 45 мл серной кислоты (пл. 1,84) и 25 мл азотной кислоты (пл. 1,4). Колбу закрывают корковой пробкой с обратным воздушным холодильником (стеклянная трубка длиной 60—70 см). Смесь встряхивают в течение 30 мин; если происходит сильное разогревание смеси, то ее охлаждают. Через сутки колбу со смесью подогревают на водяной бане до температуры 50°C (водяную баню нагревают электроплиткой!). Затем смесь переливают в делительную воронку и встряхивают в течение 30 мин. Дав отстояться смеси, сливают из делительной воронки нитрующую смесь и продукты нитрования. Далее бензин промывают 2—3 раза дистиллированной водой, затем 5%-ным раствором соды и снова дистиллированной водой до нейтральной реакции.

² Оксид хрома (III) получают при разложении дихромата аммония.

трата натрия (температура плавления их 310°C), насыпанных в углубление трубки. Затем приливайте по каплям бензин из воронки. Если температура будет выше 300°C , отставьте горелку, так как может произойти термический крекинг.

Когда в пробирке собирается 2—3 мл бензина риформинга, закройте кран воронки и прекратите нагревание. Содержимое пробирки разделите на 2 части: к одной прилейте раствор перманганата калия — не происходит его обесцвечивание, к другой — 0,5 мл формалина и 1 мл серной кислоты — появляется красно-бурый осадок, который постепенно темнеет.

Опыт 16-52. Ароматизация бензина с использованием трубчатой печи.

Оборудование и материалы. Трубчатая печь, железная трубка диаметром 20—30 мм, термопара, милливольтметр, бюретка, самодельный газометр, стакан, приемник (пробирка), зажим, бензин (автомобильный, очищенный), формалин, серная кислота (пл. 1,84).

Соберите прибор¹ по рисунку 16-28. В трубчатую печь 3 поместите железную трубку 2 и закройте ее корковыми пробками, промазанными асбестовой массой. К трубке присоедините бюретку 1 и приемник 5, к которому подключите газометр. Для измерения температуры в печь вставьте термопару, которая представляет собой спай из двух разнородных металлических проволок. При нагревании спаев в цепи возникает слабый электрический ток, который регистрируется милливольтметром 4.

Примечание. Для градуировки шкалы прибора, с помощью которого измеряется термоэлектродвижущая сила (э. д. с.) термопары, можно поступить

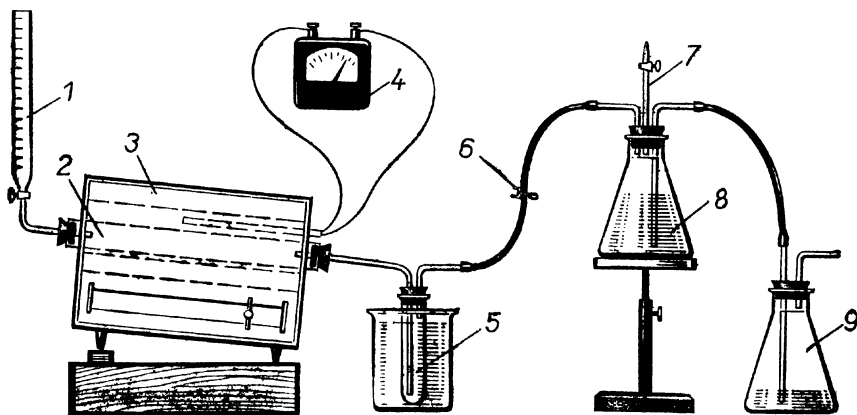


Рис. 16-28. Ароматизация бензина с использованием трубчатой печи.

¹ Прибор может быть использован для многих термических и каталитических процессов, которые протекают при определенной температуре, например для крекинга керосина и отдельных углеводородов.

так: поместить в кипящую воду (100°C) спай и заметить отклонение стрелки. Этот промежуток делят на 2 части (цена деления 50°C) или больше. Так как между температурой горячего спаия и э.д.с. прямолинейная зависимость, то на шкале откладывают равные промежутки (100, 200, 300 и т. д.).

Железную трубку заполните катализатором — восстановленным никелем или свежеполученным оксидом хрома (III) на асбестовой вате и присоедините к ней делительную воронку с 10—12 мл бензина и приемник.

Печь включите в сеть и нагрейте ее до 300—320°C, затем проверьте прибор на герметичность. Для этого закройте кран 7 газометра и кран бюретки, откройте зажим 6. Если вода не перетекает из колбы 8 в колбу 9, прибор «держит». Затем по каплям приливайте бензин в реакционную трубку. Через несколько минут в приемник соберется 2—3 мл жидкости, а в газометре — газы. После этого прекратите подачу бензина, отключите печь, перекройте зажимом резиновую трубку, соединяющую приемник и газометр.

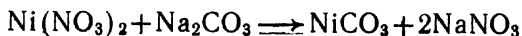
Для анализа продуктов из приемника возьмите 2 пробы. К одной пробе прилейте раствор перманганата калия — обесцвечивания не наблюдается (отсутствуют непредельные углеводороды); к другой — 0,5 мл формалина и 1 мл серной кислоты — появляется красно-бурый осадок. При испытании газов не происходит обесцвечивания раствора перманганата калия.

Опыт 16-53. Ароматизация циклогексана.

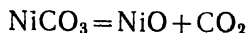
Оборудование и материалы. Трубка железная (фарфоровая, кварцевая) длиной 300—400 мм и диаметром 15—20 мм, делительная воронка или бюретка, цилиндр емкостью 250—300 мл, коническая чашка, стакан емкостью 250—300 мл, циклогексан, никель (восстановленный), формалин, серная кислота (пл. 1,84).

Покройте железную трубку тонким слоем асбестовой массы (с. 132), намотайте на нее электроспираль и просушите ее. В трубку поместите никелевый катализатор на асбестовой вате.

Никелевый катализатор готовят до урока следующим образом. Нитрат никеля (сульфат или хлорид никеля) обработайте карбонатом натрия или аммония:



Осадок карбоната никеля отфильтруйте, промойте дистиллированной водой и просушите при 110°C. При этой температуре соль разлагается с образованием оксида никеля (II):



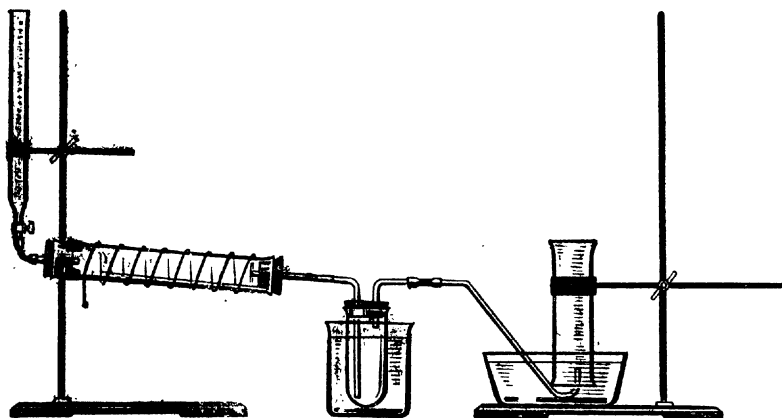
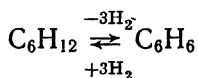


Рис. 16-29. Ароматизация циклогексана.

Оксид никеля перемешайте с асбестовой ватой и восстановите его водородом в трубке¹. Восстановленный никель получается в мелкодисперсном виде.

Реакционную трубку с катализатором укрепите в лапке штатива с небольшим наклоном (рис. 16-29). К ней присоедините бюретку с 4—5 мл циклогексана и отводную трубку, конец которой погружен в приемник (пробирку). Собранный прибор включите в электросеть через регулятор напряжения. Накал спирали не следует доводить до красного каления. Затем небольшими порциями (0,3—0,5 мл) приливайте циклогексан в реакционную трубку. На жидкий продукт проведите характерную реакцию (с. 154). Образующиеся газообразные вещества собираются в цилиндре, заполненном водой.

Процесс дегидрирования обратимый, сопровождается поглощением теплоты:



Оптимальная температура для реакции дегидрирования циклогексана 300°C. При более низкой температуре будет протекать реакция гидрирования бензола, а при высокой температуре (например, выше 400°C) снижается активность катализатора и происходит крекинг циклогексана.

¹ Для восстановления оксида никеля (II) необходим чистый водород, лишенный примесей мышьяка и сероводорода. Поэтому рекомендуется аппарат Киппа или другой прибор заряжать алюминием с концентрированным раствором гидроксида натрия.

Опыт 16-54. Термическое разложение каменного угля.

Разложение каменного угля проходит при очень высокой температуре. Нагревание и разложение угля газовыми горелками требуют много времени. При этом удается обнаружить только газообразные и жидкие продукты. При одновременном внутреннем и внешнем электрообогреве угля получаются не только жидкие и газообразные продукты, но и кокс.

Оборудование и материалы. Трубка (металлическая, фарфоровая, кварцевая) длиной 300 мм и диаметром 20—30 мм, металлический штатив, самодельный газометр, пробирки, стакан, каменный или бурый уголь, бромная вода, универсальный индикатор.

Основой прибора для коксования (рис. 16-30) является реакционная трубка, покрытая сверху асбестовой массой (с. 132).

Намотайте на трубку электроспираль (ширина намотки 150 мм, расстояние между витками 1—3 мм). С одного конца трубки в пробку вставьте контакт для присоединения внутренней спирали, с другого конца в пробку введите отводную изогнутую трубку и вывод внутренней спирали. Толщина нихромовой проволоки обеих спиралей 0,8—0,9 мм, спирали соединены между собой последовательно. Трубку равномерно заполните кусочками длиннопламенного или бурого угля, но не антрацита. Для конденсации жидких продуктов служит пробирка 1, охлаждаемая водой, газы коксования собираются в газометр. В пробирку 2 налейте раствор универсального индикатора. Пробирки 1 и 2 соедините через небольшую трубку, наполненную аскаритом (асбест, пропитанный расплавом щелочи), который служит для поглощения кислотных примесей из коксового газа.

Собранный прибор с подсоединенным к регулятору напряжения спиралями включите в сеть, доведите спирали до интен-

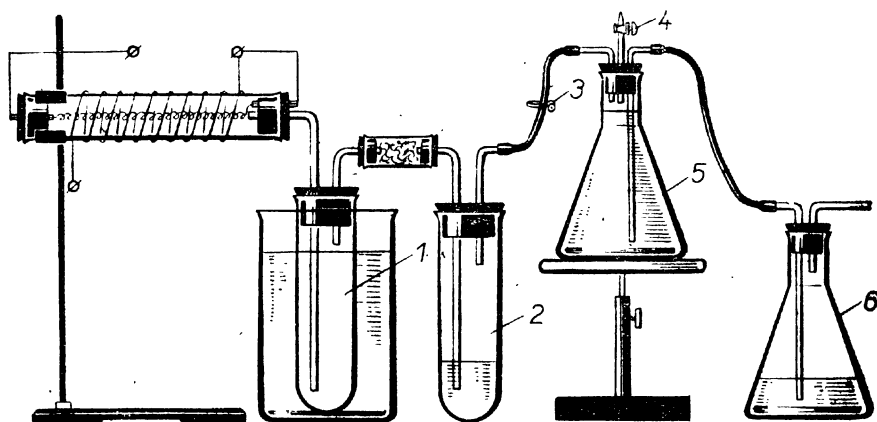


Рис. 16-30. Термическое разложение каменного угля.

зивно-красного цвета. О процессе коксования можно судить по выделению газа и конденсации каменноугольной смолы (зажим 3 открыт, кран 4 закрыт). Первые порции газа выпустите в воздух. Затем присоедините газоотводную трубку к трубке с краном колбы 5 и пропускайте газ в раствор бромной воды до ее обесцвечивания, после чего сразу закройте кран 4. Обесцвечивание доказывает наличие в смеси газов непредельных соединений. Затем газ, собирающийся в колбе 5, проверьте на чистоту и подожгите его (для этого колбы 5 и 6 поменяйте местами).

В процессе выполнения опыта можно заметить, что в пробирке 2 происходит изменение окраски индикатора (примерно через 5 мин), указывающее на присутствие аммиака в коксовом газе.

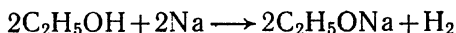
Через 20 мин выключите прибор из сети, отсоедините трубку — реактор от пробирки 1. Прибор разберите. В пробирке 1 скопилась темная жидкость — каменноугольная смола. Из реактора удалите кокс и проведите такой опыт. Кусочек кокса и угля поместите в воду. Уголь тонет, а кокс остается на поверхности.

1. СПИРТЫ. ФЕНОЛ

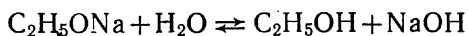
Опыт 17-1. Реакция этилового спирта с активными металлами.

Оборудование и материалы. Пробирка, трубка с оттянутым концом, водяная баня, горелка (спиртовка), фарфоровая чашка, этиловый спирт, металлический натрий, фенолфталеин.

В сухую пробирку поместите кусочек (с горошину) очищенного и просушенного фильтровальной бумагой натрия и прилейте 3 мл спирта. К пробирке присоедините трубку с оттянутым концом и подожгите выделяющийся водород. Когда реакция окончится, белую густую массу вылейте в фарфоровую чашку и выпарите досуха на водяной бане до получения белого порошка. Это и есть алколят натрия:



Поместите порошок в пробирку и прилейте 1—2 мл воды. Можно заметить, что вода растворяет алколят натрия. При этом происходит его гидролиз по полярной связи $\text{O} - \text{Na}$:



Устанавливается равновесие, сильно смещенное вправо, поэтому гидроксид натрия легко обнаружить фенолфталеином.

Опыт 17-2. Количественный опыт вытеснения водорода из этилового спирта натрием.

Для выполнения данного опыта необходимо пользоваться малогабаритной посудой, чтобы было меньше потерь водорода.

Оборудование и материалы. Делительная градуированная воронка, склянка с нижним боковым отверстием, прибор для иллюстрации закона сохранения массы вещества, металлический штатив, стеклянная трубка, служащая воздушным холодильником (длина 600—700 мм), подъемный столик, горелка или спиртовка, этиловый спирт, металлический натрий.

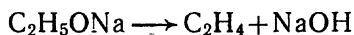
В одно колено прибора для иллюстрации закона сохранения массы вещества (рис. 17-1) налейте 1,5 мл этилового спирта, в другое — поместите мелкие кусочки натрия (в избытке) и закройте прибор пробкой с трубкой, соединяющейся с градуированной воронкой. Стеклянная трубка служит воздушным холодильником для конденсации паров спирта. Воронку заполните водой (кран открыт), при этом сообщающаяся с ней склянка должна быть на уровне воронки. Затем прилейте спирт к натрию

поворотом колена. Выделяющийся водород поступает в воронку, вытесняя воду. Периодически слабо нагревайте и взбалтывайте колено, в котором проходит реакция, до появления осадка слегка желтого цвета. Прибору дайте немного остыть, после чего закройте кран воронки и определите объем выделившегося водорода. Для этого установите на одном уровне воду в воронке и склянке.

Примечание. При градуировке воронки трудно нанести мелкие деления, что до некоторой степени сказывается на точности определения объема газа. Поэтому можно поступить так: когда наберется определенный объем водорода в воронке, сделайте отметку на ней (карандашом по стеклу), затем выпустите газ и, вынув воронку из лапки штатива, налейте в нее воды до отметки. Этот объем воды можно точно измерить мерным цилиндром.

Для установления формулы спирта производят соответствующие расчеты (см. учебник Л. А. Цветкова «Органическая химия»).

Проводя рассмотренный опыт, следует иметь в виду, что иногда выделяется газа намного больше, чем это должно получиться по расчету. При сильном нагревании этилата натрия (выше 250°C) происходит его разложение:



За счет этилена, который можно обнаружить обычными реакциями на непредельные углеводороды, увеличивается общий объем выделяющегося газа. Поэтому необходимо избегать сильного нагрева этилата натрия.

При отсутствии прибора для иллюстрации закона сохранения массы вещества можно использовать обычную пробирку,

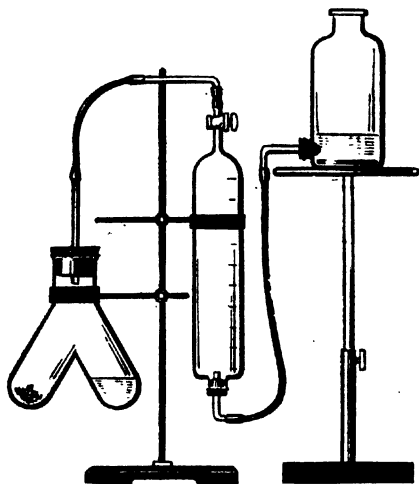


Рис. 17-1. Количественный опыт вытеснения водорода из этилового спирта натрием.

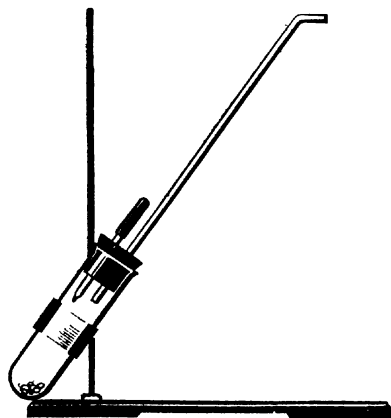


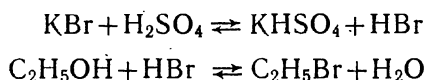
Рис. 17-2. Часть прибора для количественного опыта с этиловым спиртом.

к которой присоедините глазную пипетку и воздушный холодильник (рис. 17-2). В пипетку наберите этиловый спирт (0,7 мл), в пробирку поместите кусочки натрия. Вместо воронки возьмите градуированную стеклянную трубку или бюретку малых размеров.

Опыт 17-3. Взаимодействие этилового спирта с бромоводородом.

Оборудование и материалы. Металлический штатив, водяная баня, круглодонная колба или колба с отростком (колба Вюрца) емкостью 100 мл, асбестированная сетка, водяной холодильник с аллонжем, делительная воронка, измерительный цилиндр емкостью 10 мл, колба коническая — приемник, коническая чашка, серная кислота (пл. 1,84), этиловый спирт, бромид калия.

Процесс получения бромэтана обратимый:



Чтобы сдвинуть равновесие в сторону образования бромэтана, его удаляют из реакционной среды. Здесь учитывается, что бромэтан — летучая, тяжелая (пл. 1,46), плохо растворяющаяся в воде и легко кипящая (темп. кип. 38°C) жидкость.

Для проведения опыта используйте прибор (без термометра), применявшийся для фракционной перегонки нефти (рис. 1-3). В круглодонную колбу налейте 8—10 мл серной кислоты и при помешивании и охлаждении добавляйте небольшими порциями такой же объем спирта (приливайте по стенке колбы). После охлаждения к раствору тем же способом — порциями (по 0,5 мл) — внесите 3 мл дистиллированной воды (она уменьшает потери бромоводорода) и добавьте 7,5—8 г бромида калия. В колбу поместите несколько стеклянных капилляров для равномерного кипения и присоедините ее к водяному холодильнику, заполненному водой. Аллонж погрузите в приемник — коническую колбу с небольшим количеством холодной воды и кусочка льда (на глубину 1 см).

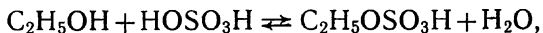
Затем нагрейте через асбестированную сетку смесь. Она должна кипеть спокойно. При нагревании отгоняется бромэтан. Об окончании реакции судят по прекращению поступления капель в приемник. После этого отделите приемник (во избежание засасывания жидкости в колбу) и прекратите нагревание. Чтобы отделить бромэтан, прилейте в приемник раствор фуксина или индиго, которые окрасят воду. Полученный продукт реакции, осевший на дно приемника, отделите делительной воронкой.

Бромэтан после уроков подвергните перегонке и соберите фракцию при 35—40°C. Это вещество хранят в прохладном месте, в хорошо закрытой склянке (пробку заливают менделеевской замазкой).

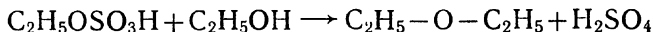
Опыт 17-4. Получение диэтилового эфира.

Оборудование и материалы. Круглодонная колба емкостью 100 мл, металлический штатив, асбестированная сетка, водяной холодильник с аллонжем, измерительный цилиндр емкостью 10 мл, приемник — коническая колба емкостью 100 мл, делительная воронка, термометр на 150°C, серная кислота (пл. 1,84), 95%-ный этиловый спирт.

Диэтиловый эфир получают из этилового спирта при умеренной температуре (до 140°C) в присутствии серной кислоты. При этом вначале образуется серноэтиловый эфир:



который затем при нагревании до 140°C реагирует с избытком спирта:



Для получения простого эфира можно использовать прибор, изображенный на рисунке 1-3. В круглодонную колбу налейте 7 мл серной кислоты и небольшими порциями (по 0,5 мл) при взбалтывании и охлаждении добавьте 9 мл спирта. Для равномерного кипения в колбу поместите несколько стеклянных капилляров. Колбу закройте пробкой с термометром и присоедините водяной холодильник, в который пустите воду. Конец аллонжа проходит в приемник, охлаждаемый водой. При нагревании следите за термометром: температура раствора не должна превышать 140°C. Когда в приемник будет отогнано 4—5 мл жидкости, прекратите нагревание. К отгону добавьте около 15 мл насыщенного раствора соды. Диэтиловый эфир (пл. 0,71) всплывает вверх. Смесь вылейте в делительную воронку и отделите простой эфир.

Полученный эфир распознается не только по запаху, но и по легкой горючести. Для этого в пробирку налейте 1,5—2 мл эфира, присоедините к ней трубку с оттянутым концом и поместите ее в стакан с нагретой водой (40—50°C). Эфир, имеющий температуру кипения 34,6°C, испаряется, пары его подожгите.

Опыт 17-5. Сравнение свойств спиртов в гомологическом ряду.

Оборудование и материалы. Пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, фарфоровые чашки, спирты, имеющиеся в лаборатории: этанол, бутанол-1, бутанол-2 (изобутиловый), 3-метилбутанол-1 (изоамиловый) и др.

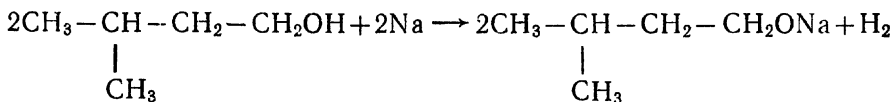
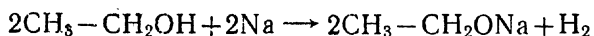
а) *Растворимость в воде.* В пробирки налейте по 5 мл этанола, бутанола-1 и 3-метилбутанола-1. К спиртам добавьте по 20 мл воды, окрашенной фуксином. Спирты имеют плотность меньше единицы, поэтому они образуют верхний слой. Пробирки взбалтывайте. При этом можно заметить, что хорошо растворяется этанол, ограниченно растворяется бутанол-1 (10%), почти не растворяется 3-метилбутанол-1. Таким образом, с по-

вышением молекулярной массы, увеличением углеводородного радикала растворимость спиртов уменьшается.

б) *Горение.* В 3 фарфоровые чашки налейте примерно по 2 мл этанола, бутанола-1 (или бутанола-2) и 3-метилбутанола-1 и поднесите горящую лучину. Этанол горит голубоватым, слабосветящимся пламенем, бутанол-1 — светящимся пламенем, 3-метилбутанол-1 — коптящим пламенем. Таким образом, с увеличением молекулярной массы спирта возрастает светимость пламени.

в) *Взаимодействие с натрием.* Опыт проведите в приборе, предназначенном для выяснения зависимости скорости реакции от условий

(рис. 17-3). Он позволяет сравнивать скорость реакции для двух веществ. Для опыта возьмите этанол и 3-метилбутанол-1 (изоамиловый спирт) или этанол и бутанол-2. В 2 пробирки поместите кусочки натрия (в избытке) и прилейте в одну 2 мл этанола, в другую — столько же 3-метилбутанола-1. Скорость реакции определите по объему выделившегося водорода в единицу времени. Можно заметить, что этанол вступает в реакцию с натрием с большей скоростью, чем 3-метилбутанол-1 (или бутанол-2):



Таким образом, скорость реакции падает с удлинением и разветвлением углеводородного радикала спирта, что объясняется взаимным влиянием атомов, распределением электронной плотности в молекулах спиртов.

Опыт 17-6. Взаимодействие глицерина с натрием.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, горелка или спиртовка, фильтровальная бумага, глицерин, металлический натрий.

В пробирку налейте 2—3 мл глицерина, добавьте кусочек осушенного натрия и поставьте ее в штатив:

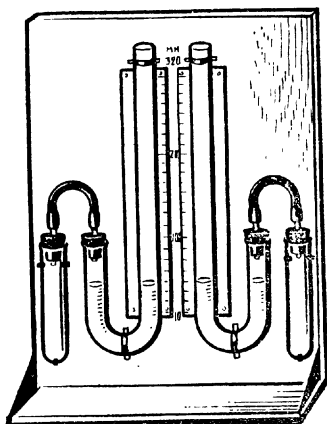
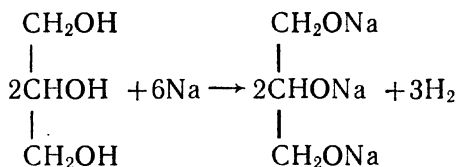


Рис. 17-3. Прибор для выяснения скорости реакции.



Верхний слой глицерина обволакивает натрий, который постепенно разогревается. Происходит бурная реакция, при которой выделяется водород (он самовоспламеняется) и обугливается глицерин.

Можно поступить по-другому: нагрейте глицерин, поставьте пробирку в штатив и поместите в нее кусочек натрия. *Не держите пробирку в руках и близко от глаз!*

На основании опыта можно сделать вывод, что глицерин, так же как и одноатомные спирты, содержит гидроксильные группы.

Опыт 17-7. Взаимодействие многоатомных спиртов с гидроксидом меди (II).

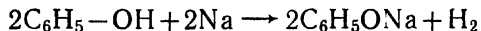
Оборудование и материалы. 2 пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, водные растворы этиленгликоля (1:1) и глицерина (1:1), 3%-ный раствор медного купороса, 10%-ный раствор гидроксида натрия или калия.

В одну пробирку налейте 5 мл раствора этиленгликоля, в другую — столько же раствора глицерина. В обе пробирки прибавьте по 5—6 капель раствора медного купороса и избыток щелочи до появления ярко-синей окраски (для лучшей видимости используйте подсвет).

Опыт 17-8. Взаимодействие фенола с натрием.

Оборудование и материалы. Пробирка, горелка или спиртовка, держатель, пинцет, фильтровальная бумага, фенол кристаллический, металлический натрий.

В пробирку поместите немного кристаллического фенола, расплавьте его и внесите кусочек осушенного натрия. Пробирку поставьте в штатив. Происходит бурная реакция между фенолом и натрием. Выделяющийся водород подожгите. Данная реакция доказывает сходство фенола с одноатомными спиртами:

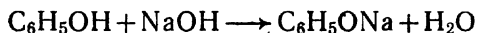


Опыт 17-9. Взаимодействие фенола со щелочью.

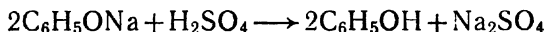
Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, 10%-ный раствор гидроксида натрия, раствор серной кислоты, фенол кристаллический.

В пробирку поместите немного кристаллического фенола, прилейте 3—4 мл воды и энергично ее взболтайте. К водной

эмульсии фенола по каплям добавьте при взбалтывании раствор гидроксида натрия до растворения взвеси:



При действии раствора серной кислоты вновь появляется белая взвесь эмульсии фенола:

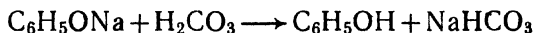


Проявление фенолом кислотных свойств объясняется взаимным влиянием атомов.

Опыт 17-10. Вытеснение фенола из фенолята натрия угольной кислотой.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, аппарат Киппа, заряженный на оксид углерода (IV), фенол кристаллический, раствор гидроксида натрия.

В пробирку поместите немного фенола (0,5 см³) и добавьте 3—4 мл воды. Пробирку энергично встряхните и к полученной эмульсии приливайте по каплям раствор гидроксида натрия, все время взбалтывая жидкость до растворения взвеси. В полученный фенолят натрия пропустите из аппарата Киппа гидроксид углерода (IV). Снова появляется эмульсия:



Фенол — очень слабая кислота.

Опыт 17-11. Взаимодействие фенола с бромной водой.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, 1%-ный раствор фенола, концентрированный раствор бромной воды.

В пробирку налейте 2 мл очень слабого водного раствора фенола и прибавляйте порциями бромную воду до образования белой взвеси. Происходит выпадение осадка трибромфенола. В результате взаимного влияния атомов в молекулах фенола происходит замещение не одного, а трех атомов водорода бромом.

2. АЛЬДЕГИДЫ

Опыт 17-12. Получение фенолформальдегидной смолы в присутствии кислоты.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, стеклянная палочка, стакан, пористая бумага, горелка или спиртовка, держатель, фенол кристаллический (окисленный или неокисленный), 35—40%-ный раствор формальдегида¹, растворы соляной кислоты (1:1) или серной кислоты (1:5).

¹ Для опыта можно использовать (если имеется в кабинете) формалин в виде густой белой массы или формалин с белым осадком (перед употреблением взбалтывать); с таким формалином быстрее идет реакция, так как в

В пробирку поместите 2,5 г кристаллического фенола, прилейте 4 мл раствора формальдегида и нагрейте до кипения. Реакции не наблюдается. Затем, вынув пробирку из пламени, прилейте к смеси 6—10 капель кислоты. Через несколько секунд без дополнительного нагревания происходит бурная реакция с большим выделением теплоты, с образованием мутной жидкости. Чтобы не было выбрасывания жидкости, поместите пробирку в стакан с холодной водой. После отстаивания смеси образуются два слоя: верхний — вода, нижний — смола. Слейте воду (эмульсию), а смолу вылейте на пористую бумагу. Постепенно смола затвердевает, принимая светло-желтую окраску (в зависимости от степени окисления фенола).

Опыт показывает роль катализатора и демонстрирует экзотермичность процесса.

Полученную смолу или часть ее положите на небольшой лист из жести и нагрейте над пламенем до образования густой жидкости, из которой стеклянной палочкой вытягиваются нити.

Чтобы показать растворимость смолы, поместите несколько кусочков ее в пробирку с 2—3 мл этилового спирта, пробирку энергично взболтайте, затем закройте ее пробкой и оставьте стоять до следующего занятия.

Опыт 17-13. Получение смолы в присутствии раствора аммиака.

Оборудование и материалы. Стакан на 100 мл, пробирки, металлический штатив, асбестированная сетка, держатель, стеклянная палочка, стеклянная пластина, фенол кристаллический, 25%-ный раствор аммиака, 35—40%-ный раствор формальдегида.

В стакан поместите 2,5 г фенола (окисленного или неокисленного), прилейте 7,5 мл формалина и 1—1,5 мл раствора аммиака. Смесь нагревайте через асбестированную сетку несколько минут до появления взвеси (признак образования смолы). При охлаждении происходит расщепление смеси, как в опыте 17-12. Воду слейте, а оставшуюся темную жидкость нагрейте в пробирке до образования густой вспенивающейся желтой жидкости, которую быстро вылейте (или оставьте в пробирке) на бумагу (стекло, пластину). Смола застывает в желтую, твердую, хрупкую массу. Часть смолы нагрейте на небольшом листе из жести до ее расплавления. Стеклянной палочкой из нее можно вытянуть нити.

нем содержится параформ. Параформ — полимер, который образуется при долгом стоянии 40%-ного раствора формальдегида; степень полимеризации его равна нескольким десяткам или сотням элементарных звеньев. Параформ легко деполимеризуется в щелочной среде. Видимо, в процессе реакции поликонденсации также происходит его деполимеризация.

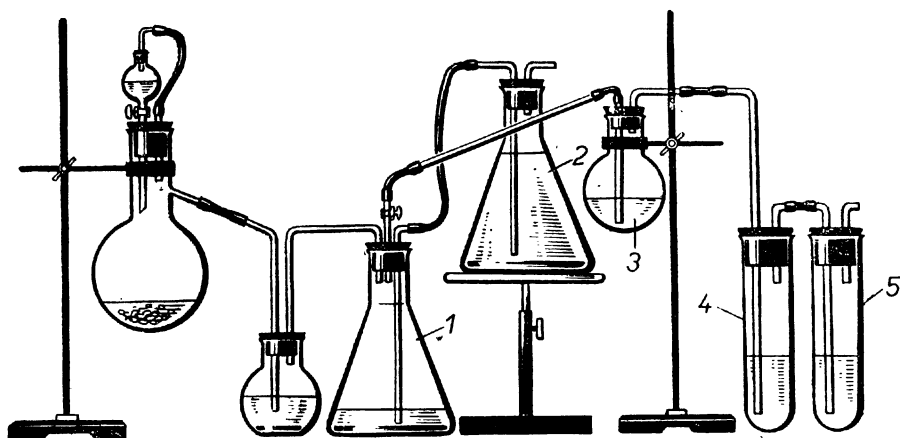


Рис. 17-4. Прибор для гидратации ацетилена.

Опыт 17-14. Получение уксусного альдегида по реакции Кучерова.

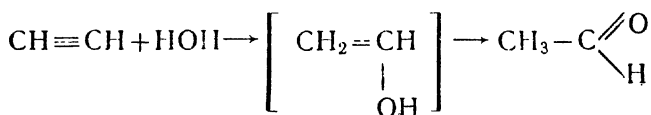
Оборудование и материалы. Прибор для получения ацетилена (рис. 17-14), круглодонная колба емкостью 100—150 мл, пробирки, металлический штатив, горелка или спиртовка, дистиллированная вода, сульфат ртути или оксид ртути (II), серная кислота (пл. 1,84), фуксинсернистая кислота¹ аммиачный раствор оксида серебра.

Соберите прибор, который показан на рисунке 17-4. В колбу 3 поместите катализатор — 0,5 г сульфата ртути или 0,5 г оксида ртути (II), прилейте 8 мл дистиллированной воды, 5 мл серной кислоты и взболтайте. После растворения оксида ртути в серной кислоте колбу 3 присоедините трубкой к колбе 1 газометра с ацетиленом. Откройте кран и пустите ток ацетилена с такой скоростью, чтобы можно было считать пузырьки газа в колбе 3.

Образующийся уксусный альдегид поступает в пробирку² 4 с 3—4 мл дистиллированной воды, затем в пробирку 5 с 3—4 мл фуксинсернистой кислоты. С целью удаления уксусного альдегида (температура кипения его 20,8°C) колбу 3 периодически нагревайте на водяной бане (температура 70—80°C) или горелкой (спиртовкой). О получении уксусного альдегида судят по изменению окраски фуксинсернистой кислоты (розовый цвет):

¹ Для приготовления фуксинсернистой кислоты водный раствор фуксина (0,1 г фуксина растворяют в 100 мл воды) насыщают оксидом серы (IV) до обесцвечивания. Фуксинсернистую кислоту хранят в хорошо закрытом сосуде, в темноте.

² Пробирка должна быть очень чистой.



После этого продолжайте опыт еще 5 мин, после чего разберите прибор: закройте кран газометра, отключите колбу 3 и отделите пробирки. Прибор для получения ацетилена, если продолжается реакция между карбидом кальция и водой, поставьте под тягу. С жидкостью, находящейся в пробирке 4, проведите реакцию «серебряного зеркала».

Примечание. Подобно тому, как используют в школьной практике фенолфталеин и лакмус для установления среды без раскрытия их строения, следует поступить и в случае фуксинсернистой кислоты — качественного реагента на альдегиды. Первое понятие о фуксинсернистой кислоте можно дать при изучении оксида серы (IV).

Опыт 17-15. Получение уксусного альдегида окислением этилена.

Оборудование и материалы. Железная трубка длиной 200—300 мм и диаметром 20 мм, пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, спираль, металлический штатив, газометр с воздухом, самодельный газометр с этиленом, фосфорная кислота, раствор фуксинсернистой кислоты, аммиачный раствор оксида серебра.

Железную трубку покройте тонким слоем асбестовой массы (см. с. 132), намотайте на нее нихромовую спираль (расстояние между витками 1 мм) и просушите ее. В трубку поместите кусочки фарфора или пемзы, смоченные фосфорной кислотой (она является катализатором). К трубке присоедините через тройник (рис. 17-5) газометр с воздухом и самодельный газометр с этиленом. Для регулирования подачи газов используйте пробирку 1 с 5—6 мл фосфорной кислоты и пробирку 2 с 5—6 мл концентрированной серной кислоты (ее осушает этилен). Про-

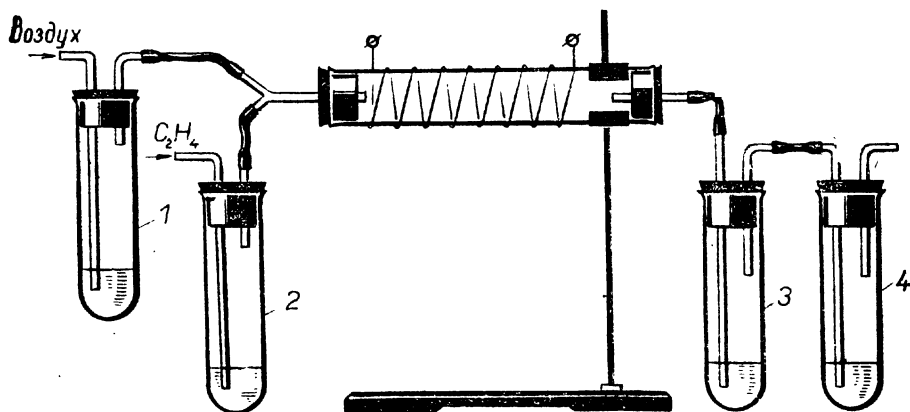
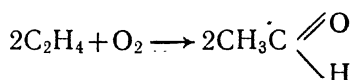


Рис. 17-5. Получение уксусного альдегида окислением этилена.

дукты реакции проходят через пробирку 3 с аммиачным раствором оксида серебра и пробирку 4 с раствором фуксинсернистой кислоты.

Опыт начните с пропускания в течение 1 мин паров катализатора через железную трубку (воздух увлекает фосфорную кислоту), затем пустите этилен, для безопасности вложив медную сетку в трубку, по которой газ поступает в реактор. Скорость подачи этилена — один пузырек в секунду, а воздуха — 3 пузырька. После этого включите прибор в сеть через регулятор напряжения. Спираль должна иметь красный накал, что соответствует примерно 800°C. Напряжение на спирали увеличивайте постепенно.

Через несколько минут изменяется окраска фуксинсернистой кислоты в пробирке 4, а затем выпадает осадок серебра в пробирке 3 (при нагревании пробирки появляется «серебряное зеркало»), что доказывает образование уксусного альдегида. Упрощенно уравнение реакции может быть записано так:



По окончании опыта вначале отключите газометр с этиленом, затем регулятор напряжения и газометр с воздухом.

Опыт 17-16. Получение формальдегида каталитическим окислением метана.

Оборудование и материалы. Трубка металлическая длиной 150 мм и диаметром 20 мм, нихромовая спираль, регулятор напряжения, пробирки демонстрационные длиной 210 мм и диаметром 20 мм, металлический штатив, газометр с метаном, газометр с воздухом, азотная кислота (пл. 1,4, лучше дымящая).

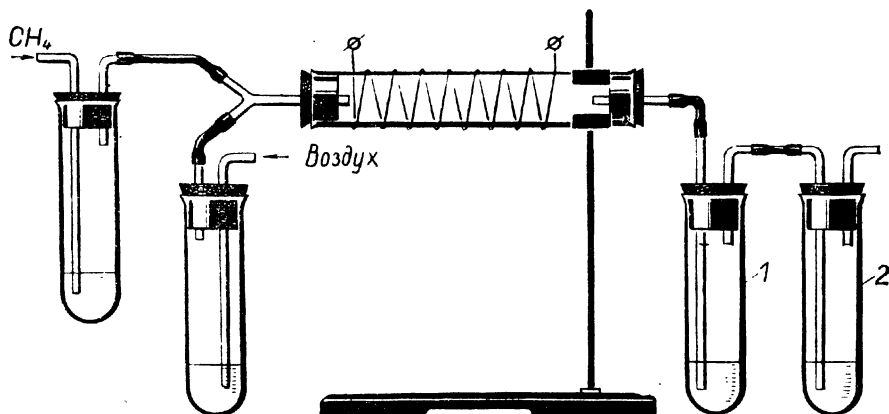


Рис. 17-6. Получение формальдегида каталитическим окислением метана.

Соберите прибор по рисунку 17-6. Металлическую трубку покройте тонким слоем асбестовой массы, поверх которой намотайте спираль и просушите ее. Пробки, которыми закрывают трубку, также покройте асбестовой массой. В одну пробку вставьте тройник, в другую — отводную трубку. Один конец тройника соедините с пробиркой с 3 мл азотной кислоты и газометром, наполненным воздухом, другой конец соедините с пробиркой с 3—5 мл серной кислоты и газометром с метаном. Пробирки с кислотами позволяют регулировать подачу газов, одновременно серная кислота играет роль осушителя, а азотная кислота является источником катализатора (оксидов азота). К отводной трубке присоедините пробирку 1 с 1,5—2 мл аммиачного раствора оксида серебра и пробирку 2 с 2—3 мл фуксинсернистой кислоты.

Пропускайте метан из газометра со скоростью 5 пузырьков в секунду и воздух со скоростью 1—3 пузырька в секунду (метан в избытке). Затем включите прибор в сеть через регулятор напряжения. При прохождении воздуха через азотную кислоту он насыщается оксидами азота (они играют роль катализатора), в присутствии которых метан окисляется кислородом.

Через 5—6 мин в пробирке 2 с фуксинсернистой кислотой появляется розовое окрашивание, а при нагревании пробирки 1 происходит реакция «серебряного зеркала». Через несколько минут отключите прибор от сети.

3. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Опыт 17-17. Карбоновые кислоты — слабые электролиты.

Оборудование и материалы. Прибор для опытов с электрическим током (или прибор для определения электропроводности растворов), 2 стакана, емкостью 100 мл, дистиллированная вода, 2 н. растворы уксусной и соляной кислот.

В стаканы налейте по 50 мл растворов уксусной и соляной кислот и опустите электроды. Уксусная кислота дает слабое свечение лампочки, соляная — яркое свечение.

Известно, что в водных растворах сильных электролитов присутствуют одни ионы, у слабых электролитов — ионы и нераспавшиеся молекулы. Запах, например, уксусной кислоты обусловлен нераспавшимися молекулами.

Опыт 17-18. Карбоновым кислотам не характерна большая химическая активность.

Оборудование и материалы. Прибор для выяснения зависимости скорости реакции от условий (рис. 17-3), пробирки, кусочки цинка, 2 н. растворы уксусной и соляной кислот.

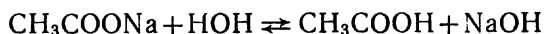
В 2 пробирки прибора поместите по 2 одинаковых кусочка цинка и прилейте в одну пробирку 2 мл уксусной кислоты, в дру-

гую — столько же соляной. Определите объем выделившегося в единицу времени водорода и оцените относительную химическую активность кислот.

Опыт 17-19. Характер гидролиза солей карбоновых кислот — признак слабых кислот.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, горелка или спиртовка, разбавленный раствор ацетата натрия

В пробирку налейте 4—5 мл раствора ацетата натрия и несколько капель фенолфталеина. Раствор взболтайте, а затем нагрейте. Появление розовой окраски свидетельствует о реакции:

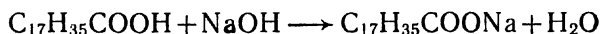


Ацетат натрия — соль, образованная сильным основанием и слабой кислотой.

Опыт 17-20. Взаимодействие стеариновой и олеиновой кислот со щелочью.

Оборудование и материалы. Пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, стеариновая кислота, олеиновая кислота, бензол (бензин), фенолфталеин, 1%-ный раствор гидроксида натрия.

В пробирку налейте 3 мл раствора гидроксида натрия, 1—2 капли фенолфталеина и прибавьте раствор стеариновой кислоты в бензоле до исчезновения розовой окраски, т. е. до нейтрализации щелочи кислотой:



В другую пробирку налейте такой же объем щелочи с фенолфталеином и олеиновой кислоты:



Опыт 17-21. Каталитическое окисление парафина.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, горелка или спиртовка, металлический штатив, масляная или глицириновая баня, термометр на 150°C, фарфоровый стакан, стеклянная палочка, парафин, концентрированный раствор перманганата калия, разбавленный раствор метилового оранжевого или универсальный индикатор, известковая вода, аммиачный раствор оксида серебра, газометр с кислородом.

До начала уроков подготовьте смесь парафина и катализатора. Для этого 10 г парафина поместите в фарфоровый стакан и погрузите его в масляную (глицириновую) баню, нагретую до 120—130°C. К расплавленному парафину добавляйте каплями при помешивании стеклянной палочкой насыщенный раствор перманганата калия (из расчета 0,4 г в 1 мл воды). Смесь перемешивайте до полного испарения воды, что можно установить, подняв палочку (она должна быть все время в стакане): если отделяются прозрачные неокрашенные капли, то вода в смеси отсутствует.

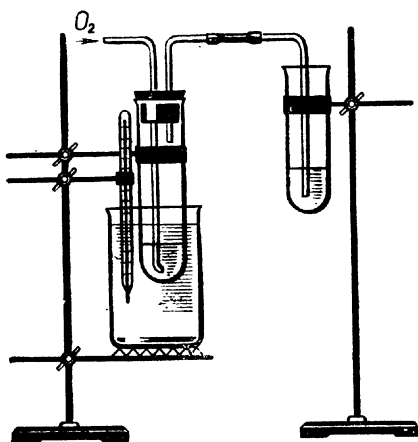


Рис. 17-7. Окисление парафина.

Для опыта соберите прибор (рис. 17-7). В большую пробирку вылейте половину смеси парафина с катализатором (вторую половину плотно закройте и сохраните на последующие опыты) и укрепите ее в лапке штатива таким образом, чтобы смесь была погружена в масляную (глицериновую) баню. Вставьте в пробку термометр и укрепите его в лапке штатива. Большую пробирку закройте пробкой с отводной трубкой, конец которой погружен в пробирку с 1,5—2 мл разбавленного раствора метилового оранжевого (или универсального индикатора).

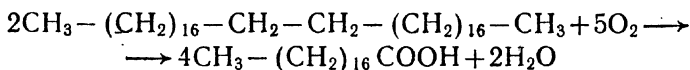
После этого поднимите температуру бани до 130—140°C и начните подавать кислород из газометра. Конец трубки, по которой поступает кислород, должен почти достигать дна пробирки.

Через некоторое время происходит покраснение индикатора, что доказывает образование кислот. Для обнаружения муравьиной кислоты в пробирку вместо индикатора налейте аммиачный раствор оксида серебра. При пропускании газа в известковую воду можно обнаружить оксид углерода (IV).

Опыт окисления парафина проходит значительно быстрее, если к свежему парафину добавить немного частично окисленного (в отношении 1:3). В этом случае для окисления можно использовать как чистый кислород, так и воздух.

Примечание. При пользовании масляной (глицериновой) баней соблюдайте меры предосторожности: на асбестированную сетку не должны попадать капли парафина или масла (глицерина). Пробирку, в которой был парафин, промойте бензолом (нагревательные приборы при этом убирают).

Проводя опыт окисления парафина, желательно привести примеры окисления отдельных углеводородов до карбоновых кислот, например:

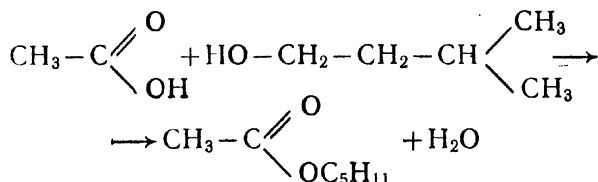


4. СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ. ЖИРЫ

Опыт 17-22. Получение уксусноизоамилового эфира.

Оборудование и материалы. Колба емкостью 50 мл, водяная баня, металлический штатив, горелка или спиртовка, измерительный цилиндр, стакан, делительная воронка, изоамиловый спирт, 80%-ная уксусная кислота, серная кислота (пл. 1,84).

В колбу прилейте 6 мл изоамилового спирта, 6 мл уксусной кислоты и 4 мл серной кислоты. Смесь перемешайте и нагревайте в кипящей водяной бане до появления желтого окрашивания:

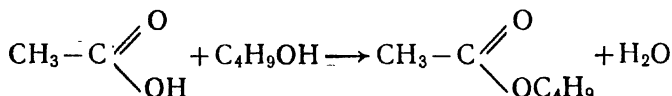


Вылейте жидкость в стакан с водой — эфир всплывает. Для отделения эфира содержимое стакана вылейте в делительную воронку.

Опыт 17-23. Получение уксуснобутилового (изобутилового) эфира.

Оборудование и материалы. Колба емкостью 50 мл, водяная баня, штатив металлический, горелка или спиртовка, измерительный цилиндр, стакан, делительная воронка, бутиловый или изобутиловый спирт, 80%-ная уксусная кислота, серная кислота (пл. 1,84).

В колбу налейте 5 мл спирта, 5 мл уксусной кислоты и 3 мл серной кислоты. После взбалтывания поместите колбу в кипящую водяную баню на 10 мин:



Затем содержимое вылейте в стакан с 50 мл воды — эфир всплывает. Отделите его с помощью делительной воронки.

Опыт 17-24. Экстрагирование масла из семян.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, воздушный холодильник (трубка длиной 600—700 мм), водяная баня, горелка или спиртовка, ступка с пестиком, фарфоровая чашка, фильтровальная бумага, семена подсолнечника, очищенные от шелухи, бензин.

В пробирку поместите 1 г измельченных в ступке семян подсолнечника, прилейте 5 мл бензина и присоедините воздушный холодильник (рис. 17-8). Содержимое пробирки энергично взболтайте и нагревайте 5 мин на водяной бане, периодически продолжая взбалтывание, затем слейте жидкость в фарфоровую чашку и поставьте ее на кипящую водяную баню. После испарения растворителя в чашке остаются капли масла, которые можно перенести на фильтровальную бумагу.

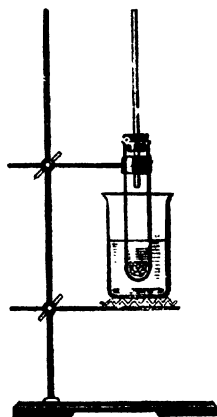


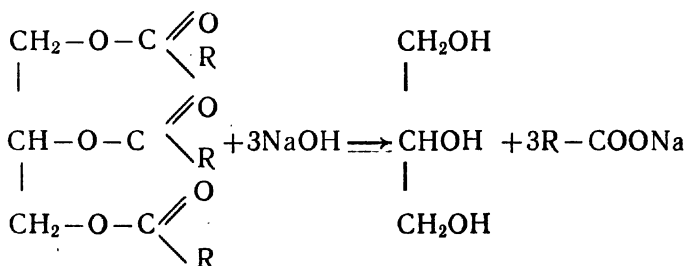
Рис. 17-8. Экстрагирование масла из семян.

В опыте показан лишь принцип экстрагирования и не ставилась цель полностью извлечь масло.

Опыт 17-25. Гидролиз жиров.

Оборудование и материалы. Колба емкостью 50 мл или большая пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, водяная баня, горелка или спиртовка, держатель, стеклянная палочка, стакан, обратный воздушный холодильник, топленое масло или свиной жир, этиловый спирт, 40%-ный раствор гидроксида натрия, дистиллированная вода, насыщенный раствор хлорида натрия, 10%-ный раствор серной кислоты, 3%-ный раствор сульфата меди.

В колбу поместите 5—6 г топленого масла или свиного жира, прилейте 8 мл спирта¹ и 7—8 мл раствора гидроксида натрия. Смесь перемешайте стеклянной палочкой. К колбе присоедините обратный воздушный холодильник и поместите ее в нагретую до кипения водяную баню (рис. 17-8). Смесь становится прозрачной. Чтобы определить, произошел ли гидролиз, возьмите пробу: несколько капель гидролизата отлейте в пробирку с горячей дистиллированной водой. Если проба полностью растворяется в воде, не выделяя капли жира, гидролиз закончен:



Густая жидкость гидролизата содержит соли карбоновых кислот и глицерин. Для выделения карбоновых кислот из смеси отлейте 3—4 мл раствора, прилейте к нему серную кислоту (до кислой реакции) — выделяются белые хлопья — жирные кислоты. Для отделения солей остальной раствор вылейте в стакан, содержащий 50 мл горячего насыщенного раствора хлорида натрия, — на поверхность всплывают соли жирных кислот (происходит, как говорят, высаливание мыла). После охлаждения холодной водой мыло затвердевает, его можно извлечь палочкой. Для обнаружения в водном растворе глицерина отлейте 4—5 мл раствора (он имеет щелочную среду), добавьте несколько капель 3%-ного раствора сульфата меди — образуется раствор синего цвета.

¹ Жир растворяется в спирте и быстрее вступает в реакцию со щелочью, чем в водной среде.

5. УГЛЕВОДЫ

Опыт 17-26. Брожение глюкозы¹.

Оборудование и материалы. Колба круглодонная или коническая емкостью 150—200 мл, колба плоскодонная емкостью 100 мл, металлический штатив, жестяная банка, служащая баней, термометр на 100°C, электролампочка на 15 Вт (напряжение 220 В), глюкоза, дрожжи, известковая вода.

Подготовьте прибор, изображенный на рисунке 17-9. Жестяную банку поставьте на дно другой такой же банки (ранты их можно спаять в нескольких местах), у которой сделан внизу вырез для проводов, отходящих от лампочки. В верхнюю банку налейте воду (комнатная температура). Под нижней банкой установите лампочку и включите ее в сеть через регулятор напряжения. Подбором напряжения добейтесь стабильного нагревания воды до 25—37°C.

В круглодонную или коническую колбу налейте 30 мл дистиллированной воды, растворите в ней 10 г глюкозы и добавьте 1 г дрожжей. Колбу закройте газоотводной трубкой, конец которой проходит в известковую воду. Процесс брожения происходит при постоянной температуре:

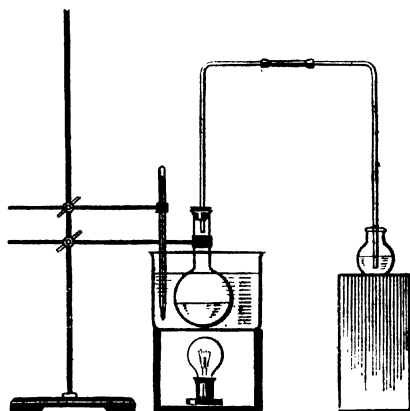


На следующем занятии покажите, что известковая вода помутнела от выделившегося при брожении оксида углерода (IV). Жидкость в круглодонной колбе подвергните перегонке. Спирт обнаружьте по характеру горения первых капель отгона.

Опыт 17-27. Гидролиз сахарозы.

Оборудование и материалы. Пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, горелка или спиртовка, 3%-ный раствор сахарозы, соляная кислота (1:3) или серная кислота (1:5), 3%-ный раствор сульфата меди, 10%-ный раствор гидроксида натрия.

В 2 большие пробирки налейте по 6—7 мл раствора сахарозы и добавьте в одну из них 2—3 капли серной или соляной кислоты. Пробирки несильно нагревайте в течение 2—3 мин, затем



¹ Брожение — процесс очень медленный, поэтому на одном из уроков опыт начинают, а результаты его показывают на другом (в последующие дни). При проведении опыта брожения необходимо поддерживать постоянную температуру.

Рис. 17-9. Брожение глюкозы.

охладите их и прилейте в каждую несколько капель раствора сульфата меди и избыток раствора гидроксида натрия. При этом можно заметить образование красного (коричневого) осадка оксида меди (I) в пробирке, в которую была добавлена кислота. Следовательно, кислота явилась катализатором гидролиза сахарозы:



Нагревание раствора сахарозы без кислоты не дало такого результата.

Опыт 17-28. Образование сахара кальция.

Оборудование и материалы. Колба коническая емкостью 100 мл, пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, горелка или спиртовка, стеклянная палочка, фильтровальная бумага, аппарат Киппа, заряженный на оксид углерода (IV), 20%-ный раствор сахарозы, известковое молоко (свежеприготовленное).

В колбу поместите 8—10 мл раствора сахарозы и по каплям при помешивании стеклянной палочкой добавьте известковое молоко — гидроксид кальция растворяется. Затем добавьте еще 5—6 мл известкового молока, размешайте палочкой и дайте смеси отстояться — осадок не растворяется даже при взбалтывании. Через несколько минут смесь отфильтруйте, фильтрат разлейте в 2 пробирки.

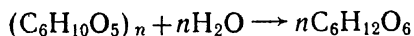
Раствор в одной пробирке нагрейте до кипения — выпадает белый кристаллический осадок трехкальцевого сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot 3\text{CaO} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При охлаждении и взбалтывании осадок растворяется, а при нагревании снова появляется.

В фильтрат другой пробирки пропустите оксид углерода (IV) — образуется осадок карбоната кальция.

Опыт 17-29. Кислотный гидролиз крахмала.

Оборудование и материалы. Стакан или колба коническая емкостью 100 мл, металлический штатив, асбестированная сетка, пробирки, держатель, горелка или спиртовка, 1—2%-ный крахмальный клейстер, раствор серной кислоты (1 : 5) или соляной кислоты (1 : 3), 3%-ный раствор сульфата меди, 10%-ный раствор гидроксида натрия, спиртовой раствор иода.

В стакан или колбу налейте 20 мл крахмального клейстера, 2 мл раствора кислоты и нагревайте через асбестированную сетку:



Периодически, примерно через 1—2 мин после начала кипения, отливайте по 0,5—1,0 мл раствора для пробы. Пробирки с пробой охлаждайте и добавляйте по несколько капель иода. Можно заметить постепенное изменение окраски иода: синяя, фиолетовая, красная (образуются декстрины) и, наконец, желтая (окраска иода). После этого раствор еще кипятите несколь-

ко минут. Гидролиз крахмала проведен до конца, остается доказать, что в растворе имеется глюкоза.

Отлейте в пробирку 4—5 мл раствора (гидролизата), прибавьте сначала 0,5 мл раствора сульфата меди, затем раствор гидроксида натрия до появления светло-синей окраски. Обычно щелочь берется в избытке. Затем нагрейте пробирку — образуется красный осадок оксида меди (I).

Опыт 17-30. Гидролиз целлюлозы.

Оборудование и материалы. Фарфоровая ступка с пестиком, стеклянная палочка, стакан или колба емкостью 100 мл, металлический штатив, асбестированная сетка, пробирки, горелка или спиртовка, серная кислота (пл. 1,84), 10%-ный раствор гидроксида натрия, 3%-ный раствор сульфата меди, вода.

В фарфоровую ступку поместите небольшой комочек ваты, прилейте пипеткой 10 капель концентрированной серной кислоты и разотрите вату пестиком до получения густой кашицы. Если кислоты оказалось мало, добавьте ее немного (каплями) и снова разотрите пестиком. Затем в ступку налейте 10—15 мл воды, пестиком размешайте кашицу и вылейте ее в стакан или колбу. Через асбестированную сетку нагревайте стакан в течение 10 мин. В пробирку отлейте 3—4 мл гидролизата и проведите реакцию на глюкозу (см. гидролиз крахмала).

Опыт 17-31. Свойства нитроцеллюлозы (нитроцеллетчатки).

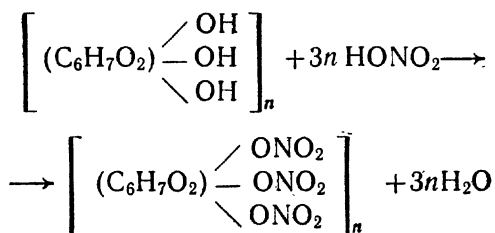
Оборудование и материалы. Стакан емкостью 150—200 мл, стеклянная палочка, фильтровальная бумага, вата, серная кислота (пл. 1,84), азотная кислота (пл. 1,52).

Нитроцеллюлозу получите накануне уроков. Для этого в стакан налейте 4 мл дымящей азотной кислоты¹ и небольшими порциями, осторожно, при взбалтывании добавьте 8 мл концентрированной серной кислоты. Дайте остыть нитрующей смеси и опустите в нее на 15—20 мин небольшой комочек ваты. Палочкой осторожно поверните вату несколько раз.

Затем вату осторожно выньте палочкой из кислоты и перенесите в стакан с холодной водой. Смените несколько раз воду, после чего вату разрыхлите и промойте водой под краном. Отжав рукой вату, просушите ее в листах фильтровальной бумаги. Разрыхлите тщательно вату и еще раз просушите ее фильтровальной бумагой. Разрыхленную вату (без комочков) на фильтровальной бумаге положите на несколько часов на теплую батарею или подержите высоко над пламенем.

¹ Азотная кислота (пл. 1,4), поступающая в продажу, непригодна для получения нитроцеллюлозы. Более концентрированную азотную кислоту (дымящую) можно получить из нитратов действием концентрированной серной кислоты.

В результате нитрования целлюлозы получилась нитроцеллюлоза:



В условиях данного опыта образуется значительный процент динитроцеллюлозы $\left[(C_6H_7O_2) \begin{array}{l} \diagup ONO_2 \\ - ONO_2 \\ \diagdown OH \end{array} \right]_n$.

На стекло положите маленькие комки ваты и нитроцеллюлозы (нитрованной ваты) и подожгите их. Нитроцеллюлоза легко вспыхивает, быстро сгорает, не оставляя пепла.

Опыт 17-32. Получение нитей из ацетилцеллюлозы.

Оборудование и материалы. Фарфоровый тигель с крышкой или стеклянный бюкс, стеклянная палочка, шприц медицинский, стеклянная пластина, диацетат или триацетат, органические растворители (ацетон, метиленхлорид).

Для приготовления раствора¹ в бюкс поместите 1,5 г ацетилцеллюлозы, прилейте 10 мл растворителя (для диацетата — ацетон, для триацетата — метиленхлорид) и размешайте стеклянной палочкой. Бюкс закройте крышкой и оставьте стоять до полного растворения ацетилцеллюлозы.

Для получения нитей сухим способом (испарением растворителя) налейте в медицинский шприц до половины его объема раствор и вставьте поршень. Наклонив шприц, удалите весь воздух (он обрывает нити). Равномерным движением поршня раствор тонкой непрерывной струей вылейте на стеклянную пластину. Для быстрого испарения растворителя пластину следует подержать высоко над пламенем — на стекле останется длинная нить, которая легко отделяется. Нить обладает блестящим, но малой прочностью.

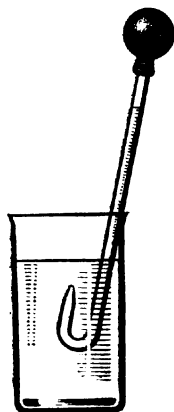


Рис. 17-10. Трубка, наполненная медноаммиачным раствором.

¹ Диацетат и триацетат растворяются 5—6 ч, поэтому их растворы готовят до урока.

Опыт 17-33. Получение медноаммиачных нитей.

Оборудование и материалы. 2 стеклянных стакана емкостью 100 мл, стеклянная палочка, трубка стеклянная длиной 300—350 мм с изогнутым оттянутым концом, пинцет, серная кислота (1:5), малахит, 25%-ный раствор аммиака.

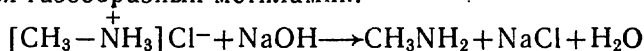
0,5 г малахита растворите при помешивании в 10 мл аммиака. В получившийся синий раствор опустите небольшой комочек ваты, палочкой помешивайте до образования вязкой однородной жидкости, из которой можно получать нити. Для этого трубку с изогнутым концом погрузите в жидкость и с помощью груши заполните ее (рис. 17-10). Затем уберите грушу, закройте верхний конец трубки пальцем. В другой стакан налейте 50 мл кислоты, погрузите в нее трубку с раствором и отнимите палец — раствор вытекает тонкой струей в кислоту, при этом целлюлоза выделяется в виде нитей. Пинцетом захватите у оттянутого конца трубки появившуюся нить и тяните ее вверх. Подачу раствора регулируйте пальцем, открывая или закрывая трубку.

1. АМИНЫ. АМИНОКИСЛОТЫ

Опыт 18-1. Получение метиламина и изучение его свойств.

Оборудование и материалы. Пробирка длиной 210 мм и диаметром 20 мм, газоотводная трубка с оттянутым концом, стеклянная палочка, горелка или спиртовка, хлористоводородный метиламин $[\text{CH}_3-\text{NH}_3^+]\text{Cl}^-$ или $[\text{CH}_3\text{NH}_2]^+\text{Cl}^-$, 40%-ный раствор гидроксида натрия, фенолфталеин, соляная кислота (пл. 1,19).

В большую пробирку поместите 1,5—2 г хлористоводородного метиламина и прилейте щелочи столько, чтобы смочить ею соль. К пробирке присоедините небольшую газоотводную трубку с оттянутым концом (рис. 18-1). При подогревании смеси выделяется газообразный метиламин:



Выделяющийся газ подожгите — метиламин горит на воздухе бесцветным пламенем. Такой же опыт проведите с аммиаком. Он не горит на воздухе, а горит только в атмосфере кислорода.

Погасив пламя горящего метиламина, поднесите к отверстию трубки стеклянную палочку, смоченную концентрированной соляной кислотой, — появляется «дымок» образовавшейся соли. Повторите опыт и с аммиаком.

Пропустите метиламин в пробирку с 3—4 мл воды, к которой добавлено 1—2 капли фенолфталеина, газ растворяется в воде, появляется розовая окраска. Прodelайте ту же операцию с аммиаком.

В результате сравнения свойств метиламина и аммиака можно составить таблицу.

Таблица 4

Свойства	
NH_3	CH_3NH_2
Горит только в кислороде: $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	Горит на воздухе: $4\text{CH}_3\text{NH}_2 + 9\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$
Отношение к воде: $\text{NH}_3 + \text{H}^+\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	Отношение к воде: $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}^+\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{CH}_3\text{NH}_3]^+ + \text{OH}^-$
Отношение к кислотам: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4^+\text{Cl}^-$	Отношение к кислотам: $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow [\text{CH}_3\text{NH}_3]^+\text{Cl}^-$

Примечание. Для опыта вместо раствора гидроксида натрия можно использовать натронную известь (ее берется по количеству в два раза больше, чем хлористоводородной соли).

Опыт 18-2. Окисление анилина¹ хлорной известью.

Оборудование и материалы. Колба коническая емкостью 100 мл, колба плоскодонная емкостью 250 мл, анилин, хлорная известь.

В колбу с 150 мл воды прибавьте 5—6 капель анилина и энергично взболтайте до полного растворения. В коническую колбу отлейте 20—30 мл разбавленного раствора анилина (остальной раствор можно использовать для других опытов или в параллельных классах) и прилейте немного профильтрованного водного раствора хлорной извести. Постепенно появляется фиолетовая окраска. Реакция анилина с хлорной известью очень чувствительная, она позволяет установить следы анилина.

Примечание. Если хлорная известь несвежая, долго находилась в лаборатории, тогда ее водный раствор насыщают хлором.

Опыт 18-3. Окисление анилина дихроматом калия.

Оборудование и материалы. Колба коническая емкостью 100 мл, колба плоскодонная емкостью 250 мл, анилин, насыщенный водный раствор дихромата калия, раствор серной кислоты (1:5).

В коническую колбу налейте 20 мл разбавленного раствора анилина, 3 мл раствора дихромата калия и 1 мл раствора серной кислоты — жидкость окрашивается в темно-зеленый цвет, переходящий постепенно в черный.

Вместо разбавленного раствора анилина можно воспользоваться его водной эмульсией. Для получения эмульсии в пробирку с 5 мл воды прилейте 5 капель анилина и энергично взболтайте смесь. К эмульсии прибавьте 15 мл хромовой смеси. При нагревании смесь приобретает зеленую окраску, переходящую в синюю и, наконец, в черную. Выпадает черный осадок — краситель.

Примечание. Для приготовления хромовой смеси в концентрированную серную кислоту добавьте размельченного в порошок кристаллического дихромата калия (5% от массы кислоты) и нагрейте на водяной бане до растворения соли.

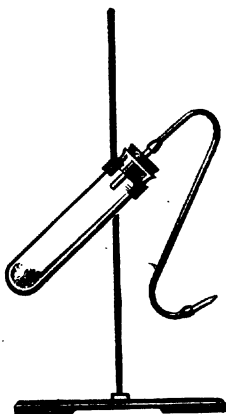


Рис. 18-1.
Получение метиланилина и изучение его свойств.

¹ При продолжительном стоянии в кабинете неплотно закрытой склянки с анилином можно заметить, как бесцветная жидкость постепенно превращается в желтую, затем темную жидкость. Для демонстрации анилина и проведения с ним опытов следует пользоваться свежеперегнанным препаратом.

Опыт 18-4. Окраска ткани черным анилином.

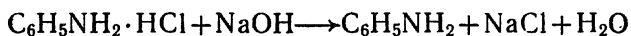
Оборудование и материалы. 2 стакана емкостью 250 мл, металлический штатив, асбестированная сетка, горелка или спиртовка, стеклянная палочка, 1%-ный раствор гидроксида натрия, дихромат калия, серная кислота (пл. 1,84), соляная кислота (пл. 1,19), анилин.

Для подготовки к крашению полотняную или хлопчатобумажную ткань прокипятите в растворе щелочи. Затем растворите в 150 мл воды 2 г дихромата калия, добавьте 1 мл серной кислоты, 1 мл соляной кислоты и 1 мл анилина. Смесь перемешайте палочкой, опустите в нее ткань и нагрейте до кипения, продолжая помешивание. Палочкой выньте ткань и ополосните водой (краситель нерастворим в воде).

Опыт 18-5. Получение анилина из нитробензола.

Оборудование и материалы. Колба коническая или плоскодонная емкостью 100 мл, воздушный нисходящий холодильник, металлический штатив, асбестированная сетка, горелка или спиртовка, нитробензол, кусочки цинка или олова, соляная кислота (пл. 1,19), 40%-ный раствор гидроксида натрия.

Налейте в колбу 0,5 мл нитробензола, туда же поместите 2,0—2,5 г цинка или олова и прилейте 4 мл концентрированного раствора соляной кислоты. Смесь нагрейте до слабого кипения и продолжайте нагревание при частом встряхивании до исчезновения запаха нитробензола. При этом цинк реагирует с соляной кислотой, выделяющийся водород восстанавливает нитробензол в анилин, образующий с кислотой хлористоводородный анилин $C_6H_5NH_2 \cdot HCl$. Для выделения анилина охладите смесь и прилейте к ней концентрированный раствор гидроксида натрия до растворения осадка гидроксида цинка:



Затем к колбе присоедините нисходящий холодильник (рис. 18-2) и отгоните анилин. Так как анилин имеет высокую температуру кипения ($184^\circ C$), то он отгоняется вместе с парами воды в виде белой эмульсии. Для обнаружения анилина к эмульсии прилейте раствор хлорной извести.

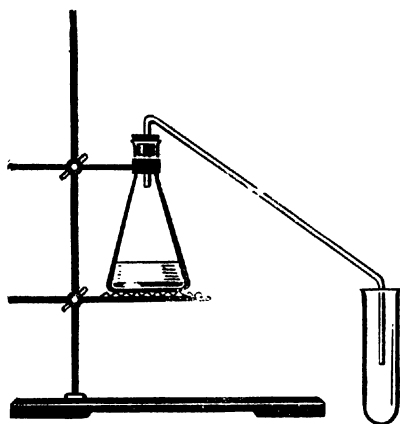


Рис. 18-2. Отгонка с нисходящим воздушным холодильником.

Опыт 18-6. Получение нитей капрона.

Оборудование и материалы. Пробирки, металлический штатив, горелка или спиртовка, стеклянная палочка, капроновая крошка.

В дне пробирки пробейте отверстие диаметром 3—4 мм (капроновая крошка не должна вываливаться) и поместите в нее несколько кусочков капроновой крошки. Для удобства пробирку укрепите в штативе под небольшим наклоном на высоте 30—40 см и нагревайте горелкой или спиртовкой до расплавления капрона (температура $210\text{--}215^\circ\text{C}$). Палочкой захватите каплю расплава, образующуюся нить вытяните и прикрепите к другой пробирке (рис. 18-3). Далее уже без палочки вращением пробирки в одну сторону продолжайте наматывать на ней нить, пока не остынет расплав. При желании продолжить процесс «прядения» снова нагрейте капроновую крошку.

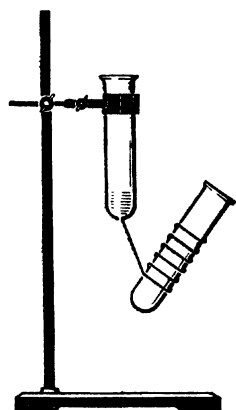


Рис. 18-3. Формование капроновых нитей.

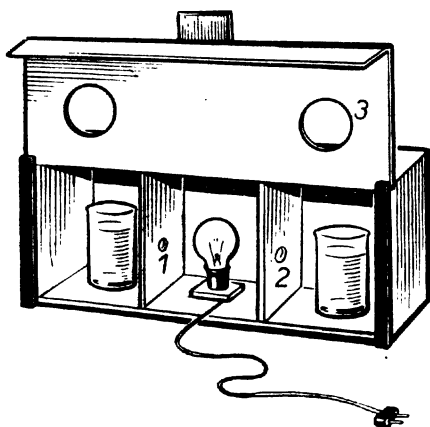
Полученную нить (она может достигнуть 3—4 м) снимите с пробирки и подвергните дополнительной вытяжке. Учащиеся убеждаются в большой прочности и эластичности капроновых нитей.

2. БЕЛКИ

Опыт 18-7. Демонстрация коллоидного состояния белков.

Оборудование и материалы. 2 стакана емкостью 200—250 мл, стеклянная палочка, прибор (рис. 18-4), яичный белок, 5%-ные растворы сульфата меди и глюкозы.

В один стакан налейте 200 мл водного отфильтрованного раствора яичного белка, в другой — такой же объем раствора сульфата меди. Стаканы поставьте в разные отделения прибора, позволяющего сравнивать коллоидные системы с истинными растворами. Прибор представляет собой фанерный ящик размером $42 \times 12 \times 24$ см, разделенный перегородками на три равные отделения.



В среднем отделении укрепляют патрон с электрической лампой на 50—100 Вт. Лучи света от нее проходят через круглые отверстия 1, 2. Ящик закрыт передней стенкой 3, в которой имеются 2 круглых отверстия для наблюдения исследуемых

Рис. 18-4. Прибор для обнаружения коллоидных систем.

растворов. Среднее отделение ящика окрашивают в белый цвет, а крайние — в черный. Поставив растворы, опускают переднюю стенку ящика и включают в сеть электрическую лампу. Ту же операцию проделывают с раствором глюкозы.

Светлый луч в коллоидном растворе можно заметить тогда, когда глаз адаптируется в темноте.

Опыт 18-8. Определение коллоидного состояния белка с помощью проекторов.

Оборудование и материалы. Диа- или кинопроектор, самодельный колпак, яичный белок, 5%-ные растворы сульфата меди и глюкозы.

На объектив диа- или кинопроектора наденьте колпак, склеенный из черной бумаги. В центре колпака изнутри проколите иглой маленькое отверстие. На расстоянии 30—40 см от объектива поставьте поочередно колбы или стаканы с коллоидным и истинным растворами (рис. 18-5). В коллоидном растворе виден пучок света («светлая дорожка»), в истинном — нет.

Примечание. Для изготовления колпака склейте бумажный цилиндр по диаметру объектива, затем вклейте дно, в котором проколите иглой отверстие.

Опыт 18-9. Растворение и осаждение белков.

Оборудование и материалы. Пробирки длиной 210 мм и диаметром 20 мм, стакан, горелка или спиртовка, коническая воронка, держатель, насыщенные растворы сульфата аммония и сульфата меди, хлорид натрия (порошок), яичный белок, молоко, азотная кислота (пл. 1,4), серная кислота (пл. 1,84), раствор фенола, формалин, 80%-ный раствор уксусной кислоты.

а) Действие на растворы белков аммонийных солей и солей щелочных металлов. В пробирку налейте 2 мл раствора яичного белка и добавьте такой же объем раствора сульфата аммония. После взбалтывания жидкость мутнеет. Если прилить к ней воду, осадок белка снова растворяется.

Налейте в пробирку 2 мл раствора яичного белка и добавьте при помешивании до полного насыщения тонкоизмельченный хлорид натрия. Появляется осадок белка, который с разбавлением растворяется.

Аммонийные соли и соли щелочных металлов обратимо осаждают многие белки.

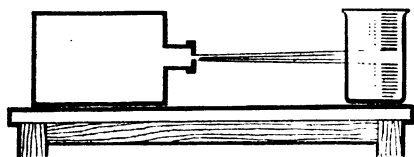


Рис. 18-5. Обнаружение коллоидных систем.

б) Осаждение белков солями тяжелых металлов. В пробирку с 2 мл яичного белка прилейте при взбалтывании по 0,5—1 мл растворов сульфата меди, ацетата свинца, нитрата серебра и др. — образуется хлопьевидный осадок. Прилейте

к нему при взбалтывании 10—15 мл воды — белок не растворяется (необратимый процесс).

в) *Осаждение белков концентрированными неорганическими кислотами.* К двум пробиркам, содержащим по 2 мл яичного белка, добавьте по каплям: в одну — концентрированную азотную кислоту, в другую — концентрированную серную кислоту. Образуются осадки, которые не растворяются в воде. Концентрированные неорганические кислоты осаждают почти все белки.

г) *Денатурация белков фенолом и формалином.* К двум пробиркам, содержащим по 2 мл яичного белка, прилейте: в одну — 2 мл раствора фенола, в другую — такой же объем формалина. В пробирках выпадают белые осадки, не растворяющиеся в воде. На этом свойстве основано применение фенола и формалина для дезинфекции, использование формалина для протравливания семян, в кожевенном производстве и т. п.

д) *Осаждение белка казеина уксусной кислотой.* В стакан налейте 5 мл молока, 10 мл дистиллированной воды и 2 мл концентрированной уксусной кислоты. Осаждается белый осадок — белок казеин. Осадок отфильтруйте и прибавьте к нему воды — казеин не растворяется.

е) *Свертывание белков при нагревании.* В пробирку налейте 2 мл яичного белка и нагрейте в пламени спиртовки или горелки. После остывания пробирки прилейте при взбалтывании 5—7 мл воды — белок не растворяется. Большинство белков при нагревании необратимо свертывается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верховский В. Н., Смирнов А. Д. Техника химического эксперимента, т. I. М., «Просвещение», 1973; т. II, 1975.
2. Воскресенский П. И. Техника лабораторных работ. М., «Химия», 1973.
3. Иванова М. А., Конова М. А. Химический демонстрационный эксперимент. Под ред. проф. С. А. Шукарева. М., «Высшая школа», 1969.
4. Кирюшкин Д. М., Полосин В. С. Методика обучения химии. М., «Просвещение», 1970.
5. Ключников Н. Г. Неорганический синтез. М., «Просвещение», 1971.
6. Некрасов В. В. Руководство к малому практикуму по органической химии. М.—Л., «Химия», 1975.
7. Платонов Ф. П. Лекционные опыты и демонстрации по неорганической химии. Под ред. проф. Г. П. Хомченко. М., «Высшая школа», 1976.
8. Полосин В. С. Школьный эксперимент по неорганической химии. М., «Просвещение», 1970.
9. Хомченко Г. П., Платонов Ф. П. Уникальный музей. — «Наука и жизнь», 1969, № 10.
10. Хомченко Г. П., Севастьянова К. И. Практические работы по неорганической химии с применением полумикрометода. М., «Просвещение», 1976.
11. Цветков Л. А. Эксперимент по органической химии в средней школе. М., «Просвещение», 1973.
12. Чертков И. Н., Черняк И. А., Колударов Ю. А. Самодельные демонстрационные приборы по химии. М., «Просвещение», 1976.
13. Чертков И. Н. Эксперимент по полимерам в средней школе. М., «Просвещение», 1971.

Азота

- получение 86
- оксида (IV) получение 91
- — свойства 92

Аккумулятор свинцовый 124—126**Алюминия**

- оксидной пленки прочность 110
- — — разрушение 127
- растворение в щелочи 111, 112
- реакция с бромом 52, 53
- — с водой 110, 111
- — с иодом 52, 53
- гидроксида свойства 112
- сульфата кристаллогидрат 49

Алюминотермия 112, 113**Альдегида уксусного получение 179—181****Аммиака**

- горение 91
- окисление 91
- получение 88, 89
- растворение 89, 90
- реакция с хлороводородом 48
- синтез 86—88

Аммония

- нитрата реакция с водой 39
- роданид 18, 36, 117, 118

Анилина

- окисление 193
- получение из нитробензола 194

Анилином черным окраска ткани 194**Аппарат Гофмана 11**

- Киппа 26, 28, 30, 31

Аппарата Киппа зарядка 26, 27

- — проверка на герметичность 26
- — разрядка 27

Ацетилена получение 150, 151

- реакция с бромом 152
- — с перманганатом калия 152

Ацетилена реакция с хлором 153

- сжигание 151, 152

Бария ионов обнаружение 109

- пероксид 23, 35

Белков коллоидное состояние 195 196

- осаждение 196, 197
- растворение 196

Бензина ароматизация (риформинг) 165—167**Бензола бромирование 154, 155**

- горение 154
- кристаллизация 152
- нитрование 155, 156
- получение 153, 154

Берлинская лазурь 117**Брома растворение в бензине 59**

- — в воде 59
- — в тетрахлориде углерода 59

Веществ очистка 6**Весы теххимические 13, 14, 28****Водорода горение в кислороде 30, 31**

- — в хлоре 31
- испытание на чистоту 27
- переливание 29
- пламя 28, 30
- плотность 28
- получение 26
- поджигание 27
- реакция с серой 32
- физические свойства 28, 29
- собирание 28
- пероксид 20
- пероксида обнаружение 35
- — окислительные свойства 71
- — получение 35
- — разложение 76

- Воды дистиллированной получение 33
- жесткой свойства 108—110
 - очистка перегонкой 6
 - реакция с оксидом кальция 33
- Возгонка солей 90
- Воздуха растворимость в зависимости от температуры 37, 38
- Вода
- катализатор 53
- Воды и бензина разделение 6
- получение из воздуха 33
 - синтез 11
 - фильтрование 6
 - хлорной получение 55
 - электролиз 11
- Воздуха определение состава 24, 25
- Волокна ацетилцеллюлозы получение 190
- капронового получение 194, 195
 - медноаммиачного получение 191
- Воронка Бюхнера 8
- делительная 6, 20, 23
- Газа гремучего взрыв 32
- Галогенидов реакция с серной кислотой 61
- Галогеноводородов термическая устойчивость 53
- Гексана крекинг 160, 161
- Гипса свойства 108
- Глицерина реакция с гидроксидом меди (II) 176
- — с натрием 175, 176
- Глюкозы брожение 187
- Диссоциации степень 73, 74, 82
- степени изменение 83
- Диссоциация электролитическая 79
- Диффузия 36, 37
- Древесины термическое разложение 96
- Железа горение 21, 22
- защитной пленки образование 126, 127
 - иона Fe^{2+} свойства 119
 - — Fe^{3+} свойства 119
- Железа ионов обнаружение 117
- коррозия 128, 129
 - пассивация 130
 - пирофорного получение 116, 117
 - свойства 116, 118
 - гидроксида (II) окисление 129
 - сульфида синтез 17
 - роданид 18
 - хлорида (III) гидролиз 103
 - — свойства 18
- Жидкость охлаждающая 33
- Жиров гидролиз 186
- Известь натронная 32
- Изооктана крекинг 161, 162
- Ингибиторы 131
- Индикаторов изменение цвета 51
- Иода возгонка 9
- действие на крахмал 60
 - растворение 59, 60
 - экстракция 60
- Ионов гидратация и дегидратация 84
- движение в электрическом поле 84
- Кадмия сульфида выделение 67
- Калия гидроксида теплота растворения 45
- нитрата кристаллизация 37
 - — разложение 49
 - реакция с водой 52
 - роданид 36
 - хлорат 20, 21
- Кальция ионов обнаружение 109
- сахара образование 188
 - хлорида кристаллогидрат 36
- Капилляра получение 10
- Катализатора никелевого приготовления 167, 168
- Катализ гетерогенный 76
- гомогенный 76
- Катионов качественный анализ 84, 85
- Каучука
- выделение из резинового клея 150
 - разложение 148
 - растворимость в органических

- растворителях 149
 - реакция с бромом 149, 150
 - — с перманганатом калия 150
 - термопластичность 149
- Квасцов алюмокалиевых получение 48, 49
- Керосина крекинг 162—164
- Кислородных соединений галогенов сравнительная устойчивость 61, 62
- Кислот карбоновых свойства 182
- Кислоты азотной действие на древесину 93
 - — взаимодействие со скипидаром 93
 - — получение 91, 92
 - кремниевой получение 102
 - метафосфорной получение 94
 - олеиновой реакции со щелочью 183
 - сернистой получение 46
 - — реакция с окислителями 68
 - — — с сероводородной водой 68
 - серной гидраты 39
 - — реакция с водой 39
 - — свойства гигроскопические 70
 - стеариновой реакция со щелочью 183
 - фосфорной обнаружение 95
 - — получение 93—95
 - фуксинсернистой приготовление 179
- Кислорода горение в водороде 30, 31
 - получение 20, 21
 - реакция с аммиаком 91
- Клетчатки гидролиз 189
 - нитрование 190
- Колба Вюрца 23, 57
- Контракция 38, 39
- Крахмала гидролиз 188, 189
- Кремния получение 101
 - свойства 102
 - оксида (IV) свойства 102, 103
- Купорос железный 18
 - медный 18, 33, 36
- Купороса медного перекристаллизация 7, 8
- Лития реакция с водой 52
- Магния горение 10
 - — в парах воды 34, 35
 - защитной пленки разрушение 127
 - реакция с водой 54, 55
- Малахита разложение 16
- Масла экстрагирование 185
- Марганца оксид (IV) 20
 - сульфида выделение 66
- Меди вытеснение 18
 - окисление 44
 - оксида (II) восстановление 44
 - — получение 45
 - гидроксида (II) получение 45
 - гидроксида (II) свойства 45
 - сульфата (II) электролиз раствора 124
 - хлорида (II) электролиз раствора 122
- Металлов коррозия 127, 128
 - щелочноземельных пламя 108
 - щелочных пламя 105
 - — сравнение активности 52
- Метана горение в хлоре 139
 - получение 132—135
 - хлорирование 139—141
- Метиламина получение 192
 - свойства 192
- Микрогальванопары 128
- Модель опыта Бойля
 - — Ландольта 14
 - — Ломоносова 13
- Насадка «ласточкин хвост» 9
- Натрия реакция с водой 52, 54
 - ацетата кристаллогидрат 40, 41
 - гидроксида реакция с оксидом углерода (IV) 34
 - пероксида получение 105, 106
 - — свойства 106, 107
 - карбоната реакция с серной кислотой 19
 - силиката свойства 103, 104
 - сульфата кристаллогидрат 36, 40
 - — электролиз раствора 123, 124
 - сульфита кристаллогидрат 46
 - тиосульфата кристаллогидрат 41, 75

- Натрия хлорида очистка 107
 - — электролиз раствора 122, 123
- Нефти перегонка 159, 160
- Нитроклетчатки свойства 189
- Озона обнаружение 23, 24
 - получение 23
- Озонатор 23, 24
- Парафина воспламенение 10
 - окисление 183, 184
- Покрытия анодные 129
 - катодные 129
- Полиэтилена горение 147
 - диэлектрические свойства 147
 - отношение к кислотам и щелочам 148
 - — к окислителям 147
 - термопластичность 147
- Полистирола деполимеризация 157
- Прибор для горения газов 30, 31
 - для демонстрации электропроводности растворов 79
 - для изучения скорости коррозии 129
 - для иллюстрации сохранения массы 132, 133
 - для перегонки 7
 - для получения озона 23
 - — сернистой кислоты 46
 - для сравнения скоростей коррозии 131
 - для электролиза 122
- Равновесия химического смещение в зависимости от концентрации веществ 77
 - — — — от температуры 77
- Раствор маточный 8
- Раствора иодокрахмального приготовление 24
- Растворения тепловой эффект 39, 40
- Растворов пересыщенных кристаллизация 41—42
 - — получение 40, 41
 - электропроводность 79, 81
- Растворы неэлектролитов 80
 - электролитов 80
- Реакции ионные 84
- Реакций химических изменение скорости 72—76
- Реакция замещения 17, 18
 - нейтрализации 49—51
 - обмена 18
 - разложения 15, 16
 - соединения 17
- Резины стойкость к растворителям 149
 - термическая и механическая прочность 149
 - эластичность 148
- Ртуты оксида (II) разложение 15
- Сахара нагревание 10
- Сахарозы гидролиз 187, 188
- Свинца ацетат 17, 18
 - вытеснение 17
 - иодида кристаллизация 37
 - сульфида выделение 67
 - — образование 71
 - оксида восстановление (II) 98
- Серебра оксида разложение 16
 - — растворение 16
- Сероводорода горение 65
 - обнаружение 32
 - получение 32, 64
 - реакция с металлами 67
 - — с оксидом свинца (IV) 67
 - свойства 65, 66
- Серы аллотропические превращения 63
 - горение 21, 22, 49
 - плавление 63
 - пластической получение 63, 64
 - суспензии получение 64
 - оксида (IV) обесцвечивающее действие 69
 - — получение 67
 - — реакция с сероводородом 69
 - оксида (VI) получение 69
- Смеси пропан-бутановой хлорирование 139—141
- Смолы фенолформальдегидной получение 177, 178
- Солей карбоновых кислот гидролиз 183
- Сосуд Ландольта 14

- Спирта этилового реакция с бромоводородом 173
 — — — с металлами 171, 172
 Спиртов горение 175
 — растворимость в воде 174, 175
 — реакция с натрием 175
 Стекла свинцового получение 104
 Стирола полимеризация 157—159
 — получение 157
 — свойства 157
 Титрование 50, 51
 Толуола окисление 156, 157
 Трубки стеклянной сгибание 9
 Турбулева синь 117, 129
 Углеводородов предельных бромирование 141, 142
 — — горение 136, 137
 — — крекинг 164, 165
 — — разложение 142, 143
 — — свойства 138, 139, 143, 144
 — — установление качественного состава 136, 137
 Углерода оксида (II) получение 98, 100
 — — свойства 98, 99
 — оксида (IV) обнаружение 13, 16, 22
 — — получение 43, 100
 — — свойства 43, 44, 101
 Угля активированного получение 97
 — — свойства 97, 98
 — горение 21, 22, 49
 — каменного термическое разложение (коксование) 169, 170
 Хлора горение в водороде 31
 — получение 57, 58
 — свойства белящие 58, 59
 — реакция с водой 54, 55, 59
 — — с сурьмой 58
 Хлороводорода обнаружение 31
 — получение 46, 47
 — растворение в воде 46, 47
 Хрома пассивация I13, 114
 — — получение 113
 — оксида (III) получение 114
 — гидроксида (III) свойства 114, 115
 — оксида (VI) свойства 115
 Хроматов превращение 115, 116
 — свойства 116
 Цинка сульфида выделение 66
 — — синтез 17
 Циклогексана ароматизация 167, 168
 Эвдиометр 11, 12
 Экстрагирование 59
 Элемент гальванический марганцово-цинковой 121, 122
 — — медно-цинковый 120
 Элементов III периода сравнительная характеристика 55, 56
 Этилена бромирование 145, 146
 — горение 145
 — окисление 146
 — получение 144, 145
 — реакция с перманганатом калия 146
 Этиленгликоля реакция с гидроксидом меди (II) 176
 Эфира диэтилового получение 175
 — уксуснобутилового получение 185
 — уксусноизоамилового получение 184, 185
 Фенола вытеснение из фенолята натрия 177
 — реакция с бромом 178
 Фенола реакция с натрием 176
 — — со щелочью 176, 177
 Фильтр складчатый 8
 Формальдегида получение 181, 182
 Фосфора красного горение 22, 25
 — оксида (V) растворение в воде 25

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i>	3
Глава 1. Вещества и их изменения	6
1. Очистка веществ	—
2. Физические и химические явления	9
3. Постоянство состава веществ	11
4. Закон сохранения массы веществ	12
5. Типы химических реакций	15
Глава 2. Кислород и его соединения	20
Глава 3. Водород и его соединения	26
Глава 4. Вода и ее свойства	33
Глава 5. Растворы	36
Глава 6. Оксиды, основания, кислоты, соли	43
1. Оксиды	—
2. Основания	45
3. Кислоты	46
4. Соли	48
Глава 7. Периодический закон и периодическая система элементов Д. И. Менделеева	52
1. Изменение свойств элементов в группе	—
2. Изменение свойств элементов в периоде	54
Глава 8. Галогены	57
Глава 9. Сера и ее соединения	63
Глава 10. Скорость химических реакций и химическое равновесие	72
1. Скорость химических реакций	—
2. Химическое равновесие	77
Глава 11. Электролитическая диссоциация	79
1. Электропроводность растворов	—
2. Смещение равновесия в растворах электролитов	81
3. Свойства ионов	84
Глава 12. Азот и фосфор	86
Глава 13. Углерод и кремний	96

Глава 14. Металлы	105
1. Щелочные металлы	—
2. Щелочноземельные металлы	107
3. Алюминий	110
4. Хром	113
5. Железо	116
Глава 15. Электрохимические процессы	120
1. Гальванические элементы	—
2. Электролиз	122
3. Коррозия металлов	126
4. Защита металлов от коррозии	129
Глава 16. Углеводороды	132
1. Предельные углеводороды	—
2. Непредельные углеводороды	144
3. Ароматические углеводороды	153
4. Природные источники углеводородов	159
Глава 17. Кислородсодержащие соединения	171
1. Спирты. Фенол	—
2. Альдегиды	177
3. Карбоновые кислоты	182
4. Сложные эфиры. Жиры	184
5. Углеводы	187
Глава 18. Азотсодержащие соединения	192
1. Амины. Аминокислоты	—
2. Белки	195
Литература	198
Указатель	199

ИБ № 3401

**Хомченко Гавриил Платонович
Платонов Федор Петрович
Чертков Израиль Наумович**

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ХИМИИ

**Редактор Л. И. Соколова
Художественный редактор В. М. Прокофьева
Технический редактор Л. Я. Медведев
Корректор О. С. Захарова**

Сдано в набор 27.03.78 г. Подписано к печати 15.09.78 г. 60×90^{1/16}. Бум. тип. № 3. Литер. гарн. Печать высокая. Усл. печ. л. 13. Уч. изд. л. 12,94. Тираж 70 000 экз. Заказ № 3498. Цена 50 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Ивановского облисполкома, г. Иваново-8, ул. Типографская, 6.

Хомченко Г. П. и др.

- X76** Демонстрационный эксперимент по химии. Пособие для учителей. М., «Просвещение», 1978. 205 с. с ил. (Б-ка учителя химии). Перед загл. авт.: Г. П. Хомченко, Ф. П. Платонов, И. Н. Чертков.

Книга «Демонстрационный эксперимент по химии» содержит описание опытов для 7—10 классов. Данная книга поможет учителю химии в его практической работе. В ней подробно рассмотрены техника выполнения демонстрационных опытов, условия проведения эксперимента. Авторы предлагают несколько вариантов опытов на одну и ту же тему, что позволит учителю сделать выбор, согласовывая его с материальной оснащенностью химического кабинета. Опыты проверены в результате многолетней практики авторов.

X 60501—806
103 (03)—78 — подписное

54

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ»
ИЗ СЕРИИ
«БИБЛИОТЕКА УЧИТЕЛЯ ХИМИИ»

Внеклассная работа по химии. Сост. М. Г. Гольдфельд.
13 л.

Грабецкий А. А., Зазнобина Л. С., Маурина И. Я. и др. Использование учебного оборудования на уроках химии. 12 л.

Ленский А. С. Неорганическая химия. 25 л.

Николаев Л. А. Химия жизни. Изд. 2-е. 16 л.

Потапов В. М. Органическая химия. Изд. 2-е. 23 л.

Пурмаль А. П., Розенберг Е. Л. Общая химия.
20 л.

Савич Т. З. Формирование понятия о химической реакции. Изд. 2-е. 7 л.

Чертков И. Н. Методика формирования у учащихся основных понятий органической химии. 15 л.

50 коп.

