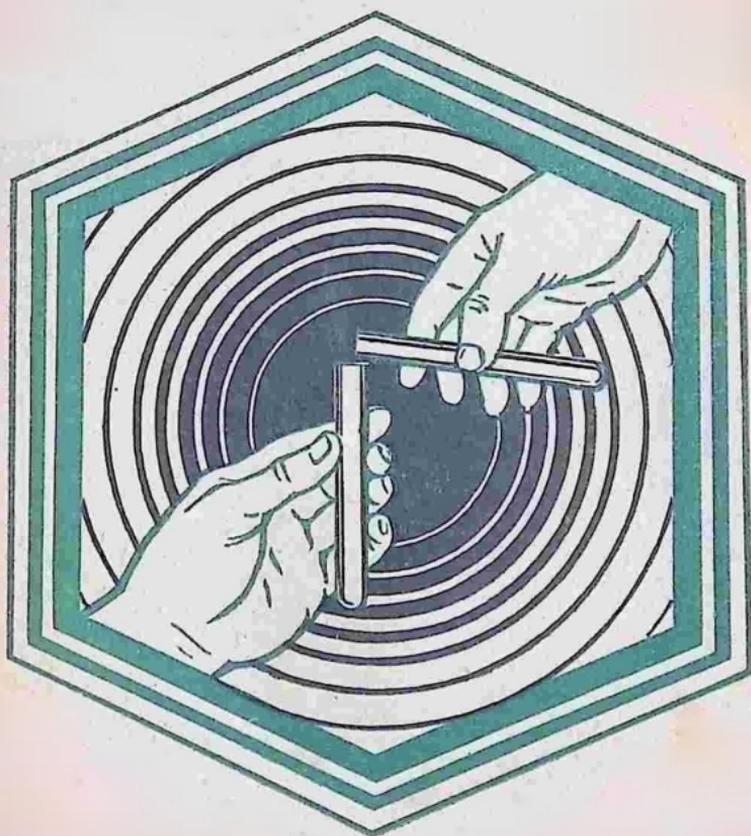


В. И. С Е М И Ш И Н

ЛАБОРАТОРНЫЕ
РАБОТЫ
ПО ОБЩЕЙ ХИМИИ

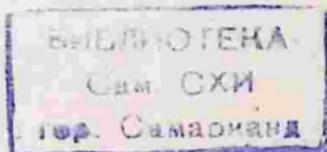


В. И. СЕМИШИН

54(076)
С - 306

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ОБЩЕЙ ХИМИИ

Допущено
Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов
нехимических специальностей вузов



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
Москва 1971

К

Семишин В. И.

С30 Лабораторные работы по общей химии.
Учебн. пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1971.
272 стр. с илл.

Книга представляет собой учебное пособие к лабораторным работам по курсу общей химии для нехимических вузов разных специальностей, составленное на основе утвержденных программ. В пособии 41 лабораторная работа, из которых 13 относятся к теоретической части курса, 18 — к специальной (химия элементов и их соединений) и 10 — к разделу органической химии, включая высокомолекулярные соединения.

В книге излагается методика проведения большого числа опытов (около 500), что позволяет кафедрам отобрать те из них, которые ближе всего соответствуют профилю данного вуза. Работы количественного, физико-химического и аналитического характера требуют применения специальной аппаратуры. Для проведения качественных опытов используется полумикрометод.

УДК54

2-5-2

56-71

Рецензенты: доц. З. Е. Гольбрайх (ЛТИ им. Ленсовета); кафедра химии Ленинградского инженерно-экономического института (зав. кафедрой проф. А. Б. Здановский).

Василий Иванович Семишин

Лабораторные работы по общей химии

Редактор *Г. С. Гольденберг*

Художник *Ю. В. Львов*

Художественный редактор *Т. М. Скворцова*

Технический редактор *А. К. Нестерова*

Корректор *С. К. Марченко*

Сдано в набор 22/VII-70 г. Подп. к печати 29/XII-70 г. Формат 84×108^{1/2}. Объем 8,5 печ. л. 14,28 усл. п. л. Уч.-изд. л. 12,75.
Изд. № ХИМ-400. Тираж 92 000 экз. Цена 46 коп.

Зак. № 1303

План выпуска литературы для вузов и техникумов издательства «Высшая школа» на 1971 г. Позиция № 56

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14.

Издательство «Высшая школа»

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» им. А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, г. Ленинград, Гатчинская ул., 26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перестройка преподавания курса общей химии в нехимических вузах в свете решения МВ и ССО СССР (приказ № 72 от 6 марта 1964 г.) касается всех звеньев учебного процесса: лекций, лабораторных занятий, семинаров и др. Перестройка в целом должна быть направлена к резкому повышению качества преподавания курса общей химии.

Настоящая книга представляет собой учебное пособие к лабораторным работам по общей химии и составлена на основе программ, действующих с 1965 г. в нехимических вузах. Из книги исключены теоретические введения, контрольные вопросы и задачи, так как в распоряжении студентов имеются соответствующие учебники и пособия: «Курс химии», ч. I. Общетеоретическая, и вторые части этой книги, специальные для разных профилей нехимических вузов, а также сборники задач и вопросов различных авторов.

Сложность написания учебного пособия к лабораторным работам по общей химии определяется тем, что оно должно охватывать работы по общей, неорганической, аналитической (качественный и количественный анализы), физической, органической химии, химии высокомолекулярных соединений, электрохимии и, наконец, работы или опыты, специфичные для конкретных специальностей (открытие металлов, анализ сплавов, анализ воды, технический анализ извести и др.).

Качество подготовки студентов по общей химии значительно улучшится, если кафедры будут постепенно отказываться от фронтального метода выполнения лабораторных работ. Необходимо переходить к индивидуальному методу выполнения работ, а для этого нужно провести серьезную методическую подготовку. В первую очередь следует разработать календарный план для

каждого студента в группе, который бы исключал возможность дублирования выполняемой работы или опыта. Студент должен заранее знать, какую работу он будет выполнять на следующем занятии и тщательно подготовиться к ней.

Следует отказаться от простейших опытов, которые выполняются на уроках химии в средней школе, и вводить больше опытов количественного характера и работ, требующих для своего выполнения необходимой аппаратуры (потенциометры, термостаты, микроскопы, электронизмерительные приборы, установки для газового анализа и др.).

В каждой лабораторной работе данного пособия приводится большее число опытов, чем нужно для двухчасового занятия, что обеспечивает возможность перехода к индивидуальному плану, а также выбор опытов в соответствии со степенью оснащённости лаборатории. Некоторые работы можно исключить из плана, другие (например, работу VIII) распределить на несколько занятий, а третьи объединить в одно занятие. Опыты качественного характера чаще всего выполняются полумикрометодом, целесообразность внедрения которого вряд ли требует специальных разъяснений.

Как показывает преподавательский опыт, большое значение имеет контрольная экспериментальная работа, являющаяся как бы зачетной по лабораторному курсу (ее следует проводить дважды после каждого семестра). Студенты к ней готовятся очень тщательно и выполняют ее с особой ответственностью.

Из практикума исключены специальные работы по синтезу, ибо получение вещества без анализа и установления констант вряд ли целесообразно для студентов нехимических специальностей. Если кафедра интересуется проведением такого вида работ, то можно для их выполнения воспользоваться известными пособиями.

Вряд ли целесообразно, как это часто делают в пособиях, приводить перечень посуды и реактивов, необходимых для выполнения всех работ. Перечень необходимого зависит от того, какие опыты будут реально проводиться, и он может быть составлен лаборантом на основе принятого кафедрой календарного плана лабораторных работ.

В книге, не считая контрольных работ, приводится описание 41 лабораторной работы, из которых работы XXXI—XL по органической химии и химии высокомолекулярных соединений написаны по просьбе автора кандидатом технических наук, доцентом Г. С. Гончаровым,

которому автор приносит свою искреннюю благодарность за большой труд.

В книге помимо оригинальных работ и опытов используются опыты, проверенные в учебной практике других вузов (см. перечень литературы в конце книги), и мы сочли возможным их включить в данное пособие, хотя и в иной редакции.

Начиная с работы XIV, лабораторное изучение химии элементов и их соединений проводится в последовательности расположения элементов в длиннопериодном варианте системы Д. И. Менделеева (см. таблицу на форзаце).

Автор рассматривает свою книгу, как первый этап на пути перестройки лабораторного практикума по общей химии в нехимических вузах, и будущее покажет, насколько ему удалось приблизиться к решению поставленной задачи. Все замечания по книге будут приняты с благодарностью.

В заключение автор считает необходимым выразить глубокую признательность проф. А. Б. Здановскому и доц. З. Е. Гольбрайху за ряд ценных указаний по рукописи, использованных автором при окончательной редакции.

В. И. Семин

ВВЕДЕНИЕ

Правила работы в лаборатории общей химии

Химия является наукой не только теоретической, но и экспериментальной. Лабораторные работы — важнейшее звено в изучении химии. В своей работе «Слово о пользе химии» М. В. Ломоносов писал: «Химик требуется не такой, который только из одного чтения книг понял сию науку, но который собственным искусством в ней прилежно упражнялся». Не случайно 50% времени, отведенного для прохождения курса общей химии в нехимических вузах, приходится на лабораторные работы.

Чтобы сознательно выполнять лабораторную работу, студент должен определенным образом подготовиться к ней. Необходимо ознакомиться с изучаемым вопросом по теоретическому учебнику, прочитать описание выполняемой работы по данному пособию, ответить на ряд контрольных вопросов и решить несколько задач, пользуясь принятым задачником. Объем подготовки устанавливается кафедрой.

Рабочие места в лаборатории нумеруются и закрепляются за каждым студентом на весь год. К рабочему месту должны быть подведены: газ, холодная и горячая вода, постоянный и переменный электрический ток, вакуумная линия и канализационный сток (слив). На рабочем месте всегда должны находиться предметы, изображенные на рис. 1.

Помимо этого, на столе у каждого студента помещается шкафчик-горка (рис. 19) с набором реактивов, используемых при выполнении работ.

Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать тишину и чистоту. Обрывки бумаги, осколки стекла бросать в специальные металлические или пластмассовые ведра. Пролитую на стол воду и растворы реактивов тотчас же вытирать тряпками. Тщательно мыть руки с мылом,

В лаборатории не разрешается есть и курить. Воду можно пить из предназначенных для этого обычных стаканов, но не из химической посуды.

Прежде чем приступить к выполнению опыта, следует прочесть описание его до конца. В лаборатории выполняются опыты, которые предусмотрены календарным планом, а другие — только с разрешения преподавателя.

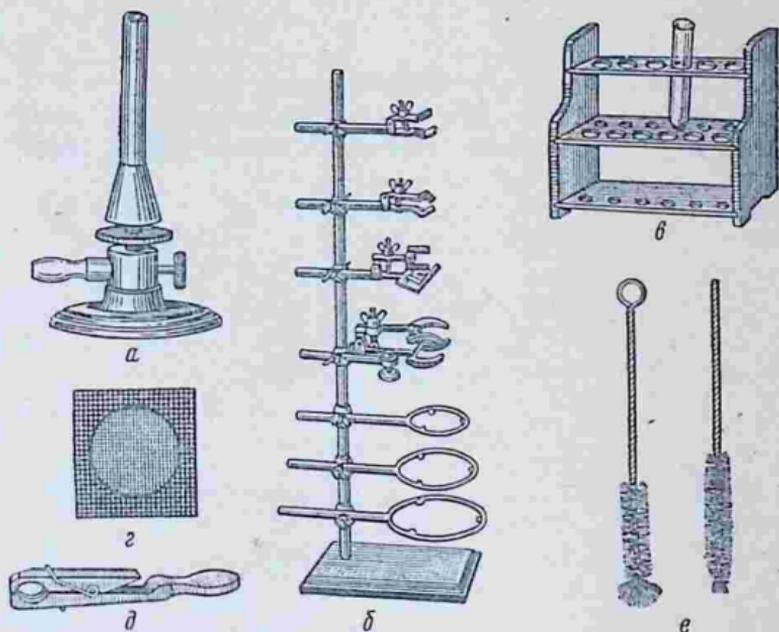


Рис. 1. Предметы на рабочем месте студента:

a — горелка Теклу; *б* — штатив Буинена; *в* — штатив для пробирок; *г* — сетка асбестовая; *д* — держатель для пробирок; *е* — ерши для мытья посуды

При проведении количественных опытов следует помнить, что преподавателем принимаются результаты с определенной степенью погрешности. Если работа по тем или иным причинам не принята, то ее выполнение проводится в дополнительное время по особому расписанию, утвержденному кафедрой.

Если в описании опыта указано, что он проводится в вытяжном шкафу, то категорически воспрещается выполнение его на открытом столе лаборатории.

При нагревании растворов и жидкостей посуду следует располагать так, чтобы случайно выброшенные из нее капли

жидкости не попали в лицо выполняющему опыт и его соседям.

Горячие приборы нельзя ставить непосредственно на крышку лабораторного стола, их помещают на асбестовый картон или сетку.

При пользовании реактивами общего назначения следует помнить, что жидкие реактивы (растворы) наливают из склянки, держа ее этикеткой вверх. Взятую в избытке жидкость не разрешается выливать обратно в склянку, чтобы не загрязнить реактив. Твердые вещества из банок следует брать ложечкой или шпателем, которые перед этим промывают водой и вытирают фильтровальной бумагой. После взятия реактива склянка должна быть поставлена на то место, откуда была взята.

Если вы пользовались газовой горелкой, то по окончании работы следует тщательно проверить, закрыты ли краны газовой подводки.

За пять минут до окончания занятия студент должен привести в порядок рабочее место и вымыть всю лабораторную посуду, использованную при проведении опытов.

Лабораторный журнал

Учитывая, что в течение года проводится 30—35 лабораторных работ, лучше всего для лабораторного журнала использовать общую тетрадь. На обложке журнала должна быть написана фамилия студента, номер группы и номер рабочего места в лаборатории. Страницы журнала должны иметь с правой стороны поля шириной 3—4 см.

Некоторые кафедры требуют от студентов единого лабораторного журнала, в котором записываются все данные по домашней подготовке (теория, ответы на контрольные вопросы, решение задач) и по проводимым в лаборатории опытам. Другие кафедры рекомендуют два журнала: в одном из них ведется запись домашней подготовки, а в другом — лабораторных опытов. Принятие того или иного метода ведения лабораторного журнала зависит от установившейся педагогической практики на данной кафедре.

В лабораторном журнале ведутся записи всех опытов, проводимых в лаборатории. Рекомендуется следующий порядок записей: наименование работы и дата ее проведения; название каждого опыта, условия его проведения и конечные результаты (температура, внешние изменения: образование осадка, газа, окраски и др.); уравнение реак-

ции в данном опыте; зарисовка прибора или схемы; сводная таблица количественных данных и все расчеты. Все эти записи ведутся в лаборатории и только в журнале. Категорически запрещается пользоваться черновиками или вести записи на отдельных листах бумаги. Прежде чем приступить к выполнению следующего опыта, необходимо полностью закончить все необходимые записи предыдущего опыта.

По окончании работы следует подписать журнал у руководителя лабораторных занятий.

Условия безопасности работы в лаборатории

Проводить опыт следует строго в той последовательности, которая указана в описании данного опыта. При выполнении некоторых опытов необходимо пользоваться предохранительными очками, прозрачными защитными экранами и резиновыми перчатками. Категорически воспрещается пробовать на вкус реактивы или получаемые продукты, если нет специальных разрешающих указаний.

Работу с воспламеняющимися веществами следует проводить, используя малые их количества вдали от огня (горелки, плитки). Горючие газы (водород, сероводород и др.) можно поджигать, только если они предварительно проверены на чистоту.

При приготовлении растворов из концентрированных кислот следует кислоту вливать в воду, но не наоборот! Особенно надо быть осторожным при разбавлении концентрированной серной кислоты.

Следует помнить, что соли, содержащие ртуть, мышьяк, барий, свинец и др., ядовиты, и после их употребления следует тщательно вымыть руки.

Концентрированные кислоты следует выливать не в раковину, а в специальные банки, стоящие в вытяжном шкафу.

При работе в лаборатории бывают случаи пореза рук осколками стекла и ожогов. При порезах кровь следует смыть ватой, смоченной спиртом, смазать раствором иода и забинтовать место пореза.

При ожоге горячими предметами следует к обожженному месту приложить кусок бинта, смоченный специальной жидкостью против ожогов.

При попадании на кожу кислоты нужно смыть ее сильной струей воды из крана, а затем нейтрализовать слабым раствором соды, смачивая им вату. Брызги концентрирован-

ных растворов щелочей также смывают водопроводной водой, а затем нейтрализуют 2%-ным раствором уксусной кислоты.

Если кислота или раствор щелочи случайно попали в глаза, то их следует промыть большим количеством водопроводной воды, и тотчас же направиться в медпункт.

В случае необходимости обращаться за помощью к лаборанту, руководителю занятий или в медпункт.

РАБОТА I

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСТОТЫ ВЕЩЕСТВ

Химия — наука о веществе, его составе и свойствах. Различают химические и физические свойства. Под химическими свойствами понимают способность вещества вступать во взаимодействие с другими веществами. Каждое вещество обладает характерными для него физическими свойствами: цветом, вкусом, запахом, плотностью, температурами плавления и кипения, вязкостью и др. Большинство физических свойств могут быть выражены определенными числовыми данными, или константами. Однако константы данного вещества могут изменяться, если в нем присутствуют примеси других веществ. Следует помнить, что абсолютно чистых веществ (степень чистоты 100%) практически не существует. Однако в настоящее время получают вещества с ничтожным содержанием примесей (до $10^{-8}\%$).

А. ТЕМПЕРАТУРА

Температура плавления физических констант твердых веществ и сложных соединений. Например, наиболее важные из важнейших (простых) веществ имеют следующие температуры плавления: медь 1083°C , кремний 1414°C , свинца 1110°C . Если сульфид железа содержит 30% сульфида железа, то температура его плавления снижается до 863°C .

Температура плавления — температура, при которой твердое вещество переходит в условиях равновесия в жидкое состояние (давления паров в твердом и жидком состояниях одинаковы). Для чистого кристаллического вещества

температурный интервал от момента начала плавления до полного расплавления не превышает $0,5^\circ$. Вещества, содержащие примеси, не обладают резко выраженной температурой плавления и плавятся в пределах нескольких градусов.

Опыт 1. Определение температуры плавления

Получите у преподавателя образец неизвестного вещества для определения температуры плавления. Если вещество кристаллическое, то его следует растереть в тончайший порошок в фарфоровой или агатовой ступке (рис. 2)*, и этим порошком плотно набить 3 капилляра (тончайшие стеклянные трубки, запаянные с одного конца). Для этого порошок насыпают «горкой» на часовое стекло или на кусок

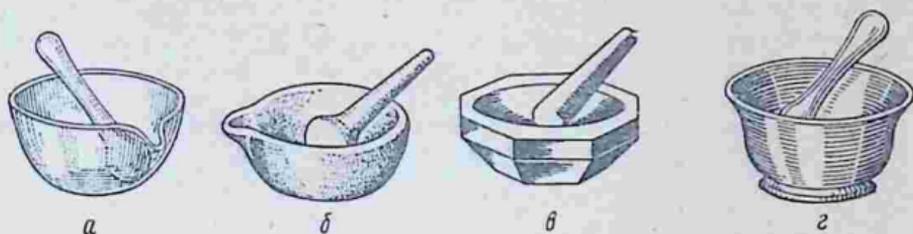


Рис. 2. Ступки для измельчения:

а — стеклянная; б — фарфоровая; в — агатовая; г — металлическая

глянцевой бумаги и погружают в него открытый конец капилляра, который при этом на 3—5 мм заполняется веществом. Затем капилляр опускают в стеклянную трубку длиной 30 см, вертикально поставленную на поверхность стола. При ударе капилляра о стол вещество в нем перемещается от открытого конца к заплавленному. Чтобы плотно набить капилляр, следует опускать его в трубку 5—6 раз. Столбик набитого вещества в капилляре не должен превышать 4 мм.

Резиновым кольцом один из набитых веществом капилляров прикрепляют к термометру так, чтобы концы капилляра и термометра находились на одном уровне (рис. 3, а).

Термометр с капилляром вставляют в пустую пробирку, служащую муфтой, предохраняющей от перегрева. Про-

* Для некоторых веществ применяют стеклянные и металлические ступки.

бирку опускают в стакан с водой*, укрепив ее в лапке штатива (рис. 3, б). Нагревают стакан небольшим пламенем газовой горелки, изредка перемешивая воду стеклянной мешалкой. В первом опыте устанавливается ориентировочный интервал температуры плавления. Предположим, что при 60°C вещество находилось в твердом состоянии, а при

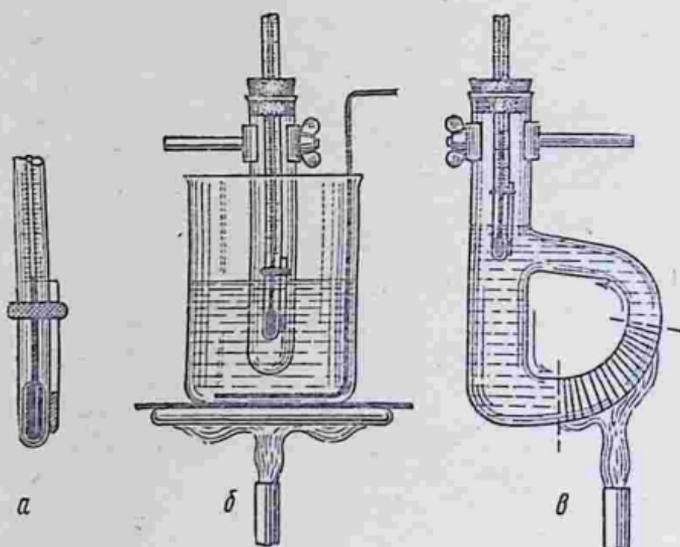


Рис. 3. Прибор для определения температуры плавления:
а — прикрепление капилляра к термометру; *б* — определение температуры плавления в стакане; *в* — определение температуры плавления в сосуде, имеющем форму мягкого знака

64°C было замечено, что оно стало жидким (истинная температура плавления находится между 60 и 64°C).

Проводят второй опыт, заменяя первый капилляр вторым и нагретую воду холодной. Нагревают воду до 50°C (на 10° ниже отмеченной), а затем сильно уменьшают пламя горелки, чтобы скорость нагрева не превышала 1° в минуту и отмечают температуру, при которой внизу капилляра появляется первая капля жидкости. Повторяют опыт с третьим капилляром: температура плавления не должна отличаться более чем на $0,5^{\circ}$ **.

* Если температура плавления вещества больше 100°C , то заменяют воду жидкостью с большей температурой кипения: глицерином, вазелиновым маслом, серной кислотой и др.

** Вместо стакана нередко применяют специальный сосуд, имеющий форму мягкого знака (рис. 3, в).

Определение температуры плавления неизвестного вещества

Определение	Ориентировочное	Точное		Состав вещества (табл. 1)
		I	II	
Т.пл., °С				
Средняя т.пл.				

По полученным данным найдите в табл. 1 вещество, температуру плавления которого определяли. Результаты сдайте преподавателю.

Таблица 1

Температура плавления некоторых веществ

Состав соединения	Т.пл., °С	Состав соединения	Т.пл., °С
$Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	25,8	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	64,0
$NaH_2PO_4 \cdot 12H_2O$	34,2	$C_6H_5 \cdot N : N \cdot C_6H_5$	68,0
$SnCl_2 \cdot 2H_2O$	37,7	$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	70,0
$KF \cdot 2H_2O$	41,0	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	75,0
$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	47,2	$C_{10}H_8$	80,0
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	47,5	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	86,0
$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	56,7	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	92,0
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	60,0	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	95,0

Б. ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ

Температура кипения — одна из важных физических констант чистого жидкого вещества. Это та температура, при которой давление пара жидкости достигает величины атмосферного давления.

Опыт 2. Определение температуры кипения

Для небольших количеств жидкости температуру кипения определяют в приборе, состоящем из сухой пробирки, в которую на пробке с прорезью вставлен термометр (рис. 4).

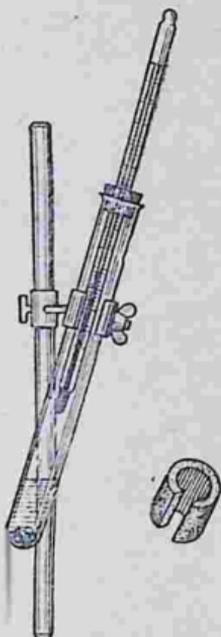


Рис. 4. Прибор для определения температуры кипения

Получите у преподавателя 3—4 мл исследуемой жидкости. Для равномерного кипения положите в пробирку маленький кусочек пемзы или несколько тонких капилляров, запаянных с одного конца. Вставьте в пробирку термометр так, чтобы его конец оказался на 3 см выше уровня жидкости. Укрепите пробирку наклонно (см. рис. 4) в лапке штатива и нагревайте ее пламенем горелки на маленьком огне до тех пор, пока жидкость не станет непрерывно стекать с термометра маленькой струей. Отметьте эту температуру и прекратите нагрев жидкости. После небольшого охлаждения вновь нагрейте пробирку с жидкостью и определите температуру кипения. После охлаждения еще раз повторите опыт.

По полученным данным, пользуясь табл. 2, определите состав жидкости.

Почему при определении температуры кипения необходимо отмечать давление? Какова температура кипения этилового спирта при давлении 750 мм рт. ст.?

Запись результатов в журнале

Дата , рбар мм рт. ст.

Определение температуры кипения неизвестной жидкости

	Определение т. кип.			Средняя т. кип., °С	Состав жидкости (табл. 2)
	I	II	III		
Т. кип.					

Подпись преподавателя

Температуры кипения некоторых жидкостей

Состав соединения	Т. кип., °С	Состав соединения	Т. кип., °С
$(C_2H_5)_2O$	35,6	C_2H_5OH	78,3
CS_2	46,2	C_6H_6	80,1
CH_3COCH_3	56,5	$(CH_3)_3CON$	83,0
$CHCl_3$	61,2	C_3H_7OH	97,0
CH_3OH	64,6	H_2O	100,0
C_6H_{14}	69,0	$C_6H_5CH_3$	110,8
CCl_4	76,0	CH_3COOH	118,0
$CH_3COOC_2H_5$	77,0	C_8H_{18}	126,0

В. ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВ

Плотность определяется как масса единицы объема, т. е. как отношение покоящейся массы m к ее объему V : $\rho = m/V$ кг/м³ (в технике часто пользуются единицей г/см³).

Так как объем тела изменяется с изменением температуры, то плотность следует определять при определенной температуре, чаще всего при 15 или 20° С.

Нередко определяют *относительную плотность* d , представляющую собой отношение плотности данного вещества к плотности *стандартного*: $d = \rho/\rho_0$ (d — относительная плотность — безразмерная величина).

Для определения относительной плотности твердых тел и жидких веществ в качестве *стандартного* вещества принимают воду при температуре 3,98° С и атмосферном давлении 760 мм рт. ст. (в единицах СИ 101325 н/м²), т. е.

при максимальной ее плотности. Обозначение d_4^{15} показывает, что плотность данного вещества определялась при 15°C и отнесена к плотности воды при 4°C (точнее при $3,98^\circ \text{C}$).

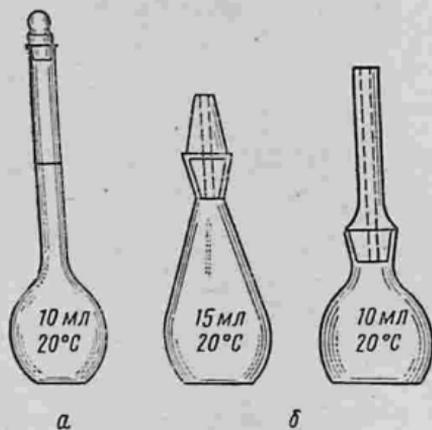


Рис. 5. Пикнометры:

а — колбочный; б — с капиллярной трубкой

Для выполнения работы пользуются двумя типами пикнометров (рис. 5). Первый из них (рис. 5, а) представляет собой колбу с узким горлом, на котором имеется круговая метка; колба закрывается шлифованной стеклянной пробкой. Второй тип пикнометра (рис. 5, б) имеет вид колбы с шлифованной толстостенной трубкой и проходящим внутри нее капилляром.

Опыт 3. Определение плотности жидкости при 20°C

Получите у преподавателя задание. Возьмите у лаборанта прокалиброванный пикнометр, для которого известен объем при данной температуре.

Откройте левую дверцу шкафа аналитических весов (рис. 6) и поставьте внутрь на 6—8 мин пикнометр. Перед взвешиванием проверьте правильность аналитических весов. Для этого плавно (не рывком!) поверните арретир направо, и, пропустив одно полное колебание стрелки, отметьте, на сколько делений шкалы отклоняется стрелка вправо и влево от нулевой линии. Если стрелка отклоняется не более чем на 1—2 деления, то весы можно считать правильными. В случае большего отклонения следует обратиться к дежурному лаборанту.

Поставьте пикнометр на левую чашку весов, а на правую положите разновеску*, отвечающую приблизительно весу пикнометра (например, 20 г). Плавно откройте арретир, и если стрелка отклонится влево, то взятая разновеска велика. Арретировав весы, снимите разновеску и замените ее меньшей. Вновь плавно поверните арретир и наблюдайте, куда отклонится стрелка. В зависимости от

* Разновески следует брать специальным пинцетом!

этого следует увеличивать или уменьшать весовую нагрузку (не забывайте, что снимать с чашки весов или ставить на нее разновески можно только при а р р е т и р о в а н н ы х в е с а х!). Предположим, что к данному моменту на весах находились следующие разновески: 10 г, 1 г, 500 мг = 0,5 г и 20 мг = 0,02 г, т. е. общий вес составлял 11,52 г, и при

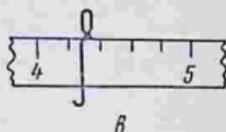
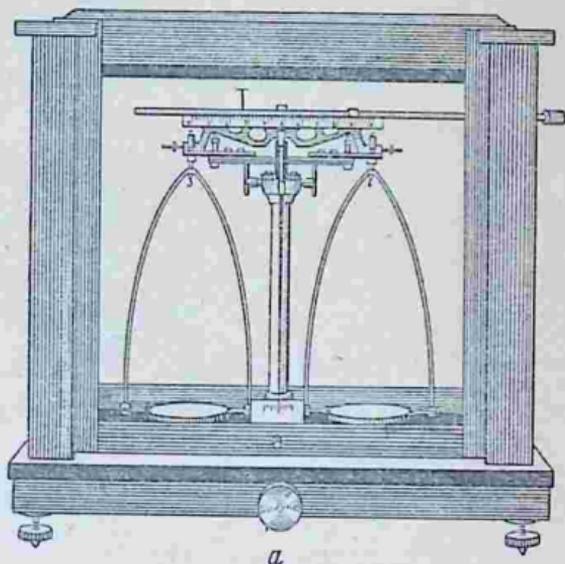


Рис. 6. Весы аналитические

а — общий вид; б — рейтер; в — рейтер на шкале

этом стрелка весов отклонялась вправо — пикнометр оказался тяжелее суммарного веса всех разновесок. Добавление разновески 10 мг = 0,01 г вызывает отклонение стрелки весов влево, т. е. истинный вес пикнометра меньше 11,53, но больше 11,52 г. Для определения тысячных и десятитысячных долей грамма служит *рейтер* (рис. 6, б)*. Он

* В последнее время широкое распространение получили демферные весы АДВ-200. В этих весах на чашку кладутся разновески от 1 г и больше. Накладывание более мелких разновесок (десятые и сотые доли грамма) осуществляется с помощью специального устройства, состоящего из двух вращающихся дисков. Тысячные и десятитысячные доли грамма определяются отсчетом на вейтографе. Технику взвешивания на этих весах объясняет руководитель группы.

БИБЛИОТЕКА
Сам. ОХИ
гос. Сажарина

213437

изготовлен из тончайшей металлической проволоки и перемещается с помощью специального рычага по плечу коромысла, которое имеет метки от 0 до 10. Каждое деление между двумя метками разделено, в свою очередь, на 5 или 10 делений.

Поместите рейтер на 5-е деление, откройте плавно арретир: если стрелка смещается влево, то это указывает на перегрузку чашки весов с разновесом. Тогда арретируют весы и перемещают рейтер на 4-е деление. Если стрелка

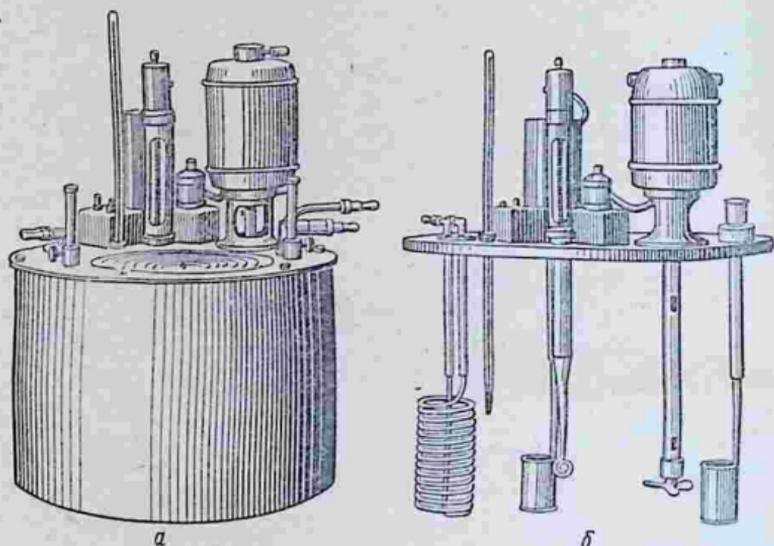


Рис. 7. Термостат Гейплера
а — вид снаружи; б — вид внутри

смещается вправо, то имеет место недогрузка. Опять арретируют весы и передвигают рейтер вправо от 4-го деления на одну из маленьких меток, до тех пор пока стрелка коромысла не будет отклоняться от средней линии на одинаковое число делений в обе стороны. Предположим, что равновесие было достигнуто при таком положении рейтера, которое указано на рис. 6, в. Тогда истинный вес пикнометра равен 11,5243 г. Запишите вес пикнометра в журнал. Снимите рейтер с коромысла и уберите пинцетом все разновески с чашки весов в ящик для разновеса, каждую в свое «гнездо».

Налейте в пикнометр (рис. 5, а) испытуемую жидкость на 2 мм выше метки на горле, закройте пробкой и поставьте его в термостат (рис. 7) на 20 мин, укрепив пикнометр

в специальном зажиме. По прошествии указанного времени выньте пробку из пикнометра и с помощью капиллярной трубки оттяните избыток жидкости так, чтобы ее нижний мениск коснулся черты на горле. Закройте пикнометр пробкой, выньте его из термостата, тщательно оботрите наружную поверхность досуха и поставьте пикнометр в шкаф аналитических весов на 15 мин. Затем взвесьте пикнометр с точностью до 0,0001 г. Зная объем пикнометра и массу жидкости, определите ее плотность.

Запись результатов опыта

Дата

Определение плотности неизвестной жидкости при 20°C

Пикнометр			Жидкость		Наименование жидкости по табл. 3
№	объем, см ³	вес с жидкостью	вес пустого	масса, г	

Подпись преподавателя

По величине ρ^{20} , пользуясь табл. 3, установите название жидкости, плотность которой определяли.

Таблица 3

Плотности некоторых жидкостей при 20°C*

Название жидкости	ρ^{20}	Название жидкости	ρ^{20}
Октан	0,7036	Этилацетат	0,8994
Диэтиловый эфир	0,7117	Метилацетат	0,9274
Этиловый спирт	0,7896	Вода	0,9982
Ацетон	0,7906	Уксусная кислота	1,0490
Метиловый спирт	0,7956	Глицерин	1,2578
Амиловый спирт	0,8130	Сероуглерод	1,2627
Толуол	0,8669	Хлороформ	1,4639
Бензол	0,8774	Тетрахлорметан	1,5922

* Плотности растворов наиболее важных кислот и щелочей приводятся в табл. I—V (в конце книги).

Вычислите относительную плотность d_{20}^{20} жидкости по полученным данным.

РАБОТА II

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТА И МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЕСА

Эквивалент, атомный и молекулярный веса являются важнейшими количественными характеристиками элементарных и сложных веществ.

А. ЭКВИВАЛЕНТ ВЕЩЕСТВА

Эквивалентом вещества называется такое его количество, которое в реакциях может присоединять или замещать 1 весовую часть водорода или 8 весовых частей кислорода.

Опыт 1. Определение эквивалента металла по водороду

Получите у преподавателя навеску металла; его номер и массу запишите в журнал.

Проверьте герметичность прибора, состоящего из двух соединенных резиновым шлангом стеклянных трубок, одна из которых градуирована (бюретка) и соединена посредством резиновой пробки и трубки с пробиркой, имеющей боковой отросток (рис. 8, а). Винтовым движением вправо попытайтесь плотнее вернуть все три пробки. Выньте из лапки штатива открытую трубку и, поднимая и опуская ее, следите за изменением уровней воды в обеих трубках. Прибор герметичен, если уровень воды колеблется немного. Если уровень воды опускается или поднимается резко, то следует более плотно вставить пробки.

Теперь можно приступить к опыту. Отсоедините пробирку от прибора, налейте в нее 4—5 мл раствора соляной кислоты (1 : 3)* и 1—2 капли раствора сульфата меди. Откройте пробку отростка пробирки и положите в него кусочки навески металла. Закройте пробирку плотно пробкой и присоедините ее к прибору.

* Обозначение 1 : 3 означает, что один объем концентрированной кислоты разбавлен 3 объемами воды.

Опуская или поднимая открытую трубку, приведите воду в обеих сообщающихся трубках к одному уровню. Запишите положение уровня воды в бюретке до начала опыта. Отсчет ведется по нижнему мениску с точностью до $\pm 0,05$ мл (рис. 8, б). Полделения шкалы оцениваются на глаз, при этом глаз наблюдателя должен располагаться на уровне мениска (положение В на рис. 8, б).

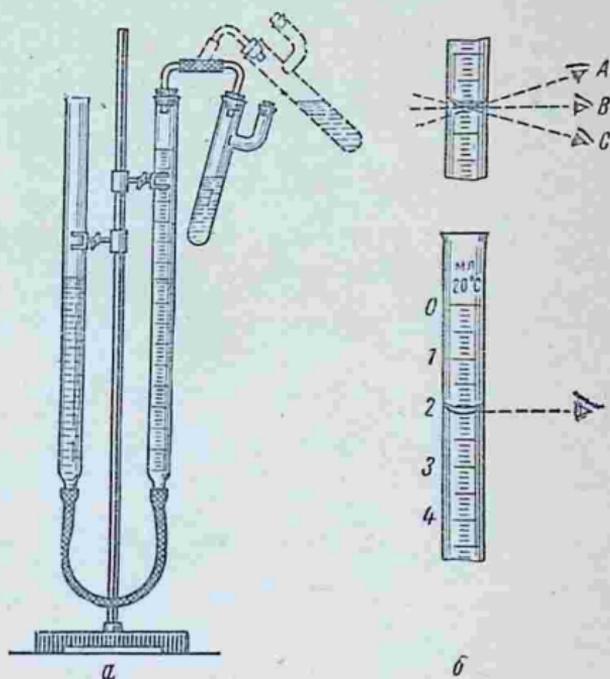


Рис. 8. Прибор для определения эквивалента металла по водороду:

а — общий вид; б — отсчет уровня жидкости в бюретке

Поднимите пробирку с отростком, как показано пунктиром на рис. 8, а; тогда металл сыпается в раствор кислоты и начинается реакция с выделением водорода. При этом уровень воды в бюретке понижается, а в открытой трубке повышается. Опыт считается законченным, когда прекращается выделение водорода. По окончании реакции следует дать остыть пробирке в течение 5 мин (реакция взаимодействия металла с водородом экзотермична).

Приведите воду в обеих сообщающихся трубках к одному уровню (выравнивание давления до атмосферного!), и за-

пишите в журнал положение уровня воды после опыта. Отметьте температуру по комнатному термометру и давление — по барометру. Так как водород был собран над водой, то следует знать давление водяных паров при комнатной температуре (табл. 4).

Таблица 4

Давление водяных паров (h) при разных температурах, °C

t	h	t	h	t	h	t	h
10	9,2	16	13,6	22	19,8	28	28,3
11	9,8	17	14,5	23	21,1	29	30,0
12	10,5	18	15,5	24	22,4	30	31,8
13	11,2	19	16,5	25	23,8	40	55,3
14	12,0	20	17,5	26	25,2	50	92,5
15	12,8	21	18,6	27	26,7	100	760,0

Примерная запись результатов проведенного опыта

Дата

Металл		Положение уровня воды в бюретке		Объем H_2 , мл	Температура, °C	Давление, мм рт. ст.	
№	масса, г	после опыта	до опыта			p	h

Для приведения объема водорода к нормальным условиям пользуются формулой

$$V_0 = \frac{V(p - h) 273}{760 \cdot T} \quad (1)$$

Все вычисления по данной формуле должны быть сделаны с помощью таблицы логарифмов (см. в конце книги). Зная массу прореагировавшего металла и объем вытесненного им водорода при нормальных условиях, можно вычислить эквивалент металла из следующего соотношения:

$$x = \frac{m_{Me} \cdot 11200}{V_{H_2}^0} \quad (2)$$

Результат сдать преподавателю.

Опыт 2. Определение эквивалента металла по кислороду

Взвесьте маленькую фарфоровую чашку. Поместите в нее около 0,20—0,24 г стружек металла и вновь взвесьте.

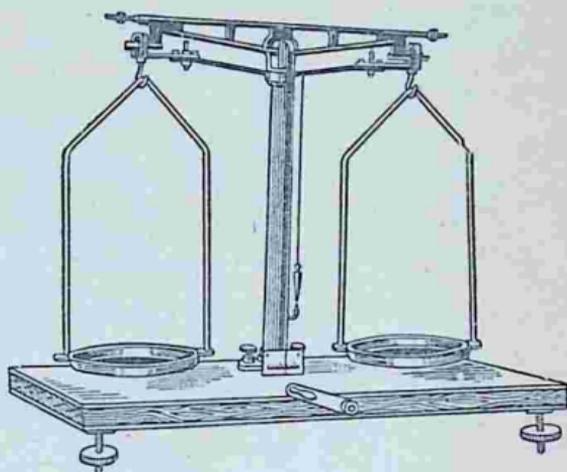


Рис. 9. Технохимические весы

Взвешивание проводится на технохимических весах с точностью до 0,01 г (рис. 9).

Поставьте чашку на кольцо штатива Бунзена (рис. 1, б), помещенного в вытяжном шкафу, и вливайте в нее порциями по 2—3 мл раствор азотной кислоты (1 : 1) до тех пор, пока не растворится весь металл. После прибавления каждой порции кислоты чашку накрывайте часовым стеклом. После растворения металла выпарьте на маленьком огне раствор досуха. Чашку с сухой солью продолжайте прокаливать на небольшом пламени: соль сначала плавится, а затем разлагается с выделением двуокси азота (бурый цвет газа!) и образованием порошка оксида металла. Помес-



Рис. 10. Эксикатор и фарфоровая вставка к нему

тите чашку в эксикатор (рис. 10) * на 8—10 мин и взвесьте. После этого еще раз прокалите ее, охладите в эксикаторе и вновь взвесьте. Если результаты двух последующих взвешиваний равны друг другу или отличаются не более чем на 0,01 г, то опыт можно считать законченным. Если их различие больше, чем 0,01 г, то прокаливание и взвешивание следует провести еще раз.

Примерная запись результатов

	Дата
	Металл №
Масса чашечки с металлом	Масса чашечки с оксидом
Масса пустой чашечки	Масса пустой чашечки
Масса металла	Масса оксида металла
Масса кислорода = Масса Me_xO_y — Масса Me =	

Расчеты проводятся по соотношению:

$$\frac{m_{\text{Me}} - m_{\text{O}_2}}{x - 8} \quad x = \frac{m_{\text{Me}} \cdot 8}{m_{\text{O}_2}} \quad (3)$$

Результаты сдайте преподавателю. Вычислите абсолютную и относительную ошибки. Абсолютная ошибка $\pm e$ представляет собой разность между истинной величиной B и величиной, полученной в опыте (b):

$$\pm e = B - b \quad (4)$$

Относительная ошибка $e\%$ — отношение абсолютной ошибки к истинному значению, умноженное на 100:

$$e\% = \frac{e}{B} \cdot 100 = \frac{B - b}{B} \cdot 100 \quad (5)$$

Зная, какой металл был выдан для определения, составьте уравнения реакций: растворения металла в азотной кислоте и разложения при нагревании нитрата металла. По величине эквивалента и валентности металла вычислите его атомный вес. Эквивалент каких металлов нельзя определять этим методом?

* При охлаждении нагретого тела на воздухе на его поверхности конденсируется водяной пар: вес тела становится больше истинного. В эксикаторе находится осушитель, т. е. вещество, легко поглощающее водяные пары (концентрированная серная кислота, хлорид кальция, безводный едкий натр и др.), поэтому водяной пар не будет конденсироваться. Кроме этого, следует помнить, что прокаленные вещества могут легко соединяться с водяным паром воздуха и изменять свой состав.

Опыт 3. Определение эквивалента сложного вещества

На технохимических весах взвесьте сухой бюкс (рис. 11). Специальным пинцетом положите в него кусочек едкого

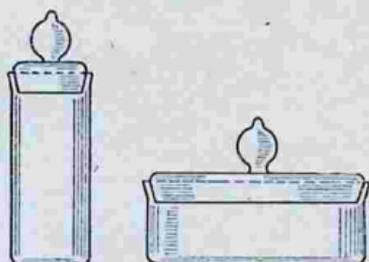


Рис. 11. Бюксы для взвешивания

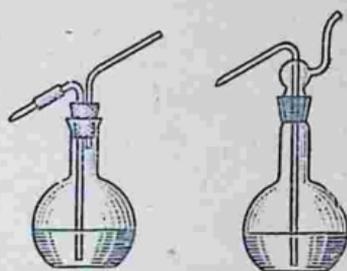


Рис. 12. Промывалки

натра и вновь взвесьте (вес едкого натра должен быть около 0,37—0,43 г). Откройте бюкс, налейте в него из промывалки (рис. 12) немного дистиллированной воды и

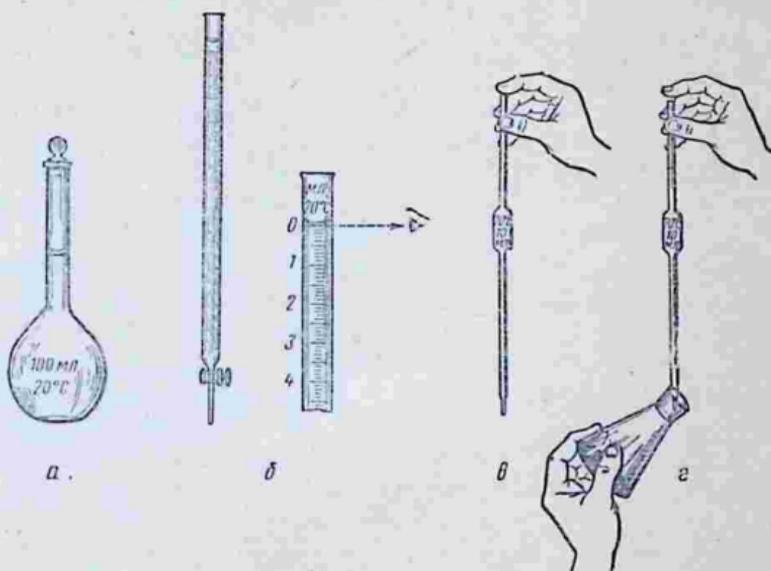


Рис. 13. Посуда для титрования:

а — мерная колба; *б* — бюретка; *в* — пипетка; *г* — сливание раствора из пипетки в коническую колбу

после растворения слейте раствор из бюкса через воронку в стеклянную мерную колбу емкостью 100 мл. Промойте бюкс 2—3-раза небольшими порциями воды, сливая раствор

тите чашку в эксикатор (рис. 10) * на 8—10 мин и взвесьте. После этого еще раз прокалите ее, охладите в эксикаторе и вновь взвесьте. Если результаты двух последующих взвешиваний равны друг другу или отличаются не более чем на 0,01 г, то опыт можно считать законченным. Если их различие больше, чем 0,01 г, то прокаливание и взвешивание следует провести еще раз.

Примерная запись результатов

	Дата
	Металл №
Масса чашечки с металлом	Масса чашечки с оксидом
Масса пустой чашечки	Масса пустой чашечки
Масса металла	Масса оксида металла
Масса кислорода = Масса $m_{Me} \cdot O_y$ — Масса Me =	

Расчеты проводятся по соотношению:

$$\frac{m_{Me} - m_{O_2}}{x - 8} = \frac{m_{Me} \cdot 8}{m_{O_2}} \quad (3)$$

Результаты сдайте преподавателю. Вычислите абсолютную и относительную ошибки. Абсолютная ошибка $\pm e$ представляет собой разность между истинной величиной B и величиной, полученной в опыте (b):

$$\pm e = B - b \quad (4)$$

Относительная ошибка $e\%$ — отношение абсолютной ошибки к истинному значению, умноженное на 100:

$$e\% = \frac{e}{B} \cdot 100 = \frac{B - b}{B} \cdot 100 \quad (5)$$

Зная, какой металл был выдан для определения, составьте уравнения реакций: растворения металла в азотной кислоте и разложения при нагревании нитрата металла. По величине эквивалента и валентности металла вычислите его атомный вес. Эквивалент каких металлов нельзя определять этим методом?

* При охлаждении нагретого тела на воздухе на его поверхности конденсируется водяной пар: вес тела становится больше истинного. В эксикаторе находится осушитель, т. е. вещество, легко поглощающее водяные пары (концентрированная серная кислота, хлорид кальция, безводный едкий натр и др.), поэтому водяной пар не будет конденсироваться. Кроме этого, следует помнить, что прокаленные вещества могут легко соединиться с водяным паром воздуха и изменять свой состав.

Опыт 3. Определение эквивалента сложного вещества

На технохимических весах взвесьте сухой бюкс (рис. 11). Специальным пинцетом положите в него кусочек едкого

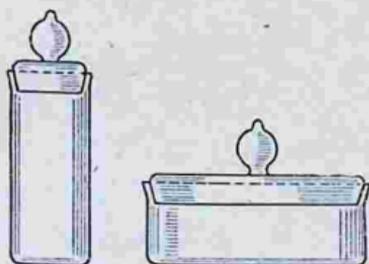


Рис. 11. Бюксы для взвешивания

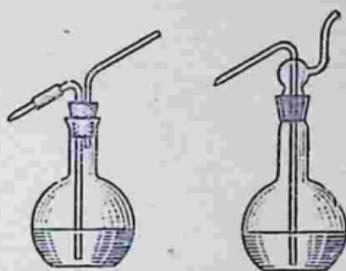


Рис. 12. Промывалки

натра и вновь взвесьте (вес едкого натра должен быть около 0,37—0,43 г). Откройте бюкс, налейте в него из промывалки (рис. 12) немного дистиллированной воды и

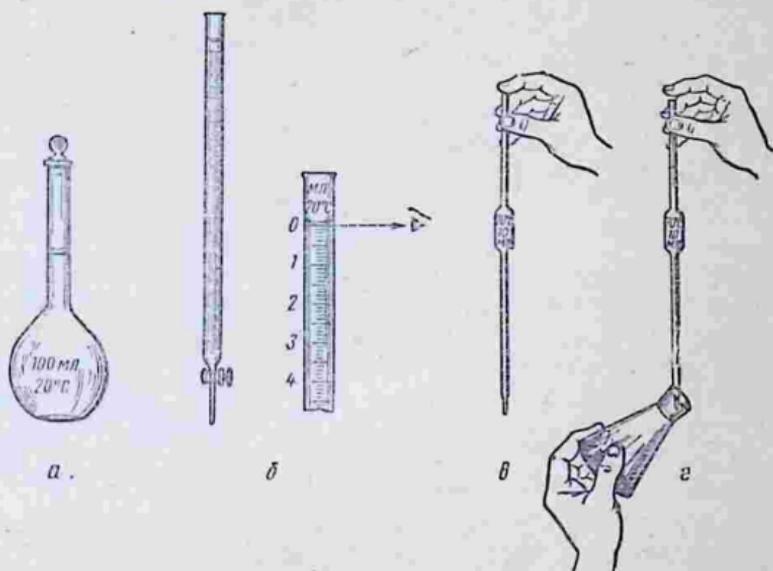


Рис. 13. Посуда для титрования:

а — мерная колба; *б* — бюретка; *в* — пипетка; *г* — сливание раствора из пипетки в коническую колбу

после растворения слейте раствор из бюкса через воронку в стеклянную мерную колбу емкостью 100 мл. Промойте бюкс 2—3-раза небольшими порциями воды, сливая раствор

в мерную колбу. Промойте воронку водой, выньте ее из мерной колбы, а в последнюю осторожно долейте воду так, чтобы нижний мениск касался черты на горле колбы (рис. 13, а). Закройте колбу пробкой и тщательно перемешайте раствор, переворачивая колбу вверх дном 8—10 раз.

Наполните бюретку *титрованным* раствором HCl * немного выше нулевой черты. Избыток кислоты слейте в стакан, открывая кран бюретки: нижний мениск раствора соляной кислоты должен коснуться нулевой черты (рис. 13, б).

Опустите в мерную колбу пипетку емкостью 20 мл и осторожно втягивайте ртом раствор из колбы в пипетку, пока он не поднимется выше метки, находящейся в верхней части пипетки (пипетка с колбой должна быть наклонена под углом 45° , чтобы можно было наблюдать за подъемом уровня раствора в пипетке). Как только раствор поднимется немного выше метки, тотчас же плотно закройте верхний конец пипетки слегка увлажненным указательным пальцем. Ослабляя нажим пальцем, дайте раствору в пипетке медленно опускаться, и когда нижний мениск коснется метки, плотно закройте пальцем пипетку (рис. 13, в).

Раствор из пипетки вылейте в коническую колбу. Техника выливания показана на рис. 13, г (оставшуюся в кончике пипетки каплю раствора не выдувать!). Затем в колбу добавьте две капли раствора фенолфталеина (индикатор): раствор щелочи окрасится в малиновый цвет.

Теперь приступите к *титрованию* — методу определения неизвестной концентрации раствора одного вещества по известной концентрации раствора другого вещества измерением объемов реагирующих растворов. Для этого поставьте коническую колбу с раствором под бюретку с раствором соляной кислоты ** и вливайте последний порциями по 1 мл до тех пор, пока раствор в конической колбе не обесцветится (ориентировочное титрование). Предположим, что при 9 мл израсходованной кислоты раствор был окрашен, а при 10 мл — обесцветился. Следовательно, истинный объем раствора соляной кислоты, вступившей в реакцию с раствором щелочи, больше 9, но меньше 10 мл.

* Раствор строго определенной концентрации называется титрованным раствором.

** Под колбу следует положить пластинку из белого оргстекла.

Повторите опыт с новой порцией раствора щелочи. Теперь 9 мл раствора кислоты можно прилить к раствору щелочи сразу, а затем добавлять кислоту по каплям до тех пор, пока от одной лишней капли раствор в колбе не обесцветится. Записать объем израсходованной кислоты с точностью $\pm 0,05$ мл, затем провести титрование в третий раз и если объемы израсходованного раствора кислоты не отличаются друг от друга более чем на 0,05 мл, то титрование можно считать законченным (если расхождение больше, то следует провести титрование еще раз).

Запись результатов

Дата

Определение эквивалента едкого натра

Масса бюкса, г		Навеска NaOH, г	Объем колбы, мл	Объем пипетки, мл	Израсходовано на титрование HCl, мл			
с NaOH	пустого				I	II	III	IV

Средний объем раствора HCl =
 Концентрация раствора HCl =

Нормальность раствора (н.) выражает число грамм-эквивалентов данного вещества, содержащихся в 1000 мл (или в 1 л) раствора. Так как реакции протекают между эквивалентными количествами веществ, то при одинаковых нормальностях их растворы реагируют в одинаковых объемах. Следовательно, объемы растворов реагирующих веществ обратно пропорциональны их нормальностям и для рассматриваемой реакции можно определить нормальность N раствора едкого натра:

$$\frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{\text{HCl}}} = \frac{N_{\text{HCl}}}{N_{\text{NaOH}}}; \quad N_{\text{NaOH}} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}}}. \quad (6)$$

Данной нормальности отвечает содержание $\omega \cdot 10$ г едкого натра в 1 л раствора (ω — навеска NaOH, а число 10 показывает, во сколько раз объем 1000 мл больше объема мерной колбы). Для определения эквивалента вещества нужно

вычислить число граммов его, содержащихся в 1 л раствора, если нормальность последнего равна 1, т. е.

$$\frac{N_{\text{NaOH}} - \omega \cdot 10}{1 - x} \quad x = \frac{\omega \cdot 10}{N_{\text{NaOH}}},$$

где x — эквивалент едкого натра.

Найдите абсолютную и относительную ошибки определения. Результаты сдайте преподавателю.

Б. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЕСА ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ

О п ы т 4. Определение молекулярного веса кислорода

Определив массу (m) определенного объема (V_0) газа, приведенного к нормальным условиям, и зная, что грамм-молекула любого газа при этих же условиях занимает объем

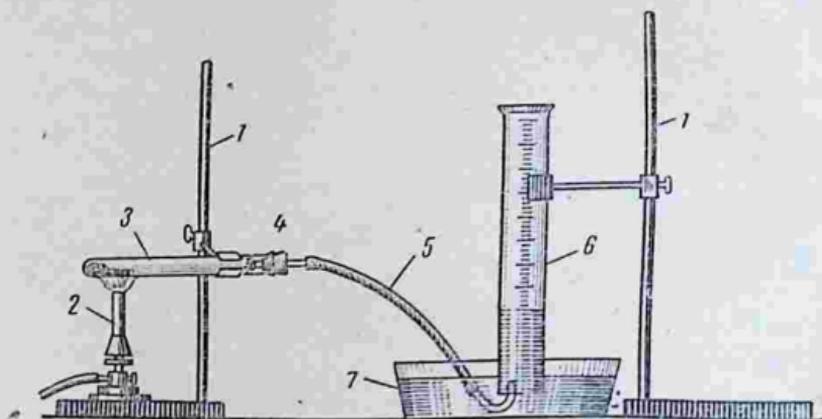


Рис. 14. Прибор для получения кислорода:

1 — штативы Бунзена; 2 — горелка; 3 — пробирка с KMnO_4 ; 4 — тампон из стеклянной ваты; 5 — отводная трубка; 6 — мерный цилиндр; 7 — ванна

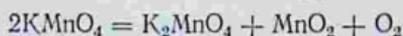
22 400 мл, легко вычислить молекулярный вес газа по соотношению:

$$\frac{m - V_0}{M - 22\,400} \quad M = \frac{m \cdot 22\,400}{V_0}. \quad (7)$$

В сухую пробирку всыпьте около 3 г порошкообразного перманганата калия (KMnO_4), в верхнюю часть ее поместите тампон из стеклянной ваты и взвесьте на теххимических весах. Закройте пробирку пробкой с отводной трубкой и присоедините к прибору (рис. 14). Заполните цилиндр на 250 мл водой, закройте стеклянной пластинкой

и, перевернув его вверх дном, опустите в ванну с водой. Подведите под цилиндр трубку от пробирки.

Осторожно на небольшом пламени горелки нагревайте пробирку с перманганатом калия, собирая выделяющийся газ в цилиндр. Реакция разложения перманганата протекает в соответствии с уравнением:



Когда в цилиндре соберется около 200 мл кислорода, прекратите нагрев пробирки и тотчас же выньте из ванны конец отводной трубки. В течение 15 мин дайте пробирке охладиться. В это время измерьте объем выделившегося кислорода в цилиндре и с помощью миллиметровой линейки расстояние от уровня воды в ванне до уровня воды в цилиндре.

После охлаждения пробирки выньте из нее пробку и взвесьте пробирку с оставшимся веществом и тампоном. На этом экспериментальная часть работы закончена. Температуру воздуха и давление отметьте по комнатному термометру и барометру. Все экспериментальные данные внесите в таблицу.

Примерная запись результатов

Дата

Определение молекулярного веса кислорода

Масса пробирки с KMnO_4 , г		Масса O_2 $m = m_1 - m_2$	Объем O_2 в цилиндре, мл	t , °C	Давление		Высота воды H , мм
до разложения m_1	после разложения m_2				p по барометру	h водяных паров	

Для приведения объема кислорода к нормальным условиям следует учитывать атмосферное давление p , давление водяных паров при данной температуре h (так как кислород был собран над водой) и давление столба жидкости p_v , которое (в мм рт. ст.) равно высоте жидкости H над уровнем

воды в ванне, измеренной в миллиметрах, деленной на плотность ртути, т. е. $H/13,6$. Таким образом, парциальное давление кислорода выразится формулой:

$$p' = p - (h + p_{\text{в}}). \quad (8)$$

Формула для приведения объема кислорода к нормальным условиям примет следующий вид:

$$V_0 = \frac{V [p - (h + p_{\text{в}})] 273}{p_0 T}. \quad (9)$$

После вычисления (при помощи таблицы логарифмов!) V_0 кислорода, пользуясь формулой (7), определите молекулярный вес кислорода и найдите относительную погрешность определения. Результаты сдайте преподавателю.

Опыт 5. Определение молекулярного веса по В. Мейеру

Для легко летучих веществ молекулярный вес можно определить по известной навеске данного вещества и объему его пара, приведенному к нормальным условиям.

Прибор, в котором ведут опыт (рис. 15), состоит из колбы — паробразователя 1, стеклянной трубки с расширенным резервуаром в нижней части и двумя отводными трубками в верхней части 2, отводной трубки 3, ванны 4, эвдиометра 5 и стержня 6.

Налить в паробразователь около 80 мл воды и нагреть ее до кипения. Получить у преподавателя вещество для работы. Записать номер полученного вещества.

Взвесьте на теххимических весах стеклянную ампулу (рис. 16, а). Нагрейте ее расширенную часть на слабом огне и открытым концом опустите в склянку с жидкостью (рис. 16, б). При охлаждении жидкость «засасывается» в ампулу. Когда жидкость поднимется на 4—5 мм выше «запечки», ампулу выньте, переверните и вновь взвесьте.

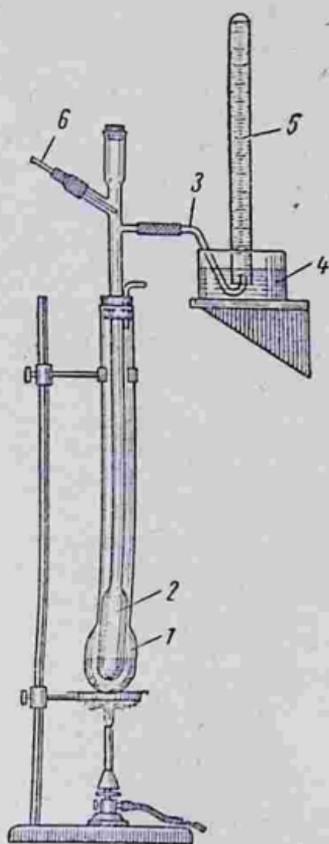


Рис. 15. Прибор для определения молекулярного веса по В. Мейеру:

1 — колба-паробразователь;
2 — трубка; 3 — отводная
трубка; 4 — ванна; 5 — эвдиометр;
6 — стержень для задержания ампулы

Масса жидкости в ампуле должна составлять не более 0,20—0,30 г. В случае избытка жидкости в ампуле переверните ее капилляром вниз и, постукивая пальцем, удалите

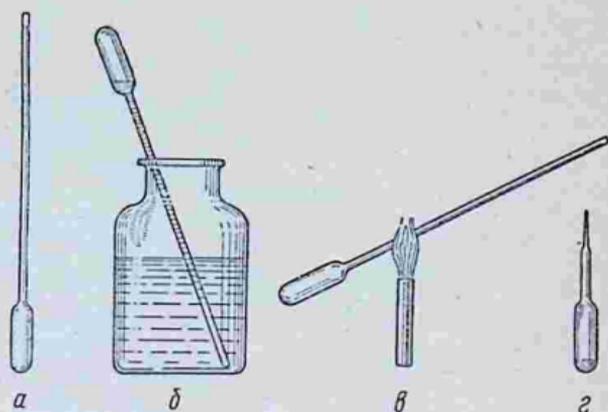


Рис. 16. Наполнение ампулы жидкостью:

a — ампула; *б* — засасывание жидкости; *в* — запаяние ампулы; *г* — запаянная ампула

несколько капель и вновь взвесьте. Нагрейте капилляр ампулы на маленьком пламени горелки (рис. 16, *в*) до размягчения стекла, быстро оттяните и запаяйте капилляр (рис. 16, *г*).

Откройте пробку стеклянной трубки (рис. 15) и опустите в нее капилляр запаянным концом вниз на «запирающий» стержень *б*. Заполните эвдиометр водой и опрокиньте его в ванну, укрепив в лапке штатива. Если пузырьки воздуха из трубки *3* не пробулькивают через воду ванны, то подведите трубку под эвдиометр и оттяните слегка стержнечек, чтобы капилляр упал вниз. При падении капилляр разбивается, жидкость превращается в пар и вытесняет равный объем воздуха, который собирается в эвдиометре. Когда выделение пузырьков воздуха в эвдиометр прекратится, выньте конец трубки *3* из ванны и прекратите нагревание.

Измерьте объем выделившегося воздуха в эвдиометре и с помощью линейки высоту столба воды над поверхностью ее в ванне (рис. 17). Отметьте температуру по комнатному

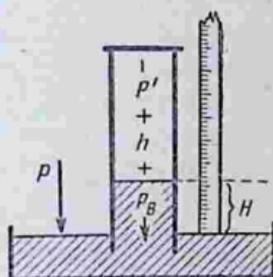


Рис. 17. Измерение высоты столба жидкости линейкой

термометру, давление по барометру. Из рис. 17 следует, что атмосферное давление уравнивается давлением воздуха (p'), давлением водяных паров при данной температуре (h) и давлением столба воды (p_B). Последнее, в переводе на давление в мм рт. ст., равно высоте столба воды (H) в миллиметрах, деленной на плотность ртути, т. е. $H/13,6$. Парциальное давление пара и его объем при нормальных условиях находят по формулам (8) и (9).

Запись результатов опыта

Дата

Определение молекулярного веса жидкости №

Вес ампулы		Масса вещества m , г	Объем пара, мл	t , °C	Давление, мм рт. ст.		
с веществом	пустой				p	h	p_B

V_0 объем пара при н. у.

По формуле (7) рассчитайте молекулярный вес вещества, полученного у преподавателя.

Результат сдайте преподавателю. После того как преподаватель сообщит истинное значение молекулярного веса, вычислите абсолютную и относительную погрешность в определении M .

РАБОТА III

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ СМЕСЕЙ

Анализом называют методы исследования, основанные на разделении веществ или их смеси на более простые составные части.

Различают качественный анализ, позволяющий определить, из каких элементарных веществ состоит данное сложное вещество или смесь их, и количественный анализ, который приводит к установлению количественных соот-

ношений между составными частями сложного вещества или смеси веществ.

Из многочисленных методов анализа, известных в настоящее время, в данной работе используются лишь некоторые химические методы.

А. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СОЕДИНЕНИЯ

При качественном анализе испытуемое вещество переводят в другое новое вещество, обладающее каким-либо характерным свойством: малой растворимостью, определенной окраской, специфическим запахом и т. п. Вещества, которые дают характерную реакцию с испытуемым веществом, называются *реактивами*.

Чаще всего качественный анализ проводят в растворах, так как большинство неорганических соединений являются электролитами, распадающимися в водном растворе на ионы. Таким образом, реакции между испытуемым веществом и реактивом в растворе — это реакции между ионами. Все качественные реакции в нашем практикуме будут проводиться с несколькими каплями растворов реагирующих веществ. Такой метод анализа называется *полумикрометодом*.

В полумикрометоде применяется специальная посуда и аппаратура. Для хранения растворов реактивов используются реактивные пробирки с пришлифованными пипетками, на верхний конец которых одевается резиновый колпачок-трубка (рис. 18, а). На каждой пробирке приклеена этикетка с указанием формулы вещества и концентрации раствора. Для сухих реактивов используются микропробирки, закрывающиеся резиновой пробкой, через которую проходит стеклянный микрошпатель (рис. 18, б).

Все пробирки с реактивами устанавливаются в шкафчике-горке в определенном порядке (рис. 19). На самой нижней полке рекомендуется помещать пробирки с дистиллированной водой, растворами «ходовых» кислот и щелочей.

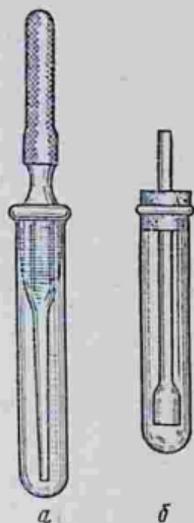


Рис. 18. Реактивные пробирки:

а — для растворов; б — для твердых веществ.

Реакции проводятся в микропробирках, на часовом или предметном стеклах или на фарфоровых пластинках с углуб-

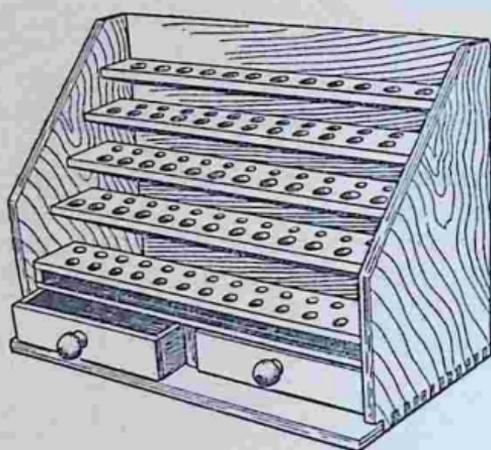


Рис. 19. Шкафчик-горка для реактивов, применяемых в полумикроанализе

блениями (рис. 20). Для перемешивания растворов применяются стеклянные микропалочки, а для отделения осадка

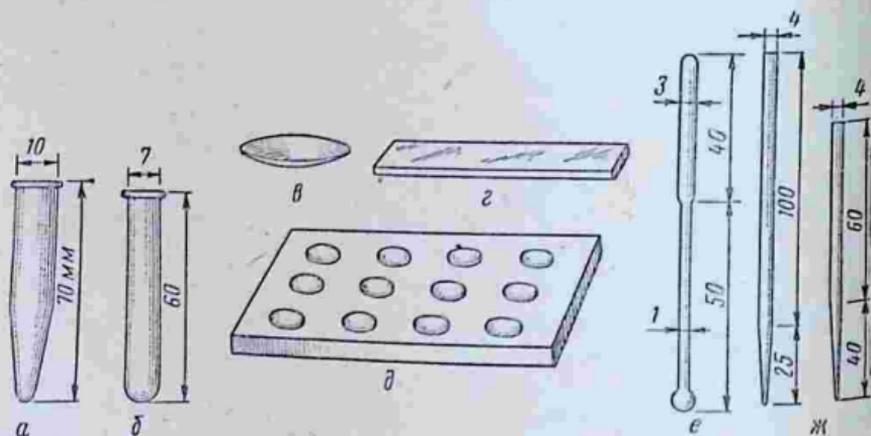


Рис. 20. Принадлежности для полумикроанализа:

а — микропробирка коническая; *б* — микропробирка обычная; *в* — часовое стекло; *г* — предметное стекло; *д* — фарфоровая пластинка с углублениями; *е* — микропалочка; *ж* — микропипетки

от раствора — капиллярные пипетки. Все эти принадлежности хранятся в ящиках шкафчика-горки.

Опыт 1. Реакции с образованием малорастворимых веществ (осадков)

а) **Образование хлорида серебра.** На часовое стекло поместите три капли раствора нитрата серебра и добавьте равный объем раствора хлорида натрия. Отметьте цвет образовавшегося осадка (поставьте часовое стекло на пластинку из черного стекла или листик черной глянцевой бумаги). Составьте уравнение реакции в ионном виде. Можно ли хлорид натрия заменить хлоридом калия? Какой ион является реактивом на ион серебра?

б) **Образование сульфата и карбоната бария.** В две микропробирки влейте по 3 капли раствора нитрата бария и добавьте в одну 3 капли раствора сульфата натрия, а в другую — 3 капли раствора карбоната натрия. Отличаются ли между собой образовавшиеся осадки? Составьте ионные уравнения реакции. В каждую из пробирок добавьте по 6 капель раствора азотной кислоты: что наблюдается? Чем отличается карбонат бария от сульфата? Составьте уравнение реакции между карбонатом бария и азотной кислотой. Какой ион является реактивом на ион бария?

в) **Образование сульфидов цинка и кадмия.** Поместите на предметное стекло 3 капли раствора сульфата цинка, на другое — такой же объем раствора сульфата кадмия и добавьте по 2 капли раствора сульфида аммония. Составьте уравнения реакций и отметьте цвета образовавшихся осадков.

Опыт 2. Реакции с образованием окрашенных соединений

а) **Образование роданида железа.** На предметное стекло нанесите по две капли растворов хлорида железа (III)* и роданида калия (KNCS). Какую окраску имеет образовавшееся соединение? Составьте уравнение реакции.

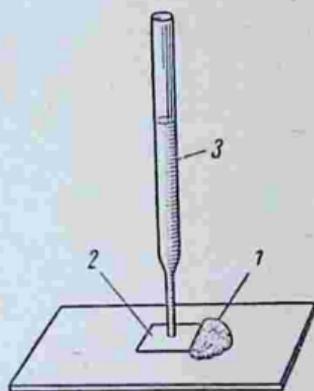
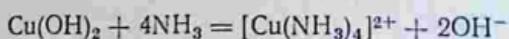


Рис. 21. Отделение раствора от осадка капиллярной трубкой:

1 — раствор с осадком;
2 — фильтровальная бумага;
3 — раствор

* Цифра в скобках указывает на зарядность иона металла.

б) Образование гидроксида меди и растворение его в аммиаке. На фарфоровой пластинке смешайте по 3 капли растворов сульфата меди и едкого натра. Составьте ионное уравнение образовавшегося голубого осадка. Отделите раствор от осадка: для этого рядом с раствором положите сложенный вчетверо кусочек фильтровальной бумаги, смоченной водой. К бумаге приложите капиллярную трубку и медленно отсосите раствор ртом (рис. 21). К оставшемуся осадку добавьте 3—4 капли раствора аммиака: осадок растворяется с образованием комплексного иона тетраамин-медь, окрашенного в темно-синий цвет:



в) Открытие нитрат-иона. На фарфоровой пластинке к 2—3 каплям раствора нитрата натрия добавить каплю раствора дифениламина. Раствор окрашивается в темно-синий цвет: реакция, характерная для иона NO_3^- .

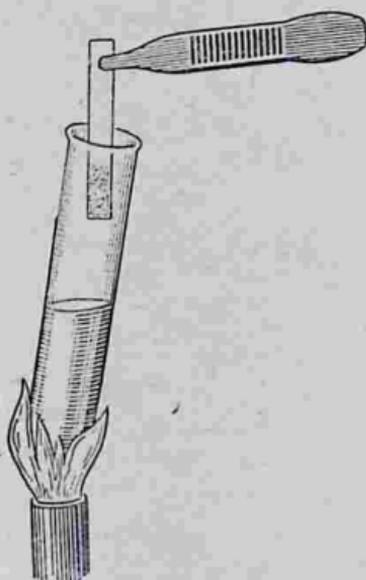


Рис. 22. Открытие аммиака лакмусовой бумажкой

Опыт 3. Реакции с образованием газообразных веществ

а) Образование аммиака. В микропробирку поместите несколько кристаллов хлорида аммония (NH_4Cl) и 5—6 капель дистиллированной воды. К полученному раствору добавьте 5 капель раствора едкого натра и нагревайте на маленьком огне. В верхнюю часть микропробирки внесите пинцетом увлажненный кусочек красной лакмусовой бумаги (рис. 22): наблюдайте посинение лакмусовой бумаги. Составьте уравнение реакции между хлоридом аммония и едким натром и между аммиаком и водой. Чем вызвано посинение лакмусовой бумаги?

б) Образование сероводорода и его открытие. В микропробирку поместите по 4 капли растворов сульфида натрия (Na_2S) и серной кислоты и слегка нагрейте (под тягой). Определите по запаху (о с т о р о ж н о!) состав выделяющегося газа. Внесите в верхнюю часть микропробирки

увлажненный кусочек свинцовой бумажки (фильтровальная бумага, пропитанная раствором ацетата свинца $Pb(CH_3COO)_2$), которая чернеет вследствие образования сульфида свинца. Составьте уравнения реакций между сульфидом натрия и серной кислотой и сероводородом и ацетатом свинца. Что служит реактивом на ион S^{2-} ?

Опыт 4. Открытие в контрольном растворе катиона и аниона

В контрольном растворе, полученном у преподавателя, может содержаться одна из следующих солей: Ag_2SO_4 , $Ba(NO_3)_2$, $ZnSO_4$, $CdSO_4$, $FeCl_3$, $CuSO_4$, NH_4Cl , BaS . С помощью реакций, проделанных в опытах 1—3, установите состав соли, находящейся в растворе. Вначале следует открывать анион (почему?). Составьте протокол анализа с описанием хода открытия аниона, катиона, указав все последовательные реакции. В конце протокола укажите формулу соли, которая была дана преподавателем для анализа. Результаты сдайте преподавателю.

Опыт 5. Анализ растворов с применением реактивов «без этикеток»

Получить у лаборанта штатив с тремя микропробирками, содержащими растворы неизвестных веществ, обозначенных № 1, 2, 3, и второй штатив с растворами четырех реактивов «без этикеток», но с приложенным списком состава реактивов (в какой склянке находится тот или иной реактив — неизвестно)*.

По 3 капли раствора вещества № 1 поместите на 4 предметных стекла и добавьте на первое предметное стекло 3 капли первого реактива, на второе — 3 капли второго реактива и т. д. Наблюдайте, что происходит на каждом предметном стекле и отметьте свои наблюдения в таблице. Если реактив I не вступил в реакцию с веществом раствора № 1, то в клетке таблицы проставьте знак минус, если же образовался осадок, то отметьте его цвет.

* Чтобы не спутать реактивы, поставьте карандашом по стеклу римскими цифрами их номера: I, II, III и IV.

Анализируемые растворы №	реактивы:			
	I	II	III	IV
1				
2				
3				

Аналогичные испытания проделайте с растворами веществ № 2 и 3. Так как каждое из предложенных вам веществ состоит из катиона и аниона, то естественно, что из четырех проведенных реакций только в двух будет наблюдаться взаимодействие. Сопоставлением всех полученных результатов при проведении данного опыта и результатов опытов 1—3 сделайте выводы о составе веществ, содержащихся в анализируемых растворах № 1, 2, 3. Результаты сдайте преподавателю.

Б. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СОЕДИНЕНИЯ

Из известных методов химического количественного анализа здесь будут рассмотрены лишь объемные методы анализа, технические приемы которого были использованы в работе II, оп. 3.

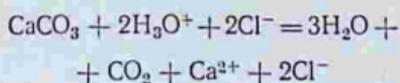
Сущность объемного метода сводится к титрованию, т. е. определению объемов раствора исследуемого вещества и раствора реагента с определенной концентрацией. По этим данным можно определить концентрацию исследуемого вещества в растворе. Этот метод основан на проведении обменных или окислительно-восстановительных реакций.

О п ы т 6. Определение степени чистоты кальцита (мрамора)

Получите у преподавателя образец кальцита (мрамора) для анализа. Запишите в журнал номер образца. На часовом стекле, вес которого известен (справиться у лаборанта), отвесьте с точностью 0,01 г около 1 г порошкообразного образца. В мерную колбу емкостью 100 мл вставьте воронку

и ссыпьте в нее навеску кальцита (мрамора). Оставшиеся на стекле крупинки вещества смойте небольшим количеством воды из промывалки (рис. 23).

Налейте в специальную бюретку емкостью 50 мл титрованный раствор соляной кислоты (концентрация около 1 н.) немного выше нулевой метки. Открывая кран, спустите избыток соляной кислоты в подставленный под бюретку стакан, чтобы в бюретке нижний мениск коснулся нулевой черты. Выньте воронку из колбы и влейте в нее из бюретки точно 40 мл раствора соляной кислоты (заведомый избыток!). Между кальцитом (мрамором) и соляной кислотой наступает взаимодействие с выделением двуокси углерода *:



Как только кальцит (мрамор) полностью растворится (прекращение выделения пузырьков CO_2), в мерную колбу прилейте дистиллированной воды столько, чтобы нижний мениск коснулся метки на горле колбы. Колбу закройте пробкой и тщательно перемешайте раствор.

В две колбы Эрленмейера (так называются конические колбы) отберите пипеткой из мерной колбы по 20 мл раствора и добавьте в каждую из них по 3 капли индикатора метилового красного: кислый раствор будет окрашен в красный цвет.

В бюретку влейте до нулевой метки титрованный раствор едкого натра (концентрация 0,25 н.). Вначале проводят ориентировочное титрование: приливают раствор щелочи из бюретки в колбу Эрленмейера порциями по 1 мл, следя за изменением цвета раствора в колбе. Если раствор обла-



Рис. 23. Перенос кристаллов с часового стекла в мерную колбу струей воды

* Хотя специфические свойства растворов кислот определяются наличием в них иона гидроксония H_3O^+ , в последующих уравнениях реакций мы будем пользоваться вместо него ионом водорода H^+ , подразумевая, что в растворе последний находится в гидратированном состоянии.

дал красным цветом, а при приливании очередного 1 мл раствора щелочи окрасился в желтый цвет (раствор перетитрован!), то этим самым найдены границы истинного объема. При правильном титровании красный цвет должен перейти в оранжевый.

Наполните щелочью бюретку и титруйте раствор во второй колбе Эрленмейера до изменения красной окраски на оранжевую, записывая объем израсходованного раствора щелочи с точностью до 0,05 мл.

Наберите пипеткой из мерной колбы еще два раза раствор и проведите 3-е и 4-е титрования.

Запись результатов анализа

Масса стекла		Масса вещества, г	Объем...и. HCl, влитый в колбу	Объем, мл		Израсходовано ...и. раствора NaOH, мл			
с веществом	пустого			мерной колбы	пипетки	I	II	III	IV
			40	100	20				

Возможны различные варианты расчета. Приведем один из них. Пусть a — вес кальцита (мрамора); N_{HCl} — нормальность раствора HCl; N_{NaOH} — нормальность раствора щелочи; V_{NaOH} — средний объем раствора щелочи; остальные данные указаны в таблице.

Определим число грамм-эквивалентов HCl в 40 мл раствора:

$$b = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot 40}{1000}$$

По среднему объему израсходованного на титрование раствора NaOH и ее нормальности определим число грамм-эквивалентов HCl, оставшихся в колбе, учитывая, что объем колбы в 10 раз меньше объема 1000 мл:

$$c = \frac{V_{\text{NaOH}} N_{\text{NaOH}}}{20 \cdot 10}$$

Число грамм-эквивалентов HCl, вступившей в реакцию, находим по разности $(b - c)$. Число грамм-эквивалентов HCl будет равно числу грамм-эквивалентов CaCO_3 , так как реакции протекают между эквивалентными количествами

вами веществ. Умножая это число на величину грамм-эквивалента CaCO_3 , равную $\frac{M}{2}$, т. е. $\frac{100}{2} = 50$, находим число граммов CaCO_3

$$(b - c) \cdot 50 \text{ г.}$$

Отнеся данное количество к весу кальцита (мрамора) и умножая на 100, определим степень чистоты анализируемого вещества.

Сдайте результаты анализа преподавателю.

О п ы т 7. Определение содержания железа в растворе

Железо, находящееся в растворе в виде двухзарядного иона, окисляется перманганатом калия (KMnO_4) в кислой среде до трехзарядного иона:



или в ионной форме:



Получите у преподавателя мерную колбу с неизвестным количеством раствора соли Мора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, содержащей ион Fe^{2+} . Запишите номер колбы. Влейте в мерную колбу дистиллированную воду до метки и тщательно перемешайте раствор. Отберите пипеткой 20 мл раствора соли Мора из мерной колбы в коническую колбу и прилейте 20 мл 2 н. раствора серной кислоты, отмеривая последнюю цилиндром. В бюретку налейте титрованный раствор перманганата калия (0,05 н.) до нулевой черты по верхнему мениску (у окрашенных растворов более отчетливо виден верхний мениск!). Подставим под бюретку коническую колбу с раствором соли Мора и прильем в нее раствор KMnO_4 . Первые порции раствора будут обесцвечиваться, так как KMnO_4 восстанавливается до Mn^{2+} , который в разбавленных растворах не имеет окраски. Титрование следует вести до тех пор, пока раствор в колбе от одной лишней капли KMnO_4 не окрасится в слабо-розовый цвет *. Запишите объем израсходованного раствора перманганата калия с точностью до 0,05 мл.

Проведите титрование еще с двумя порциями анализируемого раствора.

* Возникновение при титровании бурой окраски указывает на недостаток кислоты, количество которой следует увеличить.

Запись результатов

Дата
№ мерной колбы

Объем, мл		Нормальность $KMnO_4$	Израсходовано раствора $KMnO_4$ на титрование, мл			
мерной колбы	пипетки		I	II	III	средний объем
100	20					

По полученным данным вычислим, сколько граммов железа содержалось в исследуемом растворе:

$$z_{Fe} = \frac{V_{KMnO_4} \cdot N_{KMnO_4} \cdot 100}{20 \cdot 1000} \cdot 55,847.$$

В окислительно-восстановительных реакциях эквивалент вещества находят делением атомного или молекулярного веса на число теряемых или приобретаемых атомом, ионом или молекулой электронов. Так как атомный (или ионный) вес железа равен 55,847, а в проведенной реакции ион Fe^{2+} при окислении в Fe^{3+} терял 1 электрон, то эквивалент будет равен атомному (ионному) весу.

Результат анализа сдайте руководителю.

РАБОТА IV

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

Абсолютно чистых веществ (степень чистоты 100%) нет. Любое вещество содержит большее или меньшее количество примесей. Чем меньше примесей, тем выше качество химических веществ. Современная техника предъявляет высокие требования к степени чистоты различных химических продуктов.

Известны многочисленные методы очистки веществ: фильтрование, дистилляция, дробная перегонка, возгонка или сублимация, перекристаллизация, зонная плавка, метод транспортных реакций и др.

В данной работе изучаются следующие методы: дистилляция, возгонка и перекристаллизация.

А. ДИСТИЛЛЯЦИЯ

Этот метод применяется для очистки жидкостей от растворенных в них примесей. Классическим примером является перегонка воды, осуществляемая в приборе или аппарате,

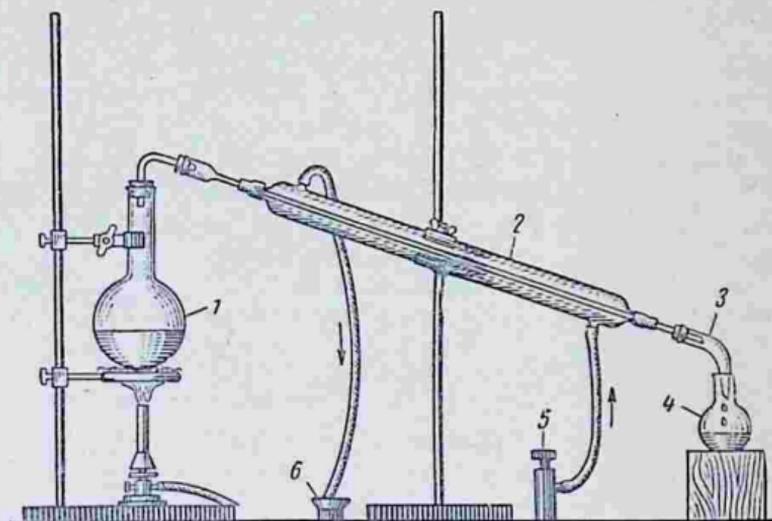


Рис. 24. Аппарат для перегонки воды:

1 — круглодонная колба; 2 — холодильник; 3 — алонж; 4 — приемник; 5 —
кран водопроводной сети; 6 — канализационный сток

состоящем из парообразователя (колба, перегонный куб), охлаждаемой трубки (холодильник, змеевик) и приемника-сборника. Нагрев осуществляется газовой горелкой или электроприборами. В лаборатории нередко пользуются установкой, изображенной на рис. 24.

Опыт 1. Перегонка воды

В стакан налейте 50 мл дистиллированной воды и растворите в ней по несколько кристалликов сульфата магния $MgSO_4$ и хлорида натрия $NaCl$. Изученными ранее реакциями докажите наличие в воде ионов SO_4^{2-} и Cl^- . 5—6 капель этой воды поместите на часовое стекло и выпарьте ее на водяной бане (рис. 25).

К воде с растворенными солями добавьте раствор фуксина и перелейте воду в колбу для перегонки 1 (рис. 24). Соедините ее с холодильником Либиха 2, пустите в него воду из крана 5 в направлении, указанном стрелками;

выводной конец резиновой трубки опустите в отверстие канализационного стока *б*. Под алонж *з* подставьте маленькую колбу-приемник *4*.

Нагрейте воду в перегонной колбе до кипения. Когда в приемнике соберется около 5 мл перегнанной воды, вылейте ее из колбы и соберите следующие 5 мл дистиллята. Обладает ли дистиллят розовой окраской? Проведите реакции на ионы SO_4^{2-} и Cl^- . Содержатся ли данные ионы в дистилляте? 5—6 капель дистиллята выпарьте на часовом стекле досуха. Сравните остаток на обоих стеклах и сделайте соответствующее заключение.

Можно ли считать дистиллированную воду абсолютно чистой?

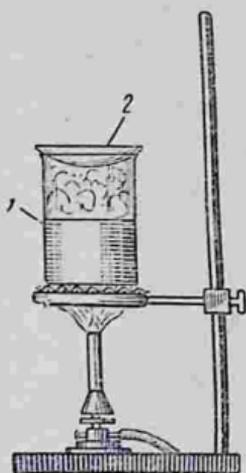


Рис. 25. Упаривание жидкости на водяной бане

1 — стакан с кипящей водой; 2 — часовое стекло с раствором

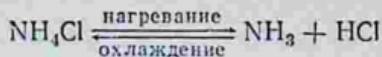
Б. ВОЗГОНКА (СУБЛИМАЦИЯ)

Возгонкой, или *сублимацией*, называется процесс перехода вещества из твердого в газо- или парообразное состояние. Этот процесс проводят нагреванием вещества до определенной температуры. Охлаждая газ или пар, можно вновь получить вещество в твердом состоянии, называемое *возгоном*, или *сублиматом*. Если основное легко летучее вещество содержит нелетучие примеси, то последние можно отделить возгонкой.

О п ы т 2. Очистка сублимацией

а) Очистка хлорида аммония. Смешайте в ступке твердый хлорид аммония (3 шпателя) с твердым безводным сульфатом натрия (1 шпатель). Небольшое количество смеси поместите в микропробирку и растворите в 10 каплях дистиллированной воды. Докажите наличие в растворе иона SO_4^{2-} .

Твердую смесь ссыпьте в сухую фарфоровую чашку, накройте маленькой стеклянной воронкой и осторожно (п о д т я г о й), на небольшом пламени горелки, нагревайте чашку (рис. 26). В месте нагревания (высокая температура) хлорид аммония разлагается, но в газовой фазе, вследствие охлаждения, происходит соединение образовавшихся газов и получающийся хлорид аммония откладывается в виде возгона на внутренних стенках воронки



Стеклянным шпателем часть возгона соскребите в микропробирку, растворите в 8—10 каплях дистиллированной воды и докажете отсутствие в нем ионов SO_4^{2-} .

б) Очистка иода. В маленький фарфоровый стакан поместите немного кристаллического иода (1 шпатель) и закройте стакан стеклянной колбой специальной конфигурации, в которую налита холодная вода (рис. 27). Нагревайте стакан на

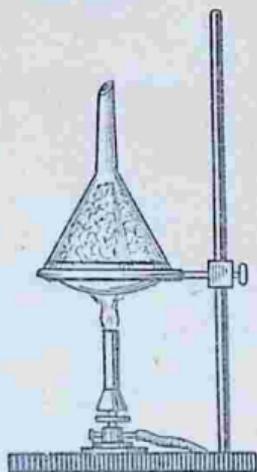


Рис. 26. Сублимация хлорида аммония на воронке

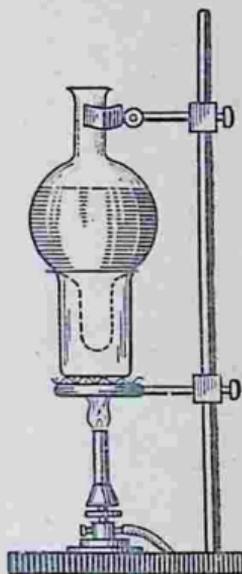
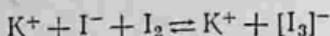


Рис. 27. Сублимация иода

небольшом пламени в течение 5 мин, а затем, оставив горелку, после 2—3-минутного охлаждения, приподнимите колбу и наблюдайте на ее поверхности кристаллы и гроздь кристаллов сублимированного иода. В две микропробирки стеклянным шпателем сбросьте по 2 кристалла сублимированного иода и добавьте по 15 капель дистиллированной воды. Взболтайте пробирки с водой: растворяется ли иод в воде? Микропипеткой наберите водный раствор иода и 3—4 капли перенесите на часовое стекло. Добавьте 2—3 капли раствора крахмала: окрашивается ли раствор в синий цвет? В ту же пробирку добавьте 2—3 кристалла иодида калия и сильно взболтайте. Изменяется ли цвет раствора?

В растворе иодида калия иод растворяется с образованием трииодида калия



В другую микропробирку добавьте 6—8 капель четыреххлористого углерода (CCl_4), в котором иод растворяется. В какой цвет окрашивается раствор иода в CCl_4 ? Различие в цвете объясняется тем, что в водном растворе присутствуют гидратированные молекулы иода $I_2 \cdot nH_2O$, а в растворе четыреххлористого углерода — свободные молекулы I_2 . Чем объяснить, что спиртовой раствор иода (иодная настойка) окрашен в бурый цвет?

В. ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

Перекристаллизация основана на различной растворимости одного и того же вещества при разных температурах. Для большинства веществ с повышением температуры раствора растворимость возрастает. Чаще всего растворимость вещества выражают числом граммов его, насыщающих 100 г растворителя при данной температуре (см. табл. VI в конце книги). Например, растворимость KCl при $90^\circ C$ равна 53,7, т. е. при данной температуре в 100 г воды может раствориться 53,7 г KCl . Эта предельная растворимость отвечает концентрации насыщенного раствора при $90^\circ C$. Если такой раствор охладить до $20^\circ C$, а растворимость при данной температуре равна 34,2 г/100 г воды, то разность $53,7 - 34,2 = 19,5$ — число граммов соли, кристаллизующейся из раствора при охлаждении. На основании табл. VI проводятся все расчеты, связанные с перекристаллизацией солей. Если в задании дана соль, которая не указана в табл. VI, то следует использовать справочники *. Перекристаллизацией можно очистить твердое вещество от содержащихся в нем примесей.

О п ы т 3. Получение перекристаллизацией 20 г чистого нитрата натрия (примерное задание)

Так как температурный интервал в задании не указан, то обычно проводят насыщение при $100^\circ C$, а охлаждение — в тающем льде, т. е. при $0^\circ C$.

* Ю. В. Карякин, И. И. Ангелов. Чистые химические реактивы. Изд-во «Химия». М., 1955; Ю. Ю. Лурье. Расчетные и справочные таблицы для химиков. Изд-во «Химия». М., 1967.

Прежде всего следует рассчитать * весовые количества соли и растворителя для получения заданного количества перекристаллизованной соли. Растворимость NaNO_3 при 100°C — 184,5, а при 0°C — 73,0 (см. табл. VI). Из насыщенного при 100°C раствора, содержащего 184,5 г соли на 100 г воды, при охлаждении до 0°C будет кристаллизоваться $184,5 - 73 = 111,5$ г соли. Так как нужно получить 20 г соли, то количество соли, которое надо взять для насыщения, найдем из пропорции:

$$\frac{184,5 \text{ г} - 111,5 \text{ г}}{x - 20 \text{ г}} = \frac{184,5 \cdot 20}{111,5} = 33,1 \text{ г}.$$

Для насыщения данным количеством соли при 100°C потребуется воды:

$$\frac{100 \text{ г} - 184,5 \text{ г}}{y - 33,1 \text{ г}} = \frac{33,1 \cdot 100}{184,5} = 18 \text{ г}.$$

Отвесьте вычисленное количество соли на листе бумаги, положив на другую чашку весов такой же лист бумаги. Сыпьте соль в стакан емкостью 50 мл и прилейте 20 мл воды, отмеривая ее цилиндром (часть воды улетучится при кипячении раствора). Стакан с солью и водой поставьте на асбестовую сетку, находящуюся на кольце штатива, и нагревайте на маленьком пламени горелки (рис. 28,а). В это время подготовьте воронку для горячего фильтрования. Изготовьте плоский фильтр, складывая квадратный лист фильтровальной бумаги так, как показано на рис. 28,б. Ножницами отрежьте концы фильтра (см. пунктир на рис.), разверните фильтровальный конус и вставьте его в воронку с коротким отводным концом («носиком»). Придерживая фильтр пальцем, смочите его дистиллированной водой. Вставьте стеклянную воронку в металлический конус воронки для горячего фильтрования и последнюю нагревайте (газ или электричество). Подставьте под стеклянную воронку чистый стакан емкостью 50 мл (рис. 28,в).

Как только раствор с солью закипит (стакан с раствором соли все время нагревать!), небольшими порциями (по 4—5 мл) сливайте его по палочке в воронку. После того как весь раствор профильтрован, часть раствора из стакана, находящегося под воронкой, слейте в первый стакан, нагрейте

* Расчеты проводятся дома при предварительной подготовке к работе.

его до кипения и вновь вылейте по палочке на фильтр. При этом часть кристаллов, образовавшихся вследствие охлаждения раствора на воронке, растворится.

Если в стакане, находящемся под воронкой, выпали кристаллы, то этот стакан нагрейте до растворения кристаллов,

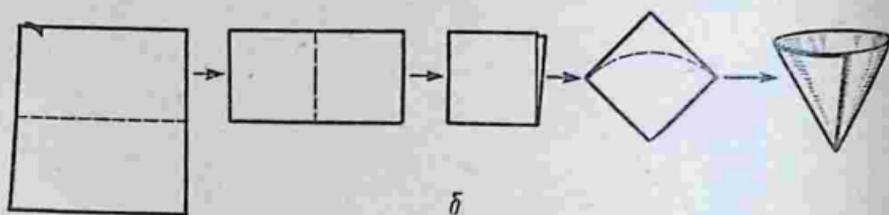
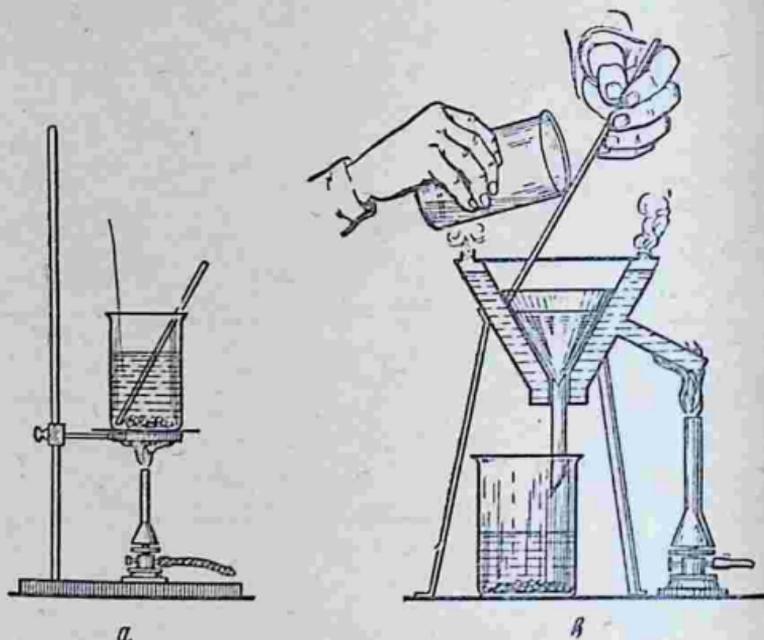


Рис. 28. Растворение и фильтрование:

a — растворение твердого вещества при нагревании; *б* — изготовление плоского фильтра из бумаги; *в* — сливание раствора на воронку горячего фильтрования

внесите его в стакан с тающим льдом и раствор перемешивайте палочкой до полного охлаждения. В это время подготовьте воронку для фильтрования под уменьшенным давлением (рис. 29,а).

Дно фарфоровой воронки имеет большое количество мелких отверстий. Положите на воронку два листа фильтровальной бумаги и тупыми концами ножниц обведите бумагу

по окружности верхнего края воронки. По контуру вырежьте круглые фильтры с диаметром на 3 мм меньше внутреннего диаметра фарфоровой воронки. Смочите их дистиллированной водой и присоедините прибор к водоструйному насосу (рис. 29,б).

Откройте водопроводный кран и слейте в воронку охлажденный раствор с кристаллами. «Отсасывают» до тех пор, пока из воронки не перестанут стекать капли раствора. Отключите колбу от прибора, выньте фарфоровую воронку

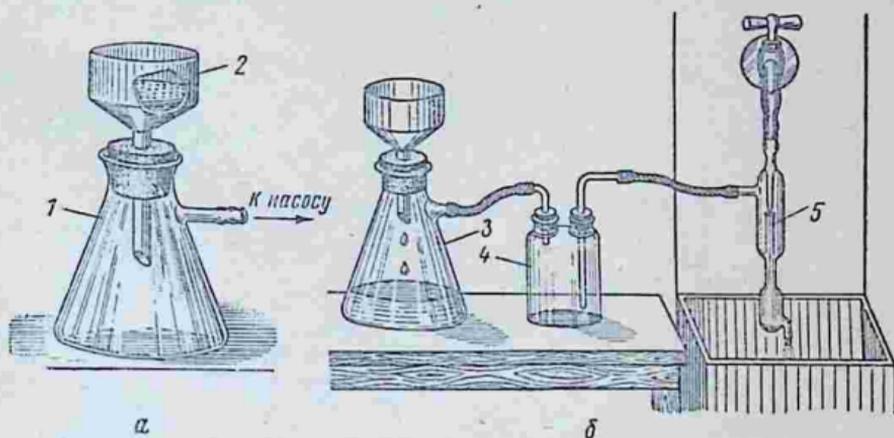


Рис. 29. Фильтрация под уменьшенным давлением:

a — прибор: 1 — колба Бунзена; 2 — фарфоровая воронка; *б* — присоединение к водоструйному насосу; 3 — прибор; 4 — предохранительная склячка; 5 — водоструйный насос

и опрокиньте ее на 2—3 листика фильтровальной бумаги: кристаллы вместе с круглыми фильтрами выпадают из воронки. Снимите фильтр с кристаллов, положите на них сверху 2—3 листика фильтровальной бумаги и отжимайте ладонью до тех пор, пока на бумаге не перестанут оставаться мокрые пятна. Кристаллы ссыпьте на сухую бумагу, распределите тонким слоем по поверхности ее стеклянным шпателем и сушите на воздухе, изредка перемешивая до тех пор, пока кристаллы не будут прилипать к стеклянной палочке.

Кристаллы взвесьте и рассчитайте выход в %. Предположим, что было получено 19,2 г сухой соли вместо заданных 20 г; следовательно, выход составит:

$$\frac{19,2}{20} \cdot 100 = 96\%.$$

Полученную сухую соль и отчет по работе сдайте преподавателю.

Г. КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ВЕЩЕСТВ «ВЫСАЛИВАНИЕМ»

Кристаллизацию веществ из насыщенного раствора методом охлаждения проводят для таких веществ, у которых сильно различаются растворимости при разных температурах. Для веществ с мало различающейся растворимостью (например, NaCl — см. табл. VI) этот метод мало эффективен. В таких случаях к водному раствору добавляют вещества, понижающие растворимость веществ в воде (например, спирт, ацетон, концентрированную соляную кислоту и др.).

Опыт 4. Очистка технической поваренной соли (бузуна)

Для приготовления насыщенного раствора хлорида натрия в 100 г кипящей воды следует растворить 39,6 г исход-

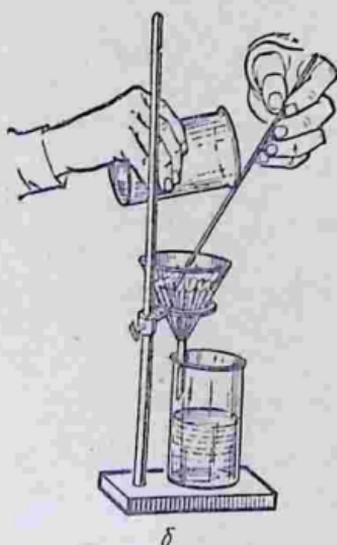
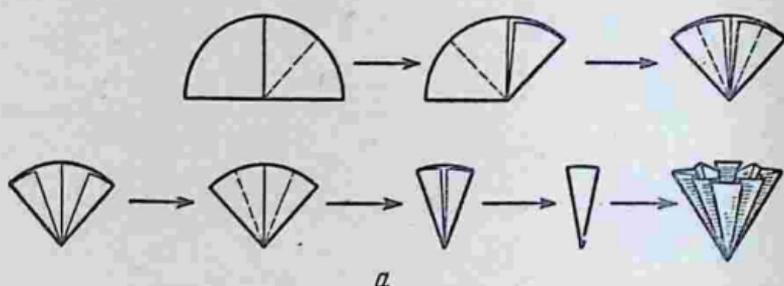


Рис. 30. Использование складчатого фильтра:

а — изготовление складчатого фильтра; *б* — фильтрование

ной соли. Отвесьте данное количество соли, разотрите в ступке и ссыпьте в стакан емкостью 200 мл. Налейте в стакан 100 мл дистиллированной воды. Нагревайте раствор в стакане до кипения, а в это время приготовьте складчатый фильтр (рис. 30, *а*), отрезав верхние концы так, чтобы края фильтра были на 2—3 мм ниже края воронки. Вставьте фильтр в воронку и смочите из промывалки водой. Подставьте под воронку чистый стакан емкостью 200 мл (рис. 30, *б*).

Кипящий раствор соли слейте порциями по 10—15 мл на воронку. После того как весь раствор профильтрован, к теп-

лону раствору медленно прибавляйте 50 мл концентрированной соляной кислоты при интенсивном перемешивании стеклянной палочкой. Дайте раствору охладиться до комнатной температуры (20°C) и отфильтруйте кристаллы в приборе под уменьшенным давлением (см. предыдущий опыт). Ссыпьте кристаллы в сухую фарфоровую чашку и прокалите на небольшом пламени, все время перемешивая кристаллы стеклянным шпателем. Высушенные и охлажденные кристаллы взвесьте. Сколько граммов должно было бы получиться при охлаждении раствора от 100 до 20°C (см. табл. VI)? Попытайтесь ответить на следующий вопрос: почему прибавление концентрированной соляной кислоты уменьшает растворимость хлорида натрия? Отчет о работе сдайте преподавателю.

РАБОТА V

РАСТВОРЫ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ИХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Несмотря на то, что в последнее время в технике все чаще стали применяться неводные растворы, использование водных растворов остается доминирующим. Растворы готовятся растворением определенного количества твердого, жидкого или газообразного веществ в определенном количестве растворителя—воды. Нередко растворы меньшей концентрации готовят разбавлением водой более концентрированных растворов. Концентрацию приготовленного раствора определяют измерением плотности раствора (ареометром, пикнометром) или определяют содержание вещества методом титрования. Чаще всего используются следующие концентрации растворов: процентная, молярная, нормальная, моляльная и титр.

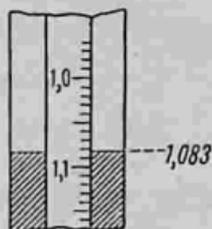
А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Опыт 1. Определение процентной концентрации раствора по его относительной плотности, измеренной ареометром

Получите у преподавателя склянку с испытуемым раствором и запишите ее номер.

Ознакомьтесь с устройством ареометра и выясните «цену» одного деления. На глаз можно оценить $1/3$ малого деления,

т. е. с помощью ареометра можно определить относительную плотность с точностью $\pm 0,003$. Обратить внимание



на то, что ареометр прокальбирован при 20°C . Чистым термометром измерьте температуру испытуемого раствора, если она отличается от 20°C то нагреванием или охлаждением* доведите температуру раствора до необходимой.

Налейте в цилиндр около 250 мл испытуемого раствора при 20°C и осторожно опустите в него ареометр (рис. 31). Отметьте по шкале ареометра его показание с принятой точностью. Во время наблюдения ареометр не должен касаться стенок цилиндра. Приподняв на 1—2 см ареометр, вновь опустите его в раствор и еще раз определите показание. Раствор вылейте обратно в склянку. Ареометр вымойте.

Рис. 31. Измерение плотности раствора ареометром

Запись результатов **

Дата

Раствор			Показания ареометра			
вещество	№ раствора	t, °C	I	II	III	среднее
KNO_3	28	20	1,082	1,084	1,084	1,083

* Если температуру раствора необходимо повысить, то раствор выливают в чистый стакан, ставят его на асбестовую сетку, лежащую на кольце штатива Бунзена, и нагревают на небольшом пламени до нужной температуры, измеряя последнюю термометром.

Для снижения температуры раствор выливают в сухой цилиндр, ставят его в водопроводную раковину под углом 45° к направлению струи воды из водопроводного крана. Пускают воду на внешнюю стенку цилиндра и, помешивая раствор мешалкой, охлаждают до нужной температуры.

** В таблице указаны произвольные данные.

В табл. VII (см. приложение) для раствора KNO_3 относительная плотность 1,083 отсутствует, но указаны величины: меньшая 1,076 и большая 1,090. В таком случае процентную концентрацию находят *интерполяцией* — определением промежуточной величины по двум крайним. Для этого проводят следующие расчеты:

1. Находят разность величин относительных плотностей d и концентраций растворов по табличным данным

$$\begin{array}{r} 1,090 - 14\% \\ 1,076 - 12\% \\ \hline 0,014 - 2\% \end{array}$$

2. Находят разность между величиной, определенной ареометром, и меньшей табличной:

$$1,083 - 1,076 = 0,007.$$

Составляют пропорцию:

$$\begin{array}{l} 0,014 - 2\% \\ 0,007 - x\% \end{array} \quad x = \frac{0,007 \cdot 2}{0,014} = 1\%.$$

3. Найденное число прибавляют к меньшей величине концентрации, взятой из таблицы: $12 + 1 = 13\%$ — это отвечает концентрации испытуемого раствора.

Проведите расчеты с данными, полученными при испытании раствора, и результаты сдайте преподавателю.

Б. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

Опыт 2. Приготовление раствора заданной концентрации из лабораторного раствора разбавлением водой

Получите у преподавателя задание. Примерный тип задания: «Приготовить 250 мл 6,7%-ного раствора KCl из лабораторного раствора неизвестной концентрации». Для заданного 6,7%-ного и лабораторного раствора должны быть известны относительные плотности и процентные концентрации. Так как для лабораторного раствора ни плотность, ни концентрация неизвестны, то в первую очередь следует с помощью ареометра (см. опыт 1) определить относительную плотность с точностью $\pm 0,003$. Предположим, что относительная плотность лабораторного раствора KCl оказалась 1,133, что соответствует 20%-ной концентрации (см. табл. VII)*.

* Если найденное значение плотности отсутствует в таблице, то следует его найти методом интерполяции (см. опыт 1).

Так как концентрация заданного раствора известна (6,7%), то следует по табл. VII определить плотность этого раствора, интерполируя значения концентраций и плотностей для 6 и 8%-ных растворов (см. опыт 1). Интерполяция приводит к значению $d = 1,041$.

Расчеты проводятся в следующем порядке:

1. Определите содержание KCl в заданном растворе

$$100 \text{ г} - 6,7 \text{ г} \quad x = \frac{1,041 \cdot 250 \cdot 6,7}{100} = 17,4 \text{ г.}$$

$$1,041 \cdot 250 \text{ г} - x$$

2. Определите вес лабораторного раствора, в котором содержится 17,4 г KCl

$$100 \text{ г} - 20 \text{ г} \quad x = \frac{17,4 \cdot 100}{20} = 87 \text{ г.}$$

$$x - 17,4 \text{ г}$$

3. По относительной плотности определите объем (V) лабораторного раствора: $V = 87 : 1,133 = 76,8 \approx 77 \text{ мл}$.

Отмерьте цилиндром 77 мл лабораторного раствора KCl, прилейте к нему дистиллированную воду до общего объема 250 мл и тщательно перемешайте шариковой мешалкой (рис. 32), опуская ее до дна цилиндра и поднимая до поверхности раствора 8—10 раз.

В приготовленный раствор опустите чистый ареометр и определите относительную плотность, которая должна быть равна $1,041 \pm 0,003$.

Журнал с записями всех опытных данных и расчетов дайте на подпись преподавателю.

Опыт 3. Приготовление раствора промежуточной концентрации из двух лабораторных растворов большей и меньшей концентрации

Получите у преподавателя задание. Примерный тип задания: «Приготовить 250 мл 10,4%-ного раствора CaCl_2 из 6 и 20%-ных растворов CaCl_2 ».

Для расчета удобно пользоваться правилом смешения («креста») по следующей схеме:

$$\begin{array}{c} c_1 \dots a_1 \\ \swarrow \quad \searrow \\ c \\ \swarrow \quad \searrow \\ c_2 \dots a_2 \end{array}$$



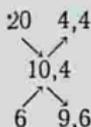
Рис. 32. Перемешивание жидкости шариковой мешалкой

где c — процентная концентрация заданного раствора;

$$a_1 = c - c_2 \quad \text{и} \quad a_2 = c_1 - c;$$

c_1 и a_1 — процентная концентрация и весовое количество раствора более высокой концентрации; c_2 и a_2 — процентная концентрация и весовое количество раствора более низкой концентрации (в случае чистой воды $c_2 = 0$).

Для заданного раствора соотношение будет таковым:



т. е. следует смешать 4,4 вес. ч. 20%-ного раствора и 9,6 вес. ч. 6%-ного раствора. Так как растворы отвешивать неудобно (особенно в случае больших количеств), то следует, зная их относительные веса 1,178 и 1,049 (см. табл. VII), вычислить объемы растворов: $V_{20\%} = 4,4 : 1,178 = 3,8$ и $V_{6\%} = 9,6 : 1,049 = 9,2$. Если надо приготовить 250 мл заданного раствора, а сумма объемных частей $3,8 + 9,2 = 13$, то следует взять следующие объемы растворов:

$$V_{20\%} = \frac{250 \cdot 3,8}{13} = 73 \text{ мл}; \quad V_{6\%} = \frac{250 \cdot 9,2}{13} = 177 \text{ мл}.$$

Отмерьте вычисленные объемы растворов, слейте в цилиндр на 250 мл и тщательно перемешайте шариковой мешалкой (см. рис. 32). Опустите в цилиндр чистый ареометр и определите относительную плотность с принятой точностью, которая не должна отличаться на $\pm 0,003$ от табличной величины

Запись результатов

Дата

	Растворы			Вычисленные объемы растворов		d_4^{20} по ареометру	Δd
	заданный	исходные		I	II		
		I	II				
$c, \%$							
d_4^{20}							

(если в табл. VII нет заданной процентной концентрации, то плотность найти интерполяцией из двух соседних значений).

Результаты работы сдайте преподавателю.

Опыт 4. Приготовление раствора из твердого вещества и воды

Получите у преподавателя задание. Примерный тип задания: «Приготовить 300 мл 4,6%-ного раствора сульфата магния из твердой соли».

Помня, что в таблицах относительных плотностей растворов и их процентной концентрации данные относятся к безводным солям (если нет особого указания), следует прежде всего найти величину d_4^{20} . Так как в табл. VII данные для сульфата магния не приводятся, то следует воспользоваться справочниками (см. стр. 46). Методом интерполяции по данным для 4 и 6%-ных растворов можно вычислить относительную плотность для 4,6% раствора; она равна 1,045.

Теперь легко вычислить количество безводной соли, содержащейся в 300 мл раствора:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ г} - 4,6 \text{ г} \\ 300 \cdot 1,045 \text{ г} - x \end{array} \quad x = \frac{300 \cdot 1,045 \cdot 4,6}{100} = 14,4 \text{ г.}$$

Кристаллический сульфат магния имеет формулу $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($M = 246,48$), а безводный сульфат магния — MgSO_4 ($M = 120,37$) и, следовательно, можно рассчитать количество требующейся кристаллической соли:

$$\begin{array}{l} 120,37 \text{ г} - 246,48 \text{ г} \\ 14,4 \text{ г} - x \end{array} \quad x = \frac{246,48 \cdot 14,4}{120,37} = 29,4 \text{ г.}$$

Отвесьте 29,4 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ссыпьте в стакан, прилейте около 150 мл дистиллированной воды и, перемешивая раствор, дайте кристаллам раствориться. Раствор перелейте в цилиндр, сполосните стакан дважды небольшими порциями (по 10—20 мл) воды, сливая их также в цилиндр, и доведите водой объем раствора до 300 мл. Раствор тщательно перемешайте шариковой мешалкой, проверьте термометром температуру раствора и ареометром определите его относительную плотность, которая не должна отличаться от табличной величины более чем на $\pm 0,003$.

Запись результатов

Приготовление мл % раствора из
кристаллической соли

Дата

Состав и молекулярные веса веществ		d_4^{20} раствора по табл.	Приготавливаемый раствор		Масса вещества, г		d_4^{20} по ареометру	Δd
			V, мл	%-ная концентрация	безводн.	кристалл.		
безводн.	кристалл.							

Результаты работы сдать преподавателю.

Опыт 5. Приготовление раствора с проверкой его концентрации титрованием

Получите у преподавателя задание. Примерный тип задания: «Приготовить 200 мл 0,5 молярного раствора H_2SO_4 из 95,6%-ного раствора с относительной плотностью 1,84».

Принимая значение $M_{H_2SO_4} = 98$, находим, что в 200 мл 0,5M раствора должно содержаться 9,8 г безводной серной кислоты. Учитывая, что концентрация исходной H_2SO_4 95,6%, определим, сколько надо взять ее по массе

$$\frac{100 \text{ г} - 95,6 \text{ г}}{x - 9,8 \text{ г}} \cdot x = \frac{100 \cdot 9,8}{95,6} = 10,2 \text{ г.}$$

Для перехода к объему данную массу следует разделить на относительную плотность: $V_{H_2SO_4} = 10,2 : 1,84 = 5,55 \text{ мл}$.

В специальную бюретку (о с т о р о ж н о!) через воронку налейте исходную серную кислоту, чтобы нижний мениск уровня коснулся нулевой черты (если уровень оказался выше нулевой черты, то излишек кислоты спустить в стакан). Мерную колбу на 200 мл заполните наполовину дистиллированной водой и вылейте в нее из бюретки рассчитанный объем кислоты. В течение 5 мин охладите колбу (растворение кислоты в воде происходит с выделением тепла), а затем прилейте воду, так чтобы нижний мениск касался метки на

горле мерной колбы. Закройте мерную колбу пробкой и тщательно перемешайте раствор.

Из мерной колбы наберите пипеткой 10 мл полученного раствора (о с т о р о ж н о!) и слейте его в коническую колбу. Прибавьте 2 капли раствора фенолфталеина (индикатор). Заполните бюретку титрованным раствором едкого натра до нулевой метки, подставьте под нее коническую колбу с подготовленным раствором кислоты и титруйте раствором едкого натра до тех пор, пока от одной избыточной капли титруемый раствор не окрасится в слабо-розовый цвет, который не исчезает в течение 20 сек (если раствор за это время обесцветится, то следует прибавить из бюретки еще каплю раствора едкого натра). Запишите объем израсходованного раствора едкого натра с точностью $\pm 0,05$ мл. Проведите еще два раза титрование с новыми порциями раствора кислоты: в двух титрованиях разница в объеме раствора едкого натра не должна превышать 0,05 мл.

Запись результатов

Дата

Задание « »

Заданный раствор	Исходный раствор			Объем, мл		Израсходовано на титрование М р-ра NaOH				
	% - ная концен- трация	d_{4}^{20}	расчи- танные		мерной кол- бы	пипетки	I	II	III	сред- нее
			m	V						
M										

По данным титрования проведите расчеты в следующем порядке:

1. Вычислите, зная концентрацию едкого натра в растворе, количество NaOH (г), содержащееся в среднем объеме, израсходованном на титрование.

2. Пользуясь уравнением реакции между NaOH и данной кислотой, зная их молекулярные веса и количество NaOH, вступившего в реакцию (п. 1), вычислите количество граммов кислоты, содержавшееся в объеме пипетки.

3. Вычислите количество граммов кислоты в объеме мерной колбы, а затем в объеме 1000 мл данного раствора.

4. Определите молярность приготовленного раствора кислоты. Насколько отличаются молярности заданного и приготовленного растворов? Определите относительную ошибку.

Результаты сдайте преподавателю.

РАБОТА VI

РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВ

В данной работе определяются: растворимость твердого, жидкого и газообразного веществ и коэффициент распределения.

А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ

Опыт 1. Определение растворимости твердого вещества в воде

Получите у преподавателя задание. Примерный тип задания: «Определить растворимость KCl в воде при $25^\circ C$ ».



Рис. 33. Сосуд для насыщения раствора

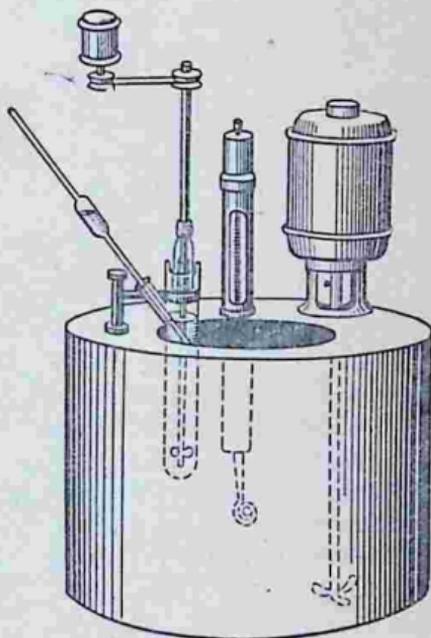


Рис. 34. Отбор раствора пипеткой из сосуда для насыщения

Включите термостат в электрическую сеть (см. рис. 7) и с помощью головки контактного термометра отрегулируйте нагрев так, чтобы температура в термостате держалась на уровне $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

Влейте в специальный сосуд (рис. 33) 25 мл дистиллированной воды, всыпьте в него около 10 г соли и погрузите его в термостат, укрепив в особом зажиме. Приведите в движение мешалку в сосуде для насыщения, включив мотор, от которого работает мешалка. Ведите насыщение в течение 30—40 мин, изредка следя за температурой термостата.

Пока идет насыщение, взвесьте на теххимических весах маленькую фарфоровую чашку и запишите результат в журнал.

Запись результатов

Дата

Задание « »

Формула соли	t °C раствора	Масса чашки, г			Масса, г	
		с раствором	с солью	пустой	раствора	соли

Через 30—40 мин в боковой отросток сосуда для насыщения (рис. 34) вставьте пипетку емкостью 10 мл, прекратите перемешивание в сосуде, дайте отстояться нерастворившейся соли, быстро «всосите» в пипетку раствор на 3/4 ее объема и быстро вылейте во взвешенную чашку. Взвесьте чашку с раствором и раствор упарьте доеуха на небольшом пламени горелки. Под конец упаривания, если происходит разбрызгивание раствора, горелку отставьте и чашку поместите на 15 мин в сушильный шкаф (рис. 35), нагреваемый электричеством или газом.

После 5-минутного охлаждения в эксикаторе сухую чашку с солью взвесьте.

Зная вес раствора и сухой соли, по разности находят вес растворителя, а затем растворимость соли, т. е. число

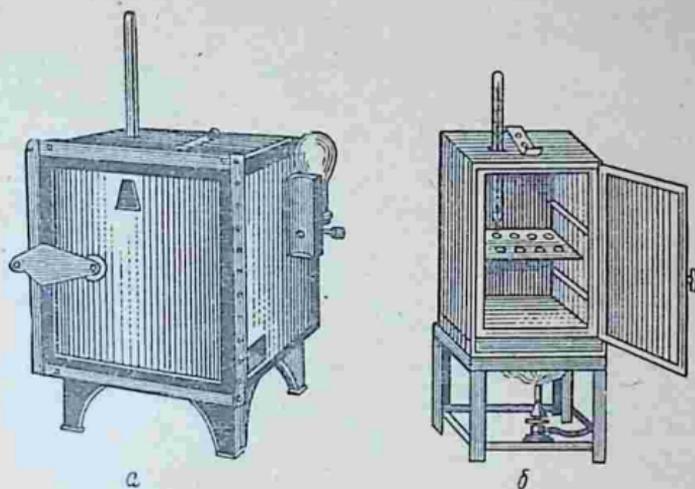


Рис. 35. Сушильные шкафы:

a — с электрообогревом и регулятором; *б* — с газовым обогревом

граммов ее, насыщающих при данной температуре 100 г растворителя. Результаты работы сдайте преподавателю.

Опыт 2. Растворимость жидкого вещества в воде (система «фенол — вода»)

При обыкновенной температуре фенол с водой представляет собой, независимо от концентрации, двухфазную систему.

Критической температурой растворения называется температура, при которой имеет место полная взаимная растворимость двух компонентов, растворяющихся при более низких температурах друг в друге ограниченно.

Для определения критической температуры растворения фенола в воде получите у лаборанта набор из 7 пробирок, содержащих различные весовые количества двух компонентов. В каждой из пробирок находится двухфазная система (весовые количества компонентов указаны на этикетках, приклеенных в верхней части пробирок). Если одну из пробирок сильно взболтать, то в пробирке образуется мутная жидкость, которая быстро расслаивается на две прозрачные жидкости, разделенные поверхностью раздела (проделайте это с одной из пробирок).

На кольцо штатива положите асбестовую сетку, а на нее поставьте стакан емкостью 500 мл, содержащий 350 мл воды.

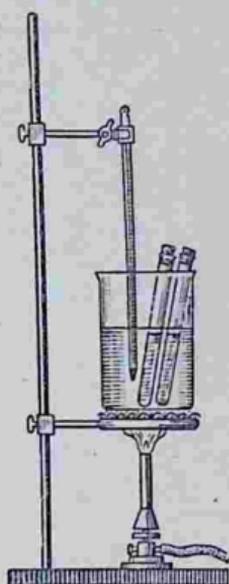


Рис. 36. Прибор для определения температуры взаимного растворения (расслоения)

Погрузите в стакан с водой термометр (рис. 36) и две пробирки № 1 и № 7 и нагревайте на маленьком пламени (в течение 1 мин температура должна повышаться на 1°C). Не вынимая пробирки из воды, взбалтывайте их содержимое и отметьте температуру, при которой жидкая система из мутной переходит в однородную прозрачную (температура взаимного растворения). После установления температуры взаимного растворения в обеих пробирках оставьте горелку и охлаждайте воду в стакане, помешивая ее одной из пробирок. Установите температуру, при которой в пробирках появляется муть — температура взаимного расслоения (для системы, содержащейся в любой пробирке, температуры взаимного растворения и расслоения не должны отличаться более чем на 1°C). Выньте пробирки из стакана, погрузите в него пробирки № 2 и № 6 и нагреванием воды и охлаждением определите температуру взаимного растворения и расслоения. То же самое проделайте с пробирками № 3 и № 5, и, наконец, с пробиркой № 4.

Запись результатов

Дата

Задание <

№ пробирок	Содержание в смеси компонентов				Температура, $^{\circ}\text{C}$		
	а, г	б, г	а, вес. %	б, вес. %	растворения	расслоения	средняя
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

По количеству граммов каждого компонента в смеси рассчитать их содержание в весовых процентах *. На основании экспериментальных данных постройте на миллиметровой бумаге график (диаграмму) растворимости. Проведите абсциссу длиной 10 см (1 см = 10 %) и из концов ее проведите две ординаты длиной по 10 см (1 см = 10° С): левая ордината для компонента *a*, правая — для компонента *б*. Нанесите на диаграмму точки и соедините их плавной кривой. На кривой определите координаты (процентный состав и температуру) точки максимума, отвечающей критической температуре растворения. Проведите на диаграмме пунктирную линию, параллельную оси абсцисс, на 1 см ниже точки максимума и места пересечения их с кривой растворимости обозначьте буквами *A* и *B*. Чем отличаются эти точки от точки максимума? Журнал с вклеенным графиком и ответами на вопросы сдайте преподавателю.

Опыт 3. Определение растворимости воздуха в воде

Растворимость газов определяется коэффициентом абсорбции (α) — числом, показывающим, сколько объемов газа, приведенного к нормальным условиям, растворяется в одном объеме растворителя при данной температуре.

Таблица 5

Коэффициент абсорбции (α) воздуха при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	α	$t, ^\circ\text{C}$	α	$t, ^\circ\text{C}$	α
0	0,0292	13	0,0214	17	0,0197
10	0,0228	14	0,0210	18	0,0194
11	0,0223	15	0,0205	19	0,0190
12	0,0219	16	0,0201	20	0,0187

Круглодонную колбу емкостью около 500 мл, закрытую резиновой пробкой с двумя трубками, не выступающими из

* Если нужно содержание компонентов выразить в молекулярных процентах, можно воспользоваться следующими формулами:

$$\frac{\frac{\%a}{M_a}}{\frac{\%a}{M_a} + \frac{\%б}{M_б}} \cdot 100 = \text{мол. \%a}; \quad \text{Мол. \%б} = 100 - \text{мол. \%a},$$

где M_a и $M_б$ — молекулярные веса компонентов смеси.

торца (рис. 37), наполните водопроводной водой, присоединив водопроводный кран к резиновой трубке 1. После того как вся колба и трубка 2 будут заполнены водой, плотно закройте зажим на резиновой трубке. Конец трубки 2 опустите в стеклянную ванну с раствором поваренной соли

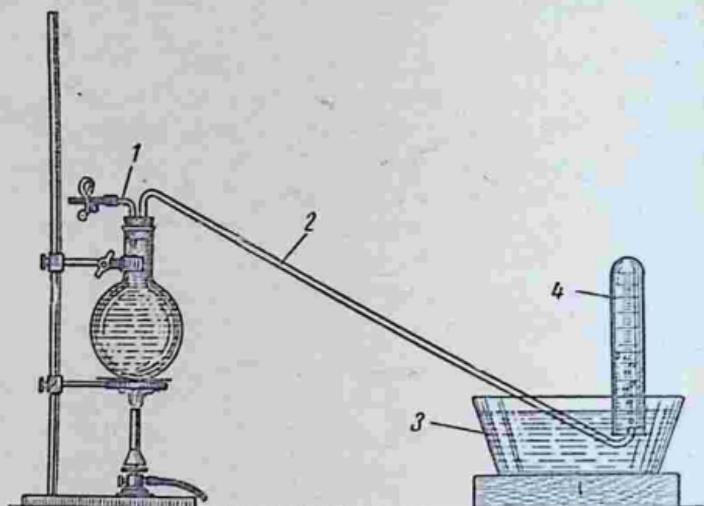


Рис. 37. Прибор для определения растворимости воздуха в воде:

1 — водоподводящая трубка с зажимом; 2 — газоотводная трубка; 3 — ванна с водой; 4 — градуированная пробирка

и подведите под градуированную пробирку, заполненную также раствором соли.

Подставьте под колбу горелку и нагревайте воду до кипения. В это время в стакан налейте немного водопроводной воды, измерьте ее температуру и запишите в журнал.

Запись результатов

Дата

Объем воды в колбе и трубке 2, мл	t, °C воды	Газ, собранный в эudiометре		Объем газа при н. у.	Коэффициент абсорбции
		V	p		

После того как вода в колбе закипит, продолжайте нагревать ее в течение 15—20 мин. Отметьте объем воздуха, собравшегося в эвдиометре, и нагревайте еще 5 мин. Если объем воздуха в эвдиометре остался без изменения, то кипячение воды следует закончить. Измерьте объем воздуха в эвдиометре, температуру и давление, при которых воздух был собран. Вылейте из колбы горячую воду, охладите ее, закройте пробкой с отводными трубками и вновь наполните водопроводной водой. Измерьте объем колбы и отводной трубки, сливая воду из них в измерительный цилиндр.

Зная объем воды в объеме колбы и отводной трубки, рассчитайте коэффициент абсорбции и сравните с величиной, указанной в табл. 5.

Результаты сдайте преподавателю.

Б. КОЭФФИЦИЕНТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Опыт 4. Определение коэффициента распределения иода между двумя растворителями при комнатной температуре

Если данное вещество в двух несмешивающихся растворителях растворяется в относительно небольших количествах, то отношение концентраций насыщенных растворов в обоих растворителях (C_a и C_b) при данной температуре есть величина постоянная, называемая *коэффициентом распределения*:

$$C_a/C_b = K. \quad (10)$$

Чаще всего C_a и C_b выражают числом граммов вещества, содержащихся в 1 л растворителя.

Получите у преподавателя примерное задание «Определить коэффициент распределения иода между водой и четыреххлористым углеродом при комнатной температуре».

В две делительные воронки (рис. 38) влейте по 20 мл четыреххлористого углерода и по 30 мл дистиллированной воды. Отвесьте в бюксе 0,6 и 0,3 г иода и всыпьте иод в делительные воронки. Каждые 4—5 мин растворы в делительных воронках тщательно взбалтывайте. Процесс вести в течение 50 мин.

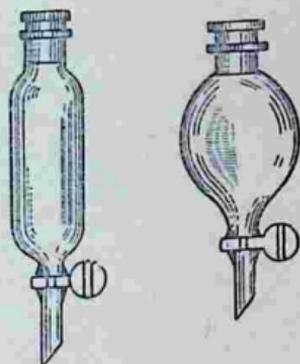


Рис. 38. Делительные воронки

В это время наполнить бюретку до нулевой метки титрованным раствором тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Составьте таблицу записи результатов.

Запись результатов

Дата

Задание « »

Воронки №	Количество			$t, ^\circ\text{C}$	V пипетки с раствором I_2 в CCl_4	Израсходовано раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл	V пипетки с раствором I_2 в H_2O	Израсходовано раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл
	I_2 , г	CCl_4 , мл	H_2O , мл					
1								
2								

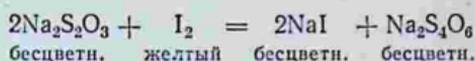
Через 50 мин в две конические колбы отберите пипеткой из делительных воронок по 20 мл верхнего водного раствора иода (конец пипетки должен быть опущен на 1 см выше поверхности раздела двух растворов). Добавьте в каждую колбу по 1 мл раствора крахмала (индикатор): растворы окрасятся в синий цвет. Подставьте первую колбу под бюретку с раствором тиосульфата натрия (0,05 н.) и осторожно титруйте им по каплям до тех пор, пока от одной лишней капли раствор не станет бесцветным. Запишите израсходованный на титрование объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Затем оттитруйте иод во второй конической колбе.

В две другие конические колбы отберите пипеткой по 5 мл раствора иода из нижнего слоя. При опускании пипетки верхний конец ее следует плотно закрыть пальцем, чтобы воспрепятствовать водному раствору «войти» в пипетку. Прибавьте в каждую колбу по 5 мл воды, отмеривая ее цилиндром. Взбалтывая содержимое колбы, титруйте тиосульфатом натрия до тех пор, пока раствор в колбе не будет окрашен в слабо-желтый цвет. Добавьте 1 мл раствора крахмала, что вызовет посинение раствора в колбе, и продолжайте при сильном взбалтывании титровать до обесцвечивания раствора. Протитруйте содержимое второй колбы аналогичным способом. Результаты титрования запишите в журнал.

Зная объем раствора иода (пипетка), нормальность и объем израсходованного на титрование раствора тиосульфата натрия, можно вычислить нормальность раствора иода и, умножая на величину грамм-эквивалента иода, равную 126,9 г,

найти число граммов иода в 1 л растворителя. Вычислите коэффициент распределения для обоих растворов, его среднее значение, и результаты сдайте преподавателю.

Взаимодействие иода с тиосульфатом натрия протекает по уравнению:



Все оставшиеся растворы иода в CCl_4 слейте в специальную склянку.

РАБОТА VII

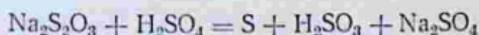
СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. РАВНОВЕСИЕ И ЕГО СМЕЩЕНИЕ

В этой работе изучаются: скорости гомогенных и гетерогенных реакций; влияние на скорость реакций температуры, концентрации и катализаторов; химическое равновесие и его смещение.

А. СКОРОСТЬ ГОМОГЕННЫХ РЕАКЦИЙ

О п ы т 1. Зависимость скорости гомогенной реакции от концентрации

Классическим примером гомогенной реакции является взаимодействие между растворами тиосульфата натрия и серной кислоты, протекающее по уравнению:



Возникающая при этой реакции сера в первый момент образует с водой коллоидный раствор, напоминающий по внешнему виду очень разбавленный мыльный раствор (едва уловимое помутнение). Необходимо измерить по секундомеру или метроному (рис. 39) время от момента сливания до появления едва заметной мути. Зная время протекания реакции (число секунд, или число ударов метронома) τ , легко определить скорость реакции, так как последняя является величиной, обратной времени $v = 1/\tau$.

На стенках восьми сухих и чистых пробирок проставьте восковым карандашом номера: 1, 2, 3, 4, 1а, 2а, 3а и 4а. В первые четыре пробирки налейте из бюретки (отсчет по

нижнему мениску) по 6 мл раствора серной кислоты *.
В другие четыре пробирки налейте из бюреток указанное

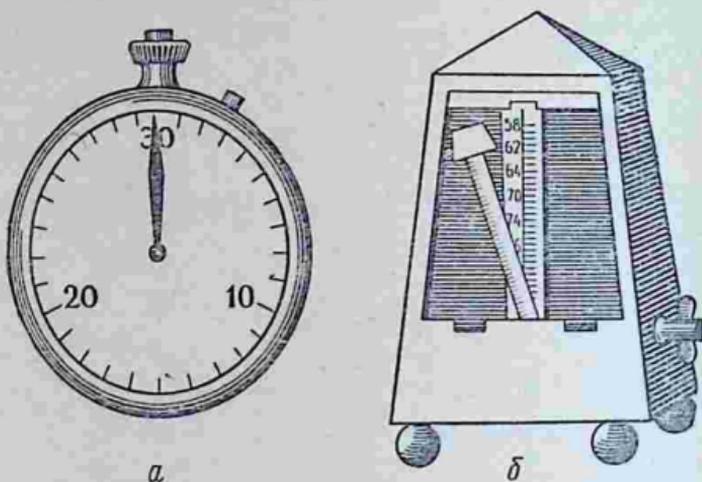


Рис. 39. Счетчики времени:

а — секундомер; б — метроном

в таблице количество миллилитров раствора тиосульфата натрия и воды. Приведенную ниже таблицу перепишите в лабораторный журнал.

№ пробирок	Объем, мл		Относительная концентрация $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $\frac{a}{a+b}$	Время (по секундомеру или по метроному) τ	Скорость реакции $\times 100$ $v = \frac{100}{\tau}$
	раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ а	H_2O б			
1а	6	0	1		
2а	4	2	$\frac{2}{3}$		
3а	3	3	$\frac{1}{2}$		
4а	2	4	$\frac{1}{3}$		

Влейте содержимое пробирки 1а в пробирку 1 и тотчас же включите секундомер или начните отсчет ударов по метроному, перемешайте растворы в пробирке, зажав отверстие ее большим пальцем и опрокидывая дном кверху и обратно. Как только заметите появившуюся слабую муть,

* Результаты опыта зависят от точности отмеривания объемов растворов!

зашелкните секундомер или прекратите счет ударов метронома. Запишите данные в таблицу.

Проделайте аналогичные опыты с растворами во всех других пробирках. По полученным данным постройте на миллиметровой бумаге график зависимости между скоростью реакции (ось ординат) и концентрацией (ось абсцисс). Удобный масштаб: максимальная концентрация 9 см, максимальная скорость 8 см. График вклейте в журнал.

Какой линией выражается найденная зависимость? Должна ли линия проходить через начало координат? Определите по графику скорость реакции при относительной концентрации тиосульфата натрия, равной $\frac{2}{5}$, и время протекания реакции.

Опыт 2. Зависимость скорости гомогенной реакции от температуры

В четыре нумерованные пробирки налейте из бюретки по 4 мл раствора серной кислоты, а в другие четыре — по 4 мл раствора тиосульфата натрия. Все пробирки поставьте в стакан с водой. Через 5 мин измерьте температуру воды в стакане. Выньте из воды пробирки 1 и 1а, слейте содержимое в одну из них (не забудьте перемешать!) и отметьте время по секундомеру или метроному от момента сливания до появления слабой, едва заметной мути. Впишите результат в таблицу.

№ пробирок	Температура опыта, °С	Время (по секундомеру или метроному) τ	Скорость реакции $\times 100$, $v = 100/\tau$
1, 1а			
2, 2а			
3, 3а			
4, 4а			

Нагрейте стакан с водой на 10° выше первоначальной температуры и проведите аналогичный опыт с растворами в пробирках 2 и 2а. Растворы в пробирках 3 и 3а слейте при температуре на 10° выше предыдущей. Наконец, нагрев воду в стакане еще на 10° выше, проведите опыт с растворами в пробирках 4 и 4а.

На миллиметровой бумаге постройте график влияния температуры на скорость реакции, откладывая по оси абсцисс температуру, а по оси ординат скорость; удобный мас-

штаб: 10° — 2 см, наибольшая скорость — 8 см. Проходит ли полученная на графике линия через начало координат? Каков температурный коэффициент скорости данной реакции? Определите скорость данной реакции, если температуру повысить от 40° до 80° С.

Б. СКОРОСТЬ ГЕТЕРОГЕННЫХ РЕАКЦИЙ

Опыт 3. Взаимодействие мрамора с соляной кислотой

Выберите два одинаковых по размеру кусочка мрамора. Один из них разотрите в ступке в порошок и ссыпьте его на лист бумаги. Налейте в два стакана по 20 мл раствора соляной кислоты и одновременно в один бросьте кусочек мрамора, а в другой — ссыпьте порошок. В каком из стаканов реакция прошла быстрее и почему? Составьте уравнение реакции взаимодействия мрамора с соляной кислотой и уравнение скорости данной реакции.

Опыт 4. Реакция между твердыми иодидом калия и нитратом свинца

Всыпьте в сухую фарфоровую ступку небольшое количество иодида калия, а затем — такое же количество нитрата свинца: Происходит ли какое-нибудь изменение? Растирайте кристаллы пестиком и наблюдайте появление заметной желтой окраски. Смочите смесь из капельницы водой: происходит моментальное окрашивание в ярко-желтый цвет. Объясните весь опыт в целом, составьте уравнение реакции между компонентами.

В. РАВНОВЕСИЕ И ЕГО СМЕЩЕНИЕ

Опыт 5. Смещение химического равновесия при изменении концентрации

В стакан влейте 30 мл воды и добавьте по 1—2 капли насыщенных растворов роданида калия и хлорида железа (III); раствор должен иметь светло-красный цвет (если необходимо, раствор можно разбавить водой). Составьте уравнение обратимой реакции и уравнение константы равновесия. Разлейте раствор в 4 пробирки: объемы растворов должны быть одинаковые.

В первую пробирку влейте из капельницы 2 капли концентрированного раствора хлорида железа. Изменяется ли интенсивность окраски и как? Дайте объяснения, исходя из уравнения константы равновесия. В какую сторону сместилось равновесие системы?

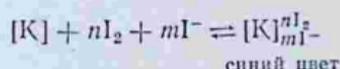
Во вторую пробирку добавьте 2—3 капли насыщенного раствора роданида калия; наблюдайте происшедшие изменения и дайте необходимые объяснения.

В третью пробирку внесите шпателем щепотку кристаллического хлорида калия KCl , сильно взболтайте содержимое пробирки и сравните окраску с окраской раствора в четвертой пробирке. Что происходит в данном случае? Дайте необходимое объяснение.

Как надо изменять концентрации веществ в обратимой системе, чтобы сместить равновесие в прямом и обратном направлениях?

Опыт 6. Равновесие в растворе адсорбционного соединения

Крахмал представляет собой смесь полисахаридов; их макромолекулы имеют весьма сложный состав, который условно можно обозначить формулой $[K]$. Крахмал с иодом в присутствии следов ионов иода образует адсорбционное соединение, обладающее синим цветом. Взаимодействие крахмала с иодом можно записать следующим уравнением:



Данная система обратима: при обычной температуре равновесие смещено в прямом направлении и раствор имеет синюю окраску, а если раствор нагревать, то равновесие смещается в обратном направлении и синяя окраска исчезает. При охлаждении равновесие вновь смещается в прямом направлении и раствор приобретает синюю окраску.

В две пробирки налейте по 5 мл свежеприготовленного раствора крахмала и добавьте по 3—4 капли раствора иода, содержащего небольшие количества иодида калия. Растворы окрашиваются в синий цвет. Теперь одну из пробирок нагрейте на небольшом пламени горелки: синяя окраска исчезает. При охлаждении нагретой пробирки окраска вновь появляется.

Опыт 7. Влияние температуры на смещение равновесия

Прибор, в котором изучается смещение равновесия, состоит из двух овальных или круглых баллонов, соединенных между собой стеклянной трубкой (рис. 40). Прибор заполнен бурым газом — двуокисью азота, находящейся в равновесии со своим димером N_2O_4 , являющимся бесцветным веществом. Состояние равновесия, определяемое следующим термохимическим уравнением



в сильной степени зависит от температуры.

Один конец прибора опустите в стакан с горячей водой, а другой — в стакан с охлаждающей смесью (снег с поваренной солью). Через 3—4 мин отметьте окраску содержимого в обеих частях прибора и объясните наблюдаемые изменения.

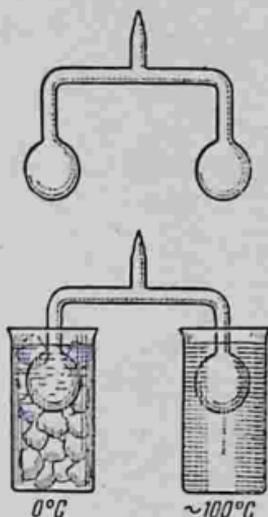


Рис. 40. Прибор, наполненный двуокисью азота

Вычислите константу равновесия данной системы, если известно, что при $50^\circ C$ в равновесии находится 60% N_2O_4 .

Г. КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

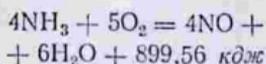
Прежде чем приступить к опытам, ответьте на следующие вопросы: что называется катализатором, в чем различие гомогенного и гетерогенного катализа, как называются катализаторы, снижающие скорость реакции?

Опыт 8. Каталитическое разложение перекиси водорода

В пробирку влейте 3 мл 3%-ного раствора перекиси водорода и внесите в нее шпателем немного порошкообразной двуокиси кремния. Происходит ли распад перекиси водорода? В ту же пробирку внесите несколько крупинок двуокиси марганца и наблюдайте обильное выделение газа. Внесите в пробирку тлеющую лучину. Что происходит? Какой газ выделяется при разложении перекиси водорода? Составьте уравнение реакции ее разложения. К какому типу катализа относится данная реакция?

Опыт 9. Каталитическое окисление аммиака кислородом воздуха

В полулитровую колбу влейте 2 мл 10%-ного раствора аммиака и смочите им стенку колбы. В железную ложечку для сжигания (рис. 41, а) всыпьте немного порошкообразной полтораокси хрома (Cr_2O_3) и нагрейте ее в пламени горелки. Затем медленно сыпьте порошок с ложечки в колбу и наблюдайте «полет» раскаленных частиц («светящиеся мотыльки») внутри колбы. Реакция окисления аммиака протекает по следующему термохимическому уравнению:



Чем объяснить, что частицы катализатора внутри колбы находятся в раскаленном состоянии?

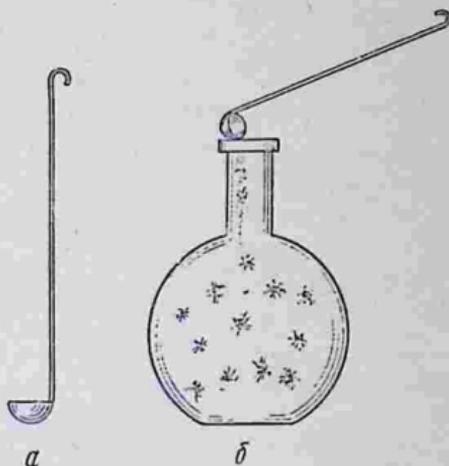


Рис. 41. Окисление аммиака на поверхности катализатора:

а — железная ложечка для сжигания;
б — «светящиеся мотыльки» в колбе

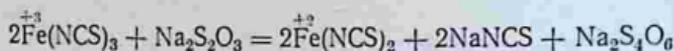
Опыт 10. Реакция гомогенного катализа

Влейте в стакан с 20 мл воды по 1 капле растворов роданида калия и хлорида железа (III). Раствор образовавшегося роданида железа (см. опыт 5) красного цвета перелейте в 2 пробирки, заполняя половину их объема. В две другие пробирки налейте по 5 мл раствора тиосульфата натрия; во вторую из них добавьте 2 капли раствора сульфата меди.

В первую пробирку с раствором роданида железа быстро влейте раствор тиосульфата натрия, одновременно включая секундомер. Как только исчезнет красная окраска, секундомер выключите. Запишите в таблицу время.

№ пробирок	Объем взятых растворов			Время (по секундомеру), τ	Скорость реакции, $v=1/\tau$
	Fe (NCS) ₃ , мл	Na ₂ S ₂ O ₃ , мл	CuSO ₄ , капель		
1,1а	7,5	5	—		
2,2а	7,5	5	2		

Реакция протекает согласно уравнению:



Проведите опыты с пробирками 2, 2а, отмечая время по секундомеру от момента сливания до исчезновения красной окраски.

Какую роль в реакции играют ионы Cu^{2+} ? Влияет ли количество катализатора на скорость реакции? В реакциях какого типа количество катализатора не имеет существенного значения?

О п

слоты; в
3 капли на
опустите о
перу. Чер
рода и визу
выделения га

Составьте ура
ропин?

бирование) химических

2 н. раствора серной ки
те 3 капли воды, а в другую
а уротропина. В обе пробирки
тому ученическому железному
1 наблюдайте выделение водо
е сравнительную интенсивность

реакции. Какую роль играет урот-

О п ы т 12. Кинетика каталитического разложения перекиси водорода

Соберите прибор (рис. 42), состоящий из колбы Вюрца 1, маленькой пробирки 2, каучуковой трубки 3, газоотводной трубки 4, стеклянной ванны 5 и эвдиометра 6.

Налейте в стеклянную ванну (1/2 объема) воду и опустите в нее эвдиометр, заполненный водой, укрепив его в зажиме штатива. В колбу Вюрца влейте 40 мл 0,2%-ного раствора перекиси водорода, осушите внутренние стенки горла колбы с помощью жгута из фильтровальной бумаги

и наденьте на колбу резиновую трубку (осторожно!). Отводную трубку подведите под эвдиометр.

Отвесьте 0,20 г двуокиси свинца и ссыпьте ее в маленькую пробирку, которую присоедините к резиновой трубке колбы. Переведите пробирку в вертикальное положение (см. пункт на рис. 42), одновременно включив секундомер. Отме-

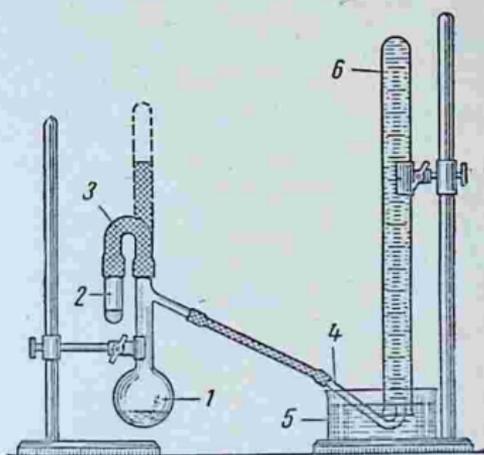


Рис. 42. Прибор для каталитического разложения перекиси водорода:

1 — колба Вюрца; 2 — пробирка с катализатором; 3 — резиновая трубка; 4 — газоотводная трубка; 5 — ванна; 6 — эвдиометр

чайте объем кислорода, выделяющийся через каждую минуту; опыт ведите в течение 10 мин.

	Время, мин				
	1	2	3	10
Суммарный объем кислорода, мл					

По полученным данным на миллиметровой бумаге постройте график. На оси ординат откладывайте объем выделившегося кислорода, а на оси абсцис — время. Масштаб: 1 см — 5 мл кислорода, 1 см — 1 мин. По кривой охарактеризуйте ход процесса во времени.

По уравнению реакции разложения перекиси водорода вычислите объем кислорода, который должен был бы выделиться при данных условиях из взятого количества пере-

кисни водорода (плотность раствора принять равной 1). Определите время полураспада $\tau_{1/2}$, т. е. время, в течение которого разлагается половина взятой перекиси водорода.

РАБОТА VIII

ЭЛЕКТРОЛИТЫ И ИОННЫЕ РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ

А. СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ И ИОНОВ

О п ы т 1. Электролиты и неэлектролиты

В U-образную трубку (рис. 43) налейте до метки 1М раствор сахара ($C_{12}H_{22}O_{11}$) и опустите в нее графитовые электроды. Включите электрический ток. Загорается ли лампочка?

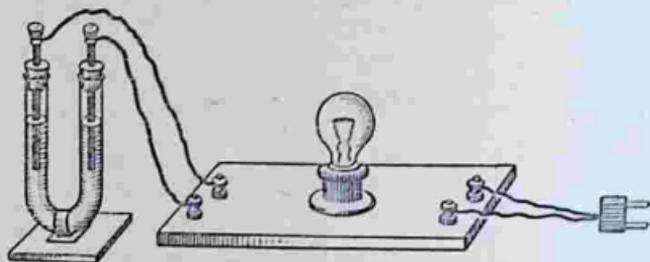


Рис. 43. Прибор для установления электропроводности растворов

Вылейте из трубки раствор сахара, промойте ее дистиллированной водой и наполните до метки 1М раствором спирта C_2H_5OH . Включите прибор в электрическую цепь. Что наблюдается? Поочередно наполните трубку 1М растворами соляной кислоты, едкого натра и нитрата калия (не забывайте после каждого опыта промыть трубку дистиллированной водой!) и выявите, проводят ли растворы этих веществ электрический ток.

Что называется неэлектролитом и электролитом? Почему в каждом из этих опытов U-образную трубку следует заполнять раствором до метки? Почему твердый нитрат калия не проводит электрического тока? Составьте уравнения электролитической диссоциации указанных веществ. Дайте определения, что называется кислотой и щелочью?

Опыт 2. Электропроводность расплава электролита

В небольшой фарфоровый тигель насыпьте мелкокристаллического нитрата калия, опустите в него угольные электроды (рис. 44) и включите ток. Зажигается ли лампочка? Нагревайте тигель на небольшом пламени горелки до плавления (если поверхность расплавленной соли окажется ниже электродов, то последние следует опустить) и наблюдайте зажигание лампочки. Почему расплав электролита проводит электрический ток? Чем отличаются ионы электролита в расплаве и в растворе?

Опыт 3. Гидратация ионов

«Голые» и гидратированные ионы некоторых металлов отличаются своей окраской, что можно установить визуальным наблюдением.

а) Гидратация иона меди. В микропробирку влейте 10 капель ацетона и всыпьте в него несколько кристаллов бромида меди CuBr_2 . Каков цвет полученного раствора? Прибавляйте в микропробирку по каплям воду и следите за изменением окраски. Составьте уравнение реакции гидратации иона меди и отметьте цвет гидратированного иона.

б) Гидратация иона кобальта. В микропробирку с 6—8 каплями спирта внесите 2—3 кристалла хлорида кобальта, после растворения отметьте цвет полученного раствора. Прибавляйте по каплям воду: синий цвет изменится на розово-красный. Составьте уравнение реакции гидратации иона кобальта. Полученный раствор вылейте на полоску фильтровальной бумаги и высушите ее над огнем горелки. В какой цвет окрашена высушенная фильтровальная бумага? Дайте объяснение.

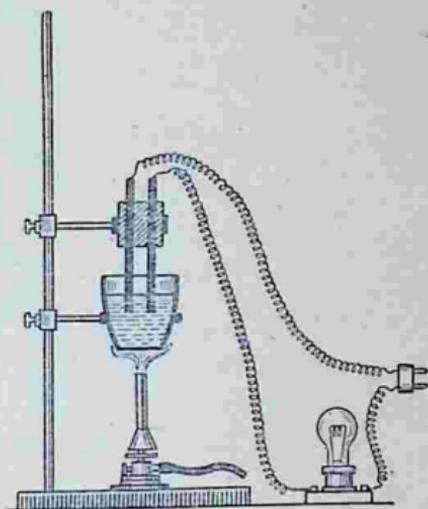


Рис. 44. Прибор для установления электропроводности расплава

киси водорода (плотность раствора принять равной 1). Определите время полураспада $\tau_{1/2}$, т. е. время, в течение которого разлагается половина взятой перекиси водорода.

РАБОТА VIII

ЭЛЕКТРОЛИТЫ И ИОННЫЕ РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ

А. СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ И ИОНОВ

О п ы т 1. Электролиты и неэлектролиты

В U-образную трубку (рис. 43) налейте до метки 1M раствор сахара ($C_{12}H_{22}O_{11}$) и опустите в нее графитовые электроды. Включите электрический ток. Загорается ли лампочка?

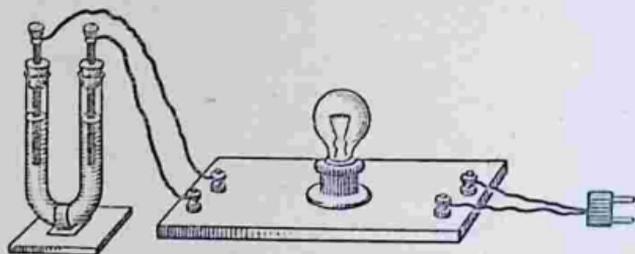


Рис. 43. Прибор для установления электропроводности растворов

Вылейте из трубки раствор сахара, промойте ее дистиллированной водой и наполните до метки 1M раствором спирта C_2H_5OH . Включите прибор в электрическую цепь. Что наблюдается? Поочередно наполните трубку 1M растворами соляной кислоты, едкого натра и нитрата калия (не забывайте после каждого опыта промыть трубку дистиллированной водой!) и выявите, проводят ли растворы этих веществ электрический ток.

Что называется неэлектролитом и электролитом? Почему в каждом из этих опытов U-образную трубку следует заполнять раствором до метки? Почему твердый нитрат калия не проводит электрического тока? Составьте уравнения электролитической диссоциации указанных веществ. Дайте определения, что называется кислотой и щелочью?

Опыт 2. Электропроводность расплава электролита

В небольшой фарфоровый тигель насыпьте мелкокристаллического нитрата калия, опустите в него угольные электроды (рис. 44) и включите ток. Зажигается ли лампочка? Нагревайте тигель на небольшом пламени горелки до плавления (если поверхность расплавленной соли окажется ниже электродов, то последние следует опустить) и наблюдайте зажигание лампочки. Почему расплав электролита проводит электрический ток? Чем отличаются ионы электролита в расплаве и в растворе?

Опыт 3.

Гидратация ионов

«Голые» и гидратированные ионы некоторых металлов отличаются своей окраской, что можно установить визуальным наблюдением.

а) Гидратация иона меди. В микропробирку влейте 10 капель ацетона и всыпьте в него несколько кристаллов бромида меди CuBr_2 . Каков цвет полученного раствора? Прибавляйте в микропробирку по каплям воду и следите за изменением окраски. Составьте уравнение реакции гидратации иона меди и отметьте цвет гидратированного иона.

б) Гидратация иона кобальта. В микропробирку с 6—8 каплями спирта внесите 2—3 кристалла хлорида кобальта, после растворения отметьте цвет полученного раствора. Прибавляйте по каплям воду: синий цвет изменится на розово-красный. Составьте уравнение реакции гидратации иона кобальта. Полученный раствор вылейте на полоску фильтровальной бумаги и высушите ее над огнем горелки. В какой цвет окрашена высушенная фильтровальная бумага? Дайте объяснение.

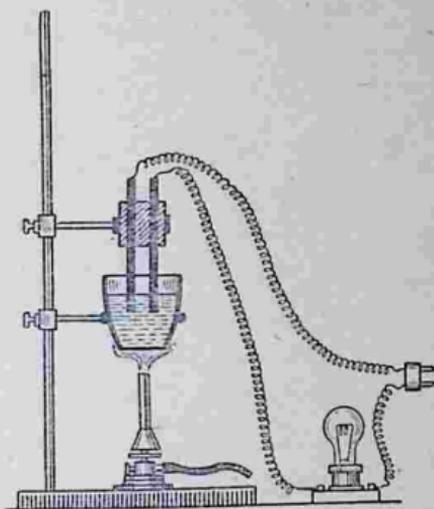


Рис. 44. Прибор для установления электропроводности расплава

Опыт 4. Определение степени диссоциации соли криоскопическим методом

Сущность криоскопического метода сводится к определению температуры кристаллизации (замерзания) чистого растворителя и раствора, Δt кристаллизации, вычислению коэффициента Вант-Гоффа и степени электролитической диссоциации.

Прибор для определения температуры кристаллизации (рис. 45) состоит из батарейного стакана 1, мешалки 2, крышки 3, двух пробирок разного диаметра 4 и 7, мешалки для внутренней пробирки 5, дифференциального термометра Бекмана 6 и термометра 8.

В батарейный стакан поместите снег или лед, добавьте поваренной соли и тщательно размешайте мешалкой. Температура охлаждающей смеси должна быть около -6°C и смесь должна заполнять батарейный стакан на $3/4$ его объема.

Во внутреннюю пробирку пипеткой налейте 10 мл дистиллированной воды, закройте ее пробкой с проходящими через нее мешалкой и термометром Бекмана, настроенным на необходимый интервал температур*. Вставьте пробирку в более широкую пробирку, служащую муфтой для предохранения от

переохлаждения, и опустите в охлаждающую смесь.

Помешивая воду во внутренней пробирке мешалкой, определите температуру кристаллизации (наблюдайте в лупу) льда. Обычно в опыте происходит некоторое переохлаждение и температура опускается ниже точки кристаллизации. После

* В тающем льду мениск ртути должен находиться в интервале температур $1,750-2,250^{\circ}\text{C}$. Настройку производит лаборант.

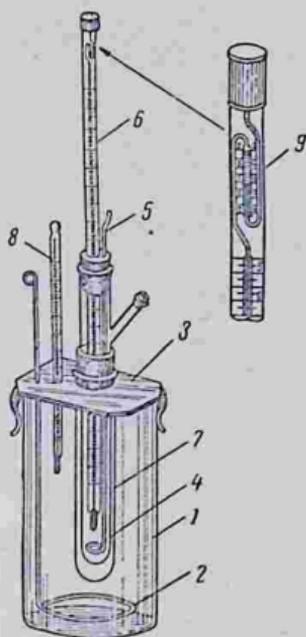


Рис. 45. Прибор для криоскопии:

- 1 — батарейный стакан; 2 — мешалка для охлаждающей смеси; 3 — крышка; 4 — внутренняя пробирка; 5 — мешалка для раствора; 6 — термометр Бекмана; 7 — внешняя пробирка; 8 — термометр; 9 — верхний резервуар для настройки термометра

снижения столбик ртути в термометре резко, скачком, поднимается и останавливается на точке кристаллизации растворителя. Запишите температуру с точностью до $0,005^{\circ}\text{C}$.

Внутреннюю пробирку выньте и расплавьте лед, нагревая пробирку рукой. Повторите опыт по определению температуры кристаллизации льда. Разница между отдельными определениями не должна превышать $0,005^{\circ}\text{C}$.

Получите у лаборанта навеску электролита и массу его запишите в журнал. Внутреннюю пробирку с водой выньте из прибора, всыпьте в нее навеску электролита и растворите при помешивании. После этого определите температуру кристаллизации льда. Вынув пробирку, расплавьте лед, нагревая пробирку ладонью, и вновь определите температуру кристаллизации льда из раствора электролита.

Запись результатов в журнале произведите по примерной схеме:

Масса воды, г	Температура кристаллизации воды по термометру Бекмана			Навеска соли, г	Температура кристаллизации льда из раствора по термометру Бекмана		
	I	II	средняя		I	II	средняя

По полученным данным произведите следующие расчеты. Зная массу соли и воды (массу воды в граммах считать равной ее объему в миллилитрах), молекулярный вес соли, вычислите моляльную концентрацию раствора. По криоскопической константе воды K_k , равной 1,86, и моляльной концентрации раствора m вычислите (по формуле $\Delta t = K_k m$) понижение температуры кристаллизации, предположив, что исследуемое вещество является неэлектролитом. Определите коэффициент Вант-Гоффа i , пользуясь формулой $i = \frac{\Delta t'}{\Delta t}$. Так как число ионов n , на которое диссоциирует молекула электролита, равно 2, то по формуле $\alpha = \frac{i-1}{n-1}$ легко определить степень электролитической диссоциации.

К каким электролитам следует отнести исследуемое вещество?

Опыт 5. Влияние разбавления на степень электролитической диссоциации слабого электролита

В U-образную трубку прибора (рис. 46) налейте до метки 1 н. раствор уксусной кислоты и опустите в нее угольные электроды. Присоедините электроды к амперметру со шкалой 1—2 а и к реостату на 200 ом, переместив движок реостата на полное сопротивление. Включите прибор в электри-

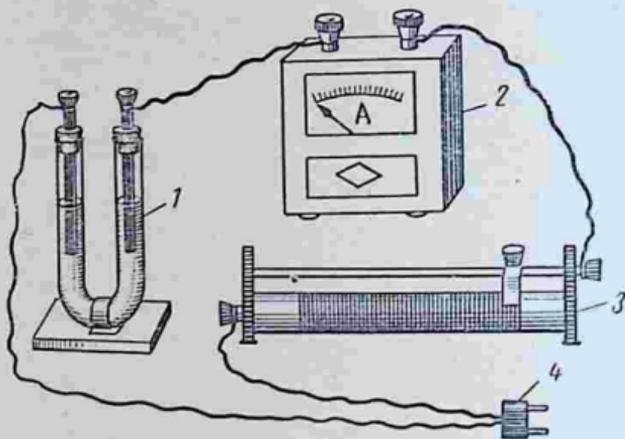


Рис. 46. Прибор для сравнительной оценки степени электролитической диссоциации:

1 — U-образная трубка с угольными электродами; 2 — амперметр; 3 — реостат; 4 — штепсельная вилка

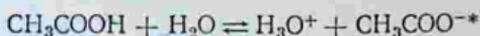
ческую сеть и, передвигая движок реостата, отрегулируйте сопротивление так, чтобы стрелка амперметра остановилась примерно на середине шкалы. Тотчас же отключите ток, отметив по амперметру положение стрелки.

Замените в U-образной трубке 1 н. раствор уксусной кислоты 0,1 н. раствором, включите ток при том же сопротивлении реостата и измерьте силу тока. Запишите показание амперметра.

Как влияет разбавление на степень электролитической диссоциации? Почему для сравнения величин α пользуются растворами электролитов одинаковой нормальности, а не молярности? В каких случаях $\alpha = 1$?

Опыт 6. Смещение ионного равновесия в растворе слабого электролита

а) **Равновесие в растворе кислоты.** В две микропробирки внесите по 10 капель раствора уксусной кислоты и по капле раствора индикатора метилового оранжевого, отметив окраску растворов. Учитывая, что электролитическая диссоциация уксусной кислоты протекает согласно уравнению



составьте уравнение константы электролитической диссоциации и поясните, какими ионами определяются свойства кислот.

В одну пробирку добавьте 3—4 капли насыщенного раствора ацетата натрия NaCH_3COO и сравните цвета растворов в обеих пробирках. Объясните, что произошло с равновесием в растворе уксусной кислоты при добавлении ацетата натрия.

б) **Равновесие в растворе аммиака.** В две микропробирки внесите по 10 капель раствора аммиака, для которого характерно состояние равновесия



В обе пробирки добавьте по капле раствора индикатора фенолфталеина и отметьте окраску растворов. В одну из пробирок прилейте 3—4 капли насыщенного раствора хлорида аммония и взболтайте ее. Изменяется ли интенсивность окраски? Объясните наблюдаемое изменение, пользуясь уравнением константы равновесия.

Ответьте на вопрос, что следует добавить в раствор слабого электролита для понижения степени электролитической диссоциации?

Б. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ МЕЖДУ ИОНАМИ

Взаимодействие между ионами в растворах возможно лишь при условии образования малорастворимых в воде веществ (осадки); газообразных сложных веществ, не содержащих в своем составе кислорода; воды; слабых кислот и оснований; «кислых» (гидро-) и «основных» (гидрокси-) ионов и относительно прочных комплексных ионов.

* Или упрощенно: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$

Для получения осадка пользуются реакциями между двумя растворимыми веществами, содержащими в своем составе те ионы, которые необходимы для получения данного осадка. Для выбора исходных веществ можно воспользоваться табл. 6.

Таблица 6

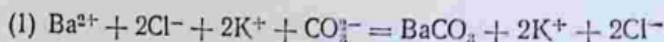
Растворимость в воде некоторых веществ

(Р — растворимое, МР — малорастворимое, РЗ — разлагается водой)

Анион	Катион														
	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ag ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Cd ²⁺
F ⁻	Р	Р	Р	Р	МР	Р	Р	МР							
Cl ⁻	Р	Р	Р	МР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	МР	Р	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	МР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	МР	Р	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	МР	Р	Р	Р	Р	РЗ	Р	МР	МР	Р	Р	Р
OH ⁻	Р	Р	Р	МР	МР	Р	Р	МР	МР	МР	РЗ	МР	МР	МР	МР
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
S ₂ ⁻	Р	Р	Р	МР	Р	Р	Р	МР	МР	МР	МР	МР	РЗ	МР	МР
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	МР	МР	МР	МР	МР	РЗ	МР	МР	МР	РЗ	РЗ	МР
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	МР	МР	МР	Р	Р	Р	МР	МР	Р	Р	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	МР	Р	Р	МР	Р	Р	Р	МР	МР	Р	Р	Р
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	МР	МР	МР	МР	МР	МР	МР	МР	МР	МР	МР	МР
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	МР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

Полезно знать следующее: у азотной кислоты нет нерастворимых солей; большинство солей натрия и калия растворимы в воде.

Уравнения реакций записываются в ионно-молекулярной форме (1) или (2):



При сливании растворов, содержащих ионы Ba^{2+} и CO_3^{2-} , осадок образуется при условии, что произведение концентраций ионов превысит величину произведения растворимости BaCO_3 . Если осадка не образуется, то следует добавить избыток одного из реагентов.

Опыт 7. Получение осадков

Пользуясь данными табл. 6, подберите реактивы, с помощью которых можно получить следующие вещества: сульфид кадмия, гидроксид меди и фосфат кальция. В ми-

кroppробирках смешайте по несколько капель отобранных реактивов и наблюдайте образование осадков. Составьте уравнения реакций в ионно-молекулярной форме, отмечая окраску образовавшихся осадков.

О п ы т 8. Растворение осадков

Ионообменными реакциями получите в микропробирках осадки хроматов стронция и бария. Составьте уравнения реакций в ионно-молекулярной форме и отметьте цвет осадков. Добавьте к каждому осадку равные количества уксусной кислоты: осадок хромата стронция растворяется. Исходя из величин произведения растворимости хромата стронция и бария (табл. VIII), объясните, почему один из осадков растворяется, а другой — не растворяется.

О п ы т 9. Влияние избытка осадителя

В две микропробирки поместите по 10 капель растворов хлоридов кальция и стронция и добавьте по 5—6 капель раствора серной кислоты. В обеих ли пробирках выпал осадок? Объясните различие, пользуясь величинами произведения растворимости сульфатов кальция и стронция. Добавьте к пробирке с раствором соли кальция 3—4 капли концентрированной серной кислоты: наблюдайте образование осадка и объясните причину его выпадения. Вычислите концентрации ионов SO_4^{2-} , необходимые для осаждения ионов Ca^{2+} и Sr^{2+} из растворов равной концентрации. Во сколько раз отличаются концентрации ионов SO_4^{2-} ?

О п ы т 10. Получение газообразных веществ

Ионообменными реакциями могут быть получены газы, в состав которых входят ионы, содержащиеся в растворах исходных электролитов. К таковым преимущественно относятся газы, содержащие водород.

а) Получение сероводорода (опыт проводится под тягой!). В микропробирку поместите 6—8 капель раствора сульфида натрия, прилейте 6—8 капель раствора серной кислоты и определите по запаху тухлых яиц образование сероводорода. Составьте уравнение реакции.

Повторите ту же реакцию, взяв вместо сульфида натрия микрошпателем небольшое количество твердого сульфида

железа, и слегка подогрейте пробирку. Что выделяется? Составьте уравнение реакции.

б) Получение тетрагидрида кремния (опыт проводится под тягой!). В микропробирку налейте 1 мл раствора соляной кислоты и микрошпателем внесите небольшое количество твердого силицида магния Mg_2Si . Образовавшийся гидрид кремния при выходе из жидкой фазы в газобразную воспламеняется вследствие окисления кислородом воздуха. Составьте уравнение реакции образования гидрида кремния и его горения.

В. СРЕДА РАСТВОРОВ (рН)

Чистая вода при комнатной температуре представляет собой нейтральную жидкость, так как концентрации ионов гидроксония и гидроксид-ионов (в *г-ион/л*) в ней равны друг другу $[H_3O^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7}$, что следует из рассмотрения ионного произведения воды:

$$[H_3O^+][OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \quad (\text{при } 22^\circ \text{C}) \quad (13)$$

Водородный показатель рН чистой воды равен 7. Если состояние равновесия в воде нарушается введением в воду кислот, оснований или солей, то концентрация ионов гидроксония начинает преобладать над концентрацией гидроксид-ионов, или наоборот; тогда возникает кислая ($\text{pH} < 7$) или щелочная ($\text{pH} > 7$) реакция.

Для определения рН растворов используют индикаторный и потенциометрический метод.

Опыт 11. Определение рН раствора универсальным индикатором

Универсальный индикатор представляет собой раствор смеси различных индикаторов. В зависимости от рН раствора индикатор принимает характерную окраску (табл. 7).

Таблица 7

Окраска универсального индикатора марки «РКС» от рН среды

рН	Окраска	рН	Окраска
1	Малиновая	6	Зеленовато-желтая
2	Розово-оранжевая	7	Желто-зеленая
3	Оранжевая	8	Зеленая
4	Желто-оранжевая	9	Сине-зеленая
5	Желтая	10	Серовато-синяя

К 1 мл испытуемого раствора (получите его у лаборанта) прибавьте 1—2 капли раствора универсального индикатора и, сравнивая окраску со шкалой, определите значение рН раствора.

2—3 капли испытуемого раствора нанесите на индикаторную бумагу и сравните полученную окраску на бумаге со шкалой цветов. Каково значение рН исследуемого раствора?

О п ы т 12. Метод стандартных (эталонных) растворов при определении рН растворов

В семь пронумерованных (номера проставляются восковым карандашом) одинаковых пробирок налейте из бюреток по 5 мл эталонных, или буферных, растворов. Буферными они называются потому, что при добавлении к ним небольших количеств растворов сильных кислот или щелочей они сохраняют неизменным значение рН. Добавьте по 3 капли раствора индикатора метилового красного, перемешайте и отметьте окраску раствора. Для каждого раствора вычислите значение рН с точностью до первого знака после запятой, пользуясь следующими формулами:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}_3\text{O}^+]; \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = K_{\text{к}} \frac{N_{\text{к}}v_{\text{к}}}{N_{\text{с}}v_{\text{с}}},$$

где $K_{\text{к}} = 1,82 \cdot 10^{-5}$ (CH_3COOH); $N_{\text{к}}$ и $v_{\text{к}}$ — нормальность и объем раствора кислоты, а $N_{\text{с}}$ и $v_{\text{с}}$ — нормальность и объем раствора соли.

№ пробирок	1	2	3	4	5	6	7
0,1 н. CH_3COOH	4,5	4,3	3,6	2,8	2,3	1,5	1,3
0,1 н. CH_3COONa	0,5	0,7	1,4	2,2	2,7	3,5	3,7
рН раствора							
Окраска раствора							

Получите у преподавателя 5 мл исследуемого раствора, добавьте к нему 3 капли раствора того же индикатора,

перемешайте и по окраске данного раствора и эталонных растворов определите величину рН. По величине рН вычислите концентрацию ионов гидроксония. Результаты сдайте преподавателю.

Опыт 13. Определение рН раствора потенциметрическим методом

Определение проводится на потенциометре типа ЛПУ-01 (рис. 47, а), изготавливаемым Гомельским заводом измерительных приборов. Возможны два варианта определений:

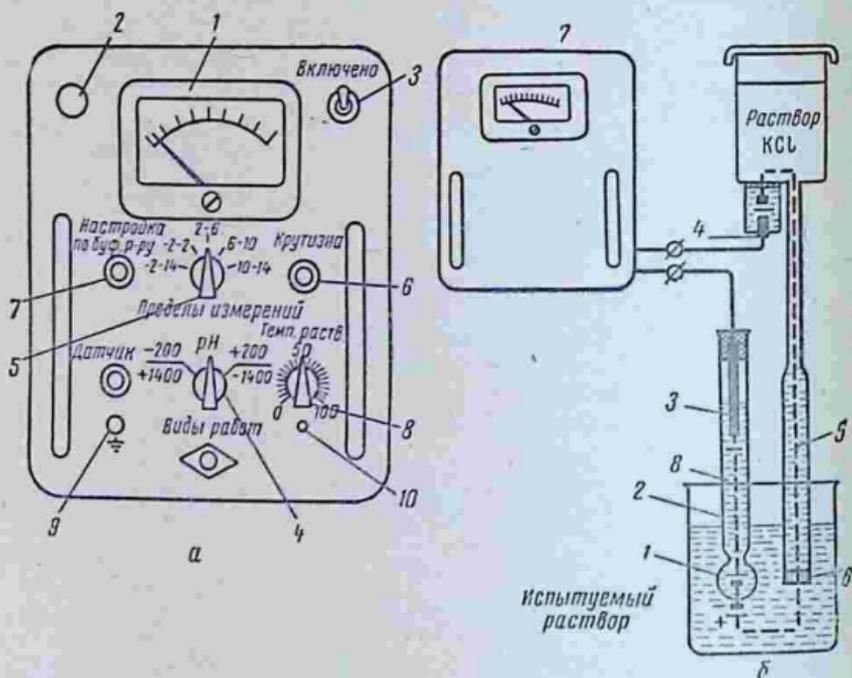


Рис. 47. Потенциометр типа ЛПУ-01:

а — передняя панель рН-метра: 1 — шкала наблюдения; 2 — контрольная лампа; 3 — тумблер; 4 — переключатель вида работ; 5 — переключатель пределов измерения; 6 — настройка крутизны; 7 — настройка по буферному раствору; 8 — установка температурного компенсатора; 9 — винт фиксации датчика; 10 — клемма заземления датчика; б — схема электродной системы: 1 — полый шарик из электродного стекла; 2 — стеклянный электрод; 3 — внутренний контактный электрод; 4 — вспомогательный электрод; 5 — электролитический контакт; 6 — пористая перегородка; 7 — рН-метр ЛПУ-01; 8 — раствор, заполняющий внутреннюю полость электрода

а) без настройки потенциометра по буферным растворам и б) с настройкой потенциометра.

а) Определение рН контрольного раствора. Получите у преподавателя контрольный раствор для определения рН.

1. Штепсельную вилку потенциометра включите в сеть с напряжением 220 или 127 в. Поставьте тумблер 3 в положение «Включено», при этом контрольная лампочка 2 должна загореться. Прибор после включения должен прогреться в течение 3—5 мин.

2. Придерживая одной рукой стакан с водой, другой рукой отведите в сторону столик датчика и снимите стакан с водой со столика. Электроды (о с т о р о ж н о!) протрите досуха фильтровальной бумагой.

3. Исследуемый раствор налейте в стакан, подведите его под электроды и поставьте на место столик датчика. Электроды должны быть погружены в жидкость на 4—5 см.

4. Через 3—4 мин измерьте температуру раствора и установите ее на шкале «Температура раствора» 8.

5. Переключатель шкалы «Пределы измерений» 5 поставьте в положение «—2—14».

6. Штеккер датчика вставьте в гнездо «Датчик» 9 рН-метра.

7. Сделайте отсчет рН по нижней шкале рН-метра 1, определяя при этом грубое значение рН.

8. Поставьте переключатель шкалы «Пределы измерений» 5 в положение, в которое входит найденное грубое значение рН. Например, если это значение рН оказалось равным 7,5, то переключатель ставится в положение «6—10».

9. Сделайте точный отсчет рН по верхней шкале. Вместо нуля на шкале записываете первую цифру из предела измерений (в примере она равна 6), а остальные цифры заменяются по порядку (1 на шкале отвечает 7,2—8, и т. д.).

10. Выньте штеккер, снимите стакан с раствором, промойте электроды дистиллированной водой и погрузите их в стакан с водой.

11. Выключите рН-метр — сначала тумблер, а затем вилку из штепсельной розетки. Результат определения сдайте руководителю.

б) Определение рН контрольного раствора с настройкой рН-метра по буферным растворам. Настройка рН-метра производится, как минимум, по двум буферным растворам.

Вначале следует выполнить пункты 1—4 предыдущего варианта, только вместо исследуемого раствора берется один из буферных растворов, значения рН которых известны (см. надпись на склянке).

5. Переключатель шкалы «Пределы измерений» 5 поставьте в положение, в которое входит значение рН буфера.

6. Вставьте штеккер датчика в гнездо «Датчик» рН-метра и сделайте отсчет рН, как указано в п. 9 предыдущего варианта.

7. Если значение рН по шкале отличается от рН буфера, то отвинтите крышку с гнезда «Настройка по буферному раствору» 7 и осторожным вращением находящейся в гнезде рукоятки добейтесь совпадения показания шкалы со значением рН буфера.

8. Аналогичные измерения сделайте со вторым буферным раствором.

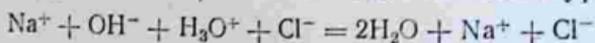
9. Повторите измерения рН на первом и втором буферном растворе, взяв их новые порции.

10. При совпадении величин рН в пределах $\pm 0,05$ единиц рН-метр можно считать настроенным; навинтите крышку на гнездо «Настройка по буферному раствору» (см. рис. 47, а). Получите у преподавателя контрольный раствор и приступите к определению его рН. Результаты сдайте преподавателю.

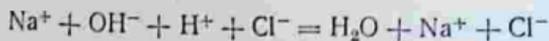
Г. НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ЩЕЛОЧЕЙ КИСЛОТАМИ

Опыт 14. Реакция нейтрализации

На часовое стекло поместите 8—10 капель 0,5М раствора едкого натра и 1 каплю раствора фенолфталеина. В какой цвет окрасился раствор и почему? Добавляйте по каплям 0,5М раствор соляной кислоты до обесцвечивания раствора. Раствор выпарите досуха на водяной бане (в это время проводите другой опыт!). Реакция идет согласно уравнению:



или



Какое вещество осталось на часовом стекле после выпаривания раствора? Попробуйте его на вкус.

Составьте ионно-молекулярное уравнение реакции нейтрализации между едким кали и азотной кислотой.

Замените эти оба уравнения одним, составленным в форме 2 (см. стр. 82). Что называется реакцией нейтрализации?

Опыт 15. Определение теплоты нейтрализации едкого натра соляной кислотой

В сосуд Дьюара (рис. 48) влейте 100 мл 0,5М раствора едкого натра и закройте его крышкой с тремя отверстиями, в которые вставлены: термометр на 40° с точностью $0,1-0,2^\circ$,

лопастная пластмассовая мешалка и воронка. Присоедините мешалку к шкиву мотора и включите последний в электрическую сеть. Через 5 мин измерьте температуру раствора и запишите ее.

Отмерьте мерным цилиндром 100 мл 0,5М раствора соляной кислоты, быстро влейте ее через воронку в сосуд Дьюара и наблюдайте по термометру за повышением температуры (наблюдение в лупу!). Отметьте с указанной точностью максимальную температуру раствора.

По полученным данным рассчитайте тепловой эффект нейтрализации Q в ккал/моль, пользуясь формулой:

$$Q = vdc \cdot \Delta t \cdot 20 \cdot 0,001.$$

Найдите относительную погрешность определения, если тепловой эффект нейтрализации сильной кислоты сильной щелочью равен 13,7 ккал/моль.

Опыт 16. Определение теплоты нейтрализации едкого натра уксусной кислотой

Опыт проводится аналогично опыту 15, только вместо соляной кислоты берут 100 мл 0,5М раствора уксусной кислоты. Запись результатов ведите по указанной в опыте 15 форме. Расчеты проводите по той же формуле, имея в виду, что для ацетата натрия в данном растворе следует принять $d_4^{20} = 1,008$ и $c = 0,976$ кал/г·град. Составьте уравнение реакции нейтрализации в ионно-молекулярной форме. Чем объяснить, что тепловой эффект нейтрализации в данном опыте получается меньше такого в опыте 15?

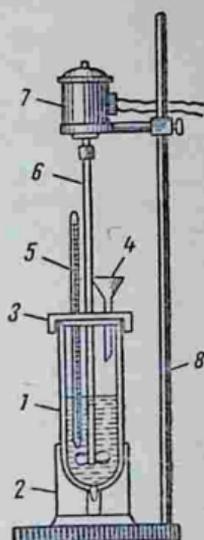


Рис. 48. Прибор для определения теплоты нейтрализации:

1 — сосуд Дьюара; 2 — подставка; 3 — пластмассовая крышка; 4 — воронка; 5 — термометр; 6 — мешалка; 7 — мотор; 8 — штатив Бунзена

Взято 0,5М раствора		Общий объем	Раствор NaCl		Температура		Δt
NaOH	HCl		d_4^{20}	c^*	начальная	конечная	
			1,011	0,987			

* c — единица удельной теплоемкости, кал/г·град

Опыт 17. Определение теплоты нейтрализации фосфорной кислоты едким натром с образованием одно-, двух- и трехзамещенной соли

Опыт проводится в том же приборе (см. рис. 48). В сосуд Дьюара влейте 100 мл 0,5М раствора ортофосфорной кислоты, включите мешалку и через 5 мин определите начальную температуру раствора (точность 0,1—0,2°).

В три сухих стакана емкостью 50 мл влейте из бюретки по 33,3 мл 1,5М раствора едкого натра. Вылейте через воронку содержимое первого стакана и, определив максимальную температуру (t_1) раствора, запишите ее в журнал (наблюдение ведите каждые 30 сек). Если два последующих показания термометра одинаковы, то влейте в сосуд Дьюара раствор из второго стакана и наблюдайте максимальную температуру (t_2). Затем влейте раствор из третьего стакана и определите максимальную температуру (t_3) раствора.

Результаты запишите в журнал по следующей форме:

Объемы растворов		Об- щий объем	Раствор соли		Температура		Δt
0,5МН ₃ РO ₄	1,5МNaOH		d_4^{20}	c	конечная	начальная	
100	33,3	133,3	1,050	0,945	$t_1 =$	$t_0 =$	
100	66,6	166,6	1,046	0,941	$t_2 =$	$t_0 =$	
100	99,9	200	1,041	0,935	$t_3 =$	$t_0 =$	

Определите теплоты нейтрализации всех трех стадий в расчете на моль образовавшейся соли и объясните полученные результаты.

Д. ГИДРОЛИЗ

Среди различных гидролитических реакций важное место занимает гидролиз солей, т. е. взаимодействие ионов растворенной соли с ионами воды, приводящее к образованию слабых электролитов. Так как при этом равновесие воды нарушается, то в системе будут преобладать ионы гидроксония, или гидроксид-ионы, и рН раствора изменится. Опытным путем изменение рН раствора при гидролизе можно установить по изменению окраски индикатора.

Опыт 18. Склонность солей к гидролизу

В четыре пробирки влейте по 10 капель дистиллированной воды и нейтрального раствора лакмуса (фиолетового цвета). Внесите в пробирки порознь по несколько кристаллов следующих солей: хлорида натрия, нитрата калия, хлорида алюминия и карбоната натрия. Результаты наблюдений сведите в таблицу:

Соль	Окраска раствора	Происходит ли гидролиз? (да, нет)	Уравнение реакции гидролиза	pH среды < 7,7, > 7
NaCl KNO ₃ AlCl ₃ Na ₂ CO ₃				

Объясните, почему первая и вторая соль не подвергаются гидролизу? При составлении уравнений гидролиза следует учесть, что AlCl₃ переходит в основную соль, а Na₂CO₃ — в кислую. Ответьте, какие средние соли при гидролизе образуют основные соли и какие — кислые? Почему в уравнениях гидролиза двух последних солей следует ставить вместо знака равенства знак обратимости?

Опыт 19. Смещение равновесия гидролиза

а) Влияние температуры. В микропробирку внесите один микрошпатель кристаллического ацетата натрия CH₃COONa и прилейте 10 капель дистиллированной воды. После растворения кристаллов добавьте одну каплю раствора фенолфталеина: в какой цвет окрашивается раствор? Перелейте половину объема раствора в другую микропробирку и нагрейте ее в пламени горелки. Сравните окраску растворов в обеих пробирках. Почему нагретый раствор имеет более интенсивную окраску?

Составьте уравнение гидролиза ацетата натрия в ионно-молекулярной форме. Почему при нагревании равновесие смещается в сторону прямой реакции?

б) Влияние разбавления. В микропробирку влейте 10 капель раствора нитрата висмута и постепенно добавляйте по каплям воду до едва заметного помутнения. Составьте уравнение гидролиза с образованием основной соли висмута и уравнение константы равновесия. Что произойдет с равновесием, если добавлять еще воды? Прибавьте

в пробирку несколько капель воды: что наблюдается? Как влияет количество воды на степень гидролиза? В микропробирку с осадком добавьте несколько капель концентрированной азотной кислоты: почему осадок растворился?

Опыт 20. Определение pH растворов солей, подвергшихся гидролизу, с помощью универсального индикатора

На полоску бумаги, пропитанную раствором универсального индикатора, нанесите по 2 капли растворов солей: сульфида натрия, сульфата цинка и нитрата кадмия. Сравните окраску бумаги с цветной шкалой и определите pH растворов данных солей. Составьте уравнения гидролиза в ионно-молекулярной форме.

Е. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Комплексные соединения состоят из внутренней и внешней сфер. Внутренняя сфера, в свою очередь, состоит из центрального атома, или иона-комплексобразователя, и координирующихся вокруг него лигандов: ее принято в формулах заключать в прямоугольные скобки. Иногда внутреннюю сферу упрощенно называют комплексом. Чаще всего комплексы представляют собой положительные или отрицательные ионы (нейтральные комплексы встречаются относительно редко и, естественно, они не имеют внешней сферы). Заряд комплекса равен алгебраической сумме зарядов центрального атома и лигандов.

К наиболее распространенным комплексам следует отнести: *положительные комплексы* — аммоний $[\text{NH}_4]^+$; аммиакаты, или аммины — $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ и др.; аква-комплексы — $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ и др.; *отрицательные комплексы* — ацидокомплексы, в которых в качестве лигандов выступают кислотные остатки, — $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{HgI}_4]^{2-}$, $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$ и др.; гидроксокомплексы, в которых роль лиганда выполняет гидроксид-ион — $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$, $[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$, $[\text{Pb}(\text{OH})_6]^{2-}$ и др.

Опыт 21. Получение комплексных соединений

а) **Образование иона аммония.** Стеклообразную палочку опустите в раствор аммиака и поднесите ее к горлу склянки с концентрированной соляной кислотой (опыт вести под тягой!). Наблюдайте появление белого дыма. Составьте уравнение реакции между аммиаком и хлороводородом.

б) Получение аммиаков серебра и меди. На два часовых стекла порознь поместите по 5 капель растворов сульфата меди и нитрата серебра и прилейте к первому раствор едкого натра, а ко второму — соляной кислоты. Составьте уравнения ионообменных реакций образования осадков и отметьте их цвета.

К полученным осадкам добавьте раствор аммиака: осадки растворяются с образованием комплексных соединений. Составьте уравнения реакций и отметьте цвета образующихся соединений. Оставьте эти растворы для опыта 22 а.

в) Получение гидроксокомплексов алюминия и цинка. Налейте на два часовых стекла по 6—8 капель растворов сульфата цинка и алюминия и добавьте к каждому по 3—4 капли раствора едкого натра. Составьте уравнения реакций образования белых осадков гидроксидов цинка и алюминия. Добавьте к осадкам еще по 5—6 капель раствора едкого натра: осадки растворяются с образованием бесцветных растворов комплексных соединений. Составьте уравнения реакций.

Гидроксиды какого типа растворяются в избытке раствора сильной щелочи с образованием гидроксокомплексов? Приведите формулы четырех гидроксидов данного типа.

г) Получение комплексных соединений обменными реакциями. К 4 каплям раствора соли железа (III) добавьте равный объем раствора желтой кровяной соли $K_4[Fe(CN)_6]$; образуется синий осадок берлинской лазури. Составьте уравнение реакции. Осадок оставьте для опыта 22 в.

Опыт 22. Разрушение комплексных соединений и ионов

а) Разрушение аммиаката серебра. К раствору хлорида аммиаката серебра, полученному в опыте 21 б, добавляйте по каплям раствор азотной кислоты до кислой реакции (проба на синюю лакмусовую бумажку). Выпадает белый осадок хлорида серебра. Составьте уравнения электролитической диссоциации комплексного соединения и константы нестойкости комплексного иона и его разрушения при действии азотной кислоты. Чем объясняется разрушение комплексного иона диаммин-серебра? (см. табл. IX).

б) Разрушение аммиаката меди. Синий раствор аммиаката меди, полученный в опыте 21 б, разлейте на две микропробирки. В одну добавьте несколько капель раствора едкого натра, а в другую — сульфида натрия. Почему

осадок образуется только во второй пробирке? Объяснение дайте на основе величин ПР (табл. VIII).

в) Разрушение берлинской лазури. К синему осадку берлинской лазури, полученному в опыте 21 г, добавьте несколько капель раствора едкого натра: цвет осадка становится бурым. Составьте уравнение реакции в ионно-молекулярной форме.

г) Разрушение иона аммония. В микропробирке смешайте одинаковые объемы растворов хлорида аммония и едкого натра; раствор нагрейте. Определите по запаху выделяющийся газ. Составьте уравнение реакции, имея в виду, что гидроксид-ион связывает ион водорода из комплекса аммония.

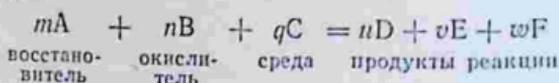
д) Разрушение карбонат-иона. В микропробирку с 10 каплями раствора соляной кислоты опустите маленькое зернышко мрамора. Наблюдайте выделение двуокси углерода, образующейся в результате разложения комплексного иона CO_3^{2-} *.

РАБОТА IX

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Окислительно-восстановительные реакции характеризуются обязательным изменением окислительных чисел отдельных атомов, ионов и молекул. Окисление сопровождается повышением окислительного числа, а восстановление — понижением окислительного числа. Изменение окислительных чисел происходит в результате перехода электронов от восстановителя к окислителю.

Цель данной работы — на конкретных лабораторных опытах овладеть методикой составления уравнений окислительно-восстановительных реакций. В общем виде уравнение окислительно-восстановительной реакции может быть записано так:



Составление уравнения реакции сводится к нахождению коэффициентов m , n , q , u , v , w . Коэффициенты перед восстановителем и окислителем (m и n) находятся из схемы электронного баланса. Для составления последней необходимо знать число электронов, теряемых восстановителем, и число электронов, приобретаемых окислителем (табл. 8).

* Все кислотные остатки кислородных кислот являются комплексными ионами.

Восстановители и окислители

Восстановитель	Число теряемых электронов	Окисленная форма восстановителя	Условия проведения реакции	Окислитель	Число приобретаемых электронов	Восстановленная форма окислителя	Условия проведения реакции
Me	ne^-	Me^{n+}		$Cr_2O_7^{2-}$	$6e^-$	$2Cr^{3+}$	Кислая среда
H	$1e^-$	H^+		MnO_4^-	$5e^-$	Mn^{2+}	Нейтральная среда
Fe^{2+}	$1e^-$	Fe^{3+}		MnO_4^-	$3e^-$	MnO_2	Щелочная среда
Sn^{2+}	$2e^-$	$[SnCl_6]^{2-}$	В среде HCl	MnO_4^-	$1e^-$	MnO_4^{2-}	Кислая среда
* NO_2^-	$2e^-$	NO_3^-		** MnO_2	$2e^-$	Mn^{2+}	Кислая среда
S^{2-}	$2e^-$	S^0		O_2	$4e^-$	$2O^{2-}$	Концентрированная кислота
S^{2-}	$6e^-$	SO_2	При горении	NO_3^-	$1e^-$	NO_2	Разбавленная кислота
S^{2-}	$8e^-$	SO_4^{2-}	Сильные окислители	NO_3^-	$3e^-$	NO	Щелочная среда
* SO_3^{2-}	$2e^-$	SO_4^{2-}		NO_3^-	$8e^-$	NH_3	

Продолжение табл. 8

Восстановитель	Число теряемых электронов	Окисленная форма восстановителя	Условия проведения реакции	Окислитель	Число приобретаемых электронов	Восстановленная форма окислителя	Условия проведения реакции
Cr^{3+}	$3e^-$	CrO_4^{2-}	Щелочная среда	** NO_2^-	$1e^-$	NO	
I ⁻	$1e^-$	I^0		H^-	$1e^-$	H^0	
Cl ⁻	$1e^-$	Cl^0		Cl_2	$2e^-$	2Cl^-	
AsO_3^{3-}	$2e^-$	AsO_4^{3-}		Br_2	$2e^-$	2Br^-	
* MnO_2	$2e^-$	MnO_4^{2-}	Щелочная среда	I_2	$2e^-$	2I^-	
Mn^{2+}	$2e^-$	MnO_2	Щелочная среда	O_3	$2e^-$	$\text{O}_2 + \text{O}^{2-}$	
*** Zn	$2e^-$	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	Щелочная среда	PbO_2	$2e^-$	Pb^{2+}	
* $[\text{O}_2]^{-2}$	$2e^-$	O_2^0		** $[\text{O}_2]^{-2}$	$2e^-$	2O^{2-}	
Ce^{3+}	$1e^-$	Ce^{4+}		SO_4^{2-}	$2e^-$	SO_2	Концентрированная кислота
Ti^{3+}	$1e^-$	Ti^{4+}		ClO^-	$2e^-$	Cl^-	

* Восстановители, проявляющие также свойства окислителей.

** Окислители, проявляющие также свойства восстановителей.

*** Все двухвалентные металлы, гидроксиды которых амфотерны, реагируют подобно цинку.

Нахождение других коэффициентов производится путем подсчета числа одноименных атомов в правой и левой частях уравнения. и отчасти регламентируется особыми правилами, которые будут изложены ниже.

По каждой изучаемой реакции следует придерживаться такого порядка: проделать опыт; составить схему электронного баланса; составить уравнение окислительно-восстановительной реакции, подчеркивая одной чертой восстановитель, двумя чертами окислитель; отметить внешние изменения.

При всех возникающих затруднениях в работе обращаться к преподавателю.

А. РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ — ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕЗ УЧАСТИЯ СРЕДЫ

О п ы т 1. Восстановление ионов меди металлическим железом

На часовое стекло поместите 10 капель раствора сульфата меди и погрузите в него маленький железный гвоздик. Через 2 мин выньте гвоздик: что отложилось на его поверхности? Для каких практических целей служит данная реакция? Какими химическими свойствами обладают все металлы? Назовите три положительных иона металлов с наиболее выраженными окислительными свойствами.

О п ы т 2. Окисление иодид-иона хлором

На фарфоровую пластинку поместите 3—4 капли раствора иодида калия и 2—3 капли хлорной воды (раствор хлора в воде). Что происходит? Каким опытом можно доказать образование элементарного иода? Проведите этот опыт. При составлении уравнения учтите, что действующим веществом в хлорной воде является только хлор.

Назовите три неметаллических элементарных вещества, кроме хлора, обладающих сильно выраженными окислительными свойствами.

О п ы т 3. Окисление сероводородной воды иодной водой

Опыт проводится под тягой! В микропробирку поместите 10 капель сероводородной воды и прилейте

4—5 капель иодной воды: наблюдайте обесцвечивание иода и помутнение раствора вследствие выделения серы. В реакции участвуют только сероводород и иод.

Б. РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ — ВОССТАНОВЛЕНИЯ В КИСЛОЙ СРЕДЕ

При составлении уравнений реакций этого типа полезно знать следующие положения: положительные ионы металлов с зарядностью $1+$, $2+$ и $3+$ в кислой среде образуют соли; если при окислении получаются атомы с окислительным числом $+4$, $+5$, $+6$ и $+7$, то они с кислородными атомами образуют кислотные остатки состава RO_3^{-m} и RO_4^{-n} .

О п ы т 4. Окисление сульфида натрия дихроматом калия

В микропробирку налейте 10 капель серной кислоты, 6—8 капель раствора дихромата калия и 8—10 капель раствора сульфида натрия. При этом оранжевый цвет раствора изменяется на зеленый (образование Cr^{3+}).

О п ы т 5. Окисление нитрита натрия перманганатом калия

На часовом стекле смешайте 8 капель раствора серной кислоты, 5 капель раствора перманганата калия и 6 капель раствора нитрита натрия: наблюдайте обесцвечивание раствора. Определите э. д. с. реакции (см. табл. X).

В. РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ — ВОССТАНОВЛЕНИЯ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

При составлении окислительно-восстановительных уравнений реакций, протекающих в щелочной среде, следует учесть, что отрицательные кислотные остатки с металлом щелочи образуют соли.

О п ы т 6. Окисление гидроксида железа (II) хлором

В микропробирку налейте 10 капель воды, растворите в ней несколько кристаллов сульфата железа ($FeSO_4$) и прибавьте 5—6 капель раствора едкого натра. Наблюдайте образование осадка грязно-зеленого цвета. Составьте уравнение ионообменной реакции.

Затем в микропробирку добавьте несколько капель хлорной воды: осадок приобретает бурую окраску. Составьте уравнение реакции окисления гидроксида железа (II) хлором в щелочной среде.

Г. РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ — ВОССТАНОВЛЕНИЯ В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ

При составлении уравнений этого типа следует учесть, что избыточные атомы O^{-2} с ионами водорода воды образуют гидроксид-ионы, которые с ионами металла образуют гидроксиды.

О п ы т 7. Окисление нитрита натрия перманганатом калия

Проведите реакцию, аналогичную реакции оп. 5, взяв вместо серной кислоты такое же количество воды. Как изменяется окраска раствора? Составьте уравнение реакции.

Д. РЕАКЦИИ, В КОТОРЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬ ИЛИ ОКИСЛИТЕЛЬ ОДНОВРЕМЕННО ВЫПОЛНЯЕТ ФУНКЦИИ СРЕДЫ

При составлении уравнений реакций этого типа формулу восстановителя или окислителя следует писать дважды, что упрощает технику написания уравнения.

О п ы т 8. Окисление меди азотной кислотой

В микропробирку налейте 10—15 капель концентрированной азотной кислоты и опустите в нее (п о д т я г о й!) маленькую стружку меди. Через некоторое время медь начинает окисляться с одновременным образованием газа бурого цвета.

О п ы т 9. Окисление соляной кислоты перманганатом калия

В микропробирку влейте 15 капель концентрированной соляной кислоты и бросьте в нее (п о д т я г о й!) несколько кристаллов перманганата калия. За пробиркой поставьте белый экран (лист бумаги) и через некоторое время наблюдайте над поверхностью раствора в микропробирке образование газа зеленого цвета.

Е. РЕАКЦИИ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНОГО ОКИСЛЕНИЯ — ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Реакции этого типа сопровождаются переходом электронов внутри молекулы данного вещества от одного компонента к другому.

Опыт 10. Разложение окиси ртути

(Опыт проводится под тягой!). В сухую узкую пробирку поместите около 1 г окиси ртути. Укрепите пробирку в штативе в вертикальном положении и нагревайте ее пламенем горелки. Через 5—7 мин внесите внутрь пробирки тлеющую лучину, которая воспламеняется. Обратите внимание, что на холодных частях пробирки образовался зеркальный пояс металлической ртути.

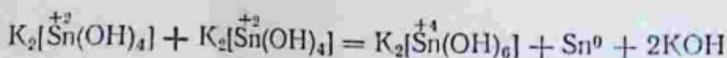
Составьте еще два уравнения реакций этого типа по своему выбору.

Ж. РЕАКЦИИ ДИСПРОПОРЦИОНИРОВАНИЯ

Эти реакции характерны для веществ, которые могут проявлять восстановительные и окислительные свойства, причем у одного определенного атома окислительное число повышается, а у другого такого же атома второй молекулы оно понижается.

Опыт 11. Диспропорционирование соединения олова (II)

В микропробирку налейте 6—8 капель хлорида олова (II) и добавляйте по каплям раствор едкого кали. Сначала образуется белый осадок гидроксида олова, который при дальнейшем добавлении едкого кали растворяется: в растворе содержится тетрагидроксо- (II) станнат калия $K_2[Sn(OH)_4]$. Добавьте в микропробирку 10—12 капель воды и нагрейте: выпадает черный осадок металлического олова:



Составьте уравнения реакций диспропорционирования азотистой кислоты и серы в щелочной среде.

РАБОТА X

ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

В этой работе проводятся опыты по получению дисперсных систем, коагуляции и седиментации зольей, адсорбции из газовой и жидкой фаз, хроматографическому разделению ионов и флотации.

А. ПОЛУЧЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ, ЭМУЛЬСИЙ И КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

О п ы т 1. Стабилизация суспензии

В две одинаковые пробирки налейте до половины их объема дистиллированной воды и в одну из них добавьте 1 мл 3%-ного раствора желатины. Всыпьте в обе пробирки одинаковые количества порошка мела и закройте их пробками. Сильно взболтайте содержимое обеих пробирок и определите время отстаивания осадка. Одинаково ли оно для обеих пробирок? Какую роль играет желатина?

О п ы т 2. Получение и стабилизация эмульсии

В две одинаковые пробирки налейте до половины их объема дистиллированной воды и в одну из них прилейте 2 мл 2%-ного раствора мыла. Влейте в каждую из пробирок по 1,5 мл растительного масла, закройте их пробками и одновременно сильно взболтайте. В какой из пробирок расслаивание происходит медленнее? Объясните роль молекул мыла, если состав последнего выражается формулой $C_{17}H_{35}COONa$. Что происходит с поверхностным натяжением на границе раздела фаз «масло — вода»?

О п ы т 3. Получение золя гидроксида железа (III)

50 мл дистиллированной воды нагрейте до кипения и влейте при взбалтывании 4 мл 1,5%-ного раствора хлорида железа (III). Раствор кипятите 2—3 мин. Составьте уравнение трехступенчатого гидролиза соли. Почему не образуется осадок гидроксида железа? Какие ионы адсорбируются на поверхности ядра коллоидной частицы? Дайте полную схему строения мицеллы гидроксида железа. К какому типу относится данный коллоид? Золь оставьте для опытов 5 и 6.

Опыт 4. Получение золь сульфида мышьяка

(Опыт проводится под тягой!). К 50 мл 0,25%-ного раствора As_2O_3 прилейте 4—5 мл сероводородной воды: раствор окрашивается в желтый цвет. Составьте уравнение реакции образования сульфида мышьяка и схему строения его мицеллы в коллоидном растворе, имея в виду адсорбцию ионов HS^- , возникающих при электролитической диссоциации сероводорода. К какому типу коллоидов относится золь сульфида мышьяка? Золь оставьте для опытов 5 и 7.

Б. КОАГУЛЯЦИЯ И СЕДИМЕНТАЦИЯ КОЛЛОИДОВ

Опыт 5. Взаимная коагуляция коллоидов

В пробирку слейте по 4 мл растворов золь гидроксид железа и сульфида мышьяка, полученных в опытах 3 и 4. Почему происходит осаждение обоих коллоидов? Напишите формулы выпавших осадков. Какими видами устойчивости обладают коллоидные растворы?

Опыт 6. Осаждение коллоидов электролитами

В три пробирки налейте по 4 мл коллоидного раствора гидроксид железа. В первую добавляйте из бюретки по каплям 1М раствор хлорида натрия и подсчитайте число капель, которое приводит к помутнению коллоидного раствора. Во вторую пробирку добавляйте из бюретки сульфат натрия, а в третью — фосфат натрия, подсчитывая число капель. Какой из электролитов производит наибольшее коагулирующее действие и почему? При каких условиях коагуляция протекает с наибольшей скоростью? Что называется порогом коагуляции и как он связан с зарядом иона коагулянта?

Опыт 7. Влияние температуры на коагуляцию

(Опыт проводится под тягой!) Нагревайте в пробирке 5 мл раствора сульфида мышьяка, полученного в опыте 4. Что происходит с коллоидным раствором? Почему повышение температуры ускоряет коагуляцию?

В. АДСОРБЦИЯ ГАЗОВ, ПАРОВ И КРАСИТЕЛЕЙ

Опыт 8. Адсорбция сероводорода и фуксина углем

В две пробирки налейте порознь по 4 мл растворов сероводорода и фуксина и всыпьте по 1 г активированного

угля. В течение 2 мин энергично взбалтывайте содержимое пробирок, а затем профильтруйте растворы. Определите по запаху наличие сероводорода в фильтрате. Остается ли профильтрованный раствор фуксина окрашенным? Объясните проведенные опыты. Чем отличается обычный и активированный уголь?

Опыт 9. Адсорбция паров ацетона на угле

Налейте в стакан 50 мл воды, подкрашенной фуксином, и опустите в него П-образную трубку (рис. 49). В колбочку влейте 1 мл ацетона и смочите им ее стенки; всыпьте в колбу 1 г активированного угля и быстро закройте пробкой. Взбалтывайте колбочку с углем и наблюдайте поднятие окрашенной воды в трубке.

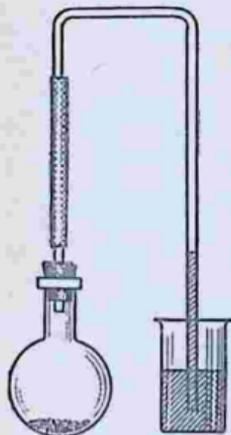


Рис. 49. Прибор для адсорбции паров

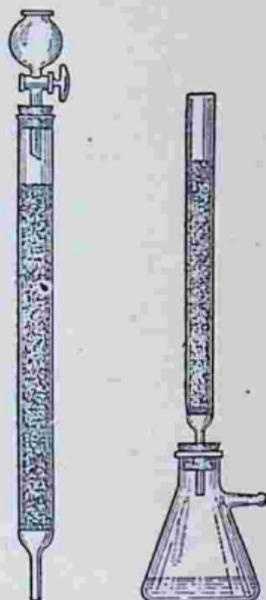


Рис. 50. Хроматографические колонки

Г. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ КАТИОНОВ

Опыт 10. Разделение ионов железа (III), меди и кобальта

Колонку высотой 200 мм с внутренним диаметром 7—8 мм заполните «алюминатной окисью алюминия» $\text{NaAlO}_2 \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3)_x$ с величиной зерна 0,25—0,50 мм в диаметре (рис. 50). Пропустите через колонку 30 мл дистил-

лированной воды; колонку с помощью пробки вставьте в колбу Бунзена, отросток которой присоедините к водоструйному насосу. После прохождения всей воды через колонку отключите колбу от водоструйного насоса и вставьте в колонку на пробке капельную воронку.

Влейте в воронку 15 мл раствора, содержащего по 0,2 г хлорида железа (III), кобальта и сульфата меди. Откройте кран капельной воронки так, чтобы раствор из нее выливался медленно, по каплям. Через некоторое время на адсорбенте в колонке появятся отчетливые зоны адсорбированных ионов. По окраске зон (Fe^{3+} — бурая, Co^{2+} — розово-красная и Cu^{2+} — голубовато-синяя) определите последовательность адсорбции катионов. Какой из этих катионов должен легче всего вымываться из колонки и почему?

Д. ФЛОТАЦИЯ КАК МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

Опыт 11. Разделение серы и песка флотацией

Смешайте в ступке по 2 г порошка серы и мелкого песка и ссыпьте в цилиндр емкостью 200 мл, в котором находится 100 мл воды. Песок и часть серы, окисленной с поверхности, тонут. Прилейте в цилиндр 10—12 капель бутилового спирта, тщательно закройте его пробкой и энергично взболтайте. Что всплывает на поверхность жидкости? Объясните механизм флотации на данном конкретном примере. Если бутиловый спирт ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) заменить пропиловым спиртом ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$), то повысится или понизится эффект разделения?

РАБОТА XI

МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

В этой работе изучаются химические свойства металлов и сплавов, т. е. их отношение к различным реагентам; получение металлов и сплавов; химические свойства важнейших соединений металлов.

А. ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

В качестве восстановителей могут быть использованы: уголь (кокс), активные металлы, карбид кальция, гидрид натрия и др.

Опыт 1. Получение свинца из оксида

В куске угля с помощью сверла для пробок сделайте углубление диаметром и глубиной в 1 см. В это углубление поместите смесь оксида свинца (II) с углем и смочите 2—3 каплями воды. Вставьте в нижнюю часть восстановительного пламени горелки паяльную трубку (рис. 51) и вдуйте воздух ртом, направляя язычок пламени на смесь веществ. Нагревание ведите до тех пор, пока не будет получена капля расплавленного металла.

Составьте уравнение реакции. «Королек» (застывшая капля) металлического свинца оставьте для опыта 11.

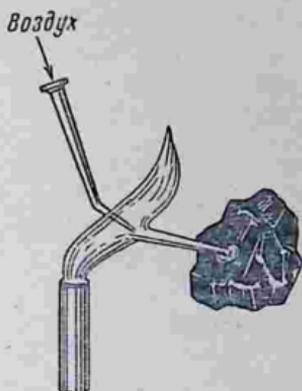


Рис. 51. Восстановление на куске угля (кокса) паяльной трубкой

Опыт 2. Получение висмута из его оксида восстановлением водородом

В шарик стеклянной трубки всыпьте около 1 г оксида висмута и укрепите трубку в зажиме штатива (рис. 52). Присоедините к трубке склянку Тищенко с аппаратом Киппа, в котором получается водород, и с помощью резиновой трубки стеклянную трубку, согнутую под прямым углом, на которую поместите пробирку. Ос-

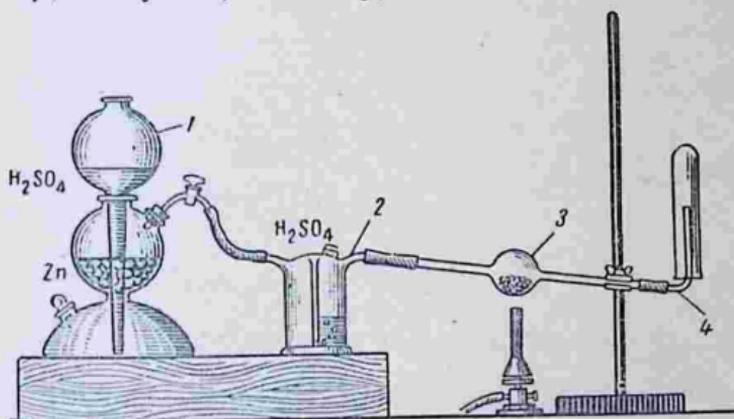


Рис. 52. Прибор для восстановления оксида висмута водородом: 1 — аппарат Киппа; 2 — склянка Тищенко; 3 — трубка с шариком; 4 — отводная трубка

торожно приоткрыв кран аппарата Киппа, пустите ток водорода с небольшой скоростью. Через некоторое время снимите пробирку и поднесите ее к пламени горелки (проверка на вытеснение воздуха из прибора!): если водород горит спокойно, то весь воздух вытеснен (в противном случае следует продолжить пропускание водорода через прибор). Пропуская водород, нагревайте шарик трубки на большом пламени до тех пор, пока не получится капля расплавленного металла. Прекратите нагревание и остудите трубку в токе водорода.

Составьте уравнение реакции.

Опыт 3. Аллюминотермическое восстановление

В маленький фарфоровый тигель (под тягой!) всыпьте 4 г термитной смеси ($Al + Fe_3O_4$) и вставьте в нее кусочек магниевой ленты длиной 2—2,5 см. Тигель поставьте на кусок листового асбеста; перед тиглем поместите защитный прозрачный экран (стекло, плексиглас). Пламенем горелки подожгите ленту магния (за счет тепла горящего магния воспламеняется термитная смесь). Реакция аллюминотермического восстановления протекает бурно. После реакции дайте тиглю остыть (!) и выньте из него полученный металл.

Составьте уравнение реакции. Для восстановления каких металлов применяют аллюминотермический метод?

Опыт 4. Восстановление ртути из ее сульфида

(Опыт проводится под тягой!) Тщательно перемешанную смесь, состоящую из 1,2 г сульфида ртути и 0,30 г порошкообразного железа, всыпьте в сухую пробирку и укрепите ее в штативе. Нагревайте пробирку в течение 5—6 мин и наблюдайте на охлажденных стенках пробирки появление зеркального пояса металлической ртути.

Составьте уравнение реакции получения ртути.

Б. ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ СОЕДИНЕНИЙ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ—ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

Чаще всего при получении металлов из соединений пользуются термическим разложением оксидов и нитратов благородных металлов, оксалатов, формиатов (солей щавелевой и муравьиной кислот) и карбониллов металлов (соединений с окисью углерода).

Опыт 5. Получение серебра из его нитрата

(Опыт проводится под тягой!) В сухую микропробирку положите 4—5 кристаллов нитрата серебра и нагревайте ее до полного прекращения выделения бурого газа (NO_2). Составьте уравнение реакции, имея в виду, что образуется кислород, двуокись азота и серебро. Полученное серебро сдайте лаборанту (!).

Опыт 6. Получение пирофорного железа из оксалата

В сухую пробирку поместите около 1,5 г желтого оксалата железа (FeC_2O_4) и, взяв ее около отверстия деревянными щипцами, нагревайте на пламени горелки. При этом пробирка должна быть наклонена так, чтобы отверстие располагалось на несколько миллиметров ниже дна. Нагревание ведите до тех пор, пока желтый порошок не превратится полностью в черный. Переверните пробирку вверх дном и высыпьте порошок в воздух. Что происходит? Обратите внимание на цвет получающегося при горении продукта.

Составьте уравнения реакций получения железа и его сгорания на воздухе. От чего зависят пирофорные свойства металлов?

В. ПОЛУЧЕНИЕ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

Эвтектические сплавы обладают меньшей температурой плавления, чем чистые компоненты, входящие в состав эвтектики.

Опыт 7. Получение эвтектического сплава олова и свинца

1,14 г олова и 1,86 г свинца поместите в фарфоровый тигель и насыпьте сверху небольшой слой хлорида аммония (нашатыря). Поставьте тигель на фарфоровый треугольник, лежащий на кольце штатива. Нагревайте тигель (под тягой!) на пламени горелки, пока металлы не сплавятся. Сплав вылейте в фарфоровую лодочку или на этернитовую пластинку и дайте ему охладиться. В другую фарфоровую лодочку поместите на расстоянии 1 см друг от друга кусочки полученного сплава, гранулу олова и гранулу свинца. Укрепите лодочку в горизонтальном положении в штативе

и нагревайте на небольшом пламени горелки, отмечая последовательность плавления сплава и металлов.

Отвечает ли эта последовательность их температурам плавления (сплав 181°C , олово 232°C и свинец 327°C)? По этим данным, рассчитав процентное содержание олова и свинца в сплаве, постройте приближенную диаграмму плавкости, проведя на ней эвтектическую горизонталь. Возьмите любые пять точек в разных областях диаграммы и охарактеризуйте системы, отвечающие этим точкам. Как называется в технике эвтектический сплав олова и свинца?

О п ы т 8. Приготовление сплава Вуда

Отвесьте 2,65 г Вi (т. пл. 271°C), 1 г Sn (т. пл. 232°C), 0,75 г Рb (т. пл. 327°C) и 0,6 г Cd (т. пл. 321°C). В железном тигле (п о д т я г о й!) расплавьте около 5 г парафина и внесите в него олово. После расплавления олова последовательно добавляйте в тигель висмут, кадмий и свинец, размешивая сплав железной проволокой. После расплавления всех металлов слейте оставшийся парафин, а сплав вылейте в фарфоровую лодочку. После остывания сплава протрите его сухой тряпкой и поместите в стакан с водой. Стакан поставьте на асбестовую сетку, опустите в воду термометр и нагревайте воду до 55°C . После этого, сильно уменьшив пламя, продолжайте нагрев со скоростью 1° в минуту и определите температуру плавления сплава Вуда. По взятым количествам всех металлов определите процентный состав сплава.

Для каких технических целей используют сплав Вуда? Почему в опыте 7 применяли нашатырь, а в опыте 8 — парафин?

Г. ДИАГРАММА ПЛАВКОСТИ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

Ввиду того, что металлы обладают относительно высокой температурой плавления и визуально наблюдать их кристаллизацию невозможно, здесь изучаются легкоплавкие системы из органических веществ.

О п ы т 9. Диаграмма плавкости системы «нафталин — дифенил»

Нафталин C_{10}H_8 плавится при 80°C , а дифенил $\text{C}_{12}\text{H}_{10}$ — при 70°C . Работа проводится коллективно, но каждый студент определяет только одну точку на диаграмме плавкости. Задание студентам выдает руководитель. Опреде-

ляются температуры плавления и кристаллизации смесей № 2—9. Следующую таблицу перепишите в журнал.

№ задания	Состав смеси				Определение т. пл. (а) и т. кр. (б)				Средняя температура, °С	Фамилия студента, проводившего опыт
	г		мол. %		а		б			
	C ₁₀ H ₈	C ₁₂ H ₁₀	C ₁₀ H ₈	C ₁₂ H ₁₀	а	б	а	б		
1	—	—	100	0	—	—	—	—	80	
2	1,30	0,10								
3	1,05	0,35								
4	0,85	0,55								
5	0,70	0,70								
6	0,55	0,85								
7	0,38	1,02								
8	0,25	1,15								
9	0,15	1,25								
10	—	—	0	100	—	—	—	—	70	

Отвесьте указанные в таблице количества нафталина и дифенила и ссыпьте их в коническую пробирку; закройте пробирку пробкой с проходящими через нее термометром на 100° С и мешалкой (термометр должен быть опущен в смесь). Вставьте эту пробирку в более широкую пробирку, служащую муфтой, предохраняющей от перегрева (рис. 53). Всю систему укрепите в зажиме штатива и подведите под нее стакан с водой. Нагревайте воду в стакане на небольшом пламени. Когда начнется плавление кристаллов, отставьте горелку и перемешивайте кристаллы мешалкой. Определите температуру плавления и запишите в таблицу. Дайте стакану с водой охладиться, перемешивая жидкость в пробирке, и отметьте температуру выпадения первых кристаллов: запишите эту температуру.

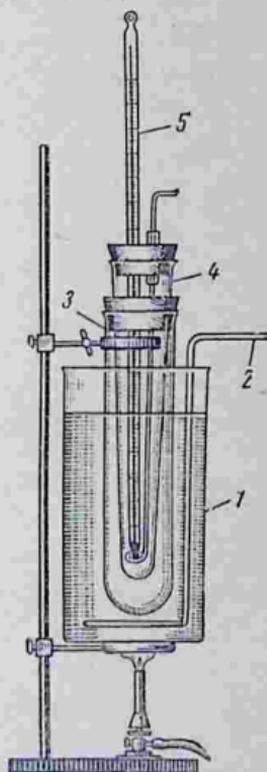


Рис. 53. Прибор для определения температуры плавления и кристаллизации:

1 — стакан с водой; 2 — мешалка; 3 — внешняя пробирка; 4 — внутренняя пробирка с мешалкой; 5 — термометр

Вновь медленно нагревайте воду в стакане, перемешивая содержимое пробирки, и установите температуру плавления последних кристаллов. Затем охлаждайте воду в стакане и определите температуру появления первых кристаллов. Данные запишите в таблицу.

По весовым количествам (w) взятых веществ вычислите состав в мол. % по формуле

$$C_{10}H_8 \text{ мол. \%} = \frac{M_{C_{12}H_{10}} w_{C_{10}H_8} \cdot 100}{M_{C_{12}H_{10}} w_{C_{10}H_8} + M_{C_{10}H_8} w_{C_{12}H_{10}}}$$

(M — молекулярный вес).

По полученным данным постройте на миллиметровой бумаге диаграмму плавкости, откладывая по оси ординат температуру плавления (кристаллизации), а по оси абсцисс — состав смеси в мол. % (удобный масштаб: абсцисса — 10 мол. % = 1 см, ордината — 10° = 1 см). Пересечением двух ветвей диаграммы определится эвтектическая точка: она отвечает 39,4° С при содержании $C_{10}H_8$, равном 44 мол. %.

Д. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

При химических реакциях металлы проявляют только восстановительные свойства.

Опыт 10. Взаимодействие металлов с элементарными окислителями

а) Горение железа в кислороде. Цилиндр емкостью 200 мл заполните доверху водой, закройте стеклянной



Рис. 54. Наполнение цилиндра кислородом из газометра

пластинкой и, перевернув вверх дном, опустите в ванну с водой. Подведите под цилиндр отводную трубку от газометра (рис. 54) и наполните цилиндр кислородом: для этого приоткройте верхний кран воронки газометра и боковой кран, присоединенный к отводной трубке. Как только вода из цилиндра будет вытеснена кислородом, закройте краны, прижмите к отверстию ци-

линдра под водой стеклянную пластинку и поставьте его на стол.

Маленький кусочек железной проволоки, свернутой в виде спирали, подвесьте к железной ложечке для сжигания. К нижнему концу проволоки присоедините небольшой кусочек корковой пробки или угля и внесите ее в пламя горелки. Как только пробка загорится, быстро внесите проволоку в цилиндр с кислородом. Что происходит?

Составьте уравнение реакции и уравнение скорости данной реакции. Чем объяснить, что железо горит в кислороде, но не горит на воздухе?

б) Окисление цинка иодом. На фарфоровую пластинку насыпьте (под тягой!) горкой около 1 г смеси порошкообразных цинка и иода (1 : 4). Конус горки придавите стеклянной палочкой до образования вмятины и пипеткой налейте во вмятину 2 капли воды. Что происходит? Чем вызвано образование фиолетовых паров? Составьте уравнение реакции.

Опыт 11. Взаимодействие металлов с кислотами

а) Взаимодействие цинка с серной кислотой. В пробирку с 3—4 мл 2 н. раствора серной кислоты опустите гранулу металлического цинка. Через некоторое время наблюдайте выделение газа. Составьте уравнение реакции. Какие ионы выполняют роль окислителя?

б) Взаимодействие свинца с разбавленной азотной кислотой. «Королек» металлического свинца, полученный в опыте 1, положите в пробирку и прилейте 3—4 мл раствора азотной кислоты (1 : 1). Нагрейте пробирку (под тягой!) и наблюдайте выделение бесцветного газа, который, окисляясь кислородом воздуха, превращается в газ бурого цвета. Составьте уравнение реакции, имея в виду, что образовавшийся газ является окисью азота. Что в данной реакции является окислителем?

в) Взаимодействие свинца с концентрированной азотной кислотой. Маленькую гранулу металлического свинца обработайте (под тягой!) 3 мл концентрированной азотной кислоты: наблюдайте выделение газа бурого цвета. Составьте уравнение реакции.

Опыт 12. Взаимодействие металлов с водой

а) Взаимодействие натрия с водой. На часовое стекло налейте 10 капель воды, опустите в нее маленький кусочек металлического натрия и тотчас же прикройте сверху дру-

гим часовым стеклом. После окончания реакции прилейте к раствору каплю раствора фенолфталеина: что наблюдается? Составьте уравнение реакции.

б) Взаимодействие кальция с водой. Прodelайте аналогичный опыт, взяв вместо натрия маленькую стружку металлического кальция. Составьте уравнение реакции. На что указывает возникновение малиновой окраски после добавления раствора фенолфталеина?

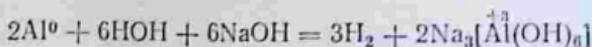
Перечислите все известные металлы, которые при обыкновенной температуре взаимодействуют с водой аналогично натрию и кальцию. Какой металл энергичнее всех вступает во взаимодействие и почему?

Опыт 13. Взаимодействие металлов с растворами солей

В две микропробирки налейте до половины их объема в одну раствор нитрата свинца, а в другую — раствор нитрата серебра. Опустите в первую пробирку узкую пластинку цинка, а во вторую — кусочек ленты магния. Что образуется на поверхности металлов? Составьте уравнения реакций. Какими химическими свойствами обладают положительные ионы металлов?

Опыт 14. Взаимодействие металлов с растворами щелочей

В пробирку с 4 мл раствора едкого натра всыпьте 2 микрошпателя порошка алюминия. Пробирку закройте пробкой со стеклянной трубкой, заканчивающейся капилляром, укрепите в лапке штатива и слегка подогрейте. Как только начнется реакция, нагревание прекратите и через 30—40 сек зажгите выделяющийся газ при выходе из капилляра. Уравнение реакции может быть записано так:



Какие ионы в данной реакции являются окислителем? Назовите 4—5 металлов, которые ведут себя подобно алюминию?

Опыт 15. Восстановительные свойства сплавов

В пробирку налейте 1 мл раствора нитрата калия, 3 мл раствора едкого натра и всыпьте два микрошпателя порошка сплава Деварда (50% меди, 5% цинка и 45% алюминия). Нагрейте раствор и через некоторое время определите по

запаху выделяющийся газ. Составьте уравнение реакции, учтя, что восстановителем в данной реакции является цинк (алюминий), а в результате реакции получается гидроксоцинкат (гидроксоалюминат) натрия.

РАБОТА XII

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

В этой работе изучаются: гальванические элементы, т. е. устройства, в которых химическая энергия реакций непосредственно переходит в электрическую энергию, и электролиз, т. е. процесс, протекающий в растворах (расплавах) электролитов за счет внешней электрической энергии и состоящий из восстановления на катоде и окисления на аноде.

А. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

О п ы т 1. Определение э. д. с. в гальваническом элементе Даниеля — Якоби

Соберите гальванический элемент, состоящий из двух полуэлементов (рис. 55, а). Для этого цинковый электрод опустите на 3—5 сек в раствор $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$, а затем тщательно протрите фильтровальной бумагой и вставьте в стеклянный сосуд; налейте в сухой стакан 30 мл 1М раствора ZnSO_4 , опустите в него стеклянную трубку сосуда, откройте поворотом на 90° шлифованный кран и засосите ртом раствор в сосуд, закрывая потом кран (раствор не должен выливаться через отводную трубку!). Медный электрод очистите тонкой наждачной бумагой и тщательно протрите фильтровальной бумагой, вставьте в стеклянный сосуд и заполните 30 мл 1М раствора CuSO_4 . В соединительный стакан влейте 20 мл 1М раствора KCl и опустите в него полуэлементы, закрепляя последние в специальном штативе.

Для измерения э. д. с. гальванического элемента используют компенсационную схему с включением в нее нормального элемента Вестона (рис. 55, б). В элементе Вестона, устройство которого видно из рисунка, протекает следующая реакция:



Э. д. с. этого элемента составляет 1,018 в, или 1018 мв.

Собирают установку для определения э. д. с. по схеме* (рис. 55, в). Вынимают из магазина сопротивлений 5 штепсели так, чтобы его сопротивление составляло 1018 ом

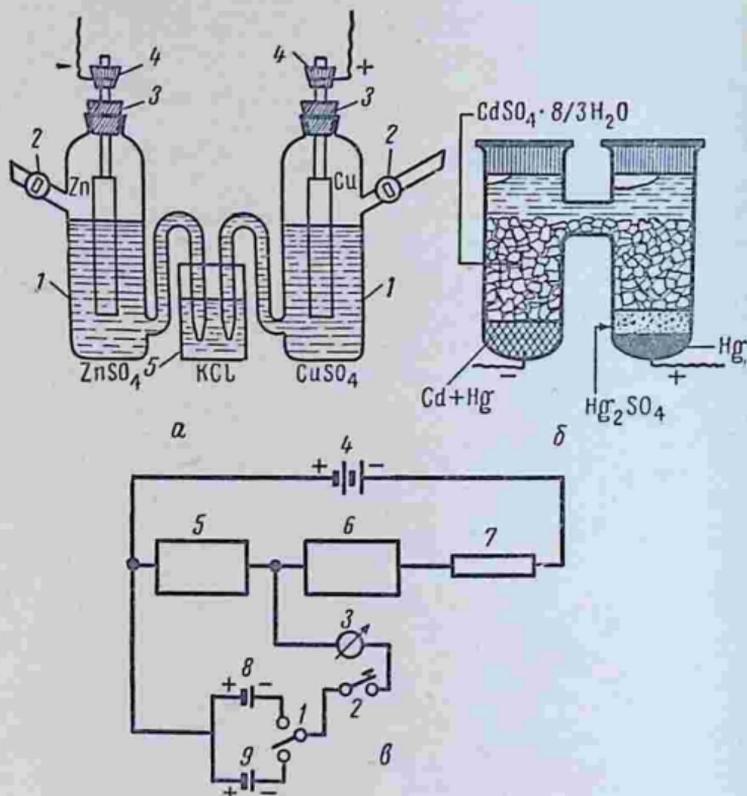


Рис. 55. Установка для определения э. д. с.:

а — гальванический элемент Даниеля — Якоби: 1 — стеклянные сосуды для полуэлементов; 2 — шлифованные краны; 3 — резиновые пробки с проходящими через них электродами; 4 — винтовые клеммы; 5 — соединительный сосуд; *б* — нормальный элемент Вестона; *в* — схема установки для компенсационного измерения э. д. с.: 1 — переключатель; 2 — ключ; 3 — гальванометр; 4 — аккумулятор; 5 и 6 — магазины сопротивлений; 7 — реостат; 8 — элемент Даниеля — Якоби; 9 — элемент Вестона

(сопротивление набирают из сотен, десятков и единиц ом). Сопротивление второго магазина *б* должно составлять 92 ом.

С помощью переключателя 1 включают нормальный элемент и при помощи реостата 7 приводят гальванометр

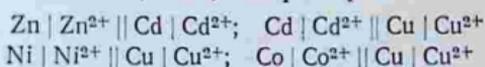
* При сборке установки обратите внимание на относительное положение полюсов.

к нулевому положению, ключ 2 должен быть при этом замкнут. Нулевое положение гальванометра указывает на отсутствие тока, т. е. падение напряжения аккумулятора, приходящееся на магазин 5, численно равно э. д. с. элемента Вестона 1018 мв или 1 ом составляет 1 мв. Передвижением переключателя 1 включают элемент Даниеля—Якоби 8. Не меняя общего сопротивления в цепи, переносом штепселей из магазина 6 в соответствующие гнезда магазина 5, или наоборот (штепсели надо плотно вгонять в гнезда!), добиваются компенсации, т. е. нулевого положения гальванометра. Сопротивление магазина 5 (в ом) будет численно равно значению э. д. с. элемента Даниеля — Якоби (в мв).

Составьте схему данного гальванического элемента, уравнение химической реакции, происходящей в нем, и по величинам электродных стандартных потенциалов (табл. XI) вычислите э. д. с. элемента Даниеля—Якоби. Есть ли расхождения между вычисленным и опытным значениями? Какой электрод в данном элементе играет роль анода?

О п ы т 2. Определение э. д. с. заданного элемента

Возможны различные комбинации полуэлементов в гальванических элементах, как, например:



Получите у преподавателя задание. Смонтируйте прибор по схеме (рис. 55, в). Вставьте плотно соответствующие металлы в стеклянные сосуды полуэлементов и заполните их 1М растворами солей. Концы отводных трубок опустите в соединительный сосуд с 1М раствором KCl и закрепите полуэлементы в зажимах.

Определите э. д. с. данного элемента, пользуясь методом, использованным в предыдущем опыте. Результаты сдайте преподавателю. После проведения опыта разберите всю установку.

Б. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ КОНТАКТЕ МЕТАЛЛОВ

О п ы т 3. Выделение водорода на поверхности более благородного металла

В V-образную трубку налейте 3—4 мл раствора серной кислоты и введите в трубку узкую полоску металлического

цинка (рис. 56). Как только начнет выделяться водород, введите через другой конец трубки медную проволоку,

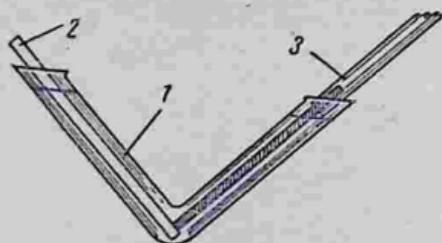


Рис. 56. Прибор для наблюдения реакции в месте контакта металлов:

1 — V-образная трубка; 2 — цинковая пластинка; 3 — стеклянная палочка с впаянной проволокой

касаясь ею полоски цинка. Почему водород стал выделяться с поверхности медной проволоки? Замените медную проволоку серебряной или платиновой: что наблюдается? Объясните сущность проведенного опыта. Могут ли медь и платина вытеснять водород из растворов кислот?

В. ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Опыт 4. Движение ионов

На предметное стекло положите полоску фильтровальной бумаги и смочите ее раствором иодида калия, к которому добавлена 1 капля раствора фенолфталеина и 3—4 кап-

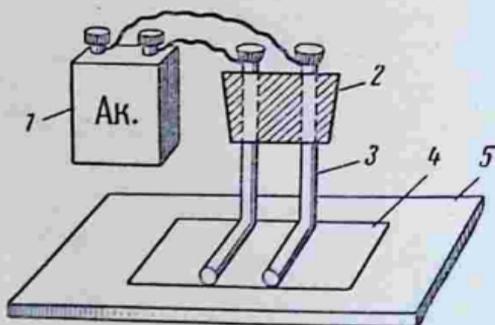


Рис. 57. Движение ионов под действием тока:

1 — источник тока; 2 — резиновая пробка; 3 — медные электроды; 4 — фильтровальная бумага с раствором; 5 — предметное стекло

ли раствора крахмала. К бумаге на расстоянии 2 см приложите Г-образные электроды из медной проволоки (рис. 57) и подсоедините к ним ток от карманной батареи или аккумуля-

мулятора. Через некоторое время наблюдайте появление малиновой окраски у одного электрода и синей — у другого. Составьте схему электролиза водного раствора иодида калия. Что образуется на катоде и аноде? Как называются ионы, движущиеся к катоду и аноду?

Опыт 5. Электролиз раствора сульфата натрия

В U-образную трубку налейте раствор сульфата натрия, к которому добавлено 1—2 мл раствора нейтрального лакмуса, и опустите в нее графитовые электроды, укрепленные в пробках (рис. 58). Присоедините к электродам ток от карманной батарейки или аккумулятора. Через некоторое время наблюдайте покраснение раствора у одного электрода и посинение у другого. Выключите ток из цепи.

Составьте схему электролиза водного раствора сульфата натрия. Какие продукты выделяются на электродах? Что образуется в катодном и анодном пространствах раствора? Какое вещество подвергается разложению при электролизе?

Опыт 6. Электролиз раствора хлорида олова (II)

Опыт проводится в том же приборе (см. рис. 58). Налейте в U-образную трубку раствор хлорида олова, опустите в него электроды и присоедините их к источнику постоянного тока (батарейка карманного фонаря или аккумулятор). Через некоторое время (3—4 мин) наблюдайте образование на катоде блестящих кристаллов металлического олова. Выньте электроды из трубки. Из анодного пространства отберите капилляром раствор, и перелейте его в микропробирку, добавьте каплю раствора иодида калия и каплю раствора крахмала. Что происходит? Какое вещество образовалось у анода? Составьте схему электролиза хлорида олова. Пользуясь величинами стандартных электродных потенциалов (табл. X, XI), вычислите потенциал разложения хлорида олова.

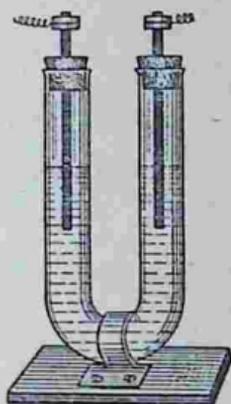


Рис. 58. Прибор для электролиза

Опыт 7. Электролиз с нерастворимым анодом

В U-образную трубку прибора (см. рис. 58) налейте раствор сульфата меди, присоедините к электродам из графита источник постоянного тока. Наблюдайте через некоторое время выделение меди на катоде и газообразного вещества на аноде. Составьте схему электролиза водного раствора сульфата меди. Что выделяется на аноде?

Опыт 8. Электролиз с растворимым анодом

В U-образную трубку прибора (см. рис. 58) налейте 1M раствор серной кислоты и опустите в качестве катода графитовый стержень, а в качестве анода — медный стержень. К электродам присоедините источник постоянного тока. Наблюдайте выделение газообразных веществ у обоих электродов. Что постепенно происходит с медью на аноде? Через некоторое время на катоде начинает выделяться медь. Составьте схему электролиза. Для чего в технике используется электролиз с растворимым анодом?

Опыт 9. Неполное восстановление ионов при электролизе

В U-образную трубку (см. рис. 58) налейте раствор тетрахлорида титана, погрузите в него графитовые электроды и присоедините их к источнику постоянного тока. Через некоторое время наблюдайте у катода появление слабого фиолетового окрашивания вследствие образования в растворе иона Ti^{3+} . Составьте уравнения процесса на катоде и аноде. Почему ионы Ti^{4+} при электролизе не восстанавливаются до элементарного титана?

Опыт 10. Окисление ионов на аноде

В U-образную трубку (см. рис. 58) налейте свежеприготовленный раствор манганата калия K_2MnO_4 , имеющий зеленую окраску (окраска ионов MnO_4^{2-}), опустите графитовые электроды и присоедините их к источнику постоянного тока. Через некоторое время у анода зеленая окраска изменится на розово-фиолетовую, так как манганат-ион окисляется в перманганат-ион MnO_4^- . Составьте схему электролиза манганата калия.

Составьте уравнение реакции окисления нитрита калия перманганатом калия в кислой среде. По величинам стан-

дартных окислительно-восстановительных (или редокс) потенциалов найдите э. д. с. данной реакции. На что указывает положительное значение найденной э. д. с.? Подтвердите опытным путем, что данная реакция возможна и чем это доказывается?

Г. ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ МЕТАЛЛОВ

О п ы т 11. Покрытие медной пластинки никелем

Никелирование проводят в растворе соли никеля с добавками, позволяющими создать определенное значение pH; анодом служит пластинка никеля, а катодом — пластинка

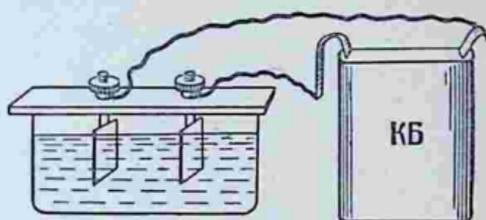


Рис. 59. Прибор для покрытия меди никелем

ка меди $1 \times 4 \text{ см}^2$. Прочное покрытие получается только при тщательно очищенном от жира и оксидов катоде. Для удаления жира медную пластинку опускают на 2—3 мин в 20%-ный раствор едкого натра и тщательно промывают водой. Для снятия с поверхности оксидов пластинку погружают в 2M раствор серной кислоты, а затем промывают водой. После обезжиривания и травления пластинку можно брать руками только за ребра или за конец провода.

В маленький бюкс, наполненный раствором электролита (50 г $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и 25 г NH_4Cl в 1 л воды), погрузите на глубину 3 см медный катод и никелевый анод; концы их проводов присоедините к соединительным клеммам (рис. 59) и подведите к последним провода от источника постоянного тока (электрическая батарейка). Проводите электролиз 4—5 мин и отсоедините ток. На медной пластинке отложится слой никеля.

Составьте уравнения процессов, происходящих на аноде и катоде. Перечислите металлы, которыми чаще всего поль-

зуются в гальваностегии. Для каких целей металл покрывают слоем другого металла? В чем отличие гальваностегии от гальванопластики?

РАБОТА XIII

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

А. ОБРАЗОВАНИЕ МИКРОГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПАР

Опыт 1. Обнаружение микрогальванических пар на поверхности металла

Железную пластинку тщательно очистите наждачной бумагой, промойте водой и высушите между полосками фильтровальной бумаги. Положите пластинку на стол и нанесите

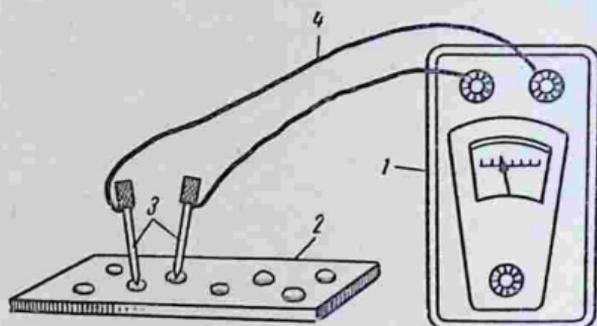


Рис. 60. Выявление микрогальванических элементов на поверхности металла:

1 — стрелочный гальванометр; 2 — пластинка металла с каплями раствора хлорида натрия; 3 — графитовые стержни; 4 — провода

пипеткой в несколько мест пластинки по одной капле 3%-ного раствора хлорида натрия (рис. 60). Два графитовых электрода, на верхние части которых одеты резиновые трубки, погрузите в капли нанесенного раствора и наблюдайте по отклонению стрелки микрогальванометра появление в цепи тока. То же самое проделайте с пластинкой алюминия. Объясните проведенные опыты. Почему коррозионная способность металла убывает с уменьшением примесей в нем?

Опыт 2. Коррозия в месте контактов металлов

В одной канцелярской скрепке укрепите маленький кусочек медной, а в другой — цинковой фольги. В 2 пробирки налейте по 2—3 мл 1М раствора серной кислоты, добавьте по 2 капли раствора красной кровяной соли $K_3[Fe(CN)_6]$ (реактив на ион Fe^{2+}) и опустите в каждую пробирку по скрепке. В какой из пробирок происходит посинение? Почему в другой пробирке не образуется турбуллевой сини? Составьте уравнение реакции.

Опыт 3. Взаимодействие магния с водой в присутствии иона Cu^{2+}

Налейте в пробирку 5 мл воды, погрузите в нее 1 см магниевой ленты и нагрейте до кипения. Быстро ли происходит выделение водорода? Составьте уравнение реакции. Добавьте в пробирку 2 капли раствора сульфата меди и нагрейте раствор до кипения. Почему водород стал выделяться с большей скоростью?

Опыт 4. Растворение цинка в кислоте в присутствии иона Cu^{2+}

В две пробирки налейте по 5 мл 1М раствора серной кислоты, в одну из них добавьте 2 капли раствора сульфата меди и одновременно погрузите в них одинаковые по величине кусочки (гранулы) цинка. С одинаковой ли скоростью выделяется водород? Дайте объяснения проведенным опытам.

Б. ЗАЩИТНЫЕ ПЛЕНКИ И ИХ РОЛЬ ПРИ КОРРОЗИИ

Опыт 5. Устойчивость оксидной пленки на алюминии

Две пластинки алюминия (8×20 мм) погрузите на 30—40 сек в раствор едкого натра, затем раствор слейте, промойте пластинки водой и высушите между листами фильтровальной бумаги. Одну из пластинок на часовом стекле смочите несколькими каплями раствора нитрата ртути и через 2 мин промойте водой и высушите фильтровальной бумагой. Составьте уравнения реакции взаимодействия алюминия с нитратом ртути. Что получается на поверхности алюминия?

Обе пластинки одновременно погрузите в две пробирки с водой: происходит ли выделение водорода и в какой пробирке? Почему неамальгамированный алюминий не вытесняет водород из воды?

Опыт 6. Пассивирование металлов

В две железные проволоки, оканчивающиеся маленькими петлями, проденьте два одинаковых железных гвоздя. Один из них опустите (под тягой!) в пробирку с концентрированной азотной кислотой на 2—3 мин. Выньте гвоздь из пробирки с кислотой и тщательно промойте водой.

Налейте в пробирки по 4 мл 1М раствора серной кислоты и опустите в них оба гвоздя. Через некоторое время наблюдайте в одной из них выделение водорода (в какой?). Составьте уравнение реакции между железом и концентрированной азотной кислотой (железо окисляется до Fe_2O_3). Почему пассивированное железо не выделяет водорода из раствора серной кислоты?

Опыт 7. Оксидирование железных изделий

В стакан емкостью 100 мл влейте 75 мл раствора для оксидирования (60 г нитрита натрия и 600 г едкого натра на 1 л воды) и нагрейте его до кипения. В это время железный предмет (шайбу, плоское кольцо) очистите наждачной бумагой, опустите на 2—3 мин в 1М раствор серной кислоты и тщательно промойте водой. Предмет повесьте на крючок стеклянной палочки и опустите его в нагретый раствор (палочка должна лежать на верхних стенках стакана). Включите секундомер и через 3, 5, 10 и 15 мин поднимайте палочку из раствора и наблюдайте изменение окраски железного предмета (соломенно-желтая, светло-шоколадная, бурая и сине-черная). Напишите уравнения всех реакций, протекающих при оксидировании железа. Что называют в технике воронением стали?

Опыт 8. Оксидирование стали нагреванием

Стальную пластинку очистите наждачной бумагой, укрепите в горизонтальном положении в лапке штатива. Под другой конец пластинки подставьте горелку и нагревайте его до тех пор, пока на пластинке не образуются тон-

чайшие слои оксидов, которые легко распознать по цветам побежалости.

Охладите пластинку и вдоль ее, начиная от одного края к другому, нанесите на равных расстояниях в трех местах по одной капле раствора сульфата меди. В каком месте пластинки быстрее всего выделилась металлическая медь и почему?

В. АКТИВАТОРЫ КОРРОЗИИ

Опыт 9. Влияние на коррозию иона хлора

В две пробирки порознь налейте по 3 мл растворов сульфата и хлорида меди и погрузите в них одинаковые кусочки алюминиевой фольги. Через некоторое время наблюдайте выделение на поверхности одной из пластинок слоя металлической меди. Составьте уравнение реакции и объясните сделанные опыты.

Г. ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ

Опыт 10. Ингибирование растворения железа в кислоте

В пробирку налейте 5 мл 1М раствора серной кислоты и опустите в нее железный гвоздь. Когда установится более или менее ровный ток выделяющегося водорода, всыпьте в пробирку 0,05 г уротропина. Происходит ли уменьшение скорости выделения водорода? Какую роль выполняет уротропин в этом процессе?

Опыт 11. Относительная активность ингибиторов

В ванну погрузите три эвдиометра емкостью 50—100 мл, заполненные водой, укрепив их в зажимах штатива (рис. 61). Три пластинки мягкого железа (25 × 80 мм), имеющие сверху маленькие отверстия, очистите наждачной бумагой и протрите фильтровальной бумагой.

В три склянки (диаметром 40 мм и высотой до плечиков 100 мм) налейте по 100 мл 20%-ного раствора серной кислоты; во вторую склянку добавьте 0,072 г тиомочевны $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$, а в третью — 0,14 г гексаметилентетрамина (уротропина) $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$. После растворения этих веществ опустите пластинки в склянки, быстро закройте их пробками и отводные трубки подведите под эвдиометры. Заметьте время

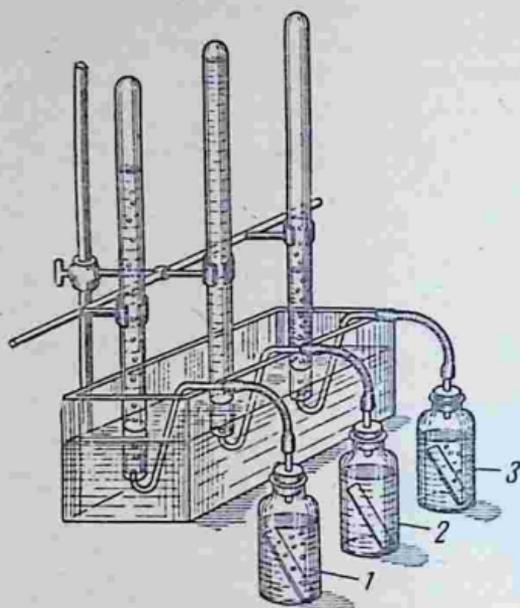


Рис. 61. Прибор для изучения действия ингибиторов

начала опыта. Через каждые 10 мин определяйте объемы выделяющегося водорода и записывайте данные в таблицу:

№ склянки	Среда	Объем H_2 , мл, за время, мин					
		10	20	30	40	50	60
1	20%-ная H_2SO_4						
2	20%-ная $H_2SO_4 + 0,001M$ $CS(NH_2)_2$						
3	20%-ная $H_2SO_4 + 0,001M$ $(CH_2)_6N_4$						

По полученным данным на миллиметровой бумаге постройте кривые зависимости объема выделившегося водорода (ось ординат) от продолжительности опыта (в мин) (ось абсцисс).

Одинакова ли скорость коррозии во всех опытах? Какую роль играли тиомочевина и гексаметиленetetрамин в этом процессе? Какой из ингибиторов оказался эффективнее? Вычислите ингибиторный эффект для каждого ингибитора.

Д. ПРОТЕКТОРНАЯ ЗАЩИТА

Опыт 12. Защита свинца протектором — цинком

Для опыта необходимо иметь три пластинки размером 8×30 мм: две из свинца и одну — из цинка. В маленький стакан и отдельно в пробирку налейте 0,4 н. раствор уксусной кислоты, к которому добавлено 10—15 капель раствора иодида калия. Укрепите в широкой пробке на расстоянии 1,5 см друг от друга цинковую и свинцовую пластинки и концы их соедините электрическим проводом. Одновременно опустите в стакан систему из двух пластинок, а в пробирку — вторую свинцовую пластинку. В каком сосуде быстрее образуется желтый осадок? Какова роль цинка? Можно ли в данном процессе вместо цинка взять пластинку из магния, представляющего собой сплав магния с алюминием? Могли бы вы указать два практических примера использования в технике протекторов?

Какие методы защиты металлов от коррозии, кроме перечисленных в данной работе, применяются на практике?

РАБОТА XIV

МЕТАЛЛЫ IА-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К металлам IА-группы относятся: литий, натрий, калий, рубидий, цезий и франций.

А. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛОВ С КИСЛОРОДОМ И ВОДОЙ

Опыт 1. Окисление и горение в воздухе

Маленький кусочек металлического натрия разрежьте скальпелем и наблюдайте мгновенное потускнение его поверхности. Что происходит? Составьте уравнение реакции.

Кусочек натрия поместите в фарфоровый тигель и нагревайте до воспламенения металла. Что при этом получается? Составьте уравнение реакции. Какие продукты получаются при горении лития и калия? Составьте уравнения реакций. Какой из щелочных металлов легче всего окисляется и почему?

Опыт 2. Взаимодействие калия (натрия) с водой

На часовое стекло налейте 10 капель воды, внесите маленький кусочек калия (натрия) и тотчас же закройте вторым часовым стеклом. После того как реакция взаимодействия прекратится, добавьте 1 каплю раствора фенолфталеина: на что указывает возникновение малиновой окраски? Составьте уравнение реакции. Почему щелочные металлы сохраняют под слоем керосина?

Б. ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПЕРОКСИДА НАТРИЯ

Опыт 3. Окисление иодида калия

В микропробирку влейте 10 капель воды, 5 капель раствора серной кислоты, 1 каплю раствора иодида калия и внесите крупишку пероксида натрия. Почему раствор окрасился в желтый цвет? Добавьте 2—3 капли раствора крахмала: раствор становится синим. Составьте уравнение реакции.

Опыт 4. Обесцвечивание краски

В микропробирку с 10 каплями воды прибавьте 5—6 капель раствора индиго и внесите несколько крупинок пероксида натрия. Что происходит?

Опыт 5. Воспламенение смеси пероксида натрия и опилок

На фарфоровой пластинке (под тягой!) тщательно смешайте шпателем 1 г сухих мелких древесных опилок и 2 г пероксида натрия. Смесь соберите в «горку» и на верх ее из пипетки нанесите каплю воды. Что происходит? Для каких целей в технике используют пероксид натрия?

Опыт 6. Получение кислорода

В узкую пробирку с оттянутым концом положите тонкий слой волокнистого асбеста и насыпьте на него слой пероксида натрия высотой 3 см (рис. 62). Укрепите пробирку в лапке штатива 2 и соедините с аппаратом Киппа 1. Пробирку закройте пробкой с проходящей через нее стеклянной трубкой, к которой присоединена резиновая труб-

ка, заканчивающаяся стеклянным наконечником. Наконечник опустите в ванну 3 с водой и подведите под цилиндр 4, заполненный водой. Слегка откройте боковой кран аппарата Киппа и медленно пропускайте ток двуокиси углерода до тех пор, пока цилиндр не заполнится газом. Выньте

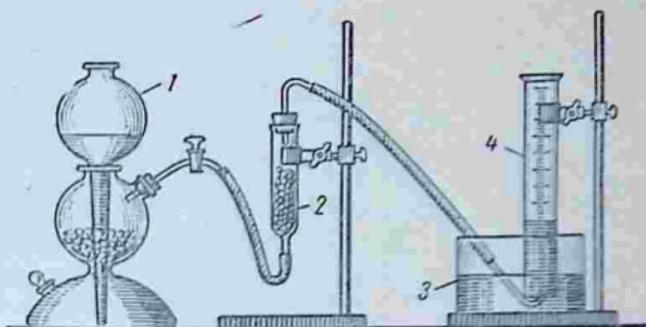


Рис. 62. Получение кислорода из пероксида натрия:
1 — аппарат Киппа; 2 — трубка с пероксидом натрия;
3 — ванна; 4 — цилиндр

цилиндр из воды, предварительно закрыв его под водой стеклянной пластинкой, опрокиньте его и внесите тлеющую лучину. Что наблюдается?

Составьте уравнение реакции. Для чего используется данная реакция?

В. ПОЛУЧЕНИЕ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ ЛИТИЯ, НАТРИЯ И КАЛИЯ

Опыт 7. Реакции открытия иона лития

В микропробирку внесите по 5 капель растворов хлорида лития и карбоната калия. Раствор подогрейте: выпадает белый осадок карбоната лития. Составьте уравнение реакции.

В микропробирку внесите по 5 капель растворов хлорида лития и фторида аммония и 3 капли раствора аммиака и нагрейте смесь до кипения. Выпадает белый аморфный осадок фторида лития. Составьте уравнение реакции.

Какие соединения лития, в отличие от соединений натрия и калия, плохо растворимы в воде?

Опыт 8. Реакция открытия иона натрия

В микропробирку налейте по 5 капель растворов хлорида натрия и гексагидроксостибата калия, опустите тонкую стеклянную палочку и осторожно потрите ею о стенки пробирки, что облегчает кристаллизацию. Образуется мелкий белый кристаллический осадок $\text{Na[Sb(OH)}_6\text{]}$. Составьте уравнение реакции.

Опыт 9. Реакция открытия иона калия

К 3 каплям раствора хлорида калия в микропробирке добавьте 3 капли свежеприготовленного раствора гексанидро-(III) кобальтата натрия. Образуется желтый осадок $\text{K}_2\text{Na[Co(NO}_2\text{)}_6\text{]}$. Составьте уравнение реакции.

Г. ОКРАСКА ПЛАМЕНИ СОЛЯМИ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Опыт 10. Летучие соли лития, натрия и калия в пламени

В пламя горелки внесите поочередно платиновые проволочки (рис. 63), смоченные растворами хлоридов лития,

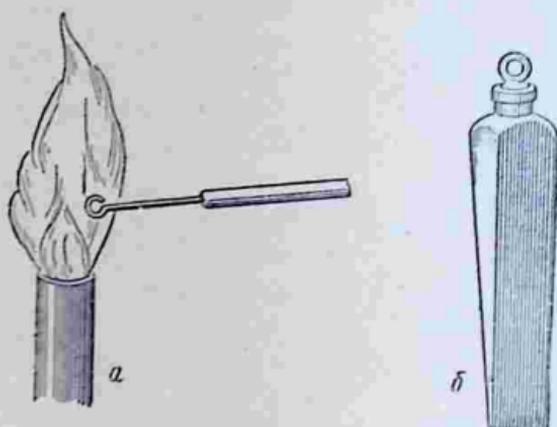


Рис. 63. Реакции по окраске пламени горелки:

а — платиновая игла в окислительном пламени;
б — индиговая призма

натрия и калия. При рассмотрении окраски пламени соли калия следует наблюдать его через индиговую или кобальтовую призму (рис. 63, б). Отметьте в журнале, какую окраску придает пламени каждая соль.

Д. ОТКРЫТИЕ КАТИОНА И АНИОНА В РАСТВОРЕ СОЛИ

В качестве объекта для анализа могут быть предложены следующие соли: LiCl , Li_2SO_4 , NaCl , Na_2SO_4 , KCl и K_2SO_4 . В результате анализа надо ответить на вопрос о составе соли.

Опыт 11. Анализ раствора соли

Получите у преподавателя раствор неизвестной соли. Отбирая по несколько капель анализируемого раствора, с помощью реакций опытов 7, 8 и 9 установите наличие определенного катиона. Какими реакциями можно открыть анионы SO_4^{2-} и Cl^- ? Проведите эти реакции и установите наличие того или иного аниона в растворе. Результаты анализа запишите в журнал по схеме:

Анализ контрольного раствора № _____	
Найдены:	Уравнение проведенной реакции:
катион . . .	
анион . . .	
Формула соли _____	Преподаватель _____

РАБОТА XV

МЕТАЛЛЫ IIА-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К этой группе относятся металлы: бериллий, магний, кальций, стронций, барий и радий.

А. ОТНОШЕНИЕ МЕТАЛЛОВ К КИСЛОРОДУ, ВОДЕ И СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ

Опыт 1. Окисление магния и кальция

Кусочек ленты магния и стружку кальция внесите поочередно в пламя горелки. Что происходит? Составьте уравнения реакций. Для каких целей используют в технике реакцию горения магния?

Опыт 2. Взаимодействие магния и кальция с водой

В две пробирки налейте по 3 мл воды и внесите в одну из них немного порошка магния, а в другую — стружку кальция. Что наблюдается? Выделяет ли магний на холоду

водород из воды? Добавьте в каждую пробирку по капле раствора фенолфталеина. На что указывает появление малинового окрашивания в пробирке, в которой реагировал кальций? Пробирку с магнием нагрейте до кипения: появляется ли розовое окрашивание?

Составьте уравнения реакций. Какой металл практически не взаимодействует на холоду с водой? Как следует хранить металлические стронций и барий?

Опыт 3. Растворение магния и кальция в соляной кислоте

Кусочек ленты магния и стружку кальция поместите порознь в пробирки, содержащие по 3 мл 2н. раствора соляной кислоты. Что выделяется? Составьте уравнения реакций. Какой металл IIА-группы активнее всего реагирует с кислотами? Обосновать ответ, пользуясь данными табл. XI.

Б. ОКСИДЫ МЕТАЛЛОВ

Опыт 4. Получение оксида кальция (негашеной извести)

Небольшой кусочек мела захватите железными щипцами и внесите в пламя паяльной горелки (рис. 64). Прокаливайте в течение 5—6 мин. Составьте уравнение реакции.

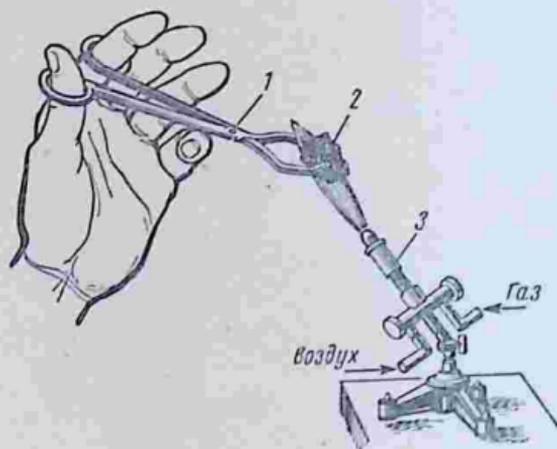


Рис. 64. Прокаливание мела в пламени горелки:
1 — тигельные щипцы; 2 — кусок мела; 3 — паяльная горелка

Опыт 5. Взаимодействие оксидов с водой

Полученную в опыте 4 негашеную известь положите в маленькую фарфоровую чашку и смочите из пипетки 6 кап-

лями воды. Что происходит? Как в технике называется этот процесс? Докажите, что в опыте получена гашеная известь. Почему в технике ее называют «пушонкой»?

Оксиды каких металлов этой группы взаимодействуют с водой? Составьте уравнения реакций.

Опыт 6. Получение магнезального цемента

Смешайте в ступке 2,5 г гексагидрата хлорида магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) и 1 г оксида магния и добавляйте по каплям воду до тех пор, пока не образуется густая масса, напоминающая тесто. Соберите эту массу шпателем и положите внутрь железного кольца, находящегося на стеклянной пластинке. Выньте цемент из кольца через час. Составьте уравнение реакции. Что называется цементом Сореля, или ксилолитом, и для чего он используется?

Опыт 7. Количественное определение CaO и MgO в извести

Негашеную известь тщательно разотрите в агатовой ступке. Отвесьте на техномхимических весах $\sim 0,70-0,80$ г порошкообразной извести. В коническую колбу емкостью 250—300 мл всыпьте навеску извести, прибавьте 50 мл дистиллированной воды и слегка нагрейте до $40-50^\circ C$. Наполните бюретку до нулевой метки титрованным раствором соляной кислоты, подставьте под нее коническую колбу с раствором извести, к которой добавлено 2 капли раствора фенолфталеина, и медленно приливайте соляную кислоту при тщательном перемешивании. Титрование считают законченным, если при добавлении избыточной капли соляной кислоты раствор станет бесцветным (если раствор вновь приобретает слабую розовую окраску, то следует еще добавить каплю раствора соляной кислоты). Запишите объем израсходованной соляной кислоты с точностью $\pm 0,05$ мл.

Навеска извести, w, г	Раствор соляной кислоты		Содержание $CaO+MgO$	
	N	объем, израсходованный на титрование V, мл	%	сорт извести

Вычисление процентного содержания $\text{CaO} + \text{MgO}$ проводят по формуле:

$$\% = \frac{VN \cdot 0,028 \cdot 100}{w},$$

где 0,028 — миллиэквивалент CaO или весовое количество CaO , эквивалентное количеству HCl в 1 мл 1н. раствора.

Сортность извести определяется техническими условиями на данный продукт (табл. 9).

Таблица 9

Известь негашеная комовая (технические условия)

Содержание	Сорта								
	маломагнезиальная			магнезиальная			доломитовая		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\text{CaO} + \text{MgO}$, в % на сухое вещество, не менее	85	70	60	80	70	60	75	70	60

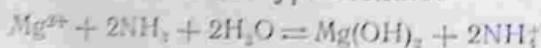
В. ГИДРОКСИДЫ ЭЛЕМЕНТОВ IIА-ГРУППЫ

Опыт 8. Амфотерность гидроксида бериллия

В микропробирку с 5 каплями раствора хлорида бериллия добавьте 3 капли раствора едкого натра: образуется белый аморфный осадок. Составьте уравнение реакции. Часть осадка перенесите в другую микропробирку. К одной из них добавьте 5 капель раствора соляной кислоты, а к другой — раствора едкого натра. Осадки растворяются. Составьте уравнения реакций, имея в виду, что при взаимодействии с избытком раствора едкого натра образуется гидроксобериллат натрия.

Опыт 9. Получение гидроксида магния

К 5 каплям раствора хлорида магния добавьте 4—5 капель раствора аммиака: выпадает белый аморфный осадок. Реакция протекает согласно уравнению:



Что должно произойти с данной равновесной системой, если увеличить концентрацию ионов NH_4^+ ? Добавьте не-

сколько капель раствора нитрата аммония. Растворяется ли осадок гидроксида магния? Как изменяются свойства гидроксидов в ряду $\text{Be}(\text{OH})_2$ — $\text{Ba}(\text{OH})_2$?

Г. СОЛИ ЭЛЕМЕНТОВ IIА-ГРУППЫ

Опыт 10. Свойства сульфатов и их получение

В 5 микропробирок влейте по 5 капель хлоридов или нитратов бериллия, магния, кальция, стронция и бария и добавьте по 3 капли раствора серной кислоты. В каких пробирках образовался белый осадок? Составьте уравнения реакций.

В микропробирку влейте 5 капель раствора соли кальция и добавьте 3—4 капли концентрированной серной кислоты: образуется белый осадок. Почему в этом случае образуется осадок?

Опыт 11. Получение гипсового слепка

2 чайные ложки гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ всыпьте в маленькую фарфоровую чашку и поставьте на 15—20 мин в сушильный шкаф при 150°C (не выше!). Составьте уравнение реакции процесса, происходящего с гипсом при нагревании. Как в технике называется полученный продукт?

Внутреннюю поверхность другой фарфоровой чашки смажьте вазелином и на дно ее положите монету, также смазанную вазелином. Выньте из шкафа чашку с гипсом, охладите его, и, приливая по каплям воду, при энергичном перемешивании шпателем получите полугустую массу. Вылейте ее в чашку с монетой и оставьте на 15 мин для перехода в твердое состояние. Составьте уравнение реакции. Рассмотрите полученный слепок.

Опыт 12. Получение и свойства хроматов

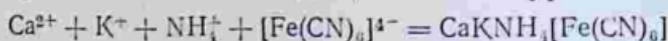
В 5 микропробирок налейте порознь растворы тех же солей, что и в опыте 10, и добавьте в каждую по 4 капли раствора хромата калия. В каких пробирках выпал желтый осадок? Составьте уравнения реакций. В пробирки с осадками хромата стронция и бария прибавьте по 5—6 капель раствора уксусной кислоты. Что происходит с осадком хромата стронция?

Опыт 13. Получение и свойства карбонатов

Как и в предыдущем опыте, прибавьте к растворам солей всех металлов в 5 микропробирках по 5 капель раствора соды (карбоната натрия): во всех пробирках выпадают белые осадки. Составьте уравнения реакций (Be и Mg образуют гидроксикарбонаты, а остальные — карбонаты). Добавьте в каждую пробирку с осадком по 5—8 капель раствора соляной кислоты: осадки растворяются с выделением двуокиси углерода. Напишите уравнение реакции растворения какого-либо одного осадка.

Опыт 14. Открытие иона кальция

К 3 каплям раствора соли кальция добавить 5 капель буферного раствора ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), 3 капли насыщенного раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и нагрейте до кипения. Выпадает белый кристаллический осадок, согласно уравнению:



Опыт 15. Открытие иона магния

К 3 каплям раствора соли магния прилейте 2 капли раствора аммиака. Выпавший осадок растворите в нескольких каплях раствора нитрата аммония и добавьте 3—4 капли раствора моногидрофосфата натрия Na_2HPO_4 : выпадает белый кристаллический осадок. Составьте уравнение реакции образования двойной соли MgNH_4PO_4 .

Опыт 16. Открытие катиона в контрольном растворе

В растворе может находиться один из следующих катионов: Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} и Ba^{2+} . Получите у руководителя контрольный раствор. 3 капли раствора испытайте по опыту 13: образование белого осадка указывает на наличие какого-либо из перечисленных катионов; если осадка не образовалось, то катионы отсутствуют.

В следующей порции раствора открывают ионы Ba^{2+} и Sr^{2+} (оп. 10 и 12). Если данных ионов нет, то в новой порции раствора определяют ион Ca^{2+} (оп. 14). Если иона кальция в растворе не оказалось, то пробуют в новой порции раствора открыть ион Mg^{2+} . Составьте отчет по анализу с указанием всех реакций, проведенных в ходе анализа, и отметьте, какой катион был открыт. Результаты сдайте преподавателю.

О п ы т 17. Свойства хлорида кальция

Отвесьте на технохимических весах 1,97 г $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и всыпьте в пробирку, содержащую 8 мл дистиллированной воды с предварительно измеренной температурой. Осторожно перемешайте соль с водой и установите наиболее низкую температуру. Отметьте, на сколько градусов понизилась температура. Для каких целей используют в технике растворы хлорида кальция?

Отвесьте на весах 4 г $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и всыпьте в пробирку, прибавьте из капельницы 20 капель воды. Определите, как указано в раб. I оп. 2, температуру кипения этого раствора. Где можно использовать это свойство хлорида кальция?

Д. ОКРАСКА ПЛАМЕНИ СОЛЯМИ КАЛЬЦИЯ, СТРОНЦИЯ И БАРИЯ

О п ы т 18. Сухие реакции

Получите у лаборанта три пробирки, содержащие растворы солей кальция, стронция и бария. По очереди, открывая каждую пробирку, возьмите ее пробку, через которую проходит стеклянная палочка с впаянной платиновой (нихромовой) проволокой, и внесите конец проволоки в нижнюю часть пламени горелки. В какой цвет окрашивается пламя?

О п ы т 19. Бенгальские огни

У лаборанта получите фарфоровую или метлахскую плитку, на которой горкой насыпана пиротехническая смесь определенного состава (записать состав в журнал). Плитку перенесите в вытяжной шкаф и подожгите смесь длинной горящей лучиной. В какой цвет окрашен горящий состав?

РАБОТА XVI

ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ

О п ы т 1. Определение устранимой (карбонатной) жесткости воды

В коническую колбу емкостью 250—300 мл налейте воду из крана водопровода. Погрузите в колбу пипетку емкостью 100 мл и заполните ее до метки по нижнему мениску, засасывая воду ртом. Воду из пипетки слейте в другую коническую

кую колбу и добавьте 1—3 капли индикатора метилового оранжевого: вода окрасится в желтый цвет.

Наполните бюретку до нулевой метки по нижнему менisku 0,1 н. раствором соляной кислоты и подставьте под нее коническую колбу с водой и раствором индикатора. Из бюретки по каплям выливайте кислоту в колбу до тех пор, пока окраска не станет оранжевой. Запишите объем израсходованной соляной кислоты с точностью до $\pm 0,05$ мл. Вторично проведите титрование с новой порцией воды. Расхождение в объеме затраченной соляной кислоты между двумя титрованиями не должно превышать $\pm 0,05$ мл.

Результаты титрования

№ опыта	Взято воды, мл	Нормальность HCl	Израсходовано HCl на титрование, мл	Средний объем HCl
1	100			
2	100			

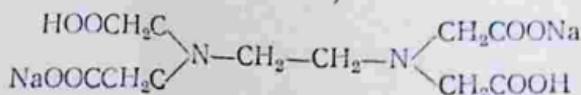
Так как реакции протекают между эквивалентными количествами веществ, то 1 мл 0,1 н. раствора HCl содержит $\frac{0,1}{1000}$ г-экв или 0,1 мг-экв HCl и такое же количество иона Ca^{2+} . При титровании было израсходовано V мл HCl и, следовательно, $0,1 \cdot V_{\text{HCl}}$ мг-экв Ca^{2+} (если нормальность HCl точно не равна 0,1, то вместо этого значения следует взять истинное значение нормальности). Так как жесткость относят к 1000 мл воды, то найденное выше число мг-экв Ca^{2+} следует разделить на объем воды и умножить на 1000:

$$\text{Жесткость} = \frac{N_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ мг-экв/л}$$

По величине жесткости к какому типу следует отнести данную воду?

Опыт 2. Определение общей жесткости воды

Лучше всего общую жесткость воды определять комплексонометрическим методом. Сущность метода основана на способности двузамещенной соли натрия этилендиаминтетрауксусной кислоты (комплексон III)



(или сокращенно $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2$) образовать с солями магния и кальция малодиссоциированные комплексные соединения (можно применять дигидрат комплексона III). Из этого соединения готовят титрованный раствор. Титрование ведут с помощью индикаторов, относящихся к классу оксинитроокрасителей. Чаще всего применяют: хромоген черный (ЕТ—ОС) и эриохром черный (Т). В эквивалентной точке при титровании первый изменяет фиолетово-красную окраску на голубую, а второй — красную на синюю. Титрование ведут при рН 9, добавляя буферный раствор.

Отберите в коническую колбу пипеткой 100 мл воды, добавьте 5 мл буферного раствора ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) и 3—5 капель раствора эриохрома черного (Т): раствор окрасится в красный цвет. Титруют из бюретки 0,05 н. раствором комплексона III до изменения красной окраски в синюю.

Расчет проводится по формуле, приведенной в оп. 1, только вместо нормальности и объема соляной кислоты следует взять нормальность и объем израсходованного на титрование раствора комплексона III. По величине общей жесткости к какому типу нужно отнести данный образец воды?

Зная общую и карбонатную жесткость, вычислите постоянную жесткость данной воды. Наличием каких солей в воде обуславливается карбонатная и постоянная жесткость?

О п ы т 3. Полное или частичное удаление солей жесткости

В стакан налейте 10 мл известковой воды, 20 мл дистиллированной воды и добавьте 2 мл раствора сульфата кальция. В раствор опустите стеклянную трубку и ртом вдуйте через нее воздух. Происходит ли помутнение известковой воды? Составьте уравнение реакции. Какой газ входит в состав выдыхаемого нами воздуха?

К трубке присоедините аппарат Киппа, в котором получается двуокись углерода, и продолжайте медленно пропускать газ. Сначала количество осадка увеличивается, а затем он полностью растворяется. Составьте уравнение реакции растворения карбоната кальция. Какие соли содержатся в растворе?

Налейте в пробирку 4—5 мл воды из стакана и нагревайте пробирку до кипения воды. Почему происходит помутнение? Составьте уравнение реакции. Какая жесткость устраняется кипячением?

В три пробирки налейте по 3 мл воды из стакана и прибавьте в первую равный объем раствора соды, во вторую —

известковой воды и в третью — раствор фосфата натрия. Что происходит в пробирках? Составьте уравнения всех реакций и дайте необходимые объяснения. Каким методом, кроме перегонки, можно из обычной питьевой воды получить дистиллированную воду?

РАБОТА XVII

ЭЛЕМЕНТЫ III-B ГРУППЫ. ЛАНТАНОИДЫ И АКТИНОИДЫ

В этой работе изучаются: скандий, иттрий, лантан, а также некоторые f -элементы.

А. СОЕДИНЕНИЯ СКАНДИЯ, ИТТРИЯ И ЛАНТАНА

О п ы т 1. Получение карбонатов

В 3 микропробирки налейте по 3 капли растворов хлоридов скандия, иттрия и лантана и добавьте на холоду по 3 капли раствора карбоната натрия: выпадают белые осадки карбонатов. Составьте уравнения реакций.

К этим осадкам добавляйте по каплям раствор азотной кислоты до их растворения. Составьте уравнения реакций.

О п ы т 2. Получение гидроксидов

К растворам нитратов, полученных в предыдущем опыте, добавляйте по каплям раствор едкого натра: выпадают белые слизистые осадки гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Какой из этих гидроксидов обладает наиболее выраженными основными свойствами? Растворите полученные осадки в соляной кислоте, добавляя последнюю по каплям.

О п ы т 3. Получение фторидов

К растворам хлоридов, полученным в предыдущем опыте, добавьте по несколько капель раствора фторида аммония. В пробирках с солями иттрия и лантана образуются осадки; составьте уравнения реакций. Скандий не образует осадка, так как получается растворимое в воде комплексное соединение (координационное число иона Sc^{3+} равно 6). Составьте уравнение реакции. Как назвать полученное комплексное соединение?

Б. ЛАНТАНОИДЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Опыт 4. Взаимодействие с кислотами

В микропробирку с 10 каплями 1М раствора соляной кислоты всыпьте микрошпатель порошка церия (или мишметалла). Что происходит? Составьте уравнение реакции. Какой из лантаноидов легче вытесняет водород из кислот и почему?

Опыт 5. Получение гидроксидов

В 2 микропробирки влейте порознь по 3 капли растворов сульфата церия (III) и нитрата неодима и добавьте в каждую по 3 капли раствора едкого натра. Отметьте цвета образовавшихся осадков. Составьте уравнения реакций. Обратите внимание, что осадок в первой пробирке желтеет за счет окисления $\text{Ce}(\text{OH})_3$ в $\text{Ce}(\text{OH})_4$ кислородом воздуха. Составьте уравнение реакции. Как изменяются основные свойства гидроксидов в ряду $\text{Ce}(\text{OH})_3$ — $\text{Lu}(\text{OH})_3$? Какие лантаноиды, кроме церия, проявляют степень окисления +4?

Опыт 6. Восстановительные свойства Ce^{+3}

Нанесите 2 капли раствора перманганата калия на фарфоровую пластинку, прилейте 2 капли раствора гидрокарбоната натрия и добавляйте по каплям раствор сульфата церия (III). Наблюдайте обесцвечивание раствора перманганата. Составьте уравнение реакции.

Опыт 7. Окислительные свойства Ce^{+4}

В пробирку с 10 каплями раствора азотной кислоты всыпьте микрошпателем немного порошка диоксида церия CeO_2 . Перемешайте раствор с порошком: растворяется ли последний? Прибавьте 5—6 капель раствора перекиси водорода и наблюдайте растворение осадка. Составьте уравнение реакции.

В. СОЕДИНЕНИЯ ТОРИЯ И УРАНА

Опыт 8. Получение гидроксида тория

К 3—4 каплям раствора сульфата тория добавьте равный объем раствора едкого натра: образуется белый желатинообразный осадок. Составьте уравнение реакции. С по-

мощью капилляра перенесите часть осадка в другую микропробирку и добавьте 3—4 капли раствора азотной кислоты: осадок растворяется. Составьте уравнение реакции.

Опыт 9. Взаимодействие соединений тория с карбонатами

К другой части осадка, полученного в оп. 8, добавляйте по каплям раствор карбоната калия. Осадок растворяется вследствие образования пентакарбоната-(IV) тората калия. Составьте уравнение реакции.

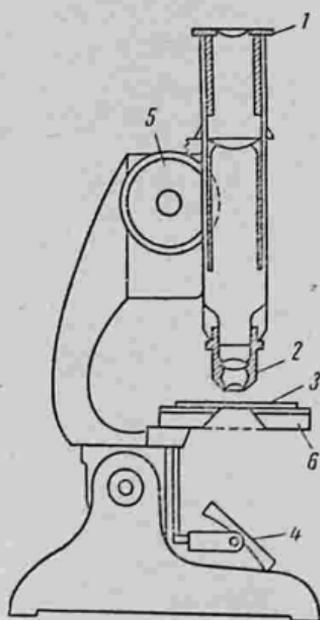


Рис. 65. Микроскоп:

1 — окуляр; 2 — объектив; 3 — предметное стекло; 4 — зеркало-отражатель; 5 — винты грубой наводки на фокус; 6 — под-
столе

Опыт 10. Восстановление солей уранила

К 6—8 каплям хлорида уранила (хлорид диоксиурана) добавьте 2 капли раствора соля-

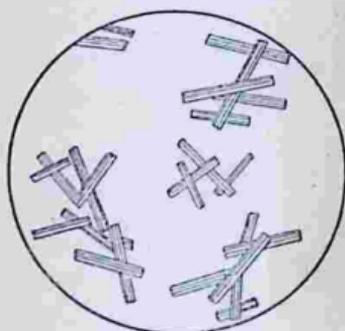


Рис. 66. Кристаллы орто-аминобензоата уранила под микроскопом

ной кислоты и внесите маленький кусочек ленты магния. Желтый цвет раствора изменяется на зеленый, характерный для соединений U^{+3} . Составьте уравнение реакции.

Опыт 11. Микрористаллоскопическая реакция на уран

На предметное стекло нанесите каплю соли уранила, прибавьте 3—4 кристаллика антракиловой кислоты ($o-C_6H_4NH_2COOH$) и нагрейте. При охлаждении выпадают

бесцветные игольчатые кристаллы, срастающиеся в пучки. Поместите предметное стекло 3 под объектив 2 микроскопа (рис. 65), наведите на фокус и зарисуйте в журнале форму кристаллов (рис. 66).

РАБОТА XVIII

ЭЛЕМЕНТЫ IVB- И VB-ГРУПП И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

В данной работе изучаются элементы: титан, цирконий, ванадий, ниобий и их соединения.

А. ТИТАН, ЦИРКОНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

О п ы т 1. Растворение металлического титана

Налейте в пробирку до половины ее объема 2M раствор серной кислоты и всыпьте в нее микрошпатель порошкообразного титана. Нагревайте раствор в течение 5 мин и наблюдайте окрашивание его в фиолетовый цвет (цвет иона Ti^{3+}). Составьте уравнение реакции. Раствор сохраните для последующих опытов.

О п ы т 2. Получение гидроксида титана (III)

3 капли фиолетового раствора соли титана из предыдущего опыта добавьте к 4 каплям раствора едкого натра. Составьте уравнение реакции образования гидроксида титана (III). Какую окраску имеет это соединение? Обратите внимание на то, что при стоянии окраска осадка изменяется на белую (окисление кислородом воздуха). Составьте уравнение реакции.

О п ы т 3. Восстановительные свойства Ti^{3+}

К 4 каплям раствора из оп. 1 добавьте 1 каплю раствора перманганата калия. Раствор обесцвечивается. Составьте уравнение реакции.

О п ы т 4. Получение и свойства гидроксида титана (IV)

К 6 каплям раствора соли титана (IV) добавьте равный объем раствора едкого натра: выпадает белый осадок. С помощью капиллярной трубки перенесите часть осадка в

микропробирку и добавьте к одной порции осадка избыток раствора соляной кислоты, а к другой — едкого натра. Составьте уравнения всех реакций. Какой гидроксид обладает более выраженными основными свойствами: $Ti(OH)_3$ или $Ti(OH)_4$?

Опыт 5. Гидролиз солей титана (IV)

Выньте (подтягой!) пробку из склянки, в которой находится тетрахлорид титана: что наблюдается? За счет чего происходит гидролиз? Составьте уравнение реакции. Чем объяснить, что при обычных условиях тетрахлорид титана является жидкостью?

К 3—4 каплям раствора соли титана прибавьте равный объем раствора ацетата натрия и нагрейте. Чем вызвано образование гидроксида? Составьте уравнение реакции. Что произойдет, если полученный осадок прокалить? Напишите уравнение реакции. Где в технике используется диоксид титана?

Опыт 6. Образование надтитановой кислоты

К 3 каплям раствора соли титана добавьте равный объем раствора перекиси водорода. Происходит образование надтитановой кислоты желто-оранжевого цвета (H_4TiO_6 содержит две перекисные группы). Составьте уравнение реакции, служащей для открытия титана.

Опыт 7. Получение гидроксида циркония

Из раствора соли циркония получите осадок гидроксида и испытайте его отношение к раствору кислоты и щелочи. Есть ли отличие между гидроксидами циркония и титана?

Опыт 8. Нерастворимые соли циркония

В 2 микропробирки налейте по 3—4 капли раствора соли циркония и добавьте в одну равный объем раствора гексациано-(II) феррата калия, а в другую — раствор гидрофосфата натрия. Обратите внимание на окраску получающихся осадков. Составьте уравнения реакций.

Б. ВАНАДИЙ, НИОБИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

О п ы т 9. Восстановление соединений ванадия и свойства гидроксидов

Налейте половину конической пробирки раствора метаванадата натрия (аммония) белого цвета, добавьте 3 мл раствора серной кислоты и внесите несколько маленьких гранул металлического цинка. При восстановлении V^{+5} до степеней окисления V^{+4} , V^{+3} и V^{+2} окраска меняется соответственно на синюю (голубую), зеленую и фиолетовую. Возьмите еще 3 микропробирки и влейте в каждую по 6—8 капель раствора едкого натра. Как только в пробирке, в которой идет восстановление ванадия, цвет раствора станет голубым, отберите капилляром часть раствора и влейте его в микропробирку с щелочью. Какого цвета образуется осадок? Во вторую пробирку с щелочью отберите раствор, когда он станет зеленым. Каков цвет образовавшегося осадка? В третью, — когда раствор делается фиолетовым. Также отметьте цвет осадка. Составьте все уравнения реакций. Какой гидроксид ванадия обладает наиболее выраженными основными свойствами?

О п ы т 10. Открытие ванадия в сталях

3—5 капель смеси соляной и азотной кислот (1 ч. 30%-ной HCl и 3 ч. 65%-ной HNO₃) поместите на чистую поверхность ванадиевой стали. Через 7—10 мин капилляром перенесите этот раствор в фарфоровый тигель, добавьте 10 капель азотной кислоты и упарьте (п о д т я г о й!), пока не останется 4 капли раствора, к которому добавьте каплю 15%-ного раствора хлорида анилина C₆H₅NH₂ · HCl. Капилляром перенесите этот раствор на фильтровальную бумагу, и в центр пятна добавьте еще 2 капли раствора хлорида анилина. При наличии ванадия пятно окрасится в сине-зеленый цвет.

О п ы т 11. Мета- и поливанадаты

В микропробирку с 3 каплями раствора метаванадата натрия добавьте 1—2 капли концентрированной серной кислоты и наблюдайте появление светло-желтой окраски, характерной для триванадат-иона V₃O₉³⁻. При добавлении серной кислоты окраска становится оранжевой: образуется гек-

саванадат-ион $V_6O_{17}^{4-}$. Как изменяется окраска, если к раствору добавлять по каплям раствор щелочи? Составьте все уравнения реакций.

Опыт 12. Получение ниобиевой кислоты и ее восстановление

В конической пробирке смешайте 10 капель раствора ниобата калия с таким же объемом концентрированной соляной кислоты: образуется белый осадок непостоянного состава $Nb_2O_5 \cdot xH_2O$. Часть осадка перенесите капилляром в две микропробирки; в одну из них добавьте раствор щелочи, а в другую — концентрированной серной кислоты. В обеих пробирках осадок растворяется. Составьте уравнения всех реакций.

К оставшемуся в конической пробирке осадку добавьте еще 5—6 капель концентрированной соляной кислоты и внесите микрошпателем порошкообразный цинк. Раствор нагревайте на небольшом пламени до тех пор, пока он не приобретет синюю окраску (образование иона Nb^{3+}). Составьте уравнение реакции восстановления Nb^{+5} .

Опыт 13. Восстановительные свойства ниобия (III)

К синему раствору, полученному в предыдущем опыте, добавьте несколько капель раствора перманганата калия и наблюдайте обесцвечивание его. Составьте уравнение реакции.

РАБОТА XIX

ЭЛЕМЕНТЫ VIB-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К этой группе относятся элементы: хром, молибден и вольфрам.

А. МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ХРОМ И ЕГО СВОЙСТВА

Опыт 1. Твердость хрома

Острым углом кусочка металлического хрома проведите по стеклянной пластинке. Появится ли царапина? Какой металл является самым твердым и от чего это зависит?

Опыт 2. Взаимодействие хрома с кислотами

В коническую пробирку налейте 3—4 мл раствора соляной кислоты, всыпьте шпателем немного порошкообразного хрома и закройте пробкой с трубкой, заканчивающейся клапаном Бунзена (рис. 67). Клапан Бунзена представляет собой резиновую трубку, вдоль которой сделан разрез, и применяется в приборах, в которые не должен поступать кислород воздуха (предохранение от окисления). Нагревайте содержимое пробирки. При реакции выделяется водород, а раствор окрашивается в голубой цвет, характерный для ионов Cr^{2+} . Составьте уравнение реакции. Раствор сохраните для последующих опытов.

Опыт 3. Пассивирование хрома

Наполните микропробирку на половину ее объема 2М раствором соляной кислоты и опустите в нее узкую пластинку (3×70 мм) хрома. Когда начнется выделение водорода, пластинку выньте, обмойте водой и погрузите на 2 мин в концентрированную азотную кислоту. Снова обмойте пластинку водой и вновь опустите в микропробирку с соляной кислотой. Происходит ли выделение водорода? Составьте уравнение реакции хрома с азотной кислотой. Из чего состоит пассивирующая пленка?



Рис. 67. Растворение хрома в соляной кислоте;

1 — клапан Бунзена

Опыт 4. Определение хрома в стали

На чистую поверхность стали нанесите 3—4 капли 30%-ного раствора серной кислоты (растворяется хром и железо). Через 2—3 мин добавьте несколько крупинок пероксида натрия: наблюдайте образование бурого осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Капилляром перенесите раствор вместе с осадком на кусок фильтровальной бумаги. Рядом с границей мокрого пятна нанесите каплю раствора бензидина $\text{C}_{12}\text{H}_8(\text{NH}_2)_2$. В месте соприкосновения капля появляется при наличии хрома синее окрашивание.

Опыт 5. Электролитическое хромирование

Медную или латунную пластинку (10 × 100 мм) тщательно отполируйте мелом и промойте струей воды. С помощью клеммы укрепите ее в крышке электролизера 9, а к другой клемме (+) присоедините такого же размера свинцовую пластинку (анод). В фарфоровый стакан (электролизер) 5 налейте 200 мл раствора электролита, содержащего

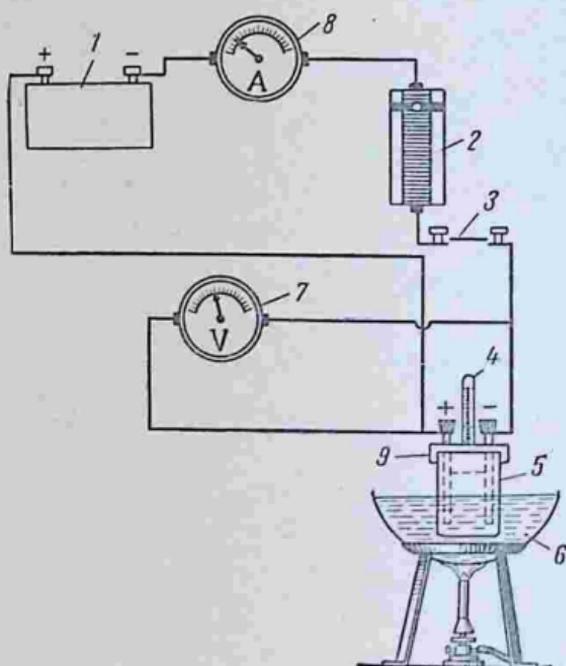


Рис. 68. Схема установки для электролитического хромирования:

1 — аккумуляторная батарея; 2 — реостат; 3 —
ключ; 4 — термометр; 5 — фарфоровый сосуд; 6 —
водная баня; 7 — вольтметр; 8 — амперметр; 9 —
крышка электролизера

50 г хромового ангидрида и 10 капель 96%-ной серной кислоты. Закройте электролизер крышкой и поставьте его в водяную баню 6, нагреваемую электрическим током или пламенем горелки (температура воды в бане 50° С). С помощью электрических проводов присоедините в цепь реостат 2, амперметр (20 а) 8, вольтметр (10 в) 7, источник постоянного тока 1 и ключ 3 (рис. 68). Когда будет достигнута требуемая температура, установите реостат на полное сопротив-

ление и замкните ключ. Передвигая движок реостата, включите силу тока в 5 а, а через 5 мин снизьте ее до 2,5 а. Рабочее напряжение должно быть в пределах 6—8 в. Электролиз проводите в течение 15—20 мин. Разомкните цепь, выньте катод и наблюдайте образовавшийся блестящий слой хрома.

Для каких целей применяют хромирование? Какими свойствами отличается хромовое покрытие от никелевого?

Б. СОЕДИНЕНИЯ ХРОМА РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЕЙ ОКИСЛЕНИЯ

О п ы т 6. Восстановительные свойства Cr^{+3}

В микропробирку с 3—4 каплями раствора хлорида олова (II) прилейте равный объем раствора хлорида хрома (II), полученного в оп. 2 (отобрать капилляром!). Наблюдайте через некоторое время образование серого осадка металлического олова. Составьте уравнение реакции.

Капилляром отберите несколько капель раствора хлорида хрома (II) и вылейте на фарфоровую пластинку. Через некоторое время наблюдайте изменение голубой окраски на зеленую. Составьте уравнение реакции.

О п ы т 7. Получение полутораокси хрома

На метлахскую плитку насыпьте горкой небольшое количество мелкокристаллического дихромата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Нагрейте тонкий железный стержень в пламени горелки и горячий конец стержня погрузите в оранжевую соль. Через некоторое время наблюдайте самопроизвольное разложение дихромата аммония с образованием темно-зеленого «пепла» — полутораокси хрома. Составьте уравнение реакции. К какому типу относится данная реакция?

О п ы т 8. Каталитические свойства Cr_2O_3

На метлахскую плитку (п о д т я г о й!) нанесите несколько капель нефти и поверхность ее засыпьте слоем полутораокси хрома, полученной в оп. 7. Тлеющей лучиной прикоснитесь к катализатору, соприкасающемуся с нефтью. Наблюдайте беспламенное горение нефти.

Опыт 9. Получение и свойства гидроксида хрома (III)

Смешайте в микропробирке 4 капли раствора сульфата хрома (III) с 3 каплями раствора едкого натра: образуется осадок грязно-зеленого цвета. Половину осадка, вместе с раствором, перенесите капилляром в другую микропробирку. К одной порции осадка добавьте несколько капель серной кислоты, а к другой — раствора едкого натра. Наблюдайте в обеих микропробирках растворение осадка. На какие свойства гидроксида хрома указывают проведенные реакции? Составьте все уравнения реакций, учитывая, что при растворении в избытке раствора едкого натра образуется тетрагидроксо-(III) хромат натрия.

Опыт 10. Окисление хрома (III)

К раствору тетрагидроксо-(III)хромата натрия, полученного в предыдущем опыте, добавьте 3—4 капли хлорной воды (Cl_2) и прокипятите (под тягой!). Окраска раствора изменяется на желтую (цвет ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение реакции окисления в щелочной среде.

Опыт 11. Гидратные изомеры хрома (III)

В коническую пробирку налейте 2—3 мл раствора хлорного хрома; отметьте его цвет. Нагревайте раствор и наблюдайте постепенное изменение цвета. Составьте формулы изомеров аквакомплексных соединений хрома и отметьте их цвета.

Опыт 12. Переход хромата в дихромат и обратно

К 5 каплям раствора хромата калия прибавьте несколько капель раствора серной кислоты до изменения желтой окраски в оранжевую. Теперь прибавляйте раствор едкого кали и наблюдайте переход оранжевой окраски в желтую. Составьте уравнения реакций.

Опыт 13. Окислительные свойства соединений хрома (VI)

В маленький фарфоровый тигель (под тягой!) всыпьте два-три шпателя трехоксида хрома, а сверху положите небольшие кусочки лучины. Влейте в тигель из микропробирки 10 капель этилового спирта. Что происходит? Со-

ставьте уравнение реакции, учитывая, что при окислении этилового спирта получается уксусный альдегид.

В три микропробирки налейте по 5 капель раствора дихромата калия и по 4 капли раствора серной кислоты, а затем добавьте: в первую несколько капель раствора нитрита калия, во вторую — сульфита натрия и в третью — хлорида олова (II). При этом оранжевый цвет раствора должен измениться на зеленый. Составьте уравнения реакций. Найдите числовое значение эквивалента дихромата калия из этих реакций.

О п ы т 14. Получение перекиси хрома

В микропробирку влейте 6 капель раствора перекиси водорода, 3—4 капли раствора серной кислоты и 8 капель этилового эфира. Смочите микропалочку раствором дихромата калия и внесите конец ее в микропробирку под слой эфира. Выньте палочку и, закрыв микропробирку пальцем, осторожно несколько раз переверните пробирку: верхний эфирный слой окрашивается в темно-синий цвет, характерный для перекиси хрома CrO_5 . Составьте уравнение реакции.

В. МОЛИБДЕН, ВОЛЬФРАМ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

О п ы т 15. Получение молибденовой и вольфрамовой кислот и их свойства

В 2 микропробирки налейте порознь по 5 капель раствора молибдата и вольфрамата натрия и добавьте по 3—4 капли раствора серной кислоты. Какого цвета получаются осадки? Составьте уравнения реакций.

К осадку молибденовой кислоты добавляйте по каплям 30%-ную фосфорную кислоту. Осадок растворяется с образованием гетерополикислоты — фосформолибденовой кислоты $\text{H}_7[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$ желтого цвета. Составьте уравнение реакции. К этому раствору добавьте несколько капель раствора нитрата аммония: выпадает желтый мелкокристаллический осадок мало растворимой соли $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$.

К осадку вольфрамовой кислоты добавьте несколько капель раствора едкого натра. Что происходит с осадком? Составьте уравнение реакции.

О п ы т 16. Нерастворимые молибдаты и вольфраматы

В 2 микропробирки влейте по 3 капли раствора молибдата натрия и прибавьте к первой 3 капли раствора хлорида

кальция, а ко второй — 3 капли раствора нитрата свинца. Отметьте цвета образовавшихся осадков. Аналогичный опыт проделайте с раствором вольфрамата натрия. Составьте уравнения всех проведенных реакций.

Опыт 17. Восстановление соединений молибдена и вольфрама

В две конические пробирки налейте по 1 мл растворов: в одну — молибдата, а в другую — вольфрамата натрия, добавьте по 2 мл концентрированной соляной кислоты и всыпьте в каждую из них по 1—2 микрошпателя порошкообразного цинка. Наблюдайте появление синего окрашивания, переходящего в дальнейшем в зеленое, и, наконец, в бурое, в зависимости от окислительного числа образовавшегося соединения (+5, +4 и +3).

Опыт 18. Открытие молибдена в стали

На чистую поверхность стали нанесите 3 капли раствора азотной кислоты (1 : 1). Через 3 мин добавьте несколько крупинок пероксида натрия. По окончании реакции (прекращение выделения кислорода) добавьте 2 капли воды и перенесите капилляром раствор на полоску фильтровальной бумаги. Рядом с границей влажного пятна поместите на бумагу каплю раствора смеси хлорида олова (II) и роданида аммония. Если в местах соприкосновения растворов появится красное окрашивание, то это укажет на наличие молибдена.

Опыт 19. Открытие вольфрама в стали

На зачищенную поверхность стали поместите 2 капли смеси кислот (1 ч. 30%-ной H_2SO_4 и 1 ч. 65%-ной HNO_3). Через 3 мин в этот раствор внесите несколько крупинок пероксида натрия и микропалочкой тщательно перемешайте. К этой смеси добавьте 1—2 капли раствора едкого натра и вновь тщательно перемешайте. После окончания «шипения» (выделение кислорода) в кашицеобразную массу опустите конец конуса, приготовленного из фильтровальной бумаги, так чтобы к нему прилипла часть массы. Разверните фильтровальный конус, положите его на фарфоровую пластинку и в самый центр внесите 2 капли раствора бензидина. В

присутствии вольфрама фильтр окрашивается в оранжево-коричневый цвет. От добавления капли 3%-ного раствора H_2O_2 окраска не должна пропадать.

РАБОТА XX

ЭЛЕМЕНТЫ VIII-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К этой группе относятся элементы: марганец, технеций и рений, но в данной работе изучается только первый из этих элементов как наиболее доступный.

А. ПОЛУЧЕНИЕ МАРГАНЦА И ЕГО ОТНОШЕНИЕ К КИСЛОТАМ

О п ы т 1. Получение марганца разложением его оксалата

В сухую пробирку насыпьте около 1 г оксалата марганца MnC_2O_4 и нагревайте, изредка перемешивая содержимое пробирки встряхиванием. В результате термического разложения получится порошок металлического марганца. Отметьте окраску исходного и конечного продуктов и составьте уравнение реакции. К какому типу относится эта реакция?

О п ы т 2. Растворение марганца в кислотах

В 2 микропробирки налейте по 10 капель растворов соляной и серной кислот и в каждую из них внесите шпателем небольшие количества порошкообразного металла, полученного в оп. 1. Наблюдайте выделение газа. Составьте уравнения реакций.

О п ы т 3. Открытие марганца в сталях

На чистую поверхность стали нанесите 2—3 капли азотной кислоты (1 : 1). Через 5 мин перенесите капилляром образовавшийся раствор на полоску фильтровальной бумаги и на мокрое пятно нанесите каплю раствора хлорида диаммин-серебра: образование черного пятна укажет на наличие марганца.

Б. СОЕДИНЕНИЯ МАРГАНЦА (II) И ИХ ОКИСЛЕНИЕ

Опыт 4. Получение гидроксида марганца (II) и его окисление

В коническую пробирку налейте раствор соли, полученный в оп. 2, и прилейте 5—6 капель раствора едкого натра. Отметьте цвет осадка и составьте уравнение реакции. В пробирку прилейте 3—4 капли бромной воды: образуется чернубурый осадок MnO_2 . Составьте уравнение реакции.

Опыт 5. Окисление Mn^{+2} в ион MnO_4^-

К 2—3 каплям раствора сульфата марганца прилейте 8—10 капель концентрированной азотной кислоты и всыпьте немного порошка двуокиси свинца. Пробирку (под тягой!) нагрейте до кипения и после отстаивания осадка наблюдайте образование раствора малиновой окраски. Составьте уравнение реакции.

В. СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ МАРГАНЦА (IV)

Опыт 6. Взаимодействие двуокиси марганца с кислотами

а) Реакция с концентрированной серной кислотой. Немного порошка двуокиси марганца в микропробирке смешайте с 2—3 каплями концентрированной серной кислоты и осторожно нагрейте. Через некоторое время внесите в пробирку тлеющую лучину: что с ней происходит? Составьте уравнение реакции между двуокисью марганца и серной кислотой.

б) Реакция с соляной кислотой. К небольшому количеству порошка двуокиси марганца добавьте 6—8 капель концентрированной соляной кислоты (под тягой!) и смесь нагрейте. Наблюдайте образование зеленого газа (какого?). Составьте уравнение реакции, имея в виду, что соляная кислота в ней играет роль восстановителя и среды. Какие свойства в этой реакции выполняет двуокись марганца?

Опыт 7. Окисление Mn^{+2} в ион MnO_4^-

В фарфоровый тигель поместите 3 микрошпателя твердого едкого кали, 1 микрошпатель бертолетовой соли и, нагревая тигель, расплавьте смесь. После сплавления вне-

сите в тигель несколько крупинок двуокиси марганца и нагревайте до тех пор, пока содержимое тигля не окрасится в темно-зеленый цвет (цвет ионов MnO_4^{2-}). Охладите тигель, налейте в него 4—5 мл воды и растворите сплав при помешивании. Раствор перенесите в коническую пробирку и вставьте ее в гильзу ручной или электрической центрифуги (рис. 69). Для равномерности нагрузки центрифуги в проти-

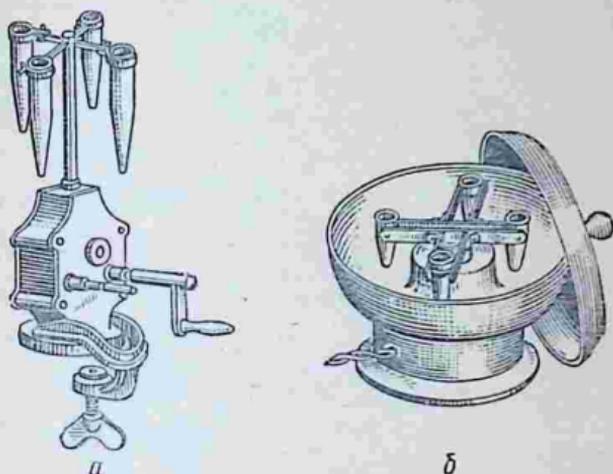


Рис. 69. Центрифуги:
а — ручная; б — электрическая

воположную гильзу вставляют коническую пробирку с таким же объемом воды. После 2-минутного центрифугирования прозрачный раствор отделите пипеткой от осадка, осевшего на дно, и слейте в чистую пробирку. Составьте уравнение реакции. Какую роль в этой реакции выполняла двуокись марганца?

На основании проведенных опытов 1—7 запишите в журнал таблицу:

	Степень окисления марганца в соединениях			
	+2 Mn	+4 Mn	+6 Mn	+7 Mn
Окраска				

Г. МАРГАНЦОВИСТАЯ КИСЛОТА И ЕЕ СОЛИ

Опыт 8. Окислительно-восстановительные свойства

а) Окисление хлором. К 5 каплям зеленого раствора манганата, полученного в предыдущем опыте, добавьте по каплям хлорную воду и наблюдайте за изменением окраски. Составьте уравнение реакции и отметьте роль манганата.

б) Восстановление сульфитом натрия. К такому же объему раствора манганата добавляйте по каплям раствор сульфита натрия и наблюдайте за изменением окраски. Составьте уравнение реакции и отметьте роль манганата.

в) Реакция диспропорционирования. К зеленому раствору манганата добавляйте по каплям уксусную кислоту и наблюдайте за изменением окраски. В результате обменной реакции должна получиться марганцовистая кислота (в этом случае окраска не изменяется), но вследствие реакции диспропорционирования получают другие продукты. Составьте уравнение реакции.

Д. МАРГАНЦОВАЯ КИСЛОТА И ЕЕ СОЛИ

Опыт 9. Окислительные свойства перманганата

В 4 микропробирки налейте по 5 капель раствора перманганата калия. В две из них добавьте по 3 капли воды, в третью — 3 капли раствора серной кислоты, а в четвертую — 3 капли раствора едкого кали. В три последние пробирки внесите по 2—3 кристаллика сульфита натрия, следя за изменением окраски (сравнивайте с окраской раствора, к которому не был добавлен сульфит натрия). Составьте три уравнения реакций восстановления перманганата калия в различных средах.

Опыт 10. Окислительные свойства Mn_2O_7

На часовое стекло поместите 3—4 кристаллика (не больше!) перманганата калия и прилейте к ним каплю концентрированной серной кислоты. Кусочек ваты смочите несколькими каплями этилового спирта. Перемешайте стеклянной палочкой смесь на часовом стекле и кончиком палочки прикоснитесь к вате. Что происходит? Составьте уравнения реакций получения марганцовой кислоты, ее дегидратации, экзотермического окисления спирта в уксусный альдегид с помощью Mn_2O_7 и сгорания спирта.

Опыт 11. Перманганатометрическое определение восстановителей

Перманганатометрией называется метод объемного анализа, позволяющий, зная объем израсходованного на титрование раствора перманганата калия точной концентрации, определить количество восстановителя (для определения количества окислителя используют методику обратного титрования). Конец титрования устанавливают по появлению слабо-розовой окраски, вызываемой добавлением одной избыточной капли раствора перманганата: это позволяет определить эквивалентные количества реагирующих веществ. Перманганатометрию наиболее удобно проводить в кислой среде, так как перманганат при этом восстанавливается в бесцветный ион Mn^{2+} .

В качестве примера определите количество соли Мора $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ в анализируемом веществе. Получите у лаборанта бюкс с неизвестным количеством соли Мора и запишите номер бюкса. В мерную колбу емкостью 100 мл вставьте воронку, откройте бюкс, и, держа его над воронкой, высыпьте из него навеску соли и смойте со стенок бюкса оставшиеся кристаллы струей воды из промывалки (см. рис. 23). Небольшим количеством воды промойте воронку. Добавьте в колбу 50—60 мл 2 н. раствора серной кислоты и осторожно приливайте воду, пока нижний мениск раствора не коснется черты. Колбу закройте пробкой и тщательно перемешайте раствор.

Налейте в бюретку титрованный 0,05 н. раствор $KMnO_4$ и излишек раствора вылейте в специальный стакан: на нулевой черте должен находиться верхний мениск раствора. В мерную колбу погрузите пипетку, отберите 10 мл (по нижнему мениску) раствора и слейте его в коническую колбу. Колбу поставьте под кран бюретки и прибавляйте в нее из бюретки раствор $KMnO_4$ до тех пор, пока от одной избыточной капли раствор не окрасится в розовый цвет.

Повторите титрование еще 2 раза с новыми порциями раствора анализируемой соли. Титрование считают удовлетворительным, если объемы израсходованного раствора перманганата не отличаются друг от друга на $\pm 0,05$ мл. Результаты сведите в таблицу (см. стр. 156).

По объемам растворов реагирующих веществ и нормальности раствора $KMnO_4$ определите нормальность раствора соли Мора. Число эквивалентов соли Мора в объеме мерной колбы (100 мл) будет в 10 раз меньше найденной нор-

мальности. Умножая число эквивалентов на величину грамм-эквивалента соли Мора, получим число граммов, что и должно быть равно навеске.

№ бюкса	Объемы, мл		Пошло на титрование 0,05н. $KMnO_4$				Навеска соли Мора
	мерной колбы	пипетки	I	II	III	средний объем, мл	
	100	10					

Составьте уравнение реакции. Отчет сдайте преподавателю.

РАБОТА XXI

ЖЕЛЕЗО, КОБАЛЬТ, НИКЕЛЬ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

А. МЕТАЛЛЫ (ЖЕЛЕЗО, КОБАЛЬТ И НИКЕЛЬ)

О п ы т 1. Получение металлов и отношение их к кислотам

Около 0,5 г оксалата кобальта CoC_2O_4 в микропробирке нагрейте в пламени горелки до полного разложения соли. Составьте уравнение реакции.

Аналогичный опыт повторите с 0,5 г оксалата никеля NiC_2O_4 .

В две пробирки налейте по 10 капель растворов соляной и серной кислот и всыпьте в них немного порошкообразного кобальта (если реакция идет медленно, подогрейте раствор). Составьте уравнения реакций. В какой цвет окрашивается раствор?

Аналогичный опыт проделайте с порошкообразным никелем.

Проведите такие же опыты с железом, взяв для этого маленькие гвоздики. Составьте уравнения реакций.

Если эти металлы нагревать с концентрированной азотной кислотой, то как бы проходили реакции? Составьте уравнения. Почему все эти металлы вытесняют водород из соляной и серной кислот?

О п ы т 2. Анализ сплавов

а) Открытие железа. На чистую поверхность куска железа нанесите 3 капли разбавленной азотной кислоты и через минуту добавьте 2 капли концентрированной азотной ки-

слоты. Через 2 мин перенесите капилляром этот раствор в две микропробирки. В одну из них добавьте 2 капли раствора роданида калия (аммония), а в другую — 2 капли раствора гексациано-(II)феррата калия (желтой кровяной соли.). Растворы в пробирках окрашиваются в темно-красный и синий цвета. Составьте уравнения реакций.

б) **Открытие кобальта.** На очищенную поверхность сплава, содержащего кобальт, нанесите 2 капли концентрированной азотной кислоты. Через 2—3 мин добавьте 2 капли воды и раствор перенесите капилляром в микропробирку. Прилейте 3 капли насыщенного раствора роданида калия и 5—6 капель амилового спирта в смеси с этиловым эфиром. Осторожно взболтайте раствор: спиртово-эфирный слой окрашивается в синий цвет, характерный для комплексных ионов $[\text{Co}(\text{NCS})_4]^{2-}$.

в) **Открытие никеля.** На чистую поверхность стали нанесите 2—3 капли азотной кислоты (1 : 1). Через 2—3 мин снимите этот раствор полоской фильтровальной бумаги, добавьте каплю раствора диметилглиоксима (реактив Чугаева): появление розово-красного пятна указывает на наличие никеля. Напишите структурную формулу образующегося при этой реакции диметилглиоксимата никеля. К какому типу соединений следует его отнести?

Б. ГИДРОКСИДЫ МЕТАЛЛОВ (II)

Опыт 3. Получение и окисление гидроксидов

К 3—4 каплям растворов солей железа, кобальта и никеля, полученным в оп. 1, добавьте равные объемы раствора едкого натра. Отметьте цвета образовавшихся осадков. Составьте уравнения реакций. К первым двум осадкам прилейте по 2—3 капли раствора перекиси водорода, а к последнему — бромной воды. Что происходит с осадками? Составьте уравнения реакций окисления. Осадки используйте для проведения оп. 6.

В отдельной микропробирке вновь получите осадок гидроксида кобальта и прилейте 3—4 капли концентрированного раствора едкого натра. Что происходит с осадком? Составьте уравнение реакции. На какие свойства $\text{Co}(\text{OH})_2$ указывает данная реакция?

В. СВОЙСТВА СОЛЕЙ ДВУХЗАРЯДНЫХ ИОНОВ

О п ы т 4. Получение сульфидов

На фарфоровую пластинку в разных местах нанесите по 2 капли растворов соли железа, кобальта и никеля. Добавьте к ним по капле раствора сульфида аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Наблюдайте образование осадков (какого цвета?). Составьте уравнения реакций. Отделите раствор от осадка (см. рис. 21) и на каждый из осадков нанесите по 2 капли 2 н. раствора соляной кислоты. Все ли осадки растворяются?

О п ы т 5. Реакции открытия ионов и комплексные соединения

а) Реакция открытия железа (II). К 2 каплям раствора соли железа (II) добавьте равный объем раствора гексацано-(III)феррата калия. Наблюдайте образование осадка турбулевого сини. Составьте уравнение реакции.

б) Получение гексанитро-(III) кобальтата калия. В микропробирку налейте 3 капли раствора хлорида кобальта и по 5 капель раствора уксусной кислоты и нитрита калия: выпадает желтый осадок гексанитро-(III)кобальтата калия. Составьте уравнения реакций, имея в виду, что вначале образуется азотистая кислота, которая окисляет Co^{2+} с образованием $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$, а последний с избытком нитрита калия дает комплексное соединение.

в) Получение аммиаката никеля. Растворите в 3—4 каплях воды 3 кристалла хлорида гексааква-никеля $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ и прибавьте по каплям 25%-ный раствор аммиака до растворения первоначально образующегося осадка. Какой цвет характерен для гексааммин-никель-иона? Составьте уравнение реакции. У какого из комплексных ионов константа неустойчивости имеет меньшее значение?

г) Окисление железа (II) в кислой среде. К 3 каплям раствора сульфата железа (II) добавьте равный объем раствора серной кислоты и каплю раствора перманганата, который обесцвечивается. Составьте уравнение реакции.

Г. СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ (III)

О п ы т 6. Получение гидроксидов (III) и их свойства

Смешайте в микропробирке 3 капли раствора хлорида железа (III) с равным объемом раствора едкого натра. Каков цвет полученного осадка? Составьте уравнение реак-

ции. Можно ли аналогичной реакцией получить гидроксиды кобальта и никеля (III)? Если нет, то почему? К полученному осадку $\text{Fe}(\text{OH})_3$ добавьте по каплям концентрированную соляную кислоту: осадок растворяется, а раствор приобретает окраску, свойственную ионам Fe^{3+} . Составьте уравнение реакции.

От отстоявшихся осадков $\text{Co}(\text{OH})_3$ и $\text{Ni}(\text{OH})_3$, полученных в оп. 3, капиллярными трубками отделить по возможности весь раствор. Добавьте к осадкам по 5—6 капель концентрированной соляной кислоты и нагрейте (под тягой!). Происходит растворение осадков с образованием солей Co^{2+} и Ni^{2+} . Составьте уравнения реакций, имея в виду, что соляная кислота в них выполняет две функции — восстановителя и среды. Какой из гидроксидов: $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Co}(\text{OH})_3$ или $\text{Ni}(\text{OH})_3$ является наиболее сильным окислителем? Где на практике $\text{Ni}(\text{OH})_3$ применяется в качестве энергичного окислителя?

Опыт 7. Окислительные свойства железа (III)

Смешайте 2 капли раствора хлорида железа (III) с равным объемом воды и добавьте каплю раствора иодида калия. С помощью раствора крахмала докажете, что в растворе образовался элементарный под. Составьте уравнение реакции.

Д. НИКЕЛИРОВАНИЕ

Опыт 8. Химическое никелирование

В химический стакан емкостью 100 мл налейте 75 мл специального раствора (30 г хлорида никеля, 10 г гипофосфита натрия и 10 г ацетата натрия в 1 л раствора) и нагревайте его на маленьком огне до температуры 95°C (проверка термометром). В это время очистите от ржавчины пластинку железа ($10 \times 40 \text{ мм}$), для чего полируйте ее наждачной бумагой, а затем оксидом магния или мелом. Пластинку тща-

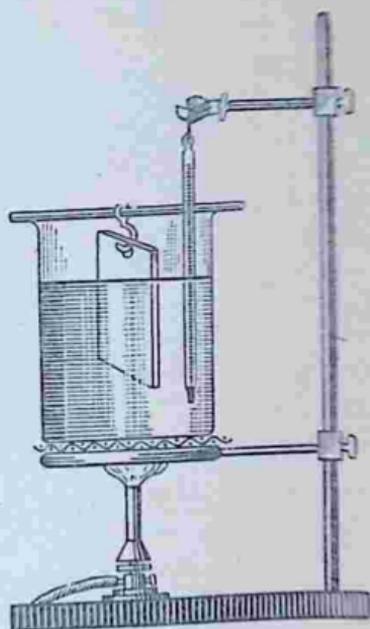


Рис. 70. Химическое никелирование

тельно промойте в струе воды (после этого пластинку можно брать только за ребра!) и подвесьте на крючок стеклянной палочки, лежащей на верхних стенках стакана (рис. 70). Пластинка подвергается никелированию в течение $1/2$ ч. Выньте пластинку из стакана, промойте струей воды и высушите между полосками фильтровальной бумаги. Какая химическая реакция протекает при никелировании, если формула гипофосфита NaH_2PO_2 ? Для чего добавляется ацетат натрия?

РАБОТА XXII

ЭЛЕМЕНТЫ IV-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Из IV-группы элементов в этой работе опускается изучение золота и его соединений.

А. МЕТАЛЛЫ И ИХ ОТНОШЕНИЕ К КИСЛОТАМ

О п ы т 1. Вытеснение металлов из растворов солей

На часовое стекло налейте 3 капли раствора сульфата меди и опустите в него маленький железный гвоздь. Наблюдайте выделение меди. Составьте уравнение реакции.

Аналогично проведите опыт с раствором нитрата серебра*, погрузив в него медную проволоку длиной 1,5 см.

О п ы т 2. Действие кислот на металлы

Два кусочка медной проволоки положите в микропробирки и прилейте в одну 10 капель раствора соляной, а в другую серной кислоты. Происходит ли реакция? Слейте из микропробирок кислоты и добавьте (п о д т я г о й!) в одну разбавленную, а в другую концентрированную азотную кислоту. Наблюдайте растворение меди и образование в первой пробирке бесцветного, а во второй — бурого газа. Составьте уравнения реакций.

Поместите (п о д т я г о й!) на часовое стекло 5—6 капель концентрированной азотной кислоты и опустите в нее посеребренную проволоку из оп. 1. Происходит ли раство-

* В н и м а н и е! Все использованные в этой работе растворы и осадки соединений серебра выливайте в специальные банки с надписью «Для серебряных остатков».

рение серебра? Составьте уравнение реакции. Медь или серебро является более энергичным восстановителем и почему?

Б. ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

О п ы т 3. Окисление меди кислородом

Очищенную медную сетку, свернутую в виде «колбаски», вложите в тигельные щипцы и нагревайте в пламени горелки. Через минуту наблюдайте образование на поверхности сетки черной окиси меди. Составьте уравнение реакции. Будет ли окисляться кислородом воздуха серебро?

О п ы т 4. Восстановление медью иона Cu^{2+}

В микропробирку налейте 6—8 капель раствора хлорида меди (II), равный объем концентрированной соляной кислоты и положите несколько стружек металлической меди. Раствор нагрейте до кипения и продолжайте нагревание при этой температуре до исчезновения зеленой окраски. В растворе получается комплексное соединение $\text{H}[\text{CuCl}_2]$, которое относительно непрочное и легко разлагается при разбавлении водой. Налейте в коническую пробирку 3—4 мл воды и влейте в нее полученный ранее раствор: наблюдайте выпадение белого осадка. Составьте уравнения всех реакций, происходящих в данном процессе.

С помощью капилляра часть белого осадка перенесите на часовое стекло и через некоторое время наблюдайте образование на его поверхности вещества с зеленой окраской. Что происходит? Что можно сказать об устойчивости соединений Cu^+ ?

В. ГИДРОКСИДЫ МЕДИ И СЕРЕБРА

О п ы т 5. Получение гидроксидов и их устойчивость

К 5—6 каплям раствора сульфата меди добавьте равный объем раствора едкого натра. Часть голубого осадка перенесите капилляром в другую микропробирку. Первую пробирку с осадком нагрейте: наблюдайте образование черного осадка. В другую пробирку с осадком прилейте 5—6 капель концентрированного раствора едкого натра, перемешайте содержимое пробирки, дайте отстояться частично

нерастворившемуся осадку. В какой цвет окрашен раствор над осадком? Составьте уравнения всех реакций. Что можно сказать о свойствах гидроксида меди?

К 3 каплям раствора нитрата серебра добавьте равный объем раствора едкого натра: выпадает осадок (цвет?). Составьте уравнение реакции, имея в виду, что получается оксид серебра.

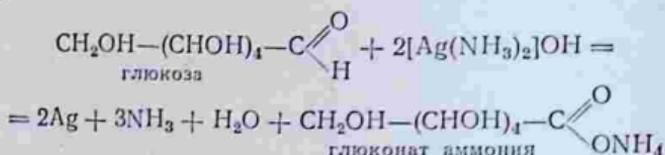
Г. ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ И СЕРЕБРА

О п ы т 6. Окисление спирта оксидом меди

Налейте в пробирку 2 мл этилового спирта, нагрейте медную «колбаску» (оп. 3), слегка охладите и опустите в пробирку. Что получилось на поверхности «колбаски»? Составьте уравнение реакции.

О п ы т 7. Серебрение стекла

В микропробирку налейте 10 капель раствора гидроксида диаммин-серебра $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ и равный объем 2%-ного раствора глюкозы. Микропробирку поставьте в стакан с горячей водой и наблюдайте образование на внутренних стенках серебряного зеркала. Реакция идет согласно уравнению



На какие свойства иона серебра указывает эта реакция?

Д. СВОЙСТВА СОЛЕЙ МЕДИ И СЕРЕБРА

О п ы т 8. Гидролиз солей

Нанесите на синюю лакмусовую бумагу по одной капле растворов сульфата меди и нитрата серебра: наблюдайте изменение цвета лакмусовой бумаги. Составьте уравнение гидролиза.

Микропробирку с 5 каплями сульфата меди нагрейте и к раствору добавьте 3—4 капли раствора карбоната натрия. Что происходит? Составьте уравнение гидролиза, приводящего к образованию голубовато-зеленого осадка $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.

Опыт 9. Галиды серебра

а) **Получение галидов.** В 4 микропробирки влейте по 3 капли раствора нитрата серебра и добавьте равные объемы растворов фторида, хлорида, бромида и иодида калия. Отметьте цвета выпавших осадков. Составьте уравнения реакций. В каком случае не выпал осадок? Часть осадка бромида серебра перенесите капилляром на часовое стекло и поставьте на подоконник. Через некоторое время наблюдайте потемнение осадка. В каком процессе используется эта реакция?

б) **Растворение бромида серебра.** К другой части бромида серебра приливайте по каплям раствор тиосульфата натрия: происходит растворение осадка вследствие образования растворимой комплексной соли $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$. Составьте уравнение реакции. Где используется данная реакция?

в) **Получение аммиаката серебра.** К осадкам хлорида и иодида серебра прибавьте по 6 капель раствора аммиака. Хлорид серебра растворяется, так как образует комплексное соединение. Прибавьте к полученному раствору комплексной соли раствор азотной кислоты до кислой реакции (*проба на лакмусовую бумажку!*): вновь выпадает осадок хлорида серебра. Объясните действие азотной кислоты.

Опыт 10. Получение аммиаката меди

К раствору соли меди добавляйте по каплям раствор аммиака. Вначале выпадает голубой осадок основной соли меди, которая растворяется при дальнейшем прибавлении аммиака с образованием темно-синего раствора гидроксида тетрааммин-меди. Составьте уравнение реакции.

Опыт 11. Сульфиды серебра и меди

К растворам солей меди и серебра добавьте по несколько капель сероводородной воды (под тягой!). Составьте уравнения реакций и отметьте цвета осадков.

Опыт 12. Окрашивание пламени солями меди

Платиновую проволоку смочите раствором хлорида меди (II) и внесите в пламя горелки: пламя окрашивается в ярко-зеленый цвет.

Опыт 13. Рафинирование меди

Медную фольгу-катод опустите на 1 мин в 20%-ный раствор азотной кислоты, а затем тщательно промойте водой.

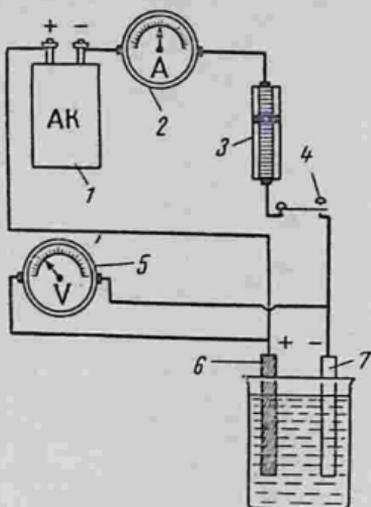


Рис. 71. Установка для рафинирования меди (схема):

- 1 — аккумулятор; 2 — амперметр;
3 — реостат; 4 — ключ; 5 — вольтметр;
6 — анод из черновой меди;
7 — катод из медной фольги

Катод и анод (пластинка черновой меди) присоедините специальными клеммами к крышке электролизера (катод предварительно измеряют линейкой для определения его поверхности в дм^2). Налейте в электролизер 150—200 мл раствора электролита (200 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 27 мл концентрированной серной кислоты на 1 л воды), опустите в него электроды и присоедините прибор к источнику постоянного тока, амперметру, вольтметру и ключу (рис. 71). Включите полностью реостат и замкните ток в цепи, включая одновременно секундомер. Передвиньте движок реостата так, чтобы катодная плотность тока составляла 1—2 а/дм^2 . Через 15 мин

выключите ток и рассмотрите осадок, отложившийся на катоде.

Зная силу тока, время электролиза, рассчитайте толщину покрытия, если плотность меди 8,92 г/см^3 .

РАБОТА XXIII

ЭЛЕМЕНТЫ IV-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К этой группе относятся элементы цинк, кадмий и ртуть, которые вместе со своими соединениями изучаются в данной работе.

А. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Опыт 1. Получение кадмия и ртути

В коническую пробирку налейте 2 мл 40%-ного раствора сульфата кадмия, нагрейте его и опустите тонкую и узкую пластинку цинка. Через 30 мин выньте пластинку цинка,

а раствор вместе с осадком кадмия перелейте в маленькую фарфоровую чашку. На поверхность раствора положите маленький кусочек фильтровальной бумаги и отделите капилляром раствор от осадка (рис. 72). Осадок сохраните для оп. 7. Составьте уравнение реакции.

На часовое стекло положите бронзовую монету и на нее налейте 5—6 капель раствора нитрата ртути. Через 3—4 мин монету на стекле промойте под краном водой и протрите фильтровальной бумагой. Что образовалось на поверхности монеты? Составьте уравнение реакции.

Опыт 2. Грануляция цинка

В фарфоровом тигле расплавьте 5—6 крупных гранул

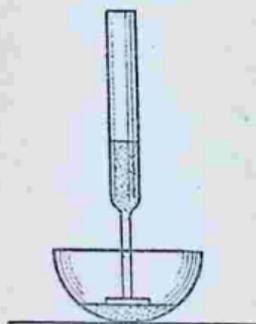


Рис. 72. Отделение кадмия от раствора

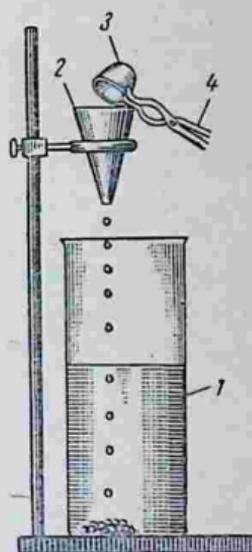


Рис. 73. Грануляция цинка:

1 — стакан с водой; 2 — железный конус; 3 — фарфоровый тигель; 4 — тигельные щипцы

цинка. Налейте в стакан 300—400 мл воды и на высоте 250 мм от стакана в кольцо штатива вставьте железный конус, имеющий внизу отверстие диаметром 2 мм. Нагрейте этот конус в пламени горелки и влейте в него расплавленный цинк (рис. 73). Гранулы полученного цинка ссыпьте в банку.

Опыт 3. Латунни и бронзы

Латунь — сплав меди с цинком, а бронза — сплав меди с основным компонентом — оловом. Получите у лаборанта кусочек сплава. На чистую поверхность нанесите 2 капли концентрированной азотной кислоты, через 2 мин капилля-

ром перенесите полученный раствор в микропробирку и добавьте несколько капель воды. К раствору прилейте 3 капли раствора $K_2[Hg(NCS)_4]$: образование черно-фиолетового осадка укажет на то, что сплав является латунию; бронза дает в аналогичных условиях осадок зеленого цвета.

Опыт 4. Электролитическое цинкование

Соберите прибор по рис. 71, в котором в качестве анода возьмите цинковую пластинку, а в качестве катода — стальную, предварительно очищенную и промытую (измерьте поверхность катода). В электролизер налейте 200 мл раствора (400 г $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 50 г $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ и 50 г $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ в 1 л раствора), включите полностью реостат и замкните ключ. Отрегулируйте реостат так, чтобы электролиз проходил при плотности тока на катоде 1 а/дм^2 ; отметьте напряжение по вольтметру. Электролиз проводите 5—7 мин. Выключите ток, выньте из стакана катод и охарактеризуйте внешний вид покрытия. В чем растворить слой цинка на этой пластинке, чтобы при этом не растворялось железо?

Опыт 5. Интерметаллические соединения («Дианино дерево»)

В микропробирку поместите 6—8 капель раствора нитрата серебра и капельку металлической ртути (взять у лаборанта!). Через некоторое время наблюдайте образование блестящих игл и ветвистых кристаллов соединений, имеющих состав Ag_3Hg_4 , Ag_3Hg и Ag_3Hg_2 . Напишите уравнения реакций. Можно ли данные соединения назвать амальгамами серебра? Перечислите амальгамы, применяющиеся в технике, и укажите области их применения.

Б. ДЕЙСТВИЕ НА МЕТАЛЛЫ ВОДЫ, КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ

Выпишите значения стандартных потенциалов данных металлов (табл. XI). Какие из этих металлов должны вытеснять водород из воды и кислот? Составьте уравнения реакций взаимодействия цинка и кадмия с водой. Почему эти два металла практически не вытесняют водород из воды?

Опыт 6. Взаимодействие с соляной кислотой

В две микропробирки поместить: в одну — немного цинка и в другую — кадмия (из оп. 1), прилейте к ним по 8—10 капель раствора соляной кислоты и наблюдайте выделение водорода. Составьте уравнения реакций.

Опыт 7. Взаимодействие с азотной кислотой

В микропробирку влейте капельку металлической ртути (получить у лаборанта) и (под тягой!) прилейте 4—5 капель концентрированной азотной кислоты. Подогрейте слегка пробирку и наблюдайте образование бурого газа. Составьте уравнение реакции.

Опыт 8. Взаимодействие с раствором щелочи

В микропробирку поместите щепотку порошка цинка, прилейте 6—8 капель раствора щелочи и наблюдайте выделение водорода. Составьте уравнение реакции, имея в виду, что образуется тетрагидроксоцинкат натрия. Почему кадмий и ртуть не растворяются в растворах щелочей?

В. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛОВ С ЭЛЕМЕНТАРНЫМИ ОКИСЛИТЕЛЯМИ

Опыт 9. Окисление цинка кислородом воздуха

В пламя газовой горелки понемногу ссыпьте со шпателя цинковую пыль. Что происходит? Составьте уравнение реакции.

Опыт 10. Окисление ртути иодом

В сухую микропробирку поместите капельку ртути (получите у лаборанта!), два кристаллика иода и нагревайте (под тягой!) на слабом пламени. Через некоторое время наблюдайте на верхних стенках микропробирки образование красных кристаллов. Составьте уравнение реакции.

Г. СВОЙСТВА ГИДРОКСИДОВ

Опыт 11. Получение и реакции

В 3 микропробирки влейте по 4—5 капель растворов солей цинка, кадмия и ртути. Добавьте в каждую по 3 капли раствора едкого натра. Составьте уравнения реакций и отметьте цвета выпавших осадков. В виде чего осаждается ртуть? К осадку гидроксида цинка добавьте раствор едкого натра. Почему осадок растворяется? Составьте уравнение реакции. Будет ли гидроксид кадмия растворяться в избытке раствора щелочи? Проверьте это.

Д. СОЛИ И ИХ СВОЙСТВА

Опыт 12. Гидролиз солей

Должны ли растворимые соли этих металлов подвергаться гидролизу? Проверьте это, нанеся на синюю лакмусовую бумажку по капле растворов. Изменяется ли цвет лакмусовой бумажки? Составьте уравнение гидролиза.

Опыт 13. Сульфиды

В 3 микропробирки влейте по 4 капли растворов солей цинка, кадмия и ртути и по 2—3 капли раствора сульфида натрия. Обратите внимание на цвета образовавшихся осадков и составьте уравнения реакций.

Опыт 14. Окислительные свойства ртути (II)

В пробирку с 2 каплями раствора HgCl_2 добавьте 4 капли раствора SnCl_2 : вначале выпадает белый осадок Hg_2Cl_2 , который постепенно (при нагревании быстрее) чернеет. Составьте два уравнения реакций, имея в виду, что SnCl_2 в присутствии HCl переходит в $\text{H}_2[\text{SnCl}_6]$.

Опыт 15. Использование хлорида цинка при паянии

Нагрейте электрический паяльник. На лист асбеста положите рядом два кусочка медной проволоки и попытайтесь их спаять, коснувшись паяльником гранулы олова, а

затем поверхности медных проволок. Спаялись ли они? Теперь смочите концы проволок каплей раствора хлорида цинка (раствор должен быть насыщенным) и прикоснитесь к ним тем же паяльником. Отнимите паяльник и рассмотрите спаянные проволоки. На чем основано применение насыщенного раствора хлорида цинка при пайании?

Е. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЦИНКА, КАДМИЯ И РТУТИ

О п ы т 16. Получение тетраиодо-(II) гидраргирата калия

В микропробирку с 3—4 каплями раствора нитрата ртути добавляйте по каплям раствор иодида калия. Сначала выпадает оранжево-красный осадок иодида ртути, растворяющийся в дальнейшем с образованием комплексного растворимого соединения. Составьте уравнения реакций.

О п ы т 17. Аммиакаты цинка и кадмия

В 2 микропробирки влейте по 3—4 капли растворов: в одну — соли цинка, а в другую — соли кадмия. Образующиеся вначале осадки основных солей при добавлении раствора аммиака растворяются в избытке реактива с образованием растворимых аммиакатов. Составьте уравнения реакций.

РАБОТА XXIV

АНАЛИЗ РАСТВОРА СОЛИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ИОНЫ d-ЭЛЕМЕНТОВ

Задача сводится к определению в неизвестном растворе аниона и катиона. В растворе может находиться одна из следующих солей: FeCl_3 , FeSO_4 , MnSO_4 , CoCl_2 , NiSO_4 , CuSO_4 , Ag_2SO_4 , ZnSO_4 , CdSO_4 , HgCl_2 , CrCl_3 , K_2CrO_4 , KMnO_4 , Na_2MoO_4 , Na_2WO_4 , NaVO_3 , $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$, ZrCl_4 .

Растворы этих солей обычных концентраций отличаются по своей окраске: одни из них бесцветны, а другие характеризуются определенным цветом.

К бесцветным относятся растворы, содержащие следующие ионы: Ag^+ , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Ti^{4+} , Zr^{4+} , VO_3^- , MoO_4^{2-} , WO_4^{2-} .

Остальные ионы обладают окраской:

Cu^{2+}	Cr^{3+}	CrO_4^{2-}	Fe^{2+}	MnO_4^-	Co^{2+}	Fe^{3+}
голубая	зеленая	желтая	светло-зеленая	малиновая	розово-красная	темно-желтая
			Ni^{2+}	Mn^{2+}		
			зеленая	светло-розовая		

Окраска может служить ориентиром при анализе, но по ней нельзя однозначно судить о содержании того или иного иона (в разбавленных растворах окраска может быть иной, например ионы Mn^{2+} и Fe^{2+} бесцветны).

Если с одним и тем же реактивом дает осадки ряд ионов, то этот реактив называется *групповым*. Например, в кислой среде H_2S осаждает ионы Cu^{2+} , Ag^+ , Cd^{2+} и Hg^{2+} . *Характерным реактивом* называется реактив, с помощью которого открывается один какой-либо ион: таким реактивом пользуются для идентификации данного иона. Например, для иона Cu^{2+} характерным реактивом является аммиак, образующий комплексный ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, обладающий темно-синей окраской.

А. ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА

Получите у преподавателя контрольный раствор, содержащий неизвестное вещество. Анализ следует выполнять внимательно и тщательно вести протокол анализа.

1. Обратите внимание на цвет полученного раствора, отметьте его в журнале и выскажите ориентировочные соображения о наличии той или иной соли.

2. По одной капле анализируемого раствора нанесите на синюю и красную лакмусовую бумажку. Какова реакция раствора? Если реакция щелочная, то в растворе могут находиться соли: NaVO_3 , Na_2MoO_4 , Na_2WO_4 , Na_2CrO_4 ; при кислой реакции — все остальные соли.

3. В случае щелочной реакции раствора следует открывать имеющиеся в нем ионы характерными реакциями: VO_3^- — раб. XVIII, оп. 10; MoO_4^{2-} — раб. XIX, оп. 16; WO_4^{2-} — раб. XIX, оп. 16; CrO_4^{2-} — раб. XIX, оп. 14; Na^+ — раб. XIV, оп. 8; K^+ — раб. XIV, оп. 9. (Римскими цифрами обозначены номера работ, а арабскими — номера опытов, соответствующие характерным реакциям.)

4. Если исследуемый раствор обладает *кислой* реакцией, то анализ следует проводить так.

В коническую пробирку с 3—4 каплями анализируемого раствора добавьте равный объем соляной кислоты: выпадет

ние белого творожистого осадка указывает на наличие иона Ag^+ . Подтвердите наличие этого иона одной из реакций раб. XXII, оп. 7 или 9в.

Если ион серебра в растворе не обнаружен, то в коническую пробирку наливают 5 капель исследуемого раствора, 5 капель раствора соляной кислоты и через раствор (п о д т я г о й!) пропускают сероводород. Если выпадает осадок: желтого цвета — есть Cd^{2+} (это является характерной реакцией);

черного цвета — есть Cu^{2+} (подтвердить реакцией раб. XXII, оп. 10);

или Hg^{2+} (подтвердить реакцией раб. XXIII, оп. 16).

Если раствор мутнеет и приобретает более светлую окраску, то это указывает на наличие иона Fe^{3+} , которое следует подтвердить характерной реакцией раб. XXI, оп. 2. Если раствор, имеющий окраску от розовой до малиновой, обесцвечивается, то в нем содержатся ионы MnO_4^- . Идентифицировать этот ион можно по любой реакции раб. XX, оп. 9.

Если при пропускании сероводорода в растворе никаких изменений не произошло, то дальнейший анализ вести по п. 5.

5. В коническую пробирку с 5 каплями исследуемого раствора добавьте каплю раствора аммиака и 4—5 капель раствора сульфида аммония. Если выпадает осадок:

белого цвета — есть Zn^{2+} (это является характерной реакцией);

телесного цвета — есть Mn^{2+} (подтвердить реакцией раб. XX, оп. 5);

серо-зеленого цвета — есть Cr^{3+} (подтвердить характерной реакцией раб. XIX, оп. 10);

черного цвета — есть Fe^{2+} (подтвердить реакцией раб. XXI, оп. 5а);

— есть Co^{2+} (подтвердить реакцией раб. XXI, оп. 5б);

— есть Ni^{2+} (подтвердить реакцией раб. XXI, оп. 2в).

Если с сульфидом аммония осадка не выпало, то анализ проводить по п. 6.

6. Если все проведенные опыты дали отрицательный результат, то в анализируемом растворе могут находиться Ti^{4+} и Zr^{4+} . Их открытие можно провести характерными реакциями:

Zr^{4+} — раб. XVIII, оп. 8; Ti^{4+} — раб. XVIII, оп. 6.

7. Если в анализируемом растворе отсутствовали соединения, отмеченные в п. 3, то следует открыть анион соли. Так как из последних для анализа даются два аниона SO_4^{2-} и Cl^- , то таковые могут быть открыты следующими реакциями:

SO_4^{2-} — раб. III, оп. 1б; Cl^- — раб. III, оп. 1а.

По окончании анализа составьте письменный отчет в журнале с перечислением всех последовательных стадий, приведших к открытию катиона и аниона. Если определенная стадия анализа не дала положительного результата, то это отразите в отчете. Для характерных реакций открытия должны быть приведены уравнения соответствующих реакций. В конце отчета укажите состав соли, открытой в анализируемом растворе. Отчет сдайте преподавателю.

РАБОТА XXV

ЭЛЕМЕНТЫ IIIА-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К этой группе относятся элементы: бор, алюминий, галлий, индий и таллий.

А. БОР И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

Опыт 1. Получение гидрида бора

В пробирку влейте 1—2 мл раствора соляной кислоты и всыпьте в нее (под тягой!) немного порошка бориды магния Mg_3B_2 . Наблюдайте выделение газа. Составьте уравнение реакции. Почему при этой реакции не получается BH_3 ? Составьте структурную формулу B_2H_6 и укажите природу связей в этой молекуле.

Какие гидриды могут быть использованы в качестве твердого топлива и почему? Бориды каких металлов не взаимодействуют с кислотами, какими двумя характерными свойствами они обладают и где применяются в технике?

Опыт 2. Получение борной кислоты

В микропробирку налейте 5 капель насыщенного раствора буры, нагрейте ее и осторожно (!) добавьте 2—3 капли серной кислоты. По остывании наблюдайте выделение белых кристаллов ортоборной кислоты. Составьте

уравнения реакций. Напишите формулы мета- и тетраборной кислот. Какая из этих кислот наиболее устойчива в растворе и почему? Каплю раствора борной кислоты нанесите на синюю лакмусовую бумажку: происходит ли изменение окраски? Дайте объяснение.

Опыт 3. Реакция на борную кислоту

Несколько кристаллов борной кислоты поместите в маленькую фарфоровую чашку, добавьте 2—3 капли концентрированной серной кислоты и 10—15 капель спирта. Смесь тщательно перемешайте палочкой, перенесите чашку в вытяжной шкаф и подожгите содержимое. Обратите внимание на ярко-зеленую кайму горящего эфира. Составьте уравнение реакции образования эфира и его горения.

Опыт 4. Гидролиз буры

Капельку раствора буры поместите на красную лакмусовую бумагу: что происходит? Составьте уравнение.

Опыт 5. Получение перлов метаборатов

Платиновую (нихромовую) проволоку с маленьким кольцом, впаянную в стеклянную палочку, нагрейте докрасна и погрузите в склянку с бурой. Сплавляйте буру в пламени до тех пор, пока в кольце не образуется прозрачная стекло-

Таблица 10

Окраска перлов метаборатов

Металл	Пламя	
	окислительное	*восстановительное
Ванадий	Серовато-желтая	Светло-зеленая
Вольфрам	Бесцветная	Желтая
Железо	Желтая	Светло-зеленая
Кобальт	Синяя	Синяя
Марганец	Светло-фиолетовая	Бесцветная
Медь	Синяя	Красно-коричневая
Молибден	Светло-желтая	Темно-коричневая
Никель	Красно-коричневая	Серая
Титан	Бесцветная	Желтая
Уран	Желтая	Зеленая
Хром	Зеленая	»

видная масса. Выньте проволоку из пламени и погрузите ее в микропробирку, в которую влейте 5—6 капель раствора какой-либо соли (кобальта, хрома и др.). Вновь внесите проволоку в пламя и нагревайте до тех пор, пока в расплавленной массе не будет видно помутнений. В какой цвет окрасился «перл»? Составьте уравнение реакции разложения буры и взаимодействия продуктов ее распада с оксидом металла.

Получите у преподавателя одну из указанных солей, приготовьте перл, и по окраске последнего определите металл соли.

Б. АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

О п ы т 6. Взаимодействие алюминия с кислотами и щелочами

В три микропробирки поместите по маленькому кусочку алюминиевой фольги и прилейте в одну из них соляную, в другую — концентрированную азотную кислоту и в третью — 30%-ный раствор едкого натра. В каких пробирках на холоду происходит реакция? Пробирку с азотной кислотой (п о д т я г о й!) нагрейте и наблюдайте выделение бурого газа. Почему азотная кислота не реагирует с алюминием на холоду? Нагрейте пробирку с раствором щелочи: происходит бурное выделение бесцветного газа. Составьте четыре уравнения реакций.

Будут ли металлические галлий и индий взаимодействовать с раствором щелочи?

О п ы т 7. Определение алюминия в сплавах

На чистую поверхность сплава нанесите 2—3 капли 30%-ного раствора едкого натра. Если через 2—3 мин замечается «вскипание» жидкости с выделением газа, то данный сплав содержит алюминий.

О п ы т 8. Электролитическое оксидирование алюминия и его сплавов

Алюминиевую пластинку погрузите на 1—2 мин в 10%-ный раствор едкого натра для обезжиривания и снятия естественной пленки. Промойте под краном водой и присоедините в качестве анода к клемме крышки электролизера.

Катодом является свинцовая пластинка. Соберите прибор (по рис. 71), налейте в ванну (электролизер) 200 мл 20%-ного раствора серной кислоты, включите ток и опустите электроды. Быстро отрегулируйте реостатом силу тока (плотность тока должна быть $0,8-2 \text{ а/дм}^2$, а напряжение 10—12 в). Через 5 мин образуется хорошая оксидная пленка, обладающая адсорбционными свойствами, благодаря чему ее можно окрашивать. Промойте пластинку водой и погрузите на 2—3 мин в 2%-ный раствор анилиновой краски. Промытая пластинка окрашена в желто-оранжевый цвет, который при высушивании переходит в бронзовый.

В. ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЯ

О п ы т 9. Окисление алюминия в пламени горелки

В пламя горелки внесите пластинку алюминия: происходит ли какое-либо видимое изменение? Из склянки возьмите шпателем немного порошкообразного алюминия и медленно ссыпьте его в пламя горелки. Что происходит? Составьте уравнение реакции. В каком процессе используется алюминий как восстановитель?

О п ы т 10. Окисление перманганатом калия

В пробирку налейте 10 капель раствора серной кислоты, каплю раствора перманганата калия и всыпьте немного порошка алюминия. Через некоторое время наблюдайте обесцвечивание перманганата. Составьте уравнение реакции.

Г. ГИДРОКСИДЫ АЛЮМИНИЯ, ГАЛЛИЯ И ИНДИЯ

О п ы т 11. Получение гидроксидов и их свойства

В 3 микропробирки влейте порознь по 4 капли растворов солей алюминия, галлия и индия и добавьте по 3 капли раствора едкого натра. Наблюдайте образование аморфных белых осадков. Составьте уравнения реакций. Докажите опытным путем, что данные гидроксиды амфотерны. Составьте все уравнения реакций.

Опыт 12. Адсорбция краски гидроксидом алюминия

На 2 часовых стекла поместите по полоске белой хлопчатобумажной ткани: одну из них смочите несколькими каплями воды, а другую — раствором квасцов $KAl(SO_4)_2$. Через 2 мин слейте с ткани избыток раствора квасцов и прилейте 5—6 капель раствора аммиака. Что отложилось в волокнах ткани? Составьте уравнение реакции. Обе полоски смочите несколькими каплями спиртового раствора ализарина и через 5—6 мин промойте их в воде. Почему одна из полосок не окрашивается?

Где в технике гидроксид алюминия применяется как адсорбент?

д. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ АЛЮМИНИЯ

Опыт 13. Гидролиз хлорида алюминия

В вытяжном шкафу откройте пробку склянки, в которой находится безводный хлорид алюминия. Что наблюдается? Напишите уравнение реакции.

Опыт 14. Гидролиз ацетата алюминия

В микропробирке смешайте равные объемы растворов солей хлорида алюминия и ацетата натрия. Подогрейте раствор и наблюдайте образование белого осадка гидроксиацетата алюминия. Напишите уравнение реакции.

Опыт 15. Гидролиз карбоната алюминия

В конической пробирке смешайте 10 капель раствора соды с 10 каплями насыщенного раствора сульфата алюминия. Обратите внимание на выделение пузырьков газа. Составьте уравнение реакции.

Опыт 16. Гидролиз гексагидроксоалюмината аммония

В коническую пробирку внесите 5 капель раствора сульфата алюминия и по каплям добавляйте раствор едкого натра до тех пор, пока выпавший осадок не растворится. Добавьте в пробирку 6 капель насыщенного раствора хлорида аммония и подогрейте: выпадает аморфный осадок гидроксида алюминия. Составьте уравнение реакции.

ЭЛЕМЕНТЫ IVA-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К IVA-группе элементов относятся: углерод, кремний, германий, олово и свинец.

А. УГОЛЬ И ЕГО АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Опыт 1. Получение угля

В фарфоровый тигель положите 2 г сахарного песка, поставьте тигель на фарфоровый треугольник (под тягой!) и нагревайте на горелке до полного обугливания сахара: получается пористая масса.

Опыт 2. Адсорбция паров брома и раствора краски индиго

В сухую пробирку (под тягой!) внесите каплю жидкого брома и через 20—30 сек закройте пробкой. Переверните пробирку несколько раз, откройте пробку и быстро внесите в нее порошок угля, тотчас же закрыв пробирку пробкой. Встряхните несколько раз пробирку и наблюдайте ослабление окраски паров брома.

В коническую пробирку внесите порошок угля и прилейте 1—2 мл раствора индиго. Взбалтывайте содержимое пробирки в течение 2—3 мин. Профильтруйте раствор, который стал бесцветным вследствие адсорбции краски на угле.

Для каких практических целей применяется уголь в качестве адсорбента? Что называют активированным углем?

Б. РАСТВОРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВЕЩЕСТВ
В КИСЛОТАХ И ЩЕЛОЧАХ

Опыт 3. Действие растворов кислот

В 2 микропробирки поместите по маленькому кусочку величиной с булавочную головку в одну — олова, в другую — свинца. В первую прилейте 10 капель концентрированной соляной, а во вторую (под тягой!) столько же концентрированной азотной кислоты. Пробирки слегка нагрейте и наблюдайте выделение газов. Составьте уравнения реакций.

Опыт 4. Действие растворов щелочей

В три пробирки налейте по 8 капель раствора едкого натра и внесите в одну пробирку порошок аморфного кремния или ферросилиция, в другую — кусочек олова, а в третью — кусочек свинца. Нагрейте пробирки: что происходит? Составьте уравнения реакций, имея в виду, что кремний окисляется до $\overset{+4}{\text{Si}}$, а олово и свинец — до $\overset{+2}{\text{Sn}}$ и $\overset{+2}{\text{Pb}}$, образуя при этом гидроксокомплексы.

В. ЛУЖЕНИЕ И ОТКРЫТИЕ СВИНЦА В СПЛАВАХ

Опыт 5. Лужение при нагревании

Пластинку меди очистите наждачной бумагой, промойте водой и тщательно протрите тряпкой. На пластинку положите гранулу олова, а на нее насыпьте слой хлорида аммония. Зажмите пластинку тигельными щипцами и нагревайте. Как только расплавится олово, пластинку положите на метлахскую плитку и быстро разотрите куском листового асбеста олово по поверхности меди. Зачем при лужении применялся хлорид аммония? Как удалить с медной пластинки слой олова?

Опыт 6. Электролитическое лужение

Смонтируйте установку по рис. 71. В электролизер налейте 250 мл раствора (7 мл концентрированной соляной кислоты, 18 г кристаллического хлорида олова и 8 г хлорида аммония в 1 л воды). Медные электроды очистите наждачной бумагой, промойте водой и протрите фильтровальной бумагой. Электроды (40×80 мм) укрепите клеммами в крышке электролизера так, чтобы расстояние между ними составляло 55 мм и погрузите на $\frac{2}{3}$ в раствор. Включите ток и с помощью реостата отрегулируйте его, чтобы сила тока была около 0,2—0,25 а, а напряжение 2,2 в.

Электролиз вести 10 мин. Выключите ток, выньте катод из раствора, промойте водой и оботрите досуха фильтровальной бумагой. Если необходимо, пластинку можно отполировать на войлочном кругу.

Опыт 7. Открытие свинца в сплавах

На чистую поверхность свинцового сплава поместите 2 капли концентрированной азотной кислоты. Через 2—3 мин этот раствор перенесите капилляром в микропробирку,

разбавьте 4 каплями воды и прилейте 2—3 капли раствора иодида калия. Выпадение желтого осадка указывает на наличие свинца.

Г. ГИДРОКСИДЫ ОЛОВА И СВИНЦА (II)

Опыт 8. Получение и свойства гидроксидов

В микропробирках обменными реакциями получите осадки гидроксидов олова и свинца. Составьте уравнения реакций и отметьте цвета осадков. Разделите каждый из осадков на две части и докажите опытным путем, что они амфотерны. Составьте уравнения всех проведенных реакций.

Д. ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА С, Sn и Pb (II)

Опыт 9. Получение и окисление окиси углерода

В колбу Вюрца налейте отмеренные цилиндром 10 мл концентрированной серной кислоты и укрепите ее в лапке штатива, находящегося в вытяжном шкафу. За-

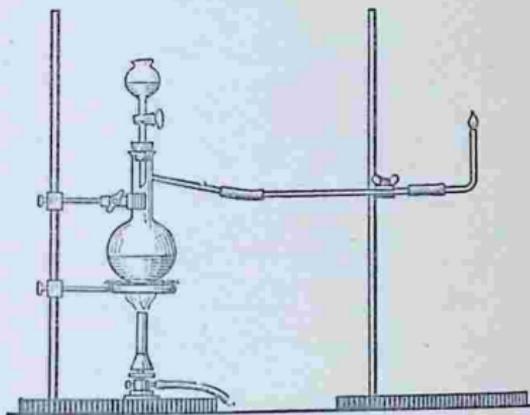


Рис. 74. Прибор для получения окиси углерода

кройте колбу пробкой с проходящей через нее капельной воронкой (рис. 74). В капельную воронку налейте 8 мл муравьиной кислоты HCOOH . К отводной трубке колбы присоедините стеклянную трубку, оканчивающуюся капилляром.

Подготовьте палладиевую бумажку, смоченную каплей воды, и пробирку с раствором $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Нагрейте

колбу с серной кислотой и, поворачивая немного кран капельной воронки, по каплям приливайте муравьиную кислоту. Держите над трубкой палладиевую бумажку и наблюдайте ее почернение. После этого подожгите выделяющуюся окись углерода. Потушите пламя, прикасаясь к нему стеклянной пластинкой. Поверните отводную трубку на 180° и опустите ее в пробирку с раствором комплексного соединения серебра. Наблюдайте выпадение черного осадка.

Составьте уравнение получения окиси углерода, реакции ее сжигания и окисления хлоридом палладия и $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. На какие химические свойства CO указывают последние три реакции?

Опыт 10. Восстановление хлоридом олова

В микропробирку с 3 каплями раствора нитрата висмута добавьте 3 капли раствора едкого натра. Что образуется? Составьте уравнение реакции. В другую пробирку налейте 3 капли раствора хлорида олова и добавляйте по каплям раствор едкого натра до тех пор, пока выпавший осадок не растворится (образование $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4]$). Вылейте раствор из второй пробирки в первую и наблюдайте образование черного осадка металлического висмута. Составьте уравнение реакции.

Опыт 11. Окисление Pb^{+2} до Pb^{+4}

В микропробирку налейте 3 капли раствора ацетата свинца, 3—4 капли раствора хлорной извести CaOCl_2 и нагрейте. Наблюдайте образование черно-бурого осадка PbO_2 . Составьте уравнение реакции.

Е. СОЛИ ОЛОВА И СВИНЦА (II)

Опыт 12. Сульфиды SnS и PbS

В микропробирках обменными реакциями соли олова и свинца и сероводородной воды (п о д т я г о й!) получите их сульфиды. Отметьте цвета осадков и составьте уравнения реакций.

Опыт 13. Сульфат, хромат и гидроксикарбонат свинца

В 3 микропробирки налейте по 4 капли раствора ацетата свинца и добавьте к одной равный объем раствора серной кислоты, к другой — раствор хромата калия и к третьей —

раствор соды. Наблюдайте образование осадков. Составьте уравнения реакций, учтя, что при образовании осадка в третьей пробирке происходит гидролиз и получается основная соль карбоната свинца. Где в технике используется $(PbOH)_2CO_3$?

Ж. СВОЙСТВА ДВУОКИСЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ

Опыт 14. Тушение с помощью двуокиси углерода

В стакан емкостью 100 мл медленно пропускайте из аппарата Киппа двуокись углерода. В другой такой же стакан бросьте кусочек ваты, смоченной несколькими каплями спирта. Длинной лучиной подожгите вату и в этот стакан «вылейте» двуокись углерода из другого стакана. Что происходит? Составьте уравнение реакции получения CO_2 . Почему в аппарате Киппа рекомендуют на мрамор действовать соляной, а не серной кислотой?

Опыт 15. Адсорбционные свойства силикагеля

Маленькую колбу наполните на $\frac{1}{3}$ объема водой, закройте пробкой с хлоркальцевой трубкой и нагрейте до кипения. Бросьте в трубку полоску синей кобальтовой бумаги, которая быстро приобретает розовый цвет.

Замените хлоркальцевую трубку другой, наполненной силикагелем (рис. 75), сверху положите полоску кобальтовой бумаги. Происходит ли изменение окраски бумаги? Какими свойствами обладает силикагель? Где его применяют?

Опыт 16. Окислительные свойства двуокиси свинца

В микропробирку налейте 4 капли раствора азотной кислоты, каплю раствора иодида калия и бросьте несколько крупинок двуокиси свинца. Подогрейте слегка пробирку

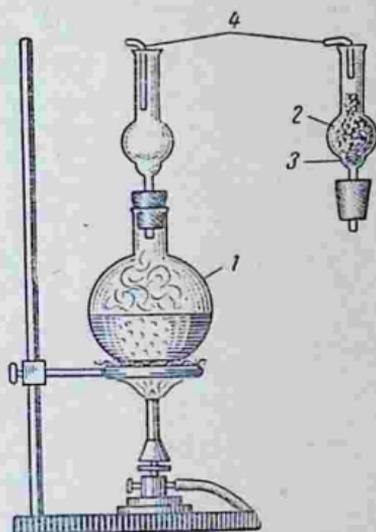


Рис. 75. Поглощение паров воды адсорбентом:

1 — колба с кипящей водой;
2 — силикагель; 3 — кобальтовая бумага; 4 — кобальтовая бумага

и наблюдайте побурение раствора. Опытным путем установите, что в растворе образовался элементарный иод. Составьте уравнение реакции.

Перечислите, в каких процессах PbO_2 применяется в качестве окислителя?

3. КАРБОНАТЫ И СИЛИКАТЫ

Опыт 17. Взаимодействие карбонатов и силикатов с кислотами

В 2 микропробирки налейте по 10 капель раствора соляной кислоты и всыпьте немного порошкообразной соды и мела. Наблюдайте «шипение» раствора. Составьте уравнения реакций. Все ли карбонаты разлагаются при взаимодействии с кислотами?

В микропробирку налейте 8 капель раствора метасиликата натрия и равный объем раствора соляной кислоты. Выпадает осадок кремниевой кислоты в виде белых хлопьев. Составьте уравнение реакции.

Опыт 18. Отношение карбонатов и гидрокарбонатов к прокаливанию

В сухую пробирку насыпьте около 1 г карбоната натрия и закройте пробкой с газоотводной трубкой, опустив последнюю в пробирку с известковой водой. Пробирку с карбонатом натрия нагревайте в пламени горелки и установите, происходит ли помутнение известковой воды. Замените пробирку с карбонатом натрия пробиркой с гидрокарбонатом натрия и нагрейте. Что происходит? Составьте два уравнения реакций. Карбонаты каких металлов практически не разлагаются при нагревании?

Опыт 19. Гидролиз карбонатов и силикатов

По одной капле растворов Na_2CO_3 и Na_2SiO_3 нанесите на красную лакмусовую бумажку. Наблюдайте изменения и составьте уравнения реакций. Какая соль гидролизуеться в большей степени, Na_2CO_3 или Na_2SiO_3 , и почему?

Опыт 20. Определение сортности стекла

Получите у преподавателя для испытания образец стекла вес которого 1 г. Запишите в журнал номер образца. Высыпьте образец в колбочку, прилейте 25 мл воды и закройте колбочку пробкой с длинной трубкой (60 см), выполняющей роль холодильника для паров воды.

Укрепите колбочку в лапке штатива и нагрейте на асбестовой сетке до кипения. Кипятите на маленьком пламени в течение 20 мин (пары воды не должны уходить из трубки наружу!). После охлаждения прилейте в колбу каплю раствора фенолфталеина: раствор окрасится в розовый цвет. Наполните бюретку 0,01 н. раствором соляной кислоты до нулевой метки по нижнему мениску. Осторожно, по каплям, приливайте кислоту в колбочку до тех пор, пока розовый раствор не обесцветится. Отметьте объем раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование, с точностью до $\pm 0,02$ мл. Определите сортность стекла.

Сорт стекла	Количество 0,01 н. раствора HCl, израсходованного на титрование 25 мл водной вытяжки, мл
Неизменяемые	0—0,32
Устойчивые (резистентные)	0,32—0,65
Твердые аппаратные	0,65—2,80
Мягкие аппаратные	2,80—6,50
Простые (оконное, бутылочное)	Свыше 6,50

Опыт 21. Получение легкоплавкого стекла

В ступке тщательно перемешайте 1 г двуокиси кремния и 3 г окиси свинца. $\frac{3}{4}$ данной смеси высыпьте в тигель, поместите последний в фарфоровый треугольник и сильно накалите на пламени горелки, пока не образуется однородная жидкая масса. Тигельными щипцами захватите тигель и, наклонив его над листом асбеста, вылейте по каплям. Стекло застывает в виде прозрачных капель. Составьте уравнение реакции.

Опыт 22. Покрытие глиняного черепка глазурью

На кусочек глиняного черепка поместите часть смеси, полученной в предыдущем опыте, и накаливайте в пламени

горелки. Через некоторое время черепок покрывается гла-
зурью.

Опыт 23. Определение процентного содержания связанной CO_2 в карбонате

Соберите прибор для анализа (рис. 76). В ванну на $\frac{1}{3}$ ее объема налейте 10%-ный раствор NaCl ; тем же раствором наполните цилиндр емкостью 250 мл, закройте его стеклом и опрокиньте в ванну.

В колбу налейте 30—40 мл 10%-ного раствора соляной кислоты, тщательно вытрите жгутом фильтровальной бумаги

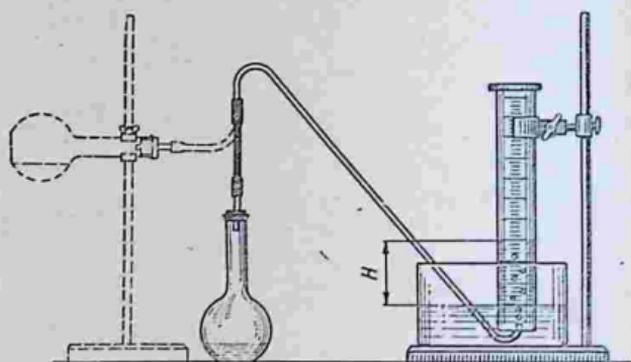


Рис. 76. Прибор для анализа карбонатов

внутренние стенки горла колбы. Закрепите колбу в штативе в горизонтальном положении (см. пунктир на рис.). Получите у преподавателя таблетку спрессованного карбоната и взвесьте с точностью $\pm 0,01$ г. Таблетку положите на внутреннюю стенку горла колбы, закройте колбу пробкой и подведите конец отводной трубки под цилиндр в ванне. Если перевести колбу в вертикальное положение, таблетка упадет в раствор кислоты. Выделяющаяся при этом двуокись углерода будет собираться в цилиндре. После прекращения выделения пузырьков газа отметьте объем выделившегося газа и высоту столба жидкости в цилиндре от уровня ее в ванне. Запишите температуру воздуха и барометрическое давление. По полученным данным рассчитайте процентное содержание связанной CO_2 в карбонате. Отчет сдайте преподавателю.

Анализ карбоната. Таблетка №

Вес таблетки, г	Объем газа, мл	t , °C	Барометри- ческое давле- ние p , мм рт. ст.	Высота уровня жидкости H , мм	Давление водяного пара h

Содержание CO_2 в карбонате%

И. ДИСУЛЬФИДЫ И ТЕТРАГАЛИДЫ

О п ы т 24. Получение «золотого порошка» дисульфида олова

Нагрейте (п о д т я г о й!) муфельную печь до 700°C . Смешайте в ступке 1 г SnS , 0,5 г S и 0,6 г NH_4Cl . Смесь ссыпьте в фарфоровый тигель, закройте крышкой и тигельными щипцами перенесите в нагретую муфельную печь. Через 10—15 мин тигель выньте из печи и после охлаждения рассмотрите образовавшееся вещество (SnS_2), напоминающее по внешнему виду золото. Как называется это вещество в технике и где оно применяется?

О п ы т 25. Гидролиз соединений

В вытяжном шкафу рассмотрите склянки с CCl_4 , SiCl_4 и SnCl_4 .

Почему эти вещества при обычных условиях жидкие? Являются ли они электролитами? Что можно сказать о типе химической связи в молекулах этих веществ? Откройте пробки этих склянок: что наблюдается? За счет какого процесса происходит образование дыма? Составьте уравнения реакций. Почему CCl_4 не гидролизует парами воды, содержащимися в воздухе?

ЭЛЕМЕНТЫ VA-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

В VA-группу входят элементы: азот, фосфор, мышьяк, сурьма и висмут.

А. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ СВОЙСТВА

О п ы т 1. Получение азота и его свойства

В колбу налейте 10 мл 10%-ного раствора нитрита натрия и всыпьте 1 г хлорида аммония. Колбу укрепите в лапке штатива. В ванну наполовину ее объема налейте воду и погрузите в нее цилиндр, также наполненный водой. Под цилиндр подведите конец стеклянной трубки, соединенной с отводной трубкой колбы. Нагревайте колбу на маленьком огне и наполните выделяющимся газом цилиндр. Закройте цилиндр стеклом и выньте его из ванны. Внесите в него горящую лучину. Что происходит? Составьте уравнение реакции получения азота. Какие элементарные вещества легче всего окисляются азотом? Как называются такие соединения?

О п ы т 2. Окисление фосфора азотной кислотой

Немного красного фосфора поместите в микропробирку, прилейте 10 капель концентрированной азотной кислоты и нагревайте (п о д т я г о й!) до тех пор, пока не прекратится реакция (как это определить?). Напишите уравнение реакции, а полученный продукт оставьте для оп. 16.

О п ы т 3. Растворение висмута в концентрированной азотной кислоте

Кристалл висмута в микропробирке нагревайте (п о д т я г о й!) с 8—10 каплями концентрированной азотной кислоты. Напишите уравнение реакции. Раствор оставьте для оп. 15. Почему висмут не растворяется в соляной кислоте? Ответ обосновать.

Б. АММИАК И ЕГО СВОЙСТВА

О п ы т 4. Получение аммиака и его взаимодействие с водой

Смешайте на бумаге около 0,5 г гидроксида кальция с 0,75 г хлорида аммония. Смесь высыпьте в сухую коническую пробирку и закройте пробкой с газоотводной трубкой, опуская ее в стакан с водой так, чтобы конец трубки был на 1—2 мм ниже уровня воды. Нагревайте пробирку в течение 5—6 мин. Трубку тотчас же выньте из воды. Составьте уравнение реакции получения аммиака. В растворе аммиака устанавливается следующее равновесие:



В три микропробирки налейте по 5—6 капель полученного раствора аммиака и по 1 капле раствора фенолфталеина. Почему последний окрашивается в розовый цвет?

Одну из микропробирок медленно нагревайте и сравните окраску раствора с первоначальной. К другому раствору добавьте щепотку хлорида аммония, взболтайте раствор и сравните окраску с первоначальной. На основе вышеуказанного равновесия объясните изменение в окраске растворов.

О п ы т 5. Открытие аммиака

В микропробирку с 3—4 каплями раствора аммиака добавьте 2 капли раствора едкого кали и 2—3 капли реактива Несслера $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$. В присутствии аммиака образуется коричневый осадок или, если в растворе мало аммиака, темно-желтое окрашивание



Это самая чувствительная реакция на аммиак и соли аммония.

О п ы т 6. Получение солей аммония и их разложение

Стеклянную палочку смочите концентрированной соляной кислотой и поднесите к открытой склянке с раствором аммиака. Чем объяснить появление белого дыма? Составьте уравнение реакции.

Несколько кристаллов хлорида аммония положите на крышку фарфорового тигля и (п о д т я г о й!) нагревайте

над пламенем горелки. Остается ли что-нибудь на крышке? Напишите уравнение реакции. Какие продукты получаются при прокаливании этой соли? Укажите 3—4 соли аммония, которые при прокаливании не образуют аммиака? Для одной из них составьте уравнение реакции разложения.

Что представляет собой ион аммония? Чему равна ковалентность и окислительное число азота в этом ионе?

В. АММИАКАТЫ, ИЛИ АММИНЫ

О п ы т 7. Получение аммиакатов

В 2 микропробирки налейте по 3 капли растворов солей кобальта и никеля и по 6—8 капель раствора аммиака. Наблюдайте образование окрашенных комплексных соединений. Составьте уравнения реакций и отметьте цвета комплексных ионов.

Г. СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА — ВИСМУТА С ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ ЧИСЛОМ +3

О п ы т 8. Азотистая кислота

Налейте в микропробирку 8 капель насыщенного раствора нитрита натрия и позади нее поместите белый экран (лист бумаги). Прибавляйте по каплям раствор серной кислоты и наблюдайте голубую окраску раствора, которая быстро исчезает. Составьте уравнение реакции диспропорционирования азотистой кислоты (образование HNO_3 и NO).

О п ы т 9. Гидроксиды сурьмы и висмута

В одну микропробирку налейте 4 капли раствора хлорида сурьмы и в другую столько же нитрата висмута (из оп. 3) и добавляйте в обе по каплям раствор едкого натра. Выпадают осадки гидроксидов (уравнения реакций). Гидроксид сурьмы при добавлении избытка едкого натра растворяется, что указывает на его амфотерность. Напишите уравнение реакции.

О п ы т 10. Сульфиды мышьяка, сурьмы и висмута

В три микропробирки налейте по 4 капли растворов — в одну хлорида мышьяка, в другую — сурьмы и в третью висмута и прибавьте по 1 капле концентрированной соляной

кислоты и по 5—6 капель сероводородной воды. Наблюдайте образование окрашенных осадков. Составьте уравнения реакций и отметьте цвета осадков.

Опыт 11. Флотация сульфида сурьмы

В цилиндр емкостью 50 мл налейте 25 мл воды и всыпьте тщательно растертую в ступке смесь, состоящую из 0,5 г сульфида сурьмы и 2,5 г песка. Закройте цилиндр притертой пробкой и содержимое взболтайте. Через 2—3 мин внимательно рассмотрите полученную систему. Влейте в цилиндр 2 мл смеси льняного масла и скипидара (1 : 3), тщательно взболтайте в течение 1 мин, дайте отстояться и сравните результат наблюдения с предыдущим. Дайте объяснение. Чем отличается сульфид сурьмы от песка?

Опыт 12. Гидролиз трихлоридов

В 3 микропробирки налейте по 10 капель воды и добавьте по 2 капли в первую PCl_3 , во вторую — раствора хлорида сурьмы, а в третью — раствора хлорида висмута. Во второй и третьей пробирках выпадают белые осадки хлоридов стибдила и висмутила. В первую пробирку добавьте каплю раствора метилового оранжевого: что происходит? Составьте уравнения реакций. К каким классам соединений следует отнести PCl_3 , SbCl_3 и BiCl_3 ? Что произойдет с осадками, если к ним добавить несколько капель концентрированной соляной кислоты? Проверьте сделанные предположения.

Опыт 13. Восстановительные свойства фосфита, нитрита и арсенита

В микропробирку налейте 3 капли раствора фосфита натрия, 2 капли раствора соляной кислоты и 2 капли раствора хлорида ртути и нагрейте пробирку. Что получается?

Налейте в микропробирку 3 капли раствора перманганата калия, 2 капли раствора серной кислоты и добавляйте по каплям раствор нитрита калия до обесцвечивания.

В микропробирку с 3—4 каплями раствора арсенита натрия добавьте 2—3 капли раствора гидрокарбоната натрия и по каплям — раствор иода, который при этом обесцвечивается.

Составьте все уравнения реакций.

Опыт 14. Окислительные свойства нитрита

На фарфоровую пластинку поместите по 2 капли растворов иодида калия, серной кислоты и нитрита калия: смесь окрашивается в бурый цвет. Составьте уравнение реакции.

Опыт 15. Комплексное соединение висмута

К 3 каплям раствора соли висмута добавьте 2—3 капли раствора иодида калия: выпадает черный осадок. Прибавляйте по каплям избыток раствора иодида калия до растворения осадка и получения растворимого комплексного соединения желто-оранжевого цвета. Составьте уравнения реакций. Добавляйте к полученному раствору воду и наблюдайте, что происходит. Дайте объяснение.

Д. СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА — ВИСМУТА С ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ ЧИСЛОМ +5

Опыт 16. Открытие азотной и фосфорной кислот

На фарфоровую пластинку нанесите 2 капли азотной кислоты и прибавьте каплю раствора дифениламина (C_6H_5)₂NH: раствор окрашивается в темно-синий цвет. Реакцией оп. 15 работы XIX докажите, что в оп. 2 была получена фосфорная кислота.

Опыт 17. Окислительные свойства азотной кислоты

В колбу Вюрца прибора, показанного на рис. 74, поместите 5—6 стружек металлической меди, а в капельную воронку влейте 30 мл раствора азотной кислоты. Нагревайте колбу (под тягой!), а выделяющийся газ соберите в цилиндр, наполненный водой. Составьте уравнение реакции. Когда весь цилиндр будет наполнен газом (какого цвета?), закройте его стеклянной пластинкой и, перевернув, поставьте на стол. Откройте цилиндр и наблюдайте образование бурого газа. Вновь закройте цилиндр стеклом и опрокиньте его в ванну с водой. Отнимите пластинку от цилиндра и, слегка покачивая его, наблюдайте втягивание воды в цилиндр. Почему это происходит? Составьте уравнение реакции.

Маленькую фарфоровую чашку поставьте на асбестовую сетку (под тягой!) и влейте в нее по 15 капель концентрированной серной и азотной кислоты. Нагревайте чашку

на горелке (поставьте перед чашкой прозрачный экран) и в нагретую смесь кислот пипеткой по капле прибавляйте скипидар, который вспыхивает и горит коптящим пламенем.

Опыт 18. Окислительные свойства нитрата и висмутата

Несколько кристаллов нитрата натрия растворите в 5 каплях воды, добавьте 3—4 капли раствора едкого натра, всыпьте немного порошка алюминия или цинка и нагрейте раствор до кипения (п о д т я г о й!). Осторожно по запаху определите газ, выделяющийся при реакции. Составьте уравнение реакции.

Сухую пробирку зажмите в лапке штатива в вертикальном положении (п о д т я г о й!) и поместите в нее 2 г нитрата калия. Расплавьте соль, внесите в нее накаленный кусок угля и тотчас же поставьте перед собой защитный прозрачный экран. Бросьте в пробирку кусок серы и наблюдайте интенсивное горение. Как называется в технике смесь, состоящая из 77% селитры, 12% угля и 11% серы? Составьте приближенное уравнение горения этой смеси.

В микропробирку налейте 3 капли раствора нитрата марганца, 2 капли раствора азотной кислоты и всыпьте на кончике шпателя немного порошкообразного висмутата натрия. Нагрейте пробирку, дайте отстояться и наблюдайте малиновую окраску раствора. Составьте уравнение реакции.

Опыт 19. Гидролиз солей фосфорных кислот

На бумагу, пропитанную раствором универсального индикатора, нанесите по капле растворов фосфата, гидрофосфата и дигидрофосфата натрия и по окраске и шкале определите значение рН. Для какой соли рН имеет максимальное значение? Составьте уравнения реакций.

Опыт 20. Отличие анионов орто-, мета- и пирофосфорных кислот

В 2 микропробирки налейте по 3—4 капли раствора ортофосфата натрия и к одной прилейте 3 капли раствора нитрата серебра, а к другой 3—4 капли раствора яичного белка. Наблюдайте, что происходит. Проведите аналогичные опыты с раствором метафосфата и пирофосфата натрия. Составьте уравнения реакций. Как отличить данные анионы друг от друга?

Опыт 21. Перевод фосфорита в растворимое соединение

В коническую пробирку всыпьте около 1 г фосфоритной муки $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, прилейте 2 мл 50%-ного раствора серной кислоты и прокипятите смесь в течение 1—2 мин. Прибавьте 2 мл воды и тщательно размешайте шпателем. Раствор с осадком отцентрифугируйте и слейте центрифугат в другую пробирку. Определите наличие в растворе аниона фосфорной кислоты. Как это сделать? Составьте все необходимые уравнения реакций.

Опыт 22. Открытие иона мышьяковой кислоты

В микропробирку налейте 5—6 капель раствора арсената натрия и 3 капли нитрата серебра. Образуется осадок арсената серебра шоколадного цвета. Составьте уравнение реакции.

РАБОТА XXVIII

ЭЛЕМЕНТЫ VIA-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

К VIA-группе относятся элементы: кислород, сера, селен, теллур и полоний.

А. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ СВОЙСТВА

Опыт 1. Получение кислорода и его окислительные свойства

В сухую пробирку поместите смесь, состоящую из 3 г нитрата натрия и 0,6 г двуокиси марганца, и закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой. В ванну, до половины наполненную водой, погрузите 3 цилиндра емкостью по 100 мл (рис. 77) и подведите под один из них конец газоотводной трубки. Нагревайте пробирку пламенем горелки и заполните выделяющимся кислородом все цилиндры. Составьте уравнение реакции. Закрыв цилиндры стеклянными пластинками, выньте их из ванны и перенесите в вытяжной шкаф.

Железной ложечкой для сжигания возьмите немного порошкообразной серы, нагрейте горелкой до воспламенения серы (обратите внимание на интенсивность горения серы!)

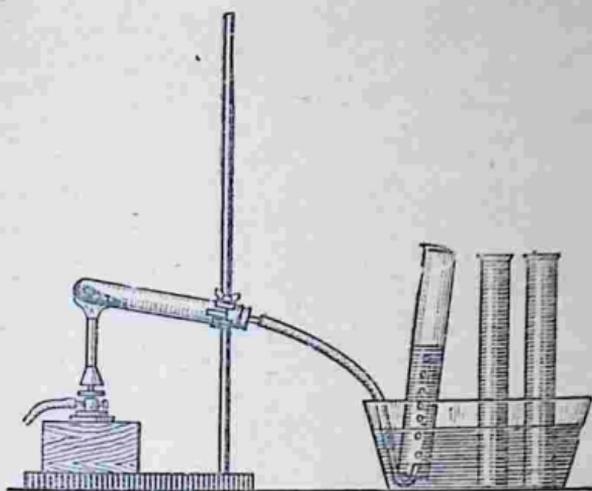


Рис. 77. Прибор для получения кислорода

и опустите ложечку в цилиндр с кислородом. Изменяется ли интенсивность горения серы и почему?

В другую ложечку поместите немного красного фосфора и подожгите его в пламени, а затем опустите в цилиндр с кислородом. Почему сгорание фосфора в кислороде происходит энергичнее, чем в воздухе?

В третьем цилиндре сожгите маленький кусочек натрия. Составьте уравнения всех проведенных здесь реакций сжигания.

Опыт 2. Получение озона и его свойства

В одну пробирку налейте 5 мл воды; в другую — 5 мл воды, 5 капель раствора иодида калия и 2 капли раствора крахмала; в третью — 3 мл воды, 1 мл раствора нитрата свинца и 10 капель раствора едкого натра; в четвертую — 3 мл раствора краски индиго.

В колбу прибора, показанного на рис. 78, всыпьте 2 г персульфата аммония, влейте 10 мл концентри-

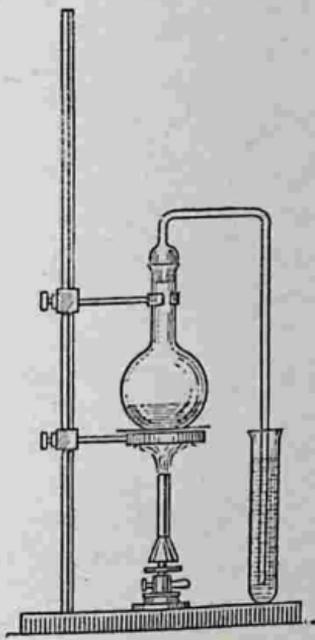


Рис. 78. Прибор для получения озона

рованной азотной кислоты и закройте колбу трубкой со шлифом. Нагревайте колбу на маленьком пламени и пропускайте выделяющийся озон в пробирку с иодидом калия, пока раствор в ней не окрасится в синий цвет. Тотчас же эту пробирку выньте и опустите конец отводной трубки на 2—3 сек в пробирку с водой (промыть трубку!), затем в пробирку с белым осадком гидроксида свинца: осадок становится бурым. Выньте пробирку, промойте конец трубки водой, подведите под нее пробирку с раствором индиго и пропускайте озон до изменения синей окраски на светло-желтую.

Образование озона протекает согласно следующему уравнению



Составьте уравнения реакций окисления озоном иодида калия и гидроксида свинца. Какое значение озон имеет в технике?

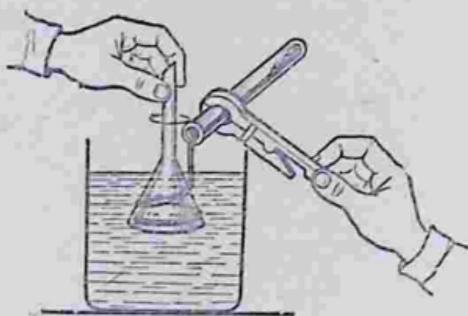


Рис. 79. Выливание расплавленной серы в воду

воронки, погруженной в стакан с водой, вращая воронку (рис. 79). Захватив верхний конец «шнура» серы тигельными щипцами, вытягивайте ее в тонкие нити. В конце занятия рассмотрите пластическую серу: какие изменения с ней произошли? Какие модификации известны для серы и какая из них наиболее устойчивая?

Опыт 4. Окислительные и восстановительные свойства серы

В сухую микропробирку насыпьте смесь цинка с серой слоем в 1 см. Нагревайте (под тягой!) в пламени дно пробирки: реакция протекает бурно с выделением большого количества тепловой энергии.

Маленький кусочек серы нагревайте в пробирке с 10 каплями концентрированной азотной кислоты до полного

Опыт 3. Получение пластической серы

В сухую маленькую пробирку всыпьте 3—4 г серы и нагрейте ее до кипения (444,5°C, под тягой!). Кипящую серу выливайте тонкой струей на поверхность

растворения серы. Добавьте 3—4 капли раствора хлорида бария и наблюдайте образование белого осадка. Составьте уравнения реакций.

О п ы т 5. Окисление селена кислородом воздуха

Несколько крупинок красного селена поместите на железную пластинку (п о д т я г о й!) и, зажав ее тигельными щипцами, накаливайте в пламени. Селен загорается. Составьте уравнение реакции.

Б. ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КИСЛОРОДА И СЕРЫ

О п ы т 6. Реакция открытия перекиси водорода (металлов)

В микропробирку налейте 4 капли раствора серной кислоты, 5 капель 3%-ного раствора перекиси водорода и 6 капель смеси диэтилового эфира и амилового спирта (1 : 2). Внесите пипеткой каплю раствора дихромата калия и слегка взболтайте содержимое пробирки: верхний спиртово-эфирный слой окрасится в темно-синий цвет (CrO_5). Реакция протекает по уравнению



О п ы т 7. Окислительные и восстановительные свойства пероксидов

В 2 микропробирки налейте по 5 капель раствора перекиси водорода и добавьте в первую 2 капли раствора серной кислоты и каплю раствора иодида калия, а во вторую — 4 капли раствора едкого натра, 4 капли раствора $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ и слегка нагрейте. Что происходит в обеих пробирках? Составьте уравнения реакций и выясните роль перекиси водорода в них.

В коническую пробирку влейте 6—8 капель 30%-ного раствора перекиси водорода и 6 капель раствора серной кислоты. Прибавляйте по каплям концентрированный раствор перманганата калия, который обесцвечивается; одновременно выделяется газ. Установите опытным путем природу газа. Составьте уравнение реакции.

В сухую микропробирку всыпьте немного перекиси натрия и сильно нагревайте. Через 2—3 мин внесите в верхнюю часть пробирки тлеющую лучину. Что происходит?

Составьте уравнение реакции диспропорционирования перекиси натрия. Для каких целей применяют перекись натрия в технике?

О п ы т 8. Обесцвечивание красок

В 3 микропробирки налейте по 5—6 капель растворов красок (метиленовая синь, индиго и др.) и добавьте по 4—5 капель раствора перекиси водорода (если необходимо, нагрейте растворы). Наблюдайте обесцвечивание красок.

О п ы т 9. Получение сероводорода и его восстановительные свойства

Получите у лаборанта таблетку смеси парафина, серы и силикагеля (5 : 3 : 2), положите ее в сухую пробирку и закройте последнюю пробкой с газоотводной трубкой. Подготовьте фарфоровую пластинку и две пробирки, в одной из которых содержится 5 капель раствора перманганата с равным объемом раствора серной кислоты, а в другой — такие же объемы раствора дихромата калия с серной кислотой.

Нагревайте пробирку с таблеткой (под тягой!) и через некоторое время подожгите газ, выделяющийся из газоотводной трубки. Внесите в пламя фарфоровую пластинку и наблюдайте выделение на ее поверхности желтой серы. Опустите конец трубки в пробирку с раствором перманганата (обесцвечивание!), а затем в пробирку с раствором дихромата (раствор окрашивается в мутно-зеленый цвет).

Составьте уравнения реакций сгорания H_2S на воздухе, на поверхности фарфоровой пластинки, окисления перманганатом и дихроматом.

В. СОЛИ СЕРОВОДОРОДНОЙ КИСЛОТЫ (СУЛЬФИДЫ)

О п ы т 10. Обменные реакции образования сульфидов

В 5 микропробирок налейте по 4 капли растворов: в одну — соли цинка, в другую — кадмия, в третью — марганца, в четвертую — сурьмы и в пятую — свинца и добавьте в каждую по 3 капли раствора сульфида аммония. Отметьте цвета выпавших осадков. Составьте уравнения.

В 2 микропробирки налейте по 4 капли растворов солей: в одну — марганца, в другую — свинца и добавьте (под тягой!) по 5 капель сероводородной воды. Почему осадок образуется только в одной пробирке?

Опыт 11. Получение сульфида восстановлением

Около 0,5 г смеси сульфата натрия с углем поместите в углубление куска кокса и сплавляйте паяльной трубкой, конец которой помещен в восстановительное пламя (см. рис. 51). «Плав» перенесите в фарфоровую чашку, растворите в небольшом количестве воды и отберите с помощью капилляра полученный раствор. Как доказать, что в растворе присутствуют ионы S^{2-} ? Прodelайте соответствующий опыт. Составьте два уравнения реакций.

Опыт 12. Получение полупроводникового материала

В сухую пробирку поместите 2 г смеси, состоящей из равных весовых количеств Cu_2S и PbS , и нагревайте в паяльной горелке до плавления ($550^{\circ}C$). Расплавленную смесь медленно вылейте на метлахскую плитку. При выливании смесь затвердевает в виде палочки, напоминающей по блеску металл. Убедитесь, что «палочка» проводит электрический ток, для чего в цепь включите источник тока (батарейку, гальванический элемент), миллиамперметр и палочку полупроводникового вещества.

Г. СЕРНИСТАЯ, СЕЛЕНИСТАЯ КИСЛОТЫ И ИХ СОЛИ

Опыт 13. Двуокись серы и сернистая кислота

Соберите прибор по рис. 80 в вытяжном шкафу. В колбу Вюрца 1 всыпьте 15 г сульфита натрия, а в капельную воронку 2 влейте 15 мл концентрированной серной кислоты. К отводной трубке колбы присоедините промывную склянку с концентрированной серной кислотой 3 (осушка газа). К промывной склянке присоедините U-образную трубку 4, помещенную в стакан с охлаждающей смесью 5 из льда и поваренной соли (температура смеси должна быть равной $-12^{\circ}C$). Наконец, к U-образной трубке присоедините промывную склянку с 10—12 мл воды 6.

Приливайте из капельной воронки по каплям серную кислоту в течение 10—15 мин. В U-образной трубке получается жидкая двуокись серы, с которой проделайте следующие опыты.

На прямоугольный кусок фанеры налейте 5 капель воды и поставьте на нее маленький сухой стакан, в который влейте немного жидкой двуокиси серы. Стакан примерзает к фанере. Почему?

Вылейте часть жидкой двуокиси серы в сухой цилиндр и после испарения последней внесите в него горящую лучину. Что наблюдается?

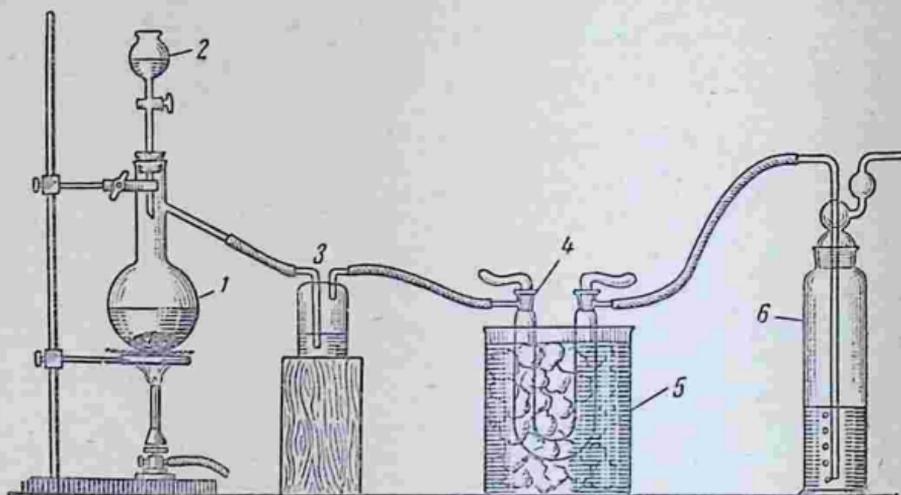


Рис. 80. Прибор для получения двуокиси серы:

1 — колба Вюрца; 2 — капельная воронка; 3 — промывная склянка; 4 — U-образная трубка; 5 — стакан с охлаждающей смесью; 6 — склянка Дрек-селя с водой

Опыт 14. Восстановительные свойства сернистой кислоты

Из раствора сернистой кислоты, полученной в промывной склянке (оп. 13), отберите по 5 капель в 3 микропробирки и добавьте в одну 3 капли раствора йода, в другую — 3 капли раствора перманганата калия и в третью — 3 капли раствора селенистой кислоты. Какие изменения произошли в растворах? Составьте уравнения реакций.

Что является более сильным восстановителем — сернистая или селенистая кислота? Можно ли вместо сернистой кислоты использовать ее соли в качестве восстановителей? Проведите одну из таких реакций.

Опыт 15. Обесцвечивание красок

К 10 каплям раствора сернистой кислоты прилейте 4 капли раствора фуксина. Полученный раствор разделите пополам и одну часть нагрейте до кипения; окраска восстанавливается.

Опыт 16. Получение сульфита бария и его отношение к кислотам

К 6 каплям раствора сульфита натрия, полученного сливанием 4 капель раствора сернистой кислоты и 2 капель раствора едкого натра, прилейте 3 капли раствора хлорида бария. Наблюдайте образование белого осадка, растворимого в соляной кислоте. Напишите уравнения реакций.

Опыт 17. Образование дисульфито- (I) аргентата натрия

К 3—4 каплям раствора нитрата серебра добавляйте по каплям раствор сульфита натрия. Образуется белый осадок, растворимый в избытке добавляемого сульфита. Составьте уравнения реакций.

Д. СЕРНАЯ КИСЛОТА, СУЛЬФАТЫ И ИХ СВОЙСТВА

Опыт 18. Гидратация серной кислоты

В пробирку с 2 мл воды после измерения ее температуры прилейте 1 мл концентрированной серной кислоты. Осторожно перемешайте раствор термометром и установите максимальную температуру. Почему происходит выделение тепла? Составьте термохимическое уравнение гидратации серной кислоты. Почему нельзя вливать воду в серную кислоту?

Опыт 19. Обугливающее действие серной кислоты

В коническую пробирку всыпьте 1 г сахарной пудры, смочите 10 каплями воды, влейте 1 мл концентрированной серной кислоты и смесь перемешайте стеклянной палочкой. Через некоторое время наблюдайте обугливание сахара ($C_{12}H_{22}O_{11}$) и вспучивание образовавшейся угольной массы. Можно ли наблюдаемые реакции выразить соответствующими уравнениями?

На куске фильтровальной бумаги стеклянной палочкой, смоченной концентрированной серной кислотой, напишите формулу H_2SO_4 и нагрейте бумагу, держа ее над пламенем горелки: происходит обугливание в местах, смоченных серной кислотой.

Опыт 20. Окислительное действие серной кислоты

На маленькую стружку меди подействуйте концентрированной серной кислотой при нагревании (под тягой!). Осторожно по запаху определите газ, выделяющийся при реакции. Составьте уравнение. Почему медь не растворяется в разбавленной серной кислоте?

Опыт 21. Открытие аниона SO_4^{2-}

К раствору серной кислоты добавьте раствор хлорида бария; выпадает белый осадок, который не растворяется в концентрированной соляной кислоте (отличие от BaSO_3).

Проделайте аналогичный опыт с раствором нитрата свинца. Как отличить PbSO_4 от BaSO_4 ?

Е. СОЛИ СЕЛЕНОВОЙ КИСЛОТЫ (СЕЛЕНАТЫ)

Опыт 22. Селенаты бария и свинца

Аналогично предыдущему опыту обменными реакциями получите селенаты бария и свинца. Отметьте их цвет и составьте уравнения реакций. Отличаются ли селенаты данных металлов от сульфатов?

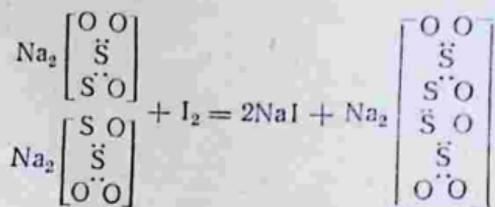
Ж. ТИОСЕРНАЯ КИСЛОТА И ТИОСУЛЬФАТЫ

Опыт 23. Неустойчивость тиосерной кислоты

К 5 каплям раствора тиосульфата натрия добавьте равный объем серной кислоты. Наблюдайте помутнение раствора и выпадение светло-желтого осадка серы. Составьте уравнение реакции. Почему тиосерная кислота неустойчива?

Опыт 24. Восстановительные свойства тиосульфата

К желто-бурому раствору иода прибавляйте по каплям раствор тиосульфата натрия до обесцвечивания. Тиосульфат-ион окисляется в тетраионат-ион:



Чему равен эквивалент тиосульфата натрия из данной реакции?

В микропробирку налейте 5 капель хлорной воды (проверить по запаху!) и добавьте равный объем раствора тиосульфата натрия: сохраняется ли запах хлора? Составьте уравнение реакции, учтя, что тиосульфат-ион окисляется до сульфат-иона. Почему тиосульфат называют «антихлором»?

Опыт 25. Растворение бромида серебра

В микропробирке смешайте по 3 капли раствора нитрата серебра и бромида калия. К выпавшему осадку прибавляйте до его растворения раствор тиосульфата натрия. Составьте уравнение реакции образования дитиосульфато-(I) аргентата натрия. Где используется данная реакция?

3. ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПЕРСУЛЬФАТОВ

Опыт 26. Окисление ионов I^- и Mn^{2+}

В пробирку налейте 5—6 капель раствора иодида калия и прибавьте несколько кристаллов персульфата калия. Раствор окрашивается в желтый цвет. Составьте уравнение реакции (ион $S_2O_8^{2-}$ принимает два электрона и переходит в $2SO_4^{2-}$).

В микропробирку налейте 6—8 капель раствора азотной кислоты, 2 капли раствора сульфата марганца, каплю раствора нитрата серебра (катализатор) и всыпьте несколько кристаллов персульфата калия. Раствор нагрейте до кипения: он принимает окраску, свойственную ионам MnO_4^- .

РАБОТА XXIX

ЭЛЕМЕНТЫ VIIA-ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

В VIIA-группу входят элементы: водород, фтор, хлор, бром, иод и астат.

А. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ СВОЙСТВА

Опыт 1. Получение и горение водорода

Откройте кран аппарата Киппа и подожгите выделяющийся водород, накрыв пламя сухим стаканом. Что образуется на внутренних стенках стакана? Уравнения реакций.

Заполните цилиндр емкостью 100 мл водой и опрокиньте его в ванну с водой. Подведите под цилиндр трубку от аппарата Киппа и наполните его водородом на $\frac{2}{3}$ объема; остальную часть цилиндра наполните кислородом из газометра. Закройте цилиндр стеклом, поднесите его к пламени горелки, быстро снимите стекло и подожгите смесь газов. Как называется эта смесь газов? Будет ли взрываться водород с кислородом, если последнего в смеси 10 об. %?

Опыт 2. Сравнение восстановительной активности атомарного и молекулярного водорода

В пробирку влейте 6 мл раствора серной кислоты и 2 капли раствора перманганата калия. Раствор разлейте в две пробирки. В одну из них бросьте маленький кусочек цинка. В другую медленно пропускайте водород из аппарата Киппа, предварительно очищаемый в промывной склянке с окислительной смесью. В какой из пробирок происходит обесцвечивание раствора и почему?

Опыт 3. Получение хлора и его свойства

В колбу Вюрца (см. рис. 74) всыпьте 3г кристаллического перманганата калия, а в капельную воронку налейте 16 мл концентрированной соляной кислоты (под тягой!). Конец газоотводной трубки опустите в цилиндр. Приливайте кислоту в колбу и следите за наполнением цилиндра зеленым газом (за цилиндром поставьте белый экран). После наполнения первого цилиндра отводную трубку опустите в следующий цилиндр. Заполните хлором 3 цилиндра, а затем отводную трубку опустите в стакан с 25 мл воды.

В один из цилиндров шпателем сбросьте немного порошка сурьмы, в другой — железные опилки, накалинные на железной пластинке, а в третий опустите полоску фильтровальной бумаги, смоченной скипидаром. Что наблюдается во всех цилиндрах? Составьте уравнения реакций получения хлора и его взаимодействия с сурьмой, железом и скипидаром $C_{10}H_{16}$. Какие свойства проявляет хлор в данных реакциях?

Опыт 4. Получение брома и иода

В одну микропробирку внесите немного смеси твердого бромиды калия и двуокись марганца, в другую — смеси твердого иодида калия и двуокиси марганца и влейте в обе

пробирки (под тягой!) по 6—8 капель концентрированной серной кислоты. Что выделяется в обеих пробирках? Составьте уравнения реакций.

Опыт 5. Растворимость брома и иода

Налейте в 2 микропробирки по 6 капель воды и добавьте в одну каплю брома, а в другую — кристалл иода. Растворяется ли заметно иод в воде? Добавьте в пробирку с иодом несколько кристаллов иодида калия и наблюдайте повышенные растворимости иода (почему?). В каждую из пробирок влейте по 6 капель бензола (хлороформа, сероуглерода), взболтайте. В какой цвет окрашивается бензольный слой в обеих пробирках?

Опыт 6. Сравнительная окислительная активность галогенов

В одну микропробирку налейте 6 капель раствора бромида калия, а в две другие — по 6 капель раствора иодида калия. В первую и вторую пробирки добавьте по 3—4 капли хлорной воды, полученной в оп. 3, а в третью — 3 капли бромной воды. Остаются ли растворы бесцветными? Составьте уравнения реакций. Какой галоген обладает более сильными окислительными свойствами?

Б. ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ГАЛОГЕНОВ И ИХ СВОЙСТВА

Опыт 7. Фтороводород и его свойства

На маленькую стеклянную пластинку (50×50 мм) положите кусок парафина и расплавьте его на огне. После того как парафин застынет, иглой процарапайте на его поверхности формулу HF. В свинцовый тигель (под тягой!) поместите 1 г фторида кальция, влейте из пробирки 3 мл концентрированной серной кислоты и тотчас же закройте стеклянной пластинкой, обращенной парафиновым слоем к отверстию тигля. Через 3—4 мин снимите пластинку, промойте водой, осушите фильтровальной бумагой и снимите парафиновый слой ватой, смоченной бензином. На пластинке заметна выгравированная надпись. Составьте уравнения реакций получения фтороводорода и его взаимодействия со стеклом.

Опыт 8. Получение хлороводорода и соляной кислоты

Налейте в три пробирки по 3—4 мл: в одну — бензола (с у х а я пробирка!), в другую — воды и в третью — раствора едкого натра, к которому добавлена капля раствора фенолфталеина. В пробирку 1 прибора, показанного на рис. 81, всыпьте около грамма хлорида аммония, а в капельную воронку 2 влейте 4 мл концентрированной серной кислоты. Отводную трубку прибора 3 опустите в пробирку с бензолом 4. Приливайте по каплям серную кислоту из капельной воронки и образовавшийся газ в течение 1 мин пропускайте в бензол, а затем столько же времени в воду; после этого отводную трубку опустите в пробирку с окрашенным раствором и пропускайте газ до обесцвечивания.

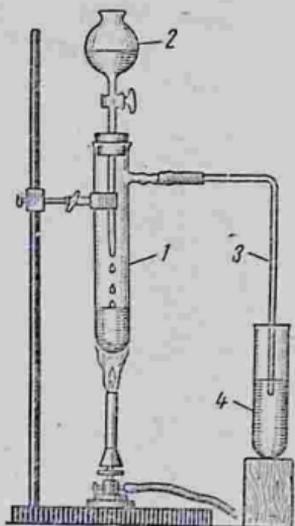


Рис. 81. Прибор для получения хлористого водорода:

1 — пробирка с боковой трубкой; 2 — капельная воронка; 3 — стеклянная трубка; 4 — пробирка с раствором

В пробирку с бензольным и водным раствором HCl опустите по одинаковому кусочку цинка. В обеих ли пробирках происходит выделение водорода? Через некоторое время к бензольному раствору добавьте 10—15 капель воды, взболтайте и наблюдайте выделение газа.

Чем объяснить, что бензольный раствор HCl не обладает свойствами кислоты? К какому типу молекул относятся молекулы HF , HCl , HBr и HI ? Как изменяется полярность молекул в ряду $\text{HF} - \text{HI}$?

Опыт 9. Восстановительные свойства ионов Cl^- , Br^- и I^-

В микропробирку внесите несколько темно-красных кристаллов триоксида хрома и влейте 10 капель концентрированной соляной кислоты (п о д т я г о й!): наблюдайте образование раствора зеленого цвета. Составьте уравнение реакции.

К 5—6 каплям раствора бромистоводородной кислоты добавляйте по каплям раствор перманганата калия, который

обесцвечивается. Составьте уравнение реакции (HBr играет роль восстановителя и среды).

В микропробирке смешайте 2 капли раствора иодида калия с 4 каплями раствора серной кислоты и добавьте каплю раствора дихромата калия: раствор приобретает темно-желтую окраску, принадлежащую элементарному йоду (доказать это на опыте). Составьте уравнение реакции.

Какой из изученных отрицательных ионов галогенов является наиболее сильным восстановителем и почему?

В. ФТОРИДЫ, ХЛОРИДЫ, БРОМИДЫ И ИОДИДЫ

Опыт 10. Реакции с ионами серебра и кальция

В 4 микропробирки налейте по 3 капли раствора нитрата серебра, а в 4 другие по 3 капли раствора нитрата кальция. Скомплектуйте эти пробирки в четыре группы, чтобы в каждой оказались пробирки с тем и другим раствором. В первую группу пробирок добавьте по 2—3 капли раствора фторида калия, во вторую группу — хлорида калия, в третью — бромида калия и в четвертую — иодида калия. В каких пробирках образовались осадки и какого цвета? Составьте уравнения реакций.

Г. ГИПОХЛОРИТЫ И ГИПОБРОМИТЫ

Опыт 11. Получение гипохлорита и гипобромита

Налейте в пробирку 5 мл хлорной воды, полученной в оп. 3, и добавляйте к ней раствор едкого натра до исчезновения запаха хлора. Составьте уравнение реакции диспропорционирования хлора в щелочной среде. Раствор оставьте для следующего опыта.

Аналогично получите гипобромит натрия, прибавляя к раствору брома раствор едкого натра до получения бесцветного раствора. Составьте уравнение реакции.

Опыт 12. Окислительные свойства гипобромита и гипохлорита

К 3 каплям раствора сульфата железа (II) добавьте 2 капли раствора едкого натра и 3—4 капли раствора гипохлорита натрия. Наблюдайте изменение серо-зеленой окраски осадка в буро-желтую. Составьте уравнение реакции.

К 3 каплям раствора сульфата марганца добавьте 2 капли раствора едкого натра (обратите внимание на цвет осадка) и 3 капли раствора гипобромита натрия: осадок буреет. Напишите уравнение реакции.

Небольшое количество твердой хлорной извести обработайте (п о д т я г о й!) в пробирке несколькими каплями концентрированной соляной кислоты. Какой газ выделяется? Составьте уравнение реакции.

Всыпьте твердую хлорную известь в коническую пробирку, прибавьте 2 мл воды, взболтайте смесь и всыпьте несколько кристаллов соли кобальта (катализатор). Тлеющую лучину внесите в пробирку. Какой газ выделяется? Составьте уравнение реакции. К какому типу относится данная реакция?

О п ы т 13. Обесцвечивание красок

В 2 микропробирки налейте по 6—8 капель разных красителей: в одну — метиленовой сини и в другую — фиолетовых чернил; добавьте по несколько капель раствора гипохлорита натрия из оп. 11. Наблюдайте обесцвечивание красителей.

Д. ХЛОРАТЫ И ИОДАТЫ

О п ы т 14. Окисление хлоратом калия

Смешайте в пробирке по 3 капли растворов сульфата железа (II) и серной кислоты, всыпьте 3—5 кристаллов хлората калия и нагрейте до кипения. Установите реакцией, что железо окислилось. Составьте уравнение реакции.

В вытяжном шкафу положите на метлахскую плитку полоску (40×60 мм) фильтровальной бумаги, содержащей нитрат калия. На бумагу поместите 0,73 г порошка хлората калия, 0,17 г порошка серы и 0,1 г порошка борной кислоты и о с т о р о ж н о с помощью полоски бумаги перемешайте эти вещества. Поставьте плитку за прозрачный экран и подожгите «селитреную» фильтровальную бумагу. Что происходит со смесью? Где применяются подобные смеси?

О п ы т 15. Окисление иодида иодатом

В микропробирке смешайте по 3 капли растворов иодида и иодата калия и прилейте несколько капель раствора сер-

ной кислоты; наблюдайте окрашивание раствора в желтый цвет. Что образовалось в растворе? Составьте уравнение реакции.

Е. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ИОДОМЕТРИИ

Иодометрия — метод объемного анализа, в котором основным веществом является элементарный иод. При прямом титровании по объему израсходованного титрованного раствора иода можно определить количество восстановителя. При косвенном методе окислитель заставляют прореагировать с избытком иодида калия, а выделившийся в эквивалентном количестве иод титруют тиосульфатом натрия. Точку эквивалентности определяют с помощью индикатора — крахмала.

О п ы т 16. Определение весового количества дихромата калия в контрольном растворе

Получите у преподавателя мерную колбу с контрольным раствором. Через воронку всыпьте в колбу около 3 г иодида калия и прилейте 20 мл 2 н. раствора серной кислоты: раствор приобретает темно-бурую окраску вследствие выделения элементарного иода. Долейте в колбу воду до метки по верхнему мениску (осторожно, не перелейте!). Закройте колбу пробкой и тщательно взболтайте раствор, переворачивая несколько раз колбу вверх дном.

В бюретку налейте титрованный раствор тиосульфата натрия до нулевой метки по нижнему мениску (если раствор палит выше метки, то лишний объем через кран выпустите в специальный стакан).

Погрузите пипетку емкостью 10 мл в мерную колбу и всасывая ртом, наберите раствор до метки по верхнему мениску. Слейте из пипетки раствор в коническую колбу и титруйте его раствором тиосульфата до бледно-желтой окраски. Затем добавьте в колбу 2 мл раствора крахмала, отчего раствор окрасится в синий цвет, и 20 мл воды. Продолжайте титровать тиосульфатом натрия до тех пор, пока от одной капли раствора из бюретки синий раствор в колбе не обесцветится.

Титрование повторите еще 2—3 раза, чтобы объем израсходованного раствора тиосульфата не отличался при отдельных титрованиях на $\pm 0,02$ мл.

Запись результатов

Мерная колба		Пипетка объем, мл	Объем израсходованного раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл				Концентра- ция раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
№	объем, мл		I	II	III	средний	

Составьте уравнения реакций окисления иодида калия в кислой среде дихроматом калия и определите эквивалент последнего из данной реакции.

По объему и нормальности раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ определите число его грамм-эквивалентов. Так как реакции протекают в эквивалентных количествах, то

$$\text{число } g\text{-эkv } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{числу } g\text{-эkv } \text{I}_2 = \text{числу } g\text{-эkv } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$$

Зная число грамм-эквивалентов $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в объеме пипетки и умножая на $\frac{V_{\text{колбы}}}{V_{\text{пипетки}}}$, определяем число грамм-эквивалентов $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в объеме колбы. Зная величину грамм-эквивалента $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, нетрудно подсчитать число граммов $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в контрольном растворе (вычислить до третьего знака после запятой).

Результаты определения сдать преподавателю.

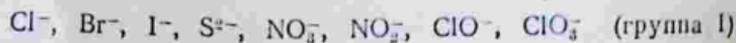
РАБОТА XXX

АНАЛИЗ АНИОНОВ (КИСЛОТНЫХ ОСТАТКОВ)

В анализируемом растворе, полученном у руководителя, может находиться один из следующих анионов: Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , ClO^- , ClO_2^- , F^- , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} , BO_2^- , PO_4^{3-} , PO_3^{2-} , $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, IO_3^- , SeO_4^{2-} .

А. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОБА

К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 3—4 капли раствора нитрата бария. Если осадок не выпадает, то в растворе находится один из возможных анионов:



Если образуется белый осадок, то в растворе содержится один из следующих анионов:



Б. АНАЛИЗ АНИОНОВ УСЛОВНОЙ I ГРУППЫ

К 4 каплям анализируемого раствора прилейте 3 капли раствора нитрата серебра: при выпадении осадка в растворе содержится один из следующих анионов: Cl^- , Br^- , I^- и S^{2-} (дальнейший анализ вести по п. 1). Если осадок не образовался, то в анализируемом растворе содержится один из анионов: NO_3^- , NO_2^- , ClO^- , ClO_2^- (дальнейший анализ вести по п. 2).

1. Если с AgNO_3 образовался черный осадок, то это указывает на наличие иона S^{2-} , что следует подтвердить реакцией раб. III, оп. 3б.

Если же образовавшийся осадок имеет белый или бело-желтый цвет, то возможны ионы Cl^- , Br^- , I^- . Чтобы установить, какой из этих ионов имеется в растворе, следует с новыми порциями анализируемого раствора провести реакцию раб. XXIX, оп. 6 и 10.

2. Если с AgNO_3 осадка не образовалось, то к 4 каплям исследуемого раствора добавьте 2 капли раствора иодида калия и 3 капли раствора серной кислоты. Если цвет раствора не изменился, то в нем может находиться лишь ион NO_3^- , что в новой порции раствора следует подтвердить реакцией раб. XXVII, оп. 16.

Если раствор принял желтую или бурю окраску, то в нем могут содержаться ионы NO_2^- , ClO^- , ClO_2^- . В новых порциях раствора подтвердите наличие иона NO_2^- реакцией раб. XXVII, оп. 13; иона ClO^- — раб. XXIX, оп. 12 и иона ClO_2^- — раб. XXIX, оп. 14.

В. АНАЛИЗ АНИОНОВ УСЛОВНОЙ II ГРУППЫ

К 6 каплям анализируемого раствора добавляйте по каплям раствор иода: в случае обесцвечивания иода дальнейший анализ ведите по п. 3. Если раствор иода не обесцвечивается, то анализ ведите по п. 4.

3. Обесцвечивание раствора иода свидетельствует, что в анализируемом растворе содержатся ионы SO_3^{2-} и $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. В новых пробах раствора подтверждают наличие иона SO_3^{2-} реакцией раб. XXVIII, оп. 16, а иона $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ — реакцией раб. XXVIII, оп. 23.

4. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 3—4 капли раствора соляной кислоты: при наличии иона CO_3^{2-} выделяются мелкие пузырьки газа CO_2 , а ион SiO_3^{2-} образует белый студенистый осадок.

Если при действии HCl не происходит выделения газа и образования студенистого осадка, то анализ ведите по п. 5.

5. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 2—3 капли раствора иодида калия и 3 капли раствора серной кислоты. Если происходит пожелтение или побурение раствора, то в нем содержатся ионы IO_3^- и SeO_4^{2-} . Ион IO_3^- открывают добавлением к анализируемому раствору раствора нитрата серебра (белый осадок), а ион SeO_4^{2-} — с помощью нитрата свинца (белый осадок). Если пожелтения или побурения раствора при добавлении иодида калия не произошло, то анализ ведут по п. 6.

6. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 3 капли раствора нитрата серебра: образование осадка свидетельствует о наличии одного из ионов VO_2^+ , PO_4^{3-} , PO_3^{2-} , $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$. Наличие иона VO_2^+ подтверждают реакцией раб. XXV, оп. 3, а всех остальных ионов — реакцией раб. XXVII, оп. 20. Если же с раствором AgNO_3 осадка не образовалось, то дальнейший анализ ведут по п. 7.

7. К анализируемому раствору добавьте равный объем раствора хлорида кальция: образование белого осадка укажет на наличие иона F^- . При отсутствии осадка в растворе может быть только ион SO_4^{2-} , который в новой порции анализируемого раствора подтверждается реакцией раб. XXVIII, оп. 21.

Составьте полный отчет о ходе проведенного анализа, из которого следовала бы логическая последовательность всех стадий, приведшая к открытию определенного аниона. Отчет сдайте преподавателю.

РАБОТА XXXI

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

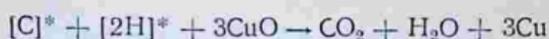
А. ОТКРЫТИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

О п ы т 1. Открытие углерода и водорода

0,2—0,3 г исследуемого вещества смешайте с 1—2 г порошкообразной окиси меди, всыпьте в сухую пробирку, закройте ее резиновой пробкой с газоотводной трубкой,

согнутой под прямым углом. Под пробку поместите комочек ваты, пересыпанный небольшим количеством свеже-прокаленного безводного сульфата меди. Конец газоотводной трубки опустите во вторую пробирку с 3—4 мл баритовой или известковой воды.

Вначале слегка прогрейте в пламени горелки всю пробирку, а затем прокалите ту ее часть, в которой находится анализируемое вещество. Реакция окисления протекает по схеме:

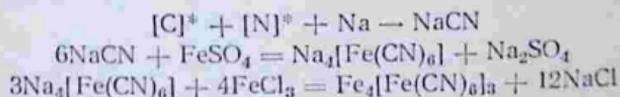


Наличие водорода устанавливается по образованию воды; последняя с бесцветным сульфатом меди образует аквакомплекс $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ голубого цвета. О наличии углерода судят по помутнению баритовой или известковой воды (составьте уравнение реакции).

О п ы т 2. Открытие азота и серы

В сухую пробирку поместите небольшое количество испытуемого вещества и кусочек (размером с маленькую горошину!) металлического натрия. Реакционную смесь нагрейте (под тягой!) в пламени горелки в течение нескольких минут до разложения органического вещества, которое сопровождается вспышкой. Нагретую до слабо-красного каления пробирку опустите в стаканчик с 10 мл холодной воды. Пробирка растрескивается и содержимое растворяется в воде. Щелочной раствор отфильтруйте и разделите на две части.

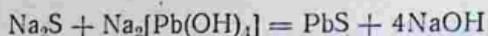
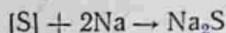
К первой части раствора добавьте 2—3 капли 1%-ного раствора сульфата железа (II) и 2—3 капли раствора хлорида железа (III). Смесь нагрейте в течение 1—2 мин, а затем после охлаждения подкислите 10%-ным раствором соляной кислоты (проверка синей лакмусовой бумагой). При наличии азота раствор окрашивается в синий цвет (образование берлинской лазури). Реакции могут быть представлены схемой и двумя уравнениями:



В пробирку налейте 1 мл раствора нитрата свинца и по каплям раствор едкого натра до полного растворения перво-

* Условное обозначение качественных составных частей органического вещества.

начально образовавшегося гидроксида свинца. Затем в пробирку добавьте несколько капель полученного вначале щелочного раствора. Появление темно-коричневого или черного осадка свидетельствует о наличии серы. Реакции могут быть выражены схемой и уравнением:



Опыт 3. Открытие серы нитропруссидом натрия

В пробирку налейте 1 мл исходного щелочного раствора и добавьте несколько капель нитропруссида натрия $Na_2[Fe(CN)_5NO]$. При наличии серы появляется красно-фиолетовое окрашивание вследствие образования комплексного соединения $Na_3[Fe(CN)_5ONa]$.

Б. ОТКРЫТИЕ ГАЛОГЕНОВ

Опыт 4. Проба Бейльштейна

Зажатую в тигельные щипцы медную проволоку или сетку прокалите в окислительном пламени газовой горелки, пока оно не перестанет окрашиваться в зеленый цвет.

Охладив (проволоку) сетку, смочите ее испытуемым раствором или посыпьте небольшим количеством твердого порошкообразного органического соединения.

Затем снова внесите проволоку в окислительное пламя горелки. При наличии галогена пламя окрашивается в ярко-зеленый цвет (образование летучих галогенных соединений меди).

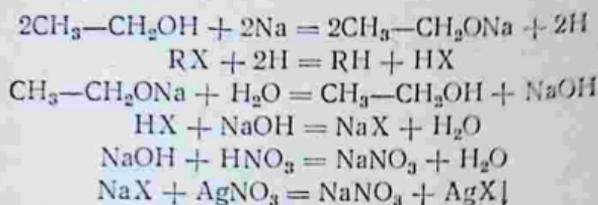
Опыт 5. Проба А. В. Степанова

В пробирку налейте 2—3 мл этилового спирта и растворите в нем несколько капель анализируемого вещества. Если анализируемое вещество твердое, то рекомендуется взять около 0,05—0,1 г. Затем в пробирку бросьте кусочек металлического натрия величиной с маленькую горошину.

После того как весь натрий прореагирует, раствор разбавьте равным объемом дистиллированной воды и в присутствии фенолфталеина нейтрализуйте разбавленной азотной кислотой до исчезновения малиновой окраски. Затем в про-

бирку добавьте несколько капель 10%-ного раствора нитрата серебра. Появление осадка свидетельствует о наличии галогена в органическом соединении.

Метод А. В. Степанова основан на взаимодействии водорода в момент выделения с любым галогенопроизводным независимо от природы радикала, с которым он связан



где X = Cl⁻, Br⁻, I⁻.

РАБОТА XXXII

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СОЕДИНЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ КОНСТАНТ

А. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СОЕДИНЕНИЙ

О п ы т 1. Перекристаллизация бензойной кислоты

Бензойная кислота C₆H₅COOH хорошо растворима во многих органических растворителях, как, например, в ацетоне или этиловом спирте. В воде бензойная кислота растворяется плохо: при 20° С коэффициент ее растворимости составляет 0,29, однако при нагревании до 100° С растворимость ее в воде возрастает приблизительно в 20 раз. Поэтому для перекристаллизации бензойной кислоты лучшим растворителем может служить вода.

Методику проведения перекристаллизации см. в раб. IV, оп. 3.

О п ы т 2. Возгонка нафталина

Нафталин сублимируется при 50° С (760 мм рт. ст.) ниже своей точки плавления (80,3° С). На сухое часовое стекло поместите около 1 г загрязненного нафталина. Стекло поставьте на асбестовую сетку и накройте его сухой стеклянной воронкой. Нагревайте на маленьком пламени горелки. Через 3—4 мин прекратите нагрев, снимите воронку и убедитесь в чистоте возгона нафталина. Возгонившегося на внутренних стенках воронки.

О п ы т 3. Экстракция (извлечение) гидрохинона

В колбе емкостью 100 мл при нагревании растворите 2 г гидрохинона в 40 мл воды. После полного растворения и охлаждения содержимое колбы перенесите в делительную воронку на 100—150 мл. Туда же добавьте 10—15 мл диэтилового эфира. Закрыв воронку пробкой, встряхивайте несколько раз водно-эфирную смесь, придерживая при этом пробку и кран воронки. Затем приоткройте пробку, чтобы выпустить пары эфира.

Для более полного извлечения гидрохинона из водного слоя произведите повторное встряхивание, после чего укрепите воронку в штативе. Через несколько минут наступает четкое разделение водного и эфирного слоев.

Нижний водный слой медленно спустите через кран в стакан, а верхний эфирный слой (вдали от огня) слейте в фарфоровую чашку, которую затем поставьте на водяную, предварительно нагретую баню (тяги), и испарите эфир (температура кипения диэтилового эфира 34,6° С). На дне чашки остается большая часть кристаллического гидрохинона.

Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КОНСТАНТ

О п ы т 4. Определение температуры кипения

Методику проведения опыта см. в раб. I, оп. 2. Получите у преподавателя склянку с жидкостью, температуру кипения которой нужно определить.

О п ы т 5. Определение температуры плавления

Методику проведения опыта см. в раб. I, оп. 1. Вещество для определения температуры плавления получите у преподавателя.

РАБОТА XXXIII

ДРОБНОЕ (ФРАКЦИОННОЕ) РАЗДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Для очистки и разделения многокомпонентных систем широко применяется *фракционная перегонка*. Сущность метода состоит в том, что вещества, подлежащие выделению из сложной смеси, нагреванием переводят в парообразное

состояние. Образующиеся пары охлаждаются, а конденсирующуюся жидкость собирают в приемниках.

При перегонке смесей вначале испаряются более летучие компоненты. Меняя приемники для конденсата, можно разделить систему на ряд фракций по их температурам кипения.

Однако при этом полного разделения на индивидуальные соединения сразу достигнуть невозможно, так как в каж-

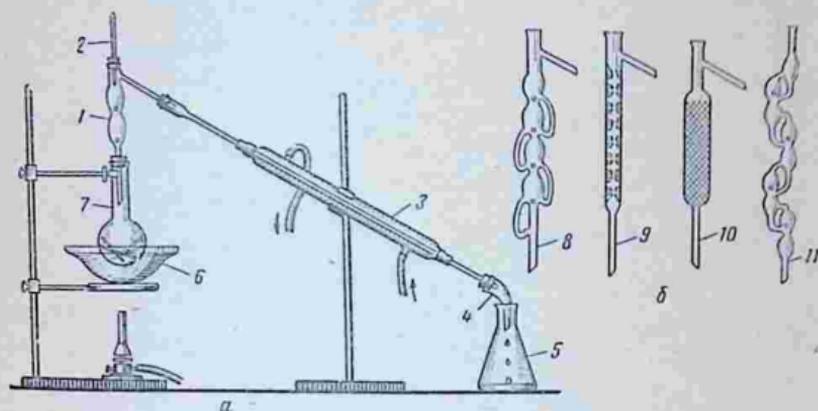


Рис. 82. Перегонка с дефлегматором:

а — установка для перегонки с дефлегматором: 1 — дефлегматор; 2 — термометр; 3 — холодильник Либиха; 4 — алонж; 5 — приемник; 6 — водяная или песчаная баня; 7 — круглодонная колба; 8 — дефлегматоры: 8 — шариковый; 9 — сечечный; 10 — с насадкой; 11 — А. Е. Арбузова

дой фракции обычно содержится некоторое количество и других компонентов, главным образом менее летучих. При многократной повторной перегонке более узких фракций может быть достигнута высокая степень разделения.

Перегонку проводят в специальных установках — ректификационных колоннах, в которых процесс многократного разделения протекает в одном аппарате.

Простейшая лабораторная установка для перегонки показана на рис. 24.

В лабораторных условиях более полное разделение достигается применением специальных приспособлений, называемых *дефлегматорами* (рис. 82). Они предназначены для частичной конденсации паров до их отвода в холодильник; при этом в первую очередь конденсируются соединения с более высокой температурой кипения, которые возвращаются обратно в колбу, вследствие чего паровая фаза обогащается низкокипящими компонентами.

Опыт 1. Дробная перегонка смеси четыреххлористого углерода и толуола

В колбу Вюрца* емкостью 75—100 мл налейте смесь, состоящую из 25 мл толуола и 25 мл четыреххлористого углерода. Туда же поместите несколько запаянных с одного конца капилляров или кусочков пемзы (пористой обожженной глины). Колбу Вюрца поставьте на песчаную баню и прикрепите лапкой к штативу. Отводную трубку соедините через холодильник с приемником.

В горло колбы вставьте термометр; при этом необходимо, чтобы его конец, наполненный ртутью, был погружен в пары отгоняющейся жидкости. В муфту холодильника, прикрепленного лапкой к штативу, пустите небольшой ток воды, соблюдая при этом принцип противотока.

Баню нагревайте на слабом пламени. Вначале температура повышается очень медленно, и лишь после того как пары кипящей смеси достигнут шарика термометра, ртуть быстро поднимется и установится вблизи точки, соответствующей температуре кипения четыреххлористого углерода ($76,5^{\circ}\text{C}$).

Жидкость должна перегоняться со скоростью приблизительно 1—2 капли в секунду. Соберите первую фракцию в пределах $77\text{—}88^{\circ}\text{C}$. Затем замените приемник и соберите вторую фракцию в интервале температур $88\text{—}100^{\circ}\text{C}$. Третью фракцию отгоняйте в интервале от 100 до 111°C (температура кипения толуола 111°C).

В первой фракции содержится главным образом четыреххлористый углерод, во второй — смесь четыреххлористого углерода с толуолом, а в третьей — толуол.

Повторной перегонкой полученных фракций можно добиться еще более полного разделения.

Опыт 2. Определение содержания товарных нефтепродуктов в их смеси методом дробной перегонки

Нефть представляет собой сложную смесь различных углеводородов. Ее подвергают разделению на ряд фракций, которые характеризуются определенным температурным интервалом выкипания. Эти фракции являются исходным сырьем, из которого вырабатываются товарные нефте-

* Если перегонка проводится с дефлегматором, то пользуются круглодонной колбой (рис. 82).

продукты: петролейный эфир, бензин, лигроин, керосин и др. (табл. 11).

Таблица 11

Товарные нефтепродукты

Температурные интервалы выкипания	Название товарного нефтепродукта	Главные компоненты
От начала кипения до 60°	Петролейный эфир	Пентаны, гексаны
> 60 до 100°	Легкий бензин	Гексаны, гептаны
> 100 > 120°	Средний бензин	Гептаны, октаны
> 120 > 170°	Тяжелый бензин	Октаны, нонаны, де- каны
> 170 > 300° С	Керосин	От деканов до тетра- деканов

Дробная перегонка в лабораторных условиях служит для приближенного определения в сырой нефти товарных продуктов.

В перегонную колбу емкостью 100 мл загрузите 50 мл исследуемой смеси и соберите установку, как это описано в оп. 1. В качестве приемника используйте градуированный цилиндр емкостью 50 мл.

Как только первая капля конденсата упадет в приемник, фиксируйте показание термометра. Через каждые 10° замеряйте объем перегнанной жидкости и заносите результаты в журнал.

Перегонку прекратите, когда будет достигнута температура 300° С или когда в колбе останется очень небольшой смолистый остаток.

Пользуясь табл. 11, по результатам перегонки определите содержание товарных нефтепродуктов (в об. %), а также примерный углеводородный состав, условно приняв, что исходная смесь содержит только предельные углеводороды.

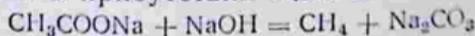
РАБОТА XXXIV

УГЛЕВОДОРОДЫ. ПОЛУЧЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

А. НАСЫЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АЛКАНЫ)

Опыт 1. Получение метана и его свойства

Метан может быть получен при термическом разложении ацетата натрия в присутствии щелочи



В сухую пробирку 1 на $\frac{1}{3}$ объема всыпьте смесь безводного ацетата натрия с натронной известью в соотношении 1 : 2. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепите ее в лапке штатива. На конец газоотводной трубки надет резиновый шланг длиной около 20 см с короткой стеклянной трубкой на конце 3 (рис. 83). Налейте в одну пробирку 4—5 мл подкисленного раствора перманганата калия, а в другую — такой же объем бромной воды.

Вначале осторожно прогрейте пробирку 1 с реакционной смесью, а затем приступите к сильному нагреву.

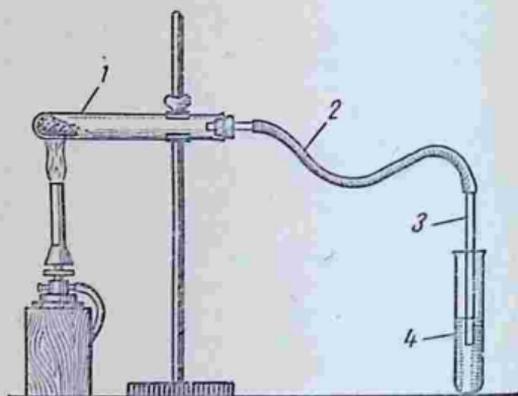


Рис. 83. Прибор для получения метана:

1 — пробирка с реакционной смесью; 2 — резиновая трубка; 3 — стеклянная трубка; 4 — пробирка с раствором реагента

Выделяющийся метан последовательно пропускайте в течение 1—2 мин через раствор перманганата калия и бромную воду. Окраска растворов при этом не изменяется, что служит доказательством относительной устойчивости метана к действию окислителей при комнатной температуре. Не прекращая нагревания реакционной смеси, поднесите стеклянный наконечник газоотводной трубки к пламени газовой горелки и наблюдайте горение метана. Напишите уравнение реакции горения метана.

Налейте в фарфоровую чашку 1—2 капли петролейного эфира и подожгите (подтягой). Эфир горит коптящим пламенем, что объясняется большим содержанием углерода в молекулах пентана и гексана, которые являются главными составляющими петролейного эфира.

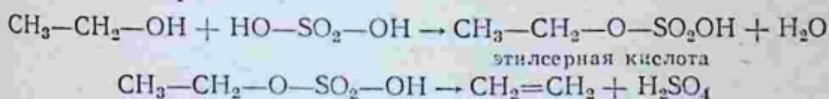
Каков тип химической связи между атомами в молекуле метана? Имеет ли место гибридизация связей? Можно ли

состав алканов выразить общей формулой? Рассчитайте процентное содержание углерода и водорода в метане и гексане. Напишите реакцию горения пентана и рассчитайте теплоту его образования из элементов, если известно, что теплота горения составляет ~ 844 ккал/моль, а теплоты образования воды и двуокиси углерода соответственно равны 68,3 и 94,3 ккал/моль.

Б. НЕНАСЫЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АЛКЕНЫ И АЛКИНЫ)

Опыт 2. Получение этилена и его свойства

Этилен можно получить дегидратацией этилового спирта с помощью серной кислоты



В пробирку 1 налейте 2 мл этилового спирта, 5—6 мл концентрированной серной кислоты и всыпьте щепотку песка. Закройте пробкой, в которую вставлена хлоркальциевая трубка 2 с натронной известью. К концу трубки присоединена газоотводная трубка 3 (рис. 84) с резиновым шлангом 4 длиной 10—15 см, заканчивающимся короткой стеклянной трубкой. Пробирку 1 укрепите в штативе.

Подготовив две пробирки: одну с раствором перманганата калия и другую — с бромной водой, приступите к получению этилена. Осторожно нагревайте пробирку 1 с реакционной массой на пламени горелки.

Через несколько минут начинает выделяться этилен. Его поочередно пропускайте через раствор перманганата калия и бромную воду; наблюдается обесцвечивание обоих растворов.

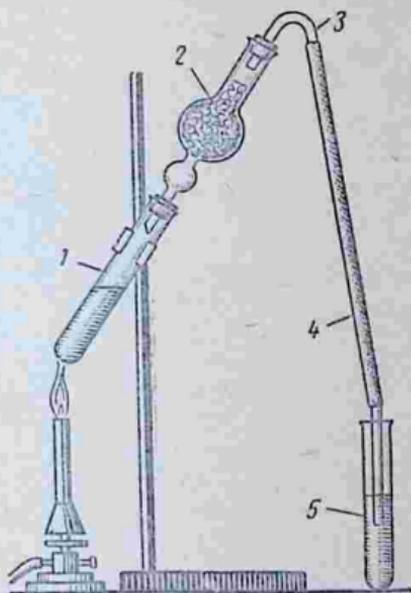


Рис. 84. Прибор для получения этилена:

1 — пробирка с этилсерной кислотой; 2 — поглотительная трубка с натронной известью; 3 — стеклянная трубка; 4 — резиновая трубка; 5 — пробирка с раствором реагента

Не прекращая нагревания, поднесите конец газоотводной трубки к пламени горелки: этилен горит коптящим пламенем.

Напишите уравнения реакций горения этилена и его взаимодействия с бромной водой и раствором перманганата калия.

Равноценны ли связи $C=C$ в молекуле этилена и как они называются? Чем объяснить, что при взаимодействии с бромом разрывается одна из связей в молекуле этилена? Возможны ли для дибромэтана изомеры?

Опыт 3. Получение ацетилен и изучение его свойств

а) Восстановительные свойства ацетилен. Налейте в пробирку 2—3 мл бромной воды, а в другую — такой же объем подкисленного раствора перманганата калия и в обе опустите по маленькому кусочку (величиной со спичечную головку) карбида кальция. Наблюдается очень быстрое обесцвечивание растворов.

Напишите реакции получения ацетилен из карбида кальция и его взаимодействия с бромной водой и перманганатом калия.

б) Получение и горение ацетилен. В пробирку, дно которой имеет небольшое отверстие, опустите кусочек карбида кальция величиной с горошину. В горло пробирки вставьте резиновую пробку с газоотводной трубкой. Пробирку опустите в стакан с водой. Вода проникает в пробирку и взаимодействует с карбидом кальция. Образующийся ацетилен подожгите. Ацетилен горит коптящим пламенем. Почему?

Рассчитайте процентное содержание углерода в ацетилене и сравните полученный результат с данными для метана и гексана (оп. 1).

Рассчитайте тепловой эффект горения ацетилен, если известно, что теплота образования ацетилен из элементов составляет -58 ккал/моль, а теплоты образования воды и двуокиси углерода соответственно равны $68,3$ и $94,3$ ккал/моль.

В. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Опыт 4. Формолитовая проба А. М. Настюкова

Налейте в пробирку 2—3 капли бензола, 4—5 капель формалина и 6—7 капель концентрированной серной кислоты. После встряхивания образуется вязкая черная смола.

Эта проба используется для качественного обнаружения не только бензола, но и других ароматических углеводородов.

Напишите формулы возможных изомеров диметилбензола. Какой из этих изомеров обладает наибольшим дипольным моментом?

Опыт 5. Проба с бромной водой

В пробирку налейте 2—3 мл бромной воды и несколько капель бензола. Обесцвечивания бромной воды не происходит. Наблюдается экстрагирование брома бензолом, так как растворимость брома в бензоле больше, чем в воде.

Опыт 6. Проба с раствором перманганата калия

В пробирку налейте 2—3 мл слабого раствора перманганата калия и несколько капель бензола. Обесцвечивания не наступает, что указывает на сравнительно большую устойчивость бензольного кольца к действию окислителей.

Опыт 7. Горение бензола

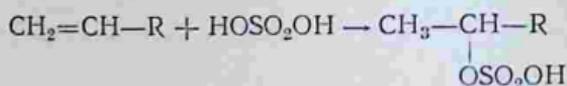
Налейте несколько капель бензола в фарфоровую чашку и подожгите его (под тягой!). Почему бензол горит коптящим пламенем? Составьте уравнение реакции горения бензола.

Вычислите теплоту сгорания бензола, если теплота его образования составляет 19,8 ккал/моль.

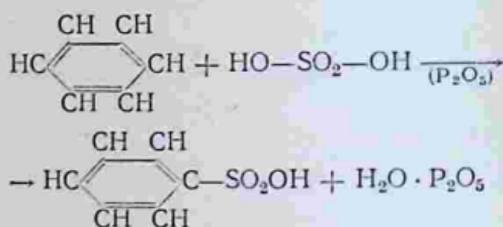
Г. СОСТАВ УГЛЕВОДОРОДОВ СМЕСИ

Химические продукты, которые получают при переработке нефти и других горючих ископаемых, представляют собой многокомпонентные смеси углеводородов, принадлежащих к различным гомологическим рядам. Для правильного использования этих смесей необходимо знать процентное содержание в них предельных, непредельных и ароматических углеводородов. Один из методов приближенного определения группового состава основан на различном отношении предельных, непредельных и ароматических углеводородов к концентрированной серной кислоте при комнатной температуре.

Предельные углеводороды, а также и ароматические в этих условиях практически не реагируют с серной кислотой, тогда как непредельные образуют кислые эфиры:



Ароматические углеводороды сравнительно легко сульфидируются серной кислотой, содержащей фосфорный ангидрид, который связывает выделяющуюся в процессе реакции воду



Как кислые эфиры, так и сульфосоединения растворимы в серной кислоте. Уменьшение объема углеводородной смеси после обработки ее серной кислотой соответствует содержанию в ней только ненасыщенных углеводородов.

При обработке серной кислоты фосфорным ангидридом с полученной смесью взаимодействуют как ненасыщенные, так и ароматические углеводороды, что позволяет определить их суммарное содержание.

Объем углеводородной смеси, не вступавшей в реакцию, должен соответствовать содержанию предельных углеводородов.

Опыт 8. Определение группового состава углеводородов в смеси

В два градуированных цилиндра емкостью 100 мл с притертыми пробками влейте в первый 30—40 мл концентрированной серной кислоты ($d = 1,84$), а во второй — такой же объем кислоты, содержащей 10—14 г фосфорного ангидрида. Затем в оба цилиндра прилейте по 20 мл исследуемой смеси и замерьте ее объем с точностью до 0,5 мл. Закройте оба цилиндра пробками.

Реакция между углеводородом и серной кислотой протекает в гетерогенных условиях, поэтому содержимое цилиндров необходимо перемешивать, чтобы увеличить поверхность контакта. Для этого каждый цилиндр поче-

редно начинают осторожно перевертывать, придерживая при этом пробку.

После двух-трех перемешиваний цилиндр ставят на стол и приоткрывают на мгновение пробку. Это необходимо, так как взаимодействие непредельных и ароматических углеводородов с серной кислотой является экзотермическим процессом, смесь может разогреться, и при этом легколетучие соединения, которые, возможно, содержатся в смеси, будут испаряться; в цилиндре возникнет избыточное давление, пробка может выскочить и смесь выбросится в виде брызг из цилиндра.

После двух-трех легких перемешиваний с последующим открыванием пробки цилиндр энергично встряхивают в течение 3 мин, после чего дают содержимому отстояться в течение 5—10 мин. Смесь разделяется на два слоя. Замеряют объем верхнего слоя и заносят результаты в таблицу.

Результаты анализа группового состава смеси углеводородов

Реагент	Начальный объем смеси, мл	Конечный объем смеси, мл			Разность начального и конечного объемов смеси, мл
		1-е встряхивание	2-е встряхивание	3-е встряхивание	
H_2SO_4 $H_2SO_4 + P_2O_5$					

Содержание насыщенных углеводородов	об. %
Содержание ненасыщенных углеводородов	об. %
Содержание ароматических углеводородов	об. %

Чтобы установить, полностью ли прошла реакция, произведите повторное встряхивание в течение 3 мин и после отстояния вторично замерьте объемы. Если результаты совпадают, приступайте к расчету.

РАБОТА XXXV

ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ И ИХ СВОЙСТВА

А. СИНТЕЗ ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫХ

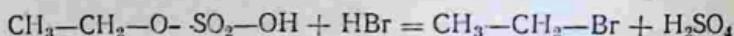
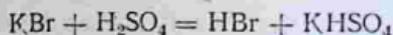
Опыт 1. Получение бромистого этила

В круглодонную колбу емкостью 100 мл влейте 6 мл этилового спирта, 6 мл серной кислоты ($d = 1,84$) и колбу охладите в токе водопроводной воды. Затем добавьте 2 мл воды и всыпьте 5 г бромида калия.

Колбу закройте пробкой с изогнутой трубкой, укрепите ее в лапке штатива и поставьте на водяную или песчаную баню. Отводную трубку присоедините к холодильнику. Сразу же начинайте отгонять бромистый этил, собирая его в градуированный цилиндр, в который предварительно налейте несколько миллилитров воды, с тем, чтобы готовый продукт находился под слоем воды, так как он летуч (т. кип. $38,4^{\circ}\text{C}$).

Отгонку прекратите, когда в приемник перестанут стекать тяжелые капли бромистого этила ($d = 1,46 \text{ г/см}^3$). Замерьте объем полученного бромистого этила и рассчитайте выход сырого продукта по бромиду калия.

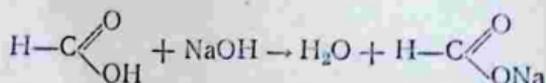
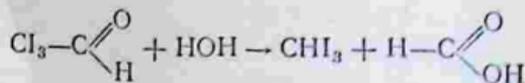
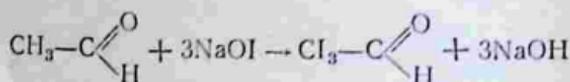
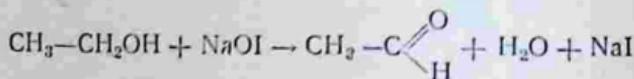
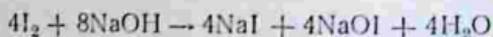
Синтез бромистого этила идет по следующим стадиям:



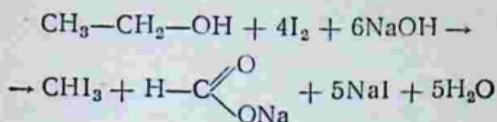
Опыт 2. Получение иодоформа

В пробирку налейте 10 капель этилового спирта, 2 мл воды и внесите несколько кристаллов растертого в порошок иода. Приливайте по каплям раствор едкого натра до полного растворения иода (раствор обесцвечивается). Реакционную смесь нагревайте на водяной бане до $60\text{—}70^{\circ}\text{C}$. После охлаждения выпадает желтый кристаллический осадок иодоформа, который отличается характерным запахом.

Синтез иодоформа протекает по следующим стадиям:



или суммарно



Б. СВОЙСТВА ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫХ

Опыт 3. Сравнение подвижности атомов галогенов, связанных с углеродом бензольного кольца, и в боковой цепи

Галогены, связанные с углеродными атомами бензольного кольца, с большим трудом вступают в реакцию обмена по сравнению с галогенами, содержащимися в боковой цепи.

В пробирку налейте 1—2 мл бензольного раствора *o*- или *n*-хлортолуола, добавьте 5 капель спиртового раствора нитрата серебра и нагрейте эту смесь. Осадок хлорида серебра при этом не появляется.

В другую пробирку налейте 1—2 мл бензольного раствора хлористого бензила (изомерного с хлортолуолом) и добавьте в нее 3—5 капель спиртового раствора нитрата серебра. При нагревании вначале раствор мутнеет, а затем появляется осадок хлорида серебра. Напишите уравнение реакции.

РАБОТА XXXVI

ОКСИПРОИЗВОДНЫЕ (СПИРТЫ, ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ И ФЕНОЛЫ)

А. СПИРТЫ И ИХ СВОЙСТВА

Опыт 1. Растворимость спиртов в воде

Налейте в 4 пробирки по 5 мл воды и в каждую из них по 1 мл следующих спиртов: метилового, этилового, бутилового и амилового. Пробирки встряхните и поставьте в штатив. Одинаково ли растворяются эти спирты в воде? Какие выводы можно сделать из наблюдений?

Опыт 2. Нейтральный характер спиртов

В три пробирки налейте по 2—3 мл этилового спирта. В одну из них добавьте несколько капель раствора красного лакмуса, в другую — столько же синего лакмуса, а в тре-

тью 1—2 капли раствора фенолфталеина. Изменяется ли окраска индикаторов? Какие выводы можно сделать из этих опытов?

Опыт 3. Получение алкоголята натрия и его гидролиз

В пробирку налейте 3—4 мл этилового спирта и внесите кусочек металлического натрия величиной с маленькую горошину. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой, согнутой под углом, и подведите ее конец к отверстию пробирки, наполненной водой и в опрокинутом виде погруженной в ванну. После того как вода из пробирки вытеснится, выньте ее из ванны, предварительно закрыв отверстие пальцем. Поднесите пробирку к пламени горелки и, открыв отверстие, подожгите водород.

Образовавшийся раствор этилата натрия перелейте в маленькую фарфоровую чашку, поставьте на асбестовую сетку и осторожно выпаривайте досуха. Если при этом пары спирта воспламятся, то тотчас же прекратите нагревание и дайте догореть спирту. На дне чашки остается сухой остаток этилата натрия. По охлаждении чашки влейте в нее 3—5 мл воды. Этилат натрия полностью растворяется. Добавьте к раствору 1—2 капли фенолфталеина. Что наблюдается?

Составьте уравнение реакции получения этилата натрия и его гидролиза.

Опыт 4. Окисление этилового спирта дихроматом калия

В пробирку налейте 3—4 мл этилового спирта, 1 мл раствора серной кислоты и 5—6 мл раствора дихромата калия. Осторожно нагревайте раствор, не доводя его до кипения. Наблюдайте изменение окраски из оранжевой в зеленую, что свидетельствует о восстановлении иона $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ в ион Cr^{3+} . Спирт окисляется в уксусный альдегид, что можно установить по запаху прелых яблок. Составьте уравнение реакции окисления — восстановления.

Напишите уравнение реакции окисления вторичного пропилового спирта, учтя, что одним из продуктов окисления является ацетон.

Опыт 5. Образование диэтилового эфира

В пробирку налейте по 1 мл этилового спирта и концентрированной серной кислоты. Смесь осторожно нагрейте до начала кипения. Прекратите нагревание и осто-

рожно прилейте 5—10 капель спирта: образуется эфир, который обнаруживается по специфическому запаху. Затем поместите пробирку в деревянный держатель и снова нагревайте ее, поджигая пары образовавшегося эфира. Эфир горит светящимся пламенем, пламя горящего спирта бесцветно. Чем объяснить это различие?

Напишите реакцию получения этилсерной кислоты и ее взаимодействия с избытком спирта.

Б. ФЕНОЛЫ И ИХ СВОЙСТВА

О п ы т 6. Растворимость фенола в воде

Описание опыта см. в раб. VI, оп. 2.

О п ы т 7. Получение фенолята натрия

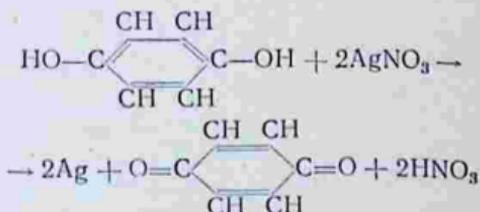
В отличие от спиртов фенолы ведут себя как слабые кислоты. Они взаимодействуют с растворами щелочей, образуя при этом феноляты.

В пробирку ш п а т е л е м насыпьте 0,5—1,0 г фенола и добавьте 1 мл воды. После встряхивания образуется два слоя: нижний слой состоит из фенола, содержащего небольшое количество растворенной воды, а верхний представляет собой раствор фенола в воде. В пробирку добавьте по каплям раствор едкого натра и наблюдайте растворение фенола.

Напишите уравнение реакции фенола со щелочью. Чем отличаются по свойствам фенолы от спиртов?

О п ы т 8. Окисление гидрохинона нитратом серебра

В пробирку налейте 2 мл раствора гидрохинона и несколько капель раствора нитрата серебра. Гидрохинон восстанавливает ион серебра до металла (осадок на дне пробирки), а сам окисляется в хинон. Реакция протекает по уравнению



Для каких практических целей применяется данная реакция?

О п ы т 9. Образование трибромфенола

В пробирку налейте 2—3 мл водного раствора фенола и несколько миллилитров бромной воды. Бромная вода обесцвечивается и при этом выпадает белый осадок трибромфенола. Составьте уравнение реакции.

О п ы т 10. Реакции фенолов с раствором хлорида железа (III)

В три пробирки налейте по 2—3 мл разбавленных растворов: в одну — фенола, в другую — пирокатехина и в третью — β -нафтола. В каждую добавьте по несколько капель раствора хлорида железа (III). Образуются ярко окрашенные нестойкие комплексные соединения. Отметьте в журнале свои наблюдения о цвете, характерном для каждого из испытанных фенолов.

РАБОТА XXXVII

ОКСОПРОИЗВОДНЫЕ (АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ)

А. ПОЛУЧЕНИЕ АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ

О п ы т 1. Получение ацетона пиролизом ацетата кальция

В сухую пробирку насыпьте около 5 г безводного ацетата кальция и закройте ее пробкой с отводной трубкой, согнутой под прямым углом. Пробирку укрепите в лапке штатива, а газоотводную трубку, выполняющую роль холодильника, опустите в мерный цилиндр.

Пробирку равномерно нагревайте на открытом пламени. Пиролиз практически заканчивается через 20—30 мин. В приемник собирается жидкость — водный раствор ацетона. Из этого раствора ацетон высаливают добавлением щепотки безводного поташа (карбоната калия). Измерьте объем верхнего слоя, содержащего ацетон ($d = 0,79 \text{ г/см}^3$), и рассчитайте выход сырого продукта. Напишите уравнение реакции пиролиза ацетата кальция. Как получить этим методом метилэтилкетон?

Опыт 2. Получение муравьиного альдегида (формальдегида)

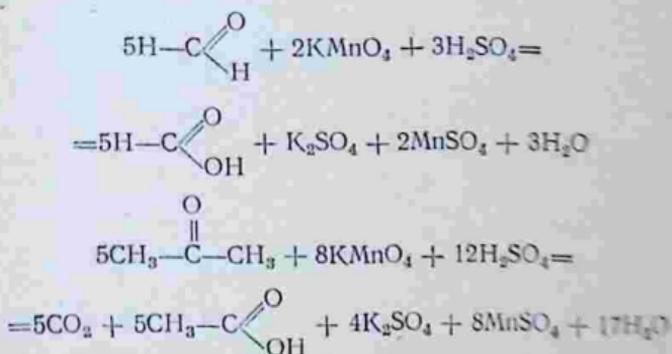
В пробирку налейте 2—3 мл метилового спирта, опустите в нее нагретый в окислительном пламени горелки кусочек медной стружки, и закройте ее пробкой. Через 2 мин прилейте 2—3 мл бесцветного раствора фуксинсернистой кислоты. Закрыв пробирку пробкой, поставьте ее в штатив. Через несколько минут раствор начинает постепенно окрашиваться в малиновый цвет, что свидетельствует о наличии альдегида. Напишите уравнение реакции образования формальдегида из метилового спирта.

Б. СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ

Опыт 3. Окисление альдегидов и кетонов

В две пробирки влейте по 3—4 мл раствора перманганата калия, подкисленного серной кислотой. В одну из пробирок добавьте несколько капель формалина, а в другую — столько же ацетона. Встряхните пробирки и наблюдайте быстрое обесцвечивание раствора перманганата в пробирке с формалином, что свидетельствует о легкой окисляемости альдегидов.

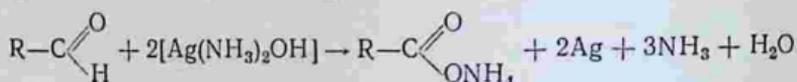
Раствор перманганата с ацетоном обесцвечивается медленно и лишь при нагревании. Трудность окисления кетонов обуславливается тем, что оно сопровождается разрушением скелета молекулы по месту карбонильной группы. Окисление альдегидов ведет к образованию кислот, не затрагивая при этом основной скелет молекулы. Ниже приводятся уравнения реакций окисления альдегида и кетона:



Опыт 4. Образование серебряного зеркала

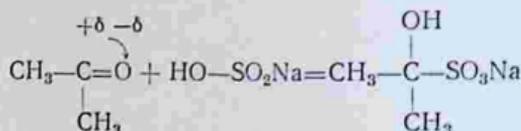
В чистую пробирку налейте 5 мл аммиачного раствора гидроксида серебра и прибавьте к нему несколько капель формальдегида (или другого альдегида).

Пробирку осторожно нагрейте, проводя пламенем по всей ее длине, но не доводя раствор до кипения. На стенках пробирки откладывается серебро в виде зеркала. Реакция выражается следующим уравнением:



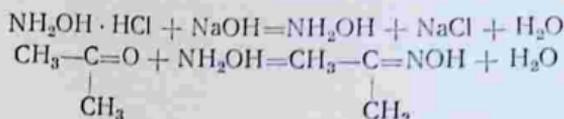
Опыт 5. Получение гидросульфитного производного (реакция присоединения)

В пробирку налейте 1 мл ацетона и 3—4 мл раствора гидросульфита натрия. Пробирку охладите холодной водой и встряхните. Выделяется белый кристаллический осадок гидросульфитного производного ацетона



Опыт 6. Получение оксима ацетона (реакция замещения карбонильного кислорода)

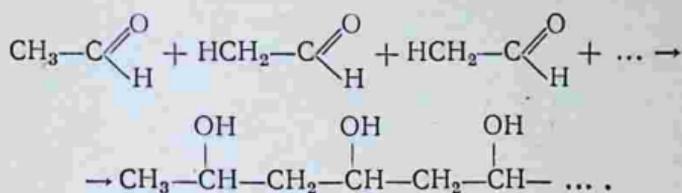
В пробирку налейте 3—5 мл 40%-ного раствора хлорида гидроксилamina $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ и 1,5 мл ацетона. Смесь нагревайте и прилейте к ней 1 мл раствора едкого натра. Щелочь вытесняет гидроксилamin из его соли и он взаимодействует с ацетоном. Раствор охладите водой и оксим ацетона осаждается в виде легких белых кристаллов



Опыт 7. Альдольное уплотнение (реакция А. П. Бородина)

В пробирку налейте 3—4 мл раствора щелочи и несколько капель уксусного альдегида. Нагрейте раствор до кипения.

Образуется светло-коричневая смола



РАБОТА XXXVIII

КАРБОКСИПРОИЗВОДНЫЕ (КИСЛОТЫ, СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ И АНГИДРИДЫ КИСЛОТ)

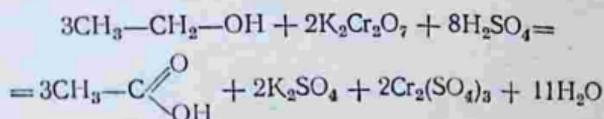
А. КИСЛОТЫ

Опыт 1. Получение уксусной кислоты окислением этилового спирта

В колбу Вюрца емкостью 50 мл всыпьте 2,5 г порошкообразного дихромата калия и влейте 5 мл концентрированной серной кислоты. Колбу закройте пробкой с капельной воронкой, в которую налейте смесь, состоящую из 1 мл этилового спирта и 5 мл воды. В течение 5—7 мин из капельной воронки спускайте спиртовой раствор в колбу. Несколько раз перемешайте содержимое колбы легким покачиванием.

Затем в пробку колбы вместо капельной воронки вставьте термометр и, прикрепив колбу лапкой к штативу, поместите ее на асбестовую сетку. К отводной трубке колбы Вюрца присоедините холодильник (см. рис. 24) и начните отгонку уксусной кислоты. Дистиллят собирают в интервале температур 100—105° С. Уксусная кислота легко идентифицируется по запаху.

Образование кислоты может быть выражено следующим уравнением:



Б. СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ

Опыт 4. Получение бензойноэтилового эфира

В пробирку налейте 4 мл этилового спирта, 3—4 мл 10%-ного раствора NaOH и 1 мл хлористого бензоила. Содержимое пробирки нагрейте до кипения: жидкость расслаивается. Верхний маслянистый слой, пахнущий мятой, представляет собой бензойноэтиловый эфир. Напишите уравнение реакции.

Опыт 5. Получение уксусноизоамилового эфира

В пробирку налейте 2 мл изоамилового спирта, 2 мл концентрированной уксусной кислоты и 10 капель концентрированной серной кислоты. Смесь перемешайте и нагревайте на кипящей водяной бане 5—10 мин. Затем вылейте в другую пробирку, половину объема которой занимает вода. Всплывающий наверх эфир обладает запахом груши («грушевая эссенция»). Напишите уравнение реакции образования изоамилацетата.

Что представляют собой жиры? Составьте уравнение реакции омыления жиров.

Опыт 6. Отверждение (гидрирование) жира

В пробирку поместите 0,5 мл воды и 1,5 мл концентрированной серной кислоты (раствор сильно разогревается). К горячему раствору тотчас же добавьте 1,5 мл оливкового масла и всыпьте шпателем щепотку порошка цинка или железа. Смесь встряхивайте до тех пор, пока на поверхности раствора не образуется сгусток твердого жира.

Гидрирование жира, в состав которого входят непредельные жирные кислоты, происходит по месту двойных связей. Составьте уравнение реакции гидрирования, если одной из составных частей оливкового масла является триглицерид оленовой кислоты (триолеин), имеющий формулу $C_3H_5[O-CO-(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CH_3]_3$.

В. АНГИДРИДЫ КИСЛОТ

Опыт 7. Образование фталевого ангидрида

В сухую пробирку насыпьте несколько кристаллов фталевой кислоты. Накройте пробирку маленькой воронкой и нагревайте на небольшом пламени. Образующийся фтале-

вый ангидрид возгоняется и оседает на верхних стенках пробирки. Напишите уравнение реакции образования фталевого ангидрида.

РАБОТА XXXIX

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ

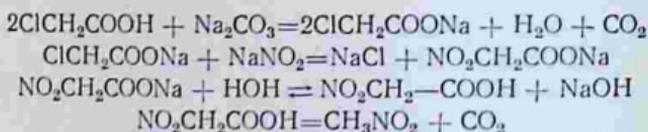
А. НИТРОСОЕДИНЕНИЯ

Опыт 1. Получение нитрометана из монохлоруксусной кислоты

В стакане емкостью 100 мл растворите 10 г монохлоруксусной кислоты CH_2ClCOOH в 10 мл воды. Для нейтрализации монохлоруксусной кислоты в полученный раствор добавьте 6 г безводной соды. По окончании выделения двуокиси углерода в смесь влейте 12 мл 40%-ного раствора нитрита натрия.

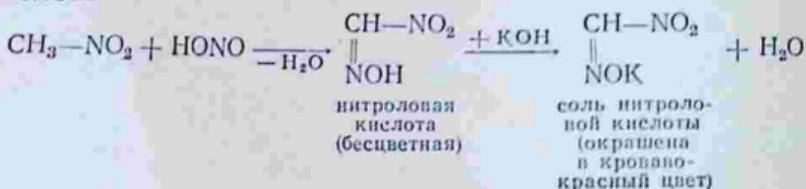
Раствор перенесите в колбу Вюрца емкостью 100 мл, укрепив колбу в лапке штатива, поставьте ее на асбестовую сетку и присоедините к прямому холодильнику. Колбу нагревайте пламенем горелки.

Нитрометан (т. кип. 101°C) перегоняется с водяным паром и собирается на дне приемника (пл. нитрометана $1,14 \text{ г/см}^3$). Синтез нитрометана протекает по следующим стадиям



Опыт 2. Отношение нитрометана к азотистой кислоте

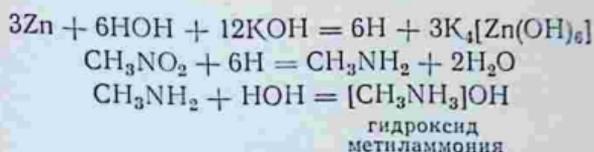
Растворите в 3 мл спирта 5 капель нитрометана и добавьте 3 мл спиртового раствора щелочи. В полученную смесь всыпьте около 1 г кристаллического нитрита натрия. Пробирку встряхните, а затем приливайте в нее по каплям разбавленную серную кислоту. Появляется кроваво-красное окрашивание, которое исчезает при добавлении избытка серной кислоты. Процесс может быть выражен следующей схемой:



Б. АМИНЫ

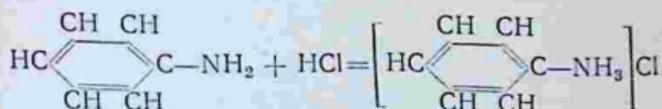
Опыт 3. Получение метиламина восстановлением нитрометана

В пробирку положите несколько кусочков гранулированного цинка и прилейте 3—4 мл раствора едкой щелочи и 4—5 капель нитрометана. При слабом нагревании появляется аммиачный запах образовавшегося метиламина. Красная лакмусовая бумага, смоченная дистиллированной водой и поднесенная к отверстию пробирки, окрашивается в синий цвет

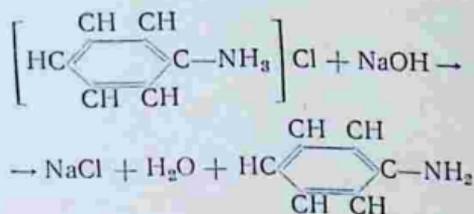


Опыт 4. Взаимодействие аминов с минеральной кислотой

В пробирку налейте 1—2 мл эмульсии анилина и несколько капель соляной кислоты. Эмульсия исчезает, так как образуется водорастворимая соль анилина



Затем в прозрачный раствор добавьте несколько миллилитров раствора щелочи. Снова появляется эмульсия, так как сильная щелочь вытесняет анилин, являющийся более слабым основанием



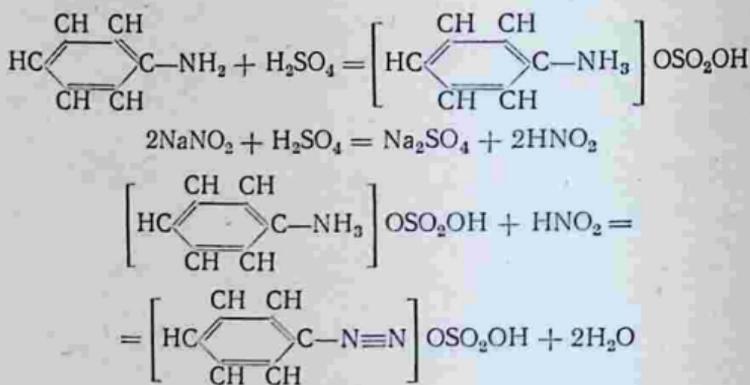
Опыт 5. Взаимодействие анилина с бромной водой

В пробирку налейте 1—2 мл водной эмульсии анилина и равный объем бромной воды (подтягой!). Выпадает осадок триброманилина. Составьте уравнение реакции.

В. ДИАЗСОЕДИНЕНИЯ

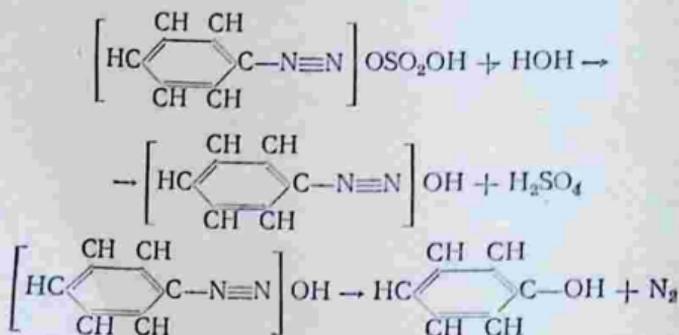
Опыт 6. Реакция диазотирования (получение гидросульфата фенилдиазония)

В пробирку налейте 1 мл анилина и 5 мл 20%-ного раствора серной кислоты. Раствор охладите, поставив пробирку в снег или ледяную воду. Затем в охлажденный раствор гидросульфата фениламмония добавьте в три-четыре приема 7,5 мл 10%-ного раствора нитрита натрия. Последовательный ход реакции выражается следующими уравнениями:



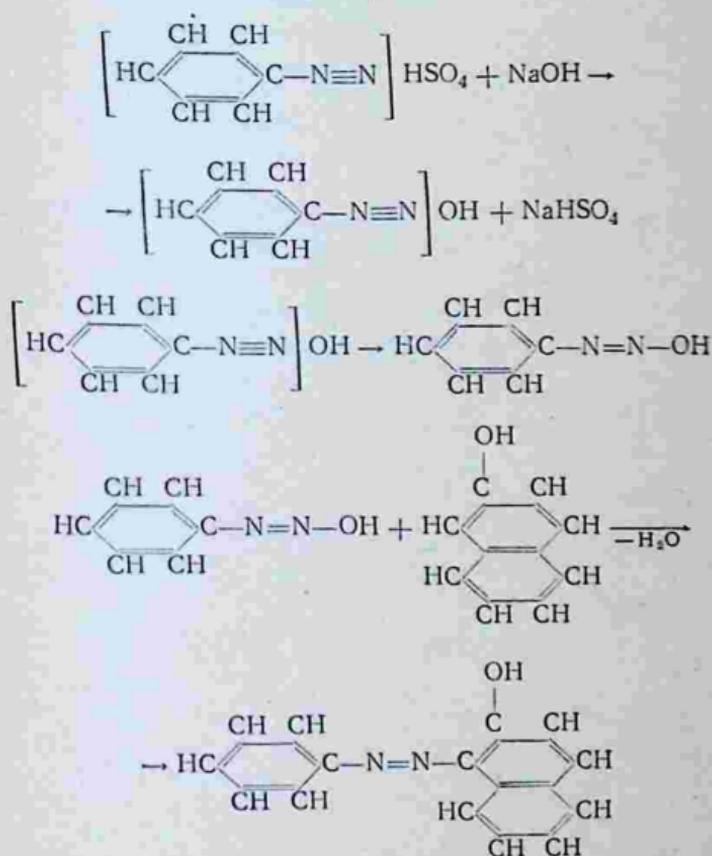
Опыт 7. Получение фенола разложением соли диазония (реакция с выделением азота)

В пробирку с солью диазония, полученной в предыдущем опыте, добавьте 3—4 мл воды и осторожно нагрейте. При этом происходит разложение соли диазония с выделением азота и образованием фенола, который легко обнаруживается по характерному запаху (карболовая кислота)



Опыт 8. Получение красителя фенилазо-β-нафтола (реакция азосочетания)

В пробирку налейте 1 мл анилина и добавьте 2 мл 30%-ной серной кислоты. Раствор охладите и после встряхивания добавьте в него в несколько приемов 2 мл 10%-ного раствора нитрита натрия. Полученный в пробирке диазораствор поставьте в стакан с холодной водой и сохраните для следующей операции. Затем приступите к приготовлению щелочного раствора β-нафтола, для чего 0,2 г его всыпьте в другую пробирку и растворите в 2,5 мл 8%-ного раствора NaOH. После этого к диазораствору, полученному ранее, добавьте 1 мл 30%-ного раствора ацетата натрия (для того, чтобы понизить кислотность среды), после чего постепенно влейте его в щелочной раствор β-нафтола. Выпадает красный осадок фенилазо-β-нафтола (судан-I)



фенилазо-β-нафтол

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

А. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРОВ

Опыт 1. Определение азота и серы

Определение этих элементов в полимерах проводится так же, как в раб. XXXI, оп. 2.

Опыт 2. Определение хлора

Образец полимера сожгите на асбестовой сетке. Над горящим образцом держите опрокинутый стакан, внутренние стенки которого смочены водой. Образующийся при сжигании хлороводород растворяется в воде. Когда образец сгорит, в стакан налейте 5 мл воды, 10 капель раствора азотной кислоты и несколько капель 1%-ного раствора нитрата серебра. Появление творожистого белого осадка свидетельствует о наличии в полимере хлора.

Б. СИНТЕЗ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИЙ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ

Опыт 3. Получение новолачной смолы из фенола и формальдегида

В пробирку с 2 г фенола* прилейте 2 мл 40%-ного раствора формалина. Пробирку закройте резиновой пробкой со вставленной стеклянной трубкой длиной 20—30 см, которая выполняет роль обратного холодильника. Смесь нагревайте до полного растворения фенола, а затем добавьте 2 капли концентрированной соляной кислоты и продолжайте нагревать до тех пор, пока реакционная масса не расслоится. Нижний слой состоит из новолачной смолы. Верхний водный слой слейте. Пробирку погрузите в кипящую водяную баню и в течение 15—20 мин сушите образовавшуюся смолу. Затем часть смолы вылейте в фарфоровую чашку или на железный лист, где она затвердевает. Оставшуюся в пробирке смолу растворите в 5—6 мл ацетона («лак»).

* При взвешивании фенола будьте осторожны и не допускайте попадания его кристаллов на кожу, так как возможен ожог!

ченным лаком с помощью кисточки покройте небольшую поверхность металла или дерева.

Напишите схему реакций конденсации фенола с формальдегидом, ведущих к образованию новолачных и резольных смол.

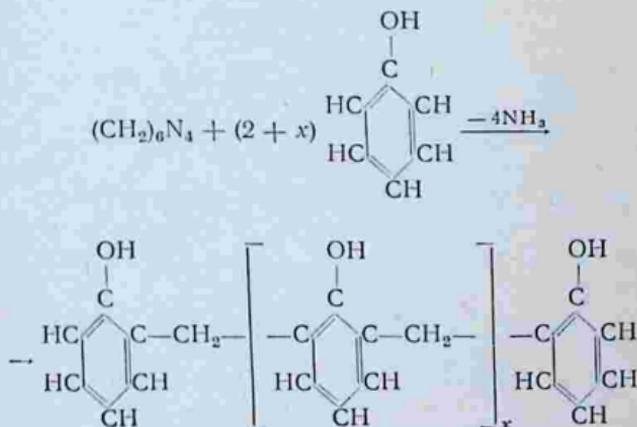
Опыт 4. Получение смолы из фенола и гексаметилентетрамина

В пробирку поместите 3 г фенола и опустите ее для расплавления фенола в нагретую до кипения водяную баню. В расплавленный фенол всыпьте 0,9 г гексаметилентетрамина. Присоедините холодильную стеклянную трубку к пробирке и в течение 5—7 мин нагревайте ее на кипящей бане. Затем осторожно начните нагревать пробирку на слабом коптящем пламени газовой горелки. Экзотермическая реакция начинается при 105—115° С, что легко обнаруживается по кипению расплава и выделяющемуся аммиаку. Как только начнется бурная реакция, нагрев прекратите. Получается светло-желтая хрупкая смола.

Стеклянной палочкой достаньте немного смолы и растворите ее в ацетоне.

Оставшуюся смолу продолжайте нагревать; при этом образуется неплавкий и нерастворимый в ацетоне продукт, что указывает на его трехмерное строение.

Схематически реакцию взаимодействия гексаметилентетрамина с фенолом на первой стадии можно выразить следующим уравнением:



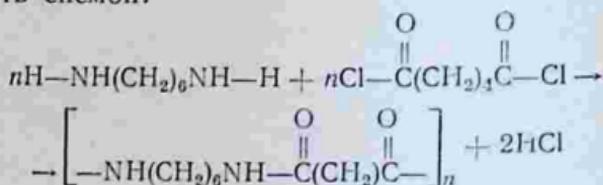
На второй стадии отдельные линейные цепочки сшиваются с помощью метиленовых мостиков как в продольном, так и в поперечном направлениях, что ведет к образованию неплавких и нерастворимых продуктов.

Опыт 5. Получение полигексаметиленадипамида (найлона-66) методом межфазной поликонденсации*

В узкий химический стакан емкостью 50 мл налейте 20 мл 2,5%-ного раствора дихлорангидрида адипиновой кислоты в бензоле. По стенке наклоненного стакана осторожно влейте 20 мл 5%-ного водного раствора гексаметилендиамина, содержащего 0,3 г едкого натра. Образующуюся на поверхности раздела фаз пленку подхватите деревянной палочкой и вытягивайте из стакана в виде непрерывной нити.

Полученный полимер промойте в ацетоне и сушите в термостате при 100° С. Полиамид плавится при 220° С.

Процесс получения найлона-66 этим методом можно представить схемой.



Для чего в этом процессе используется едкий натр?

В. СИНТЕЗ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Опыт 6. Полимеризация метилметакрилата

В пробирку налейте 3—5 мл 1%-ного раствора перекиси бензоила в метилметакрилате. Пробирку закройте пробкой со стеклянной трубкой (обратный холодильник) и метилметакрилат быстро нагревайте до кипения на небольшом ко п т я щ е м пламени газовой горелки. Затем пробирку погрузите в кипящую водяную баню, в которой ее выдерживают до образования твердого полимера. Периодически вынимайте пробирку из бани и наблюдайте за ходом реакции по нарастанию вязкости. Напишите схему реакции полиме-

* Методика разработана В. В. Разумовским и П. М. Завлиным.

ризации метилметакрилата по стадиям: иницирование, рост цепи, обрыв цепи.

Для чего применяется перекись бензоила? Как изменяется молекулярный вес полимера (степень полимеризации) в зависимости от температуры реакции и концентрации инициатора?

Опыт 7. Полимеризация стирола

В пробирку налейте 3—5 мл 1%-ного раствора перекиси бензоила в стироле. Пробирку закройте пробкой со стеклянной трубкой (обратный холодильник). Пробирку сначала нагрейте копящим пламенем газовой горелки до кипения ее содержимого, а затем погрузите ее в кипящую водяную баню.

Через 20—30 мин жидкость в пробирке становится заметно густой. Нагревание прекратите приблизительно через 50—60 мин. Образуется твердый прозрачный продукт. Проверьте растворимость полимера в бензоле, толуоле или хлороформе.

Напишите схему реакции полимеризации стирола по радикальному механизму, расчленив ее на отдельные стадии: иницирование, рост цепи, обрыв цепи.

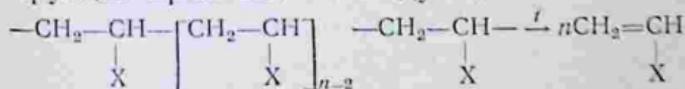
Г. ДЕСТРУКЦИЯ ВЫСОКОПОЛИМЕРОВ

Опыт 8. Термическая деструкция полистирола или полиметилметакрилата

В пробирку загрузите 4—5 гранул полимера стирола или метилметакрилата (0,3—0,5 г). Добавьте щепотку песка. Пробирку закройте пробкой с изогнутой стеклянной трубкой, конец которой опущен в другую пробирку.

Пробирку с полимером нагревайте в пламени газовой горелки. В результате деструкции полимера образующиеся при этом низкомолекулярные продукты конденсируются в изогнутой трубке и собираются на дне пустой пробирки.

Деструкция протекает по следующей схеме:



В действительности процесс идет сложнее. Образуются различные продукты деструкции; наряду с простейшим мономерным соединением могут получиться димеры, тримеры и др.

Д. РЕАКЦИИ ПРОДУКТОВ ДЕСТРУКЦИИ

Опыт 9. Реакция с бромной водой

В пробирку налейте 2—3 капли продуктов деструкции и 1 мл бромной воды. Бромная вода обесцвечивается. Напишите реакцию взаимодействия стирола с бромной водой.

Опыт 10. Реакция с раствором перманганата калия

В пробирку налейте несколько капель продукта деструкции и 1—2 мл подкисленного раствора перманганата калия. Раствор обесцвечивается. Напишите реакцию взаимодействия стирола с перманганатом калия в кислой среде.

РАБОТА ХLI

ГАЗОВЫЙ АНАЛИЗ

Одним из методов количественного анализа является газовый анализ, в котором по объему (или весу) отдельных составных частей газовой смеси можно определить процентный состав смеси. В техническом газовом анализе обычно определяют объемы компонентов газовой смеси. Известно несколько методов газового анализа, но в данной работе используется один из них, а именно *абсорбционный* метод.

Абсорбционный метод основан на том, что определенный объем газовой смеси поочередно поглощают растворами веществ, которые вступают в реакцию только с одной составной частью смеси. Измеряя объем газа до и после поглощения, находят объем поглощенного газа.

А. АППАРАТ ОРСА И ЕГО ПОДГОТОВКА

В техническом газовом анализе чаще всего пользуются *аппаратом Орса* (рис. 85). Он состоит из уравнивательной склянки 1, соединенной резиновым шлангом 2 с измерительной бюреткой 3, помещенной в стеклянную муфту 4, наполненную водой. Верхний конец бюретки соединен с гребенкой 5, имеющей три боковых отростка с притертыми кранами и трехходовой кран 6. К левому концу гребенки присоединена U-образная трубка 7, заполненная стеклянной

ватой, задерживающая твердые частицы, которые могут содержаться в пробе анализируемого газа (копоть, пыль и др.). Через нижнее отверстие трубки 8 вводится анализируемый газ. К боковым отросткам гребенки присоединяются три поглотительных, или абсорбционных, сосуда I, II и III. Поглотительные сосуды (рис. 85, б) имеют метки 9

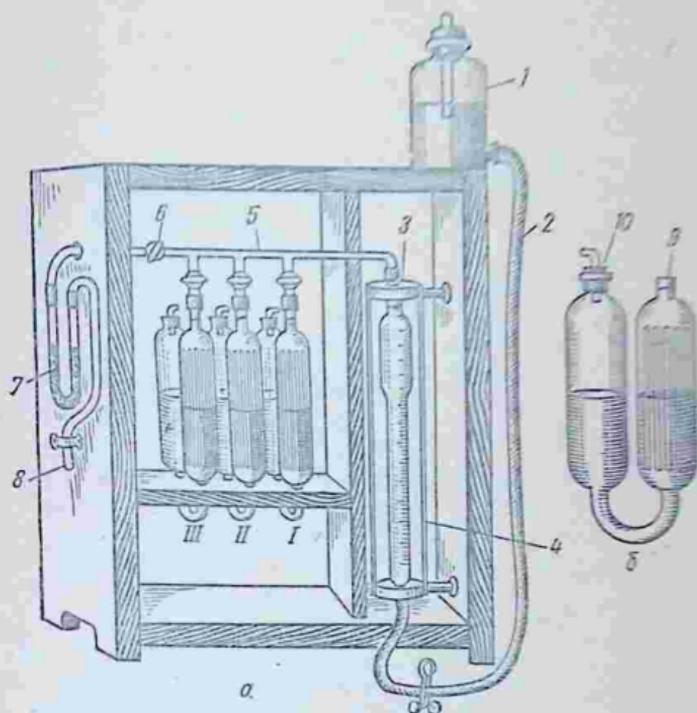


Рис. 85. Аппарат Орса:

а — общий вид; *б* — абсорбционная, или поглотительная, склянка-сосуд.
 1 — уравнительная склянка; 2 — резиновая трубка; 3 — измерительная бюретка; 4 — стеклянная муфта; 5 — гребенка; 6 — трехходовой кран; 7 — U-образная трубка; 8 — отверстие для набора испытуемого газа; 9 — метка на сосуде; 10 — трубка для присоединения к клапану Бунзена

и заполнены раствором определенного абсорбента. В правой части сосуда помещаются отрезки стеклянных трубок для увеличения поверхности поглощения, поскольку взаимодействие между жидкой (раствор абсорбента) и газообразной фазами относится к гетерогенным реакциям. Все составные части прибора Орса монтируются в ящике (при работе передняя и задняя стенки ящика снимаются).

Подготовка прибора Орса для работы выполняется лаборантом. Прибор Орса должен быть герметичным. Для этого все стеклянные притертые краны умеренно смазывают вазелином или ланолином и тщательно проверяют надежность сочленения резиновыми трубками отдельных частей прибора. В уравнильной склянке содержится 300—350 мл насыщенного раствора хлорида натрия, к которому добавлен 1 мл раствора метилрота и столько же 1 н. раствора серной кислоты, чтобы придать раствору в склянке розово-красный цвет.

Абсорбционные сосуды в зависимости от состава исследуемого газа заполняются растворами различных абсорбентов. Для анализа топочных газов (главными составными частями являются: CO , CO_2 , O_2 и N_2) в поглотительные сосуды помещают следующие растворы адсорбентов: *I* сосуд — 33%-ный раствор едкого кали для поглощения CO_2 (применять едкий натр не рекомендуется, так как образующийся карбонат натрия мало растворим и будет выпадать в осадок, засоряя сосуд); *II* сосуд — щелочной раствор пирогаллола для поглощения кислорода (в 100 мл 30%-ного раствора едкого кали растворяют 10 г пирогаллола); *III* сосуд — аммиачный раствор хлорида меди (I) для поглощения CO (25 г хлорида аммония растворяют в 75 мл воды и добавляют 20 г хлорида меди (I) и несколько стружек красной меди. К бесцветному раствору перед вливанием в абсорбционный сосуд добавляют 25 мл 25%-ного раствора аммиака).

Соответствующие растворы в абсорбционных сосудах должны занимать около половины их объема; в *III* сосуд помещают также несколько кусков медной проволоки. Сосуды с помощью коротких отрезков резиновых трубок впритык присоединяют к боковым трубкам гребенки. Другие концы поглотительных сосудов закрывают пробками со стеклянными трубками 10, на которые одевают клапаны Бунзена.

Б. АНАЛИЗ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

О п ы т 1. Определение состава топочных газов

Получите у лаборанта подготовленный к работе аппарат Орса. Снимите с трубок 10 поглотительных сосудов клапаны Бунзена. Закройте стеклянные краны трубок гребенки, связывающие последнюю с поглотительными сосудами.

Для вытеснения воздуха из измерительной бюретки трехходовой кран *б* установите так, чтобы гребенка сообщалась U-образной трубкой *7*. Поднимите уравнительную склянку несколько выше верхнего деления бюретки. Жидкость из уравнительной склянки переходит в измерительную бюретку; когда уровень ее достигнет верхней метки бюретки, закройте кран *б*.

Откройте кран поглотительного сосуда *I* и медленно опустите уравнительную склянку. Поглотительный раствор медленно поднимается вверх; как только уровень его достигнет метки *9*, тотчас же закройте кран.

Открывая трехходовой кран *б*, вновь заполняют измерительную бюретку жидкостью, поднимая уравнительную склянку. Как только уровень достигнет верхней метки бюретки, закройте кран *б*. Откройте кран поглотительного сосуда *II* и медленно опускайте уравнительную склянку, заполните сосуд поглотительной жидкостью до метки и закройте кран сосуда.

Аналогичные операции проделайте в третий раз, наполняя поглотительный сосуд *III* жидкостью до метки.

После заполнения всех поглотительных сосудов до метки в течение 3—4 мин проверьте герметичность прибора: уровни жидкостей в поглотительных сосудах не должны опускаться. При этом измерительная бюретка должна быть заполнена до верхней метки жидкостью.

Если прибор «держит», то можно приступить к наполнению измерительной бюретки испытуемым газом. Откройте трехходовой кран *б* так, чтобы U-образная трубка сообщалась через гребенку с измерительной бюреткой. К отверстию *8* присоедините сосуд с испытуемым газом и, опуская уравнительную склянку, «засасывают» газ в бюретку, пока жидкость в ней не опустится до деления 100 (нижнее деление бюретки). Поворачивая трехходовой кран *б*, соедините гребенку с воздухом и, опуская уравнительную склянку, выпустите газ из бюретки в воздух.

Трехходовой кран вновь подключите к U-образной трубке и вторично наполните измерительную бюретку газом, а затем его опять выпустите в воздух. Прodelывают это еще раз, и только третье наполнение бюретки испытуемым газом можно считать окончательным*.

* При первых двух наполнениях испытуемый газ будет смешан с воздухом, находившемся в U-образной трубке и гребенке.

При третьем наполнении газом жидкость в бюретке должна быть несколько ниже деления 100. Закройте трехходовой кран, а затем на мгновение поверните его так, чтобы гребенка сообщалась с воздухом, и как только жидкость в бюретке по верхнему мениску коснется деления 100, закройте кран *б*. Этим приемом 100 мл испытуемого газа приведены к атмосферному давлению.

Приступайте к определению содержания в газовой смеси CO_2 . Откройте кран поглотительного сосуда *I* и, поднимая и опуская три раза уравнительную склянку, газ из бюретки переведите в поглотительный сосуд. Затем опускайте уравнительную склянку, пока в поглотительном сосуде уровень жидкости не коснется метки, и закройте кран. Приведите жидкости в измерительной бюретке и уравнительной склянке к одному уровню и запишите показание бюретки с точностью $\pm 0,3$ мл.

Теперь определите содержание кислорода в смеси. Откройте кран поглотительного сосуда *II* и перегоните в него газ из бюретки, поднимая уравнительную склянку. Затем опускайте склянку, пока жидкость в поглотительном сосуде не поднимется до метки, и закройте кран. Запишите положение уровня в бюретке. Вновь откройте кран сосуда *II* и повторите определение. Если необходимо, то еще раз проводят аналогичную операцию. Если два последующих показания бюретки одинаковы (не забудьте, что уровни в бюретке и уравнительной склянке должны находиться на одной высоте!), то поглощение кислорода следует считать законченным.

Наконец, определяют содержание в смеси CO , для чего теми же приемами поглощают газ в поглотительной склянке *III*.

Примерная запись результатов

Первоначальный объем газовой смеси: 100 мл

	Показания бюретки после поглощения			Разность объемов	Объемное содержание, %
	1	2	3		
CO_2					
O_2					
CO					

Запись результатов сдайте преподавателю.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

На последней неделе семестрового или годового лабораторного практикума студенты выполняют контрольную экспериментальную работу.

1. Определение эквивалента цинка по кислороду.
 2. Определение плотности хлора.
 3. Определение растворимости нитрата бария при 32° С.
 4. Определение процентного содержания $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в фотографическом «гипосульфите».
 5. Определение молекулярного веса неизвестной жидкости.
 6. Определение весового количества NH_3 в контрольном растворе.
 7. Проверка титрованием концентрации 20%-ного раствора азотной кислоты, полученной разбавлением концентрированной кислоты.
 8. Анализ раствора, содержащего два катиона (по одному из элементов IB и IVA групп) и два аниона.
 9. Определение чистоты CaH_2 по объему выделившегося водорода.
 10. Качественный анализ латуни или бронзы.
 11. Определение содержания железа в струне перманганатометрическим методом.
 12. Определение карбонатной и общей жесткости образца воды.
 13. Относительное содержание связанной CO_2 в мраморе и меле.
 14. Определение содержания азота в нитрите калия.
 15. Определение ингибиторного эффекта тиомочевины в процессе растворения железа в 20%-ной серной кислоте.
- Тема работы и печатный бланк отчета выдаются студенту за 2 недели до выполнения контрольной работы.

ФОРМА ОТЧЕТА

Кафедра общей химии (название института)
Фамилия студента № группы № места
Тема работы «.»
Дата выдачи

Отчет по работе

Литература, использованная студентом при подготовке к работе
(название, страницы)
.

Краткий план проведения работы

.....
.....
.....
.....

Рисунок прибора для опыта

Посуда и реактивы,
необходимые
для выполнения работы:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

и т. д.

Преподаватель Утверждаю

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ
ОПЫТА

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Экспериментальные данные опыта

В таблицу заносятся все данные, которые были получены при про-
ведении работы (вес, температура, давление, объемы газов, объем мер-
ной колбы, пипетки, концентрации титрованных растворов и пр.)

Таблица экспериментальных данных

Расчеты
Результаты опыта

Работа принята:

Преподаватель дата

Примечание. Если по результатам работы она не может быть
принята, то назначается дополнительное время для переделки.

(реактивы, отмеченные звездочкой, помещаются в студенческий набор)

При приготовлении растворов, если нет специальных указаний, навеску вещества растворяют в малом количестве дистиллированной воды, а затем раствор разбавляют водой до литра.

№	Формула вещества и его молекулярный вес	Название вещества	Концентрация раствора	Количество вещества в 1 л р-ра	Способ приготовления
1*	AgNO_3 , 170	Нитрат серебра	0,1 н.	17	При растворении добавить 60 мл 2 н. раствора серной кислоты 15 мл под тягой (!) влить в 900 мл воды и 100 мл 2 н. HCl
2	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, 666	Сульфат алюминия	0,5 н.	55,5	
3	AsCl_3 , 181,3	Хлорид мышьяка	0,5 н.	30,2	Сначала соль растворить в 200 мл 2 н. азотной кислоты
4*	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 244,4	Хлорид бария	0,5 н.	61,1	
5*	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, 261,4	Нитрат бария	0,5 н.	65,4	
6*	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 485,1	Нитрат висмута	0,5 н.	80,8	
7*	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 219	Хлорид кальция	0,5 н.	54,7	После насыщения осадок отфильтровать
8	$\text{Ca}(\text{OH})_2$, 74,1	Гидроксид кальция (известковая вода)	насыщ. р-р	~ 1	
9	CaOCl_2 , 127	Хлорид-гипохлорит кальция	насыщ. р-р	~ 30	Раствор следует профильтровать
10	$\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, 712,7	Сульфат церия	0,2 н.	23,8	К раствору добавляют 50 мл 2 н. H_2SO_4
11	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 281	Сульфат кобальта	0,5 н.	70,2	
12	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, 716,4	Сульфат хрома	0,5 н.	59,5	
13	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 170	Хлорид меди	0,5 н.	42,5	
14*	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 250	Сульфат меди	0,5 н.	62,5	
15*	$\text{CdSO}_4 \cdot \frac{8}{3}\text{H}_2\text{O}$, 256,5	Сульфат кадмия	0,5 н.	64	

№	Формула вещества и его молекулярный вес	Название вещества	Концентрация раствора	Количество вещества в 1 л р-ра	Способ приготовления
16	GaCl_3 , 176	Хлорид галлия	0,5 н.	29,4	Растворяют, добавляя 50 мл 2 н. HCl
17*	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 270	Хлорид железа (III)	0,5 н.	45	
18*	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 278	Сульфат железа (II)	0,5 н.	69,5	Добавляют 60 мл 2 н. H_2SO_4
19	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 400	Сульфат железа (III)	0,5 н.	33,3	166 мл HCl ($d = 1,19$) Торговый сорт
20*	HCl , 36,5	Соляная кислота	2 н.	73	
21	HCOOH , 46	Муравьиная кислота	17 М	774	131 мл 65%-ной HNO_3 ($d = 1,4$)
22*	CH_3COOH , 60	Уксусная кислота	2 н.	120	
23*	HNO_3 , 63	Азотная кислота	2 н.	126	Десятикратным разбавлением 30%-ной H_2O_2 (пергидроли)
24*	H_2O_2 , 34	Перекись водорода	3%	30	
25*	H_2SO_4 , 98	Серная кислота	2 н.	98	56 мл 96%-ной H_2SO_4 ($d = 1,84$)
26	H_2SeO_4 , 145	Селеновая кислота	2 н.	145	
27*	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, 324	Нитрат ртути	0,2 н.	32,4	Растворяют с добавлением 50 мл 3 н. HNO_3
28*	I_2 , 254	Иод в растворе	0,05 н.	6,3	Сначала растворяют в 60 мл 15%-ного раствора KI и добавляют воду
29	$\text{YCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 303	Хлорид иттрия	0,1 н.	10,1	
30*	KBr , 119	Бромид калия	0,5 н.	59,5	
31*	KCl , 74,5	Хлорид калия	0,5 н.	37,2	
32*	KF , 58	Фторид калия	0,5 н.	29	
33*	KI , 166	Иодид калия	0,5 н.	83	
34	KIO_3 , 214	Иодат калия	0,2 н.	42,8	
	KIO_4 , 56	Периодат калия	2 н.	112	

36*	KNCs, 97	Роданид калия	0,5 н.	38,5
37*	KNO ₃ , 85	Нитрат калия	0,5 н.	42,5
38	K ₂ CrO ₄ , 180	Нитрат калия	0,2 н.	36
39*	K ₂ MnO ₄ , 158	Перманганат калия	0,1 н.	15,8
40	K ₂ MnO ₄ , 197	Манганат калия	0,1 н.	19,7
41*	K ₂ CO ₃ , 133	Карбонат калия	1 н.	79
42*	K ₂ CrO ₄ , 194	Хромат калия	0,5 н.	46
43*	K ₂ Cr ₂ O ₇ , 294	Дихромат калия	0,5 н.	73,5
44	KAl(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O, 474	Сульфат калия-алюминия	0,5 н.	59
45*	K ₄ [Fe(CN) ₆] · 3H ₂ O, 422	Гексациано-(II) феррат калия	0,5 н.	52,7
46*	K ₃ [Fe(CN) ₆], 329	Гексациано-(III) феррат калия	0,5 н.	54,8
47	K [Sb(OH) ₆], 263	Гексагидроксо-(V) - стибат калия	—	—
48	K ₂ [Co (NO ₂) ₆], 451	Гексациано-(III) кобальтат калия	—	—
49	K ₂ [HgI ₄], 786	Тетраиодо-(II) гидраргират калия	—	—
50	LaCl ₃ · 7H ₂ O, 371,5	Хлорид лантана	0,5 н.	61,9
51	LiCl, 42	Хлорид лития	0,5 н.	21
52*	MgSO ₄ · 7H ₂ O, 246,5	Сульфат магния	0,5 н.	61,7
53*	MnCl ₂ · 4H ₂ O, 197,9	Хлорид марганца	0,5 н.	49,5
54*	MnSO ₄ · 7H ₂ O, 277	Сульфат марганца	0,5 н.	69,7
55*	NH ₃ , 17	Аммиак, раствор	2 н.	34
56*	NaCl, 58,5	Хлорид натрия	1 н.	58,5
57	NaClO, 74,5	Гипохлорит натрия	—	—
58	Na ₂ S · 9H ₂ O, 240	Сульфид натрия	0,5 н.	60
59*	Na ₂ CO ₃ , 106	Карбонат натрия	0,5 н.	26,5
60*	NaHCO ₃ , 84	Гидрокарбонат натрия	1 н.	84
61*	NaOH, 40	Гидроксид натрия	2 н.	80

(см. стр. 259)

(см. стр. 158)

(см. стр. 169)

150 мл 25%-ного раствора NH₃

(см. стр. 205)

№	Формула вещества и его молекулярный вес	Название вещества	Концентрация раствора	Количество вещества в 1 л р-ра	Способ приготовления	
62*	NaNO_2 , 69	Нитрит натрия	0,5 н.	34,5	Растворить в 100 мл концентрированной HCl	
63*	NaNO_3 , 85	Нитрат натрия	0,5 н.	42,5		
64*	$\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 136	Ацетат натрия	0,5 н.	34		
65	Na_2SiO_3 , 122	Силикат натрия	0,5 н.	30,5		
66*	$\text{Na}_2\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 380	Фосфат натрия	0,5 н.	63,5		
67	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 358	Гидрофосфат натрия	0,5 н.	89,5		
68*	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 138	Дигидрофосфат натрия	0,5 н.	69		
69*	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 252	Сульфит натрия	0,5 н.	63		
70*	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 322	Сульфат натрия	0,5 н.	80,5		
71*	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 248	Тиосульфат натрия	0,5 н.	62		
72	Na_2MoO_4 , 206	Молибдат натрия	0,5 н.	51,5		
73	$\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 330	Вольфрамат натрия	0,5 н.	82,5		
74	NdCl_3 , 250	Хлорид неодима	0,5 н.	41,7		
75	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 280,9	Сульфат никели	0,5 н.	70,2		
76	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 325	Ацетат свинца	0,5 н.	81		
77*	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 331	Нитрат свинца	0,5 н.	82,5		
78	SbCl_3 , 228	Хлорид сурьмы	0,5 н.	38		
79	$\text{ScCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 259	Хлорид скандия	0,5 н.	43		13,5 мл TiCl_4 под тягой влить в 100 мл концентрированной HCl
80	TiCl_4 , 190	Хлорид титана	0,5 н.	23,5		
81	$\text{Th}(\text{SO}_4)_2$, 424	Сульфат тория	0,25 н.	26		Добавить 20 мл концентрированной HCl
82	UO_2SO_4 , 366	Сульфат уранила	0,2 н.	12		
83*	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 287	Сульфат цинка	0,5 н.	71,6		
84	ZrCl_4 , 233	Хлорид циркония	0,5 н.	29		

ТВЕРДЫЕ ВЕЩЕСТВА, СМЕСИ И ОСОБЫЕ РАСТВОРЫ

а) Элементарные вещества

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1*. С — углерод (уголь — порошок) | 11*. Р — фосфор (красный порошок) |
| 2. Са — кальций (стружки) | 12. Pb — свинец (гранулы) |
| 3. Cd — кадмий (гранулы, стружки) | 13*. S — сера (комовая, порошок) |
| 4*. Си — медь (стружки, проволока) | 14. Se — селен (порошок) |
| 5. Вi — висмут (кусочки) | 15. Sn — олово (гранулы) |
| 6*. Fe — железо (опилки, гвозди) | 16*. Zn — цинк (гранулы, пыль) |
| 7*. I ₂ — иод (порошок) | 17. Si — кремний (аморфный) |
| 8. Mg — магний (порошок, лента) | 18. Cu + Zn + Al — (сплав Деварда) |
| 9. Na — натрий (кусочки) | |
| 10*. Al — алюминий (пыль, проволока) | |

б) Оксиды и пероксиды

- | | |
|---|--|
| 1. Bi ₂ O ₃ — оксид висмута (III) | 6. PbO — оксид свинца (II) |
| 2. Cr ₂ O ₃ — оксид хрома (III) | 7*. PbO ₂ — оксид свинца (IV) |
| 3. CrO ₃ — оксид хрома (VI) | 8*. SiO ₂ — диоксид кремния |
| 4. HgO — оксид ртути (II) | 9. MnO ₂ — диоксид марганца |
| 5. Na ₂ O ₂ — пероксид натрия | 10. Fe ₃ O ₄ + Al — термит |

в) Соли

- | | |
|---|--|
| 1. AlCl ₃ — хлорид алюминия | 18. KClO ₃ — хлорат калия |
| 2. AgNO ₃ — нитрат серебра | 19. KNO ₃ — нитрат калия |
| 3*. CaCO ₃ — карбонат кальция | 20*. KMnO ₄ — перманганат калия |
| 4. CaF ₂ — фторид кальция | 21. CdCl ₂ — хлорид кадмия |
| 5. CaOCl ₂ — хлорид-гипохлорит кальция | 22. Mg ₂ Si — силицид магния |
| 6. Ca ₃ (PO ₄) ₂ — фосфат кальция | 23*. NaCl — хлорид натрия |
| 7. Co(NO ₃) ₂ — нитрат кобальта | 24. Na ₂ CO ₃ — карбонат натрия |
| 8. CuBr ₂ — бромид меди | 25. Na ₂ SO ₄ — сульфат натрия |
| 9. CuCl ₂ — хлорид меди | 26. CH ₃ COONa — ацетат натрия |
| 10. Cu ₂ S — сульфид меди (I) | 27. NaNO ₂ — нитрит натрия |
| 11. CuSO ₄ · 5H ₂ O — сульфат меди | 28. Na ₂ SO ₃ — сульфит натрия |
| 12. FeC ₂ O ₄ — оксалат железа | 29. Al ₂ O ₃ · NaAlO ₂ — оксид-алюминат натрия |
| 13. FeCl ₃ — хлорид железа (III) | 30. PbS — сульфид свинца |
| 14. HgS — сульфид ртути | 31. (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ — персульфат аммония |
| 15*. NH ₄ Cl — хлорид аммония | 32. Sb ₂ S ₃ — сульфид сурьмы |
| 16. KCl — хлорид калия | |
| 17*. KI — иодид калия | |

г) Растворы индикаторов

1*. *Фенолфталеин*. 0,1 г кристаллического фенолфталеина растворяют в 50 мл этилового спирта и добавляют равный объем дистиллированной воды. Приготовленный раствор бесцветен.

2. *Метиловый оранжевый*. 0,05 г метилового оранжевого (геллантин) растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Раствор имеет желто-оранжевую окраску.

3. *Метиловый красный*. 0,2 г метилового красного растворяют в 100 мл этилового спирта. Раствор имеет красную окраску.

4*. *Лакмус*. 20 г кубиков продажного лакмуса нагревают в фарфоровой чашке на водяной бане с 50 мл 85%-ного раствора этилового спирта. Спирт сливают, а остаток обрабатывают 100 мл дистиллированной воды и оставляют стоять несколько дней. Раствор отфильтровывают и делят на равные части. К одной из них добавляют по каплям раствор соляной кислоты до появления розовой окраски, а к другой — раствор гидроксида бария до синей окраски. Затем растворы сливают вместе. Полученный раствор должен иметь фиолетовую окраску, характерную для нейтрального лакмуса. Если раствор имеет густую окраску, то его можно разбавить дистиллированной (прокипяченной) водой. Хранить раствор лакмуса следует в склянке, закрывая горлышко тампоном из ваты.

5*. *Крахмал*. 100 мл дистиллированной воды нагревают до кипения и всыпают при помешивании 1 г растворимого крахмала. К раствору добавляют 0,5 г салициловой кислоты или хлорида цинка (консерванты). Рекомендуется раствор сохранять в склянке, горлышко которой закрыто ватным тампоном. Если раствор крахмала дает с иодом не темно-синее, а коричнево-бурое окрашивание, то он не пригоден к употреблению.

6. *Эриохром черный (Т) или хромоген специальный (ЕТ—СС)*. 1 г индикатора растворяют в 100 мл этилового спирта.

д) Бумага индикаторная

1*. *Лакмусовая (синяя и красная)*. Используют готовую бумагу, имеющуюся в продаже. Можно приготовить ее в лаборатории по следующему методу. 1 г порошкообразного азолитмина растворяют в 100 мл воды, отфильтровывают и добавляют 25 мл этилового спирта. Раствор делят на две части и добавляют к одной раствор едкого натра до посинения, а к другой — раствор серной кислоты до появления красной окраски. В растворы опускают листы фильтровальной бумаги и высушивают при обыкновенной температуре. Высушенные листы разрезают на полоски.

2. *Кобальтовая*. В 100 мл этилового спирта растворить 3 г хлорида кобальта $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. В темно-синий раствор опустить фильтровальную бумагу. Вынуть бумагу из раствора, дать стечь избытку и высушить бумагу при обыкновенной температуре. Бумагу разрезать на полоски. Хранить ее следует в маленьком эксикаторе над серной кислотой.

3. *Палладиевая*. Фильтровальную бумагу пропитывают 0,01%-ным раствором PdCl_2 , в 100 мл которого содержится 15 капель 1 н. раствора соляной кислоты. Бумагу высушивают в помещении, в воздухе которого отсутствует CO . Разрезают на полоски и хранят в склянке с притертой пробкой.

4. *Свинцовая*. 10 г ацетата свинца $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ растворить в 90 мл дистиллированной воды. Этим раствором пропитать фильтро-

вальную бумагу и высушить при обыкновенной температуре в помещении, в воздухе которого отсутствует H_2S . Разрезать бумагу на полоски и хранить в склянках с притертыми пробками.

5. *Селитренная*. 20 г нитрата калия растворить в 80 мл воды и полученным раствором пропитать фильтровальную бумагу. Высушить бумагу при обыкновенной температуре и разрезать на полоски.

Титрованные растворы

Для приготовления небольших объемов (до 1 л) титрованных растворов лучше всего пользоваться фиксаналами. Фиксаналами называются ампулы, содержащие определенное количество вещества. Чаще всего в ампулах содержится 0,1 г-экв вещества, из которого можно приготовить 1 л точно 0,1 н. раствора. Техника вскрытия ампул описывается в инструкции, приложенной к коробке с фиксаналом.

Если нужно приготовить большие количества титрованных растворов (10—20 л), то исходят из химически чистых веществ, имеющихся в лаборатории, готовят растворы с концентрацией, близкой к необходимой, и устанавливают точную концентрацию титрованием.

1. *Раствор соляной кислоты* 1 н. В 1 л 1 н. раствора HCl должно содержаться 1 г-экв или 36,46 г HCl . Если нужно приготовить 10 л раствора, то потребуется 364,6 г кислоты.

В вытяжном шкафу в сухой цилиндр налить концентрированный раствор соляной кислоты и ареометром определить ее плотность. Если установлено, что плотность равна 1,185, то данный раствор (см. табл. III) содержит 36,31 % HCl .

Из соотношения $\frac{364,6 \cdot 100}{36,31}$ находим, что для приготовления 10 л 1 н. раствора потребуется 1004 г 36,31%-ного раствора HCl или $1004 : 1,185 = 848$ мл.

В бутылку наливают 9150 мл дистиллированной воды и при перемешивании, порциями в 50—100 мл, вливают 850 мл 36,31%-ной соляной кислоты. Содержимое бутылки энергично несколько раз взбалтывают.

Точную концентрацию полученного раствора HCl устанавливают титрованием раствора буры, приготовленного из фиксанала, в присутствии индикатора метилового красного.

Аналогичным путем можно приготовить большие количества 0,1 н. раствора соляной кислоты.

2. *Раствор едкого натра* 0,1 н. В 1 л раствора указанной концентрации должно содержаться 4 г едкого натра. Для приготовления 10 л раствора следует отвесить 40 г едкого натра и растворить его в 10 л дистиллированной воды. После растворения раствор в бутылки тщательно перемешать.

Для установления точной концентрации раствора едкого натра им титруют раствор щавелевой кислоты, приготовленной из фиксанала, в присутствии фенолфталеина. Появляющееся в конце титрования розовое окрашивание не должно исчезать в течение 10—15 сек.

3. *Раствор перманганата калия* 0,05 н. Окисление восстановителей перманганатом калия обычно проводят в кислой среде. Окислительное число марганца при этом меняется с +7 до +2. Следовательно, его эквивалент равен молекулярному весу, деленному на 5, т. е. $158 : 5 = 31,6$ г. На 1 л 0,05 н. раствора нужно взять $31,6 \cdot 0,05 = 1,58$ г, а на 10 л 15,8 г перманганата калия.

Отвешивают 15,8 г мелкоистертого перманганата калия и растворяют в 10 л дистиллированной воды. Раствор энергично перемешивают и оставляют стоять около 7 дней. Затем раствор профильтровывают через воронку со стеклянной ватой в другую бутылку.

Для определения точной концентрации приготовленным раствором перманганата титруют в кислой среде раствор оксалата аммония, приготовленного из фиксаля. Из мерной колбы отбирают пипеткой раствор оксалата аммония, добавляют 20 мл 2 н. раствора серной кислоты, нагревают до 60—70° С и из бюретки титруют раствором перманганата до появления слабо розовой окраски, не исчезающей в течение 2 мин.

4. Раствор тиосульфата натрия 0,05 н. Эквивалент тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ равен его молекулярному весу, т. е. 248,2. Для приготовления 10 л 0,05 н. раствора следует отвесить $248,2 \cdot 10 \cdot 0,05 = 124,1$ г тиосульфата натрия и растворить в 10 л дистиллированной воды. Для сохранности раствора рекомендуется добавить 1 г карбоната натрия и несколько кристалликов красного подида ртути. Через два дня определяют концентрацию раствора.

Пипеткой отбирают 20 мл раствора тиосульфата натрия, добавляют 1 мл раствора крахмала и титруют раствором иода, концентрация которого известна, до тех пор, пока раствор не окрасится в темно-синий цвет.

5. Раствор комплексона (III) 0,1 н. Комплексон представляет собой этилендиаминтетраацетат натрия состава $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, эквивалент которого равен половине молекулярного веса, т. е. 372,24 : 2 = 186,12. Для приготовления 1 л 0,1 н. раствора комплексона отвешивают $186,12 \cdot 0,1 = 18,61$ г комплексона и растворяют в 1 л дистиллированной воды.

Для определения точной концентрации раствора комплексона им из бюретки титруют раствор сульфата магния, приготовленного из фиксаля, в присутствии 1—2 капель эриохрома черного Т до перехода красной окраски в синюю.

ж) Растворители и флотореагенты

- | | |
|--|--|
| 1. $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_3$ — ацетон | 6. CHCl_3 — хлороформ |
| 2. Бензин | 7. $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ — скипидар |
| 3. C_6H_6 — бензол | 8. CCl_4 — тетрахлорметан |
| 4. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ — этиловый спирт | 9. CS_2 — сероуглерод |
| 5. $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ — бутиловый спирт | 10. Льняное масло |

з) Растворы красок

1. Ализарин (1,2-диоксинантрахинон) $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_4$. Применяется насыщенный раствор в 95%-ном этиловом спирте.

2. Индиго (индиготин) $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_2$. Вследствие трудной растворимости индиго лучше пользоваться индигокармином, являющимся натриевой солью индигодисульфокислоты $\text{Na}_2\text{C}_{16}\text{H}_8\text{N}_2\text{S}_2\text{O}_8$. 1,5 г индигокармина растворяют в 1 л дистиллированной воды. Цвет раствора интенсивно синий.

3. Метиленовая синь $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. В 1 л дистиллированной воды растворяют 0,2 г метиленовой сини.

4. Метиленовая фиолетовая $\text{C}_{24}\text{H}_{29}\text{N}_3\text{Cl}$. Растворяют 0,5 г краски в 1 л дистиллированной воды.

5. Фуксин $\text{C}_{20}\text{H}_{29}\text{N}_3\text{Cl}$. 0,25 г фуксина растворяют в 500 мл дистиллированной воды.

и) Реактивы, хранящиеся в вытяжном шкафу

1. Br_2 — бром. Тяжелая темно-красная жидкость.
2. $\text{Br}_2 \cdot \text{aq}$ — бромная вода. Насыщенный водный раствор брома желтого цвета. Получают приливанием (под тягой!) 2 мл брома (осторожно!) к 100 мл воды.
3. $\text{Cl}_2 \cdot \text{aq}$ — хлорная вода. Жидкость зеленоватого цвета с запахом хлора. При 20°C 1 л воды насыщают (под тягой!) 2,26 л хлора.
4. $\text{HBr} \cdot \text{aq}$ — бромистоводородная кислота. Бесцветная жидкость с содержанием не менее 40% бромоводорода.
5. $\text{H}_2\text{S} \cdot \text{aq}$ — сероводородная вода. Прозрачная бесцветная жидкость с запахом тухлых яиц. Получают насыщением (под тягой!) 1 л дистиллированной воды 2,9 л сероводорода при 20°C . Чтобы вода не мутнела, рекомендуется добавить 20 г сахара или 10 г салициловой кислоты.
6. HCl — соляная кислота, концентрированная. Бесцветная жидкость, содержащая 37,23% хлористого водорода ($d_{15}^{20} = 1,19$).
7. HNO_3 — азотная кислота. Бесцветная прозрачная жидкость ($d_{15}^{20} = 1,400$), содержащая 65,3% HNO_3 (табл. II).
8. H_2SO_4 — концентрированная серная кислота. Бесцветная масляобразная жидкость ($d_{15}^{20} = 1,84$), содержащая 95,6% H_2SO_4 (табл. I).
9. KMnO_4 — насыщенный раствор перманганата калия. Получают растворением 6 г перманганата калия в 95 мл воды.
10. NaOH — 30%-ный раствор едкого натра. стакан с 70 мл дистиллированной воды ставят в кристаллизатор с водой для охлаждения и постепенно вносят в стакан 30 г едкого натра. Слянку с раствором едкого натра следует закрывать корковой пробкой.
11. Na_2S — 10%-ный раствор сульфида натрия. Для приготовления раствора указанной концентрации, учитывая формулу сульфида натрия $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 30 г кристаллической соли растворяют в 70 г воды.
12. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ — 16%-ный раствор сульфида аммония. 100 мл 8%-ного раствора NH_3 делят на две равные по объему части. В одну из них пропускают (под тягой!) сероводород до явного запаха H_2S (осторожно!) и приливают вторую часть раствора аммиака.
13. SiCl_4 — тетрахлорид кремния. Подвижная жидкость, дымящая на воздухе.
14. SnCl_4 — тетрахлорид олова. Бесцветная подвижная жидкость, дымящая на воздухе.

к) Органические вещества*

1. Альдегид уксусный CH_3COH
2. Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$
3. Бензил хлористый $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$
4. Бензоат натрия $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$
5. Бензоил хлористый $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}$
6. Бетанафтол $\beta\text{-C}_{10}\text{H}_7\text{OH}$
7. Гексаметилендиамин $(\text{CH}_2)_6(\text{NH}_2)_2$
8. Гексаметилентетрамин $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$
9. Гидрохинон 1,4- $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$
10. Дихлорангидрид адипиновой кислоты $(\text{CH}_2)_4(\text{COCl})_2$
11. Кислота бензойная $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$
12. » монохлоруксусная CH_2ClCOOH

* Кроме веществ, указанных выше.

Работа XII. В оп. 1 вместо прибора по рис. 55, а можно воспользоваться и-образным сосудом, в перемычку которого впаива стеклянная пористая перегородка, выполняющая роль диафрагмы. В таком сосуде можно провести ряд последующих опытов.

Для получения манганата калия, необходимого для проведения оп. 10, лучше всего пользоваться следующей методикой. В фарфоровой чашке нагревают до 65°C 40 мл дистиллированной воды и растворяют в ней 10 г перманганата калия. Добавляют 60 г 50%-ного раствора едкого кали и кипятят до прекращения выделения кислорода. Раствор сливают в стакан и охлаждают его в чашке со льдом: выпадают кристаллы черно-зеленого цвета. С кристаллов осторожно сливают избыток раствора и переносят их на пористую пластинку, которую помещают в эксикатор над серной кислотой. Сухие кристаллы высыпают в банку с притертой пробкой, из которой воздух вытеснен азотом. Для работы готовят 1%-ный раствор манганата калия.

Работа XVII. Для зарисовки кристаллов, образовавшихся в оп. 11, рекомендуется научить студентов пользоваться рисовальным аппаратом Аббе.

Работа XVIII. Раствор солянокислого анилина для оп. 10 готовят так: 15 мл свежеперегнанного анилина (т. кип. 154°C) смешивают с равным объемом концентрированной соляной кислоты и добавляют 70 мл дистиллированной воды.

Работа XIX. Раствор бензидина для оп. 4 готовят так: 35 мл ледяной уксусной кислоты разбавляют 65 мл дистиллированной воды и всыпают 2,2 г кристаллического бензидина.

Работа XX. Раствор хлорида диаммин-серебра для оп. 3 готовят растворением 1,43 г хлорида серебра в 55 мл 10%-ного раствора аммиака с последующим разбавлением водой до 1 л.

Работа XXI. Для приготовления реактива Чугаева (оп. 2в) 1 г диметилглиоксима растворяют в смеси 20 мл этилового спирта и 80 мл 1%-ного раствора аммиака.

Работа XXIII. Раствор тетрадано-(II) гидраргирата калия для оп. 3 содержит 9,5 г нитрата ртути и 11,5 г роданида калия в 100 мл воды.

Работа XXVII. Для приготовления реактива Несслера 11,5 г иодида ртути (II) и 8 г иодида калия растворяют в малом количестве воды и разбавляют водой до 50 мл. Затем добавляют 70 мл 6 н. раствора гидроксида калия и сливают раствор в склянку из темного стекла.

Для оп. 20 раствор яичного белка готовят взбалтыванием белка куриного яйца с 200—250 мл дистиллированной воды.

Работа XXIX. Кроме дихромата калия, используемого в оп. 16, можно предлагать студентам другие вещества для иодометрического анализа.

ПОСОБИЯ ПО ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ

1. С. А. Балезин и др. Практикум по неорганической химии. «Просвещение», 1967.
2. А. Ф. Богоявленский и др. Руководство к лабораторным работам по общей химии. Изд-во Казанск. ун-та, 1965.
3. З. Г. Васильева и др. Лабораторный практикум по общей химии. Полумикрометод. Госхимиздат, 1961.
4. Г. Г. Девятых и др. Руководство к практическим занятиям по неорганической химии. «Высшая школа», 1964.

5. С. И. Дракни и др. Практикум по общей и неорганической химии. Под редакцией М. Х. Карапетьянца и С. И. Дракни. «Высшая школа», 1969.

6. М. А. Корниенко. Руководство к практическим занятиям по общей химии. Изд-во Харьковск. ун-та, 1958.

7. Г. Е. Левант, Г. А. Райцын. Практикум по общей химии. «Высшая школа», 1966.

8. О. Г. Немкова и др. Руководство к практическим занятиям по неорганической химии. Изд-во МГУ, 1959.

9. В. В. Разумовский и др. Руководство к лабораторным занятиям по общей химии. Изд. Ленингр. электротехн. ин-та связи, 1958.

10. Р. Рипан, И. Четяну. Руководство к практическим работам по неорганической химии. «Мир», 1965.

11. В. И. Семишин. Практикум по общей химии, изд. 6-е, «Химия», 1967.

12. Е. А. Соколова. Руководство к лабораторным занятиям по курсу неорганической химии. Изд-во Харьковск. хим. -техн. ин-та, 1939.

13. М. И. Тарасенко и др. Практикум по неорганической химии. «Высшая школа», 1962.

14. П. Р. Таубе и др. Практикум по общей химии. «Высшая школа», 1962.

15. Т. А. Толмачева и др. Руководство к лабораторным работам по неорганической химии. Изд-во ЛГУ, 1953.

16. Е. Л. Утевская. Практикум по общей химии. Гостехиздат Украины, 1947.

17. П. М. Федосеев и др. Нові лабораторні роботи з загальної хімії. «Радянська школа», 1961.

18. Г. П. Хомченко. Лабораторный практикум по общей химии. Изд-во МГУ, 1957.

19. И. А. Хризмани и др. Руководство к лабораторным работам по общей химии. Уфа, 1958.

20. В. П. Цыбасов, А. И. Крягина. Руководство к практическим и лабораторным занятиям по общей химии. Л., ВМИ, 1959.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица I

Плотности растворов серной кислоты

d_4^{15}	% H ₂ SO ₄						
1,000	0,09	1,240	32,28	1,480	57,83	1,720	78,92
1,020	3,06	1,260	34,57	1,500	59,70	1,740	80,68
1,040	5,96	1,280	36,87	1,520	61,59	1,760	82,44
1,060	8,77	1,300	39,19	1,540	63,43	1,780	84,50
1,080	11,60	1,320	41,50	1,560	65,20	1,800	86,92
1,100	14,35	1,340	43,74	1,580	66,95	1,820	90,05
1,120	17,01	1,360	45,88	1,600	68,70	1,840	95,60
1,140	19,61	1,380	48,00	1,620	70,42	1,8415	97,35
1,160	22,19	1,400	50,11	1,640	72,12	1,840	98,72
1,180	24,76	1,420	52,15	1,660	73,81	1,839	99,12
1,200	27,32	1,440	54,07	1,680	75,50		
1,220	29,84	1,460	55,97	1,700	77,17		

Таблица II

Плотности растворов азотной кислоты

d_4^{15}	% HNO ₃						
1,000	0,10	1,110	18,67	1,220	35,28	1,330	52,37
1,010	1,90	1,120	20,23	1,230	36,78	1,340	54,07
1,020	3,70	1,130	21,77	1,240	38,29	1,350	55,79
1,030	5,50	1,140	23,31	1,250	39,82	1,360	57,57
1,040	7,26	1,150	24,84	1,260	41,36	1,370	59,39
1,050	8,99	1,160	26,36	1,270	42,87	1,380	61,27
1,060	10,68	1,170	27,88	1,280	44,41	1,390	63,23
1,070	12,33	1,180	29,38	1,290	45,95	1,400	65,30
1,080	13,95	1,190	30,88	1,300	47,49	1,410	67,50
1,090	15,53	1,200	32,36	1,310	49,07	1,420	69,80
1,100	17,11	1,210	33,82	1,320	50,71	1,430	72,17

Таблица III

Плотности растворов соляной кислоты

d_4^{15}	% HCl						
1,000	0,16	1,050	10,17	1,100	20,01	1,150	29,57
1,005	1,15	1,055	11,18	1,105	20,97	1,155	30,55
1,010	2,14	1,060	12,19	1,110	21,92	1,160	31,52

d_4^{15}	% HCl						
1,015	3,12	1,065	13,19	1,115	22,86	1,165	32,49
1,020	4,13	1,070	14,17	1,120	23,82	1,170	33,46
1,025	5,15	1,075	15,16	1,125	24,78	1,175	34,42
1,030	6,15	1,080	16,15	1,130	25,75	1,180	35,39
1,035	7,15	1,085	17,13	1,135	26,70	1,185	36,31
1,040	8,16	1,090	18,11	1,140	27,66	1,190	37,23
1,045	9,16	1,095	19,06	1,145	28,61	1,195	38,16

Таблица IV

Плотности растворов аммиака

d_4^{15}	% NH ₃						
1,000	0,00	0,970	7,31	0,940	15,63	0,910	24,99
0,990	2,31	0,960	9,91	0,930	18,64	0,900	28,33
0,980	4,80	0,950	12,74	0,920	21,75	0,890	31,75

Таблица V

Плотности растворов едкого кали и едкого натра

d_4^{15}	% KOH		d_4^{15}	% KOH		d_4^{15}	% NaOH	
	% NaOH	% NaOH		% KOH	% NaOH			
1,007	0,9	0,59	1,142	16,5	12,69	1,332	33,7	30,00
1,014	1,7	1,20	1,162	18,6	14,35	1,357	35,9	32,50
1,029	3,5	2,50	1,180	20,5	16,00	1,383	37,8	35,00
1,045	5,6	3,79	1,200	22,4	17,81	1,410	39,9	37,65
1,060	7,4	5,20	1,220	24,2	19,65	1,438	42,1	40,47
1,075	9,2	6,58	1,241	26,1	21,55	1,468	44,6	43,58
1,091	10,9	8,07	1,263	28,0	23,50	1,498	47,1	46,73
1,108	12,9	9,50	1,285	29,8	25,50	1,530	49,4	50,10
1,125	14,8	11,06	1,308	31,8	27,65			

Таблица VI

Растворимость некоторых безводных солей, г/100 г воды

Соль	Температура, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
NaNO ₃	73,0	80,5	88,0	96,1	104,9	114,1	123,6	135,8	148,1	161,1	184,5
NaCl	35,8	35,9	36,0	—	36,8	37,0	37,2	37,9	38,2	38,8	39,6
NaHCO ₃	6,9	8,2	9,6	11,2	12,6	14,5	16,4	—	—	—	—

Соль	Температура, °С										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
KNO ₃	13,1	20,8	31,8	46,2	64,2	86,1	110,2	137,7	168,5	204,0	244,5
KCl	28,5	31,3	34,2	37,4	40,6	43,1	45,6	48,4	51,2	53,7	56,3
K ₂ SO ₄	7,4	9,3	11,1	13,1	15,1	16,3	18,3	20,0	21,4	22,9	24,1
K ₂ Cr ₂ O ₇	4,7	8,1	12,5	18,3	26,0	35,0	44,0	56,8	69,8	82,5	102,0
NH ₄ Cl	29,8	33,3	37,2	41,5	45,7	50,4	55,4	60,4	65,5	71,2	77,5
Ba(NO ₃) ₂	5,1	5,9	8,8	11,6	14,2	17,1	18,9	—	27,1	—	34,2
BaCl ₂ *	—	33,4	35,8	38,4	40,9	42,9	46,2	49,3	52,3	55,6	58,8
CuSO ₄ **	14,8	—	—	25,0	29,5	33,5	39,2	45,9	53,7	62,7	73,6
Pb(NO ₃) ₂	36,4	44,6	52,3	60,8	69,5	78,6	88,0	97,6	107,2	—	127,2

* Кристаллизуется соль BaCl₂ · 2H₂O.** Кристаллизуется соль CuSO₄ · 5H₂O.

Таблица VII

Относительные плотности d_4^{20} и процентные концентрации растворов

Вещество	Процентная концентрация при плотности									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
NH ₄ NO ₃	1,015	1,028	1,031	1,040	1,048	1,057	1,065	1,074	1,083	1,092
NH ₄ Cl	1,011	1,017	1,023	1,029	1,034	1,040	1,046	1,051	1,057	1,062
KNO ₃	1,023	1,036	1,050	1,063	1,076	1,090	1,104	1,118	1,133	1,147
KCl	1,024	1,037	1,050	1,063	1,077	1,090	1,104	1,118	1,133	1,147
CaCl ₂	1,032	1,049	1,066	1,084	1,102	1,120	1,139	1,158	1,178	1,197
NaNO ₃	1,025	1,039	1,053	1,067	1,082	1,097	1,119	1,127	1,143	1,159
Na ₂ SO ₄ *	1,016	1,024	1,032	1,040	1,048	1,056	1,064	1,072	1,081	1,089
NaCH ₃ COO	1,019	1,029	1,039	1,050	1,060	1,070	1,081	1,091	1,102	1,113
NaCl	1,029	1,044	1,058	1,073	1,089	1,104	1,119	1,135	1,151	1,168
Na ₂ Cr ₂ O ₇	1,027	1,041	1,056	1,070	1,084	1,098	1,112	1,126	1,140	1,153

* % Na₂SO₄ · 10H₂O.

Таблица VIII

Произведения растворимости (ПР) некоторых соединений

Соединение	ПР	$t, ^\circ\text{C}$	Соединение	ПР	$t, ^\circ\text{C}$	Соединение	ПР	$t, ^\circ\text{C}$
<i>Галиды</i>			Mg(OH) ₂	$1,2 \cdot 10^{-11}$	18	<i>Сульфиды</i>		
AgBr	$7,7 \cdot 10^{-13}$	25	Ni(OH) ₂	10^{-16}	20	Ag ₂ S	$1,6 \cdot 10^{-49}$	18
AgCl	$1,6 \cdot 10^{-10}$	25	Pb(OH) ₂	$3,0 \cdot 10^{-16}$	20	Bi ₂ S ₃	10^{-56}	20
AgI	$1,5 \cdot 10^{-16}$	25	Sb(OH) ₃	$4,0 \cdot 10^{-42}$	20	CdS	10^{-27}	20
CaF ₂	$3,5 \cdot 10^{-11}$	20	Sn(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-26}$	20	CoS	$7,0 \cdot 10^{-23}$	18
Hg ₂ Cl ₂	$2,0 \cdot 10^{-18}$	25	<i>Карбонаты</i>			CuS	$8,5 \cdot 10^{-45}$	18
PbCl ₂	$2,0 \cdot 10^{-5}$	20	Ag ₂ CO ₃	$5,0 \cdot 10^{-12}$	20	FeS	$3,7 \cdot 10^{-19}$	18
PbI ₂	$8,7 \cdot 10^{-9}$	25	BaCO ₃	$8,1 \cdot 10^{-9}$	25	HgS	10^{-52}	20
<i>Гидроксиды</i>			CaCO ₃	$1,0 \cdot 10^{-8}$	15	MnS	10^{-15}	20
Al(OH) ₃	$3,7 \cdot 10^{-15}$	25	MgCO ₃	$2,6 \cdot 10^{-5}$	12	NiS	$1,4 \cdot 10^{-24}$	18
AgOH	$1,5 \cdot 10^{-8}$	20	PbCO ₃	$3,5 \cdot 10^{-14}$	20	PbS	$3,4 \cdot 10^{-28}$	18
Bi(OH) ₃	$4,3 \cdot 10^{-31}$	20	SrCO ₃	$1,6 \cdot 10^{-9}$	25	ZnS	$1,2 \cdot 10^{-23}$	18
Cd(OH) ₂	$1,2 \cdot 10^{-14}$	20	ZnCO ₃	$6,3 \cdot 10^{-11}$	20	<i>Хроматы</i>		
Co(OH) ₂	$2,0 \cdot 10^{-16}$	20	<i>Сульфаты</i>			Ag ₂ CrO ₄	$9 \cdot 10^{-12}$	25
Cr(OH) ₃	$6,0 \cdot 10^{-31}$	20	BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	25	BaCrO ₄	$2,4 \cdot 10^{-10}$	28
Cu(OH) ₂	$1,8 \cdot 10^{-20}$	20	CaSO ₄	$1,9 \cdot 10^{-4}$	10	CaCrO ₄	$2,3 \cdot 10^{-2}$	18
Fe(OH) ₂	$1,6 \cdot 10^{-14}$	18	PbSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-8}$	18	PbCrO ₄	$1,8 \cdot 10^{-14}$	20
Fe(OH) ₃	$1,1 \cdot 10^{-36}$	18	SrSO ₄	$2,8 \cdot 10^{-7}$	18	SrCrO ₄	$3,6 \cdot 10^{-5}$	20
Mn(OH) ₂	$4 \cdot 10^{-4}$	18	<i>Другие соединения</i>					
AgNCS	$1,2 \cdot 10^{-12}$	25	MgNH ₄ PO ₄	$2,5 \cdot 10^{-13}$	20	AgCN	$2,0 \cdot 10^{-12}$	20

Таблица IX

Константы нестойкости ($K_{\text{н}}$) некоторых комплексных ионов

Диссоциация комплексного иона	$K_{\text{н}}$	Диссоциация комплексного иона	$K_{\text{н}}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$4,6 \cdot 10^{-14}$
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-37}$
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-44}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$[\text{HgI}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$5,0 \cdot 10^{-31}$
		$[\text{NH}_4]^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$	$6,0 \cdot 10^{-10}$

Таблица X
Стандартные окислительно-восстановительные (редокс) потенциалы E^0 (в) при 25° С по отношению к паре $2H^+/H_2$ газ

Восстановитель	$-ne^-$	Окисленная форма	E^0	Восстановитель	$-ne^-$	Окисленная форма	E^0
$S + 6OH^-$	$-4e^-$	$SO_4^{2-} + 3H_2O$	-0,90	$NO + 2H_2O$	$-3e^-$	$NO_3^- + 4H^+$	+0,96
S^{2-}	$-2e^-$	S^0	-0,51	$NO + H_2O$	$-1e^-$	$NO_2^- + 2H^+$	+0,99
$NH_3 + 9OH^-$	$-8e^-$	$NO_3^- + 6H_2O$	-0,12	$2Br^-$	$-2e^-$	Br_2	+1,07
$H_2O_2 + 2OH^-$	$-2e^-$	$O_2 + 2H_2O$	-0,08	$I_2 + 6H_2O$	$-10e^-$	$2IO_3^- + 12H^+$	+1,20
H_2	$-2e^-$	$2H^+$	0,00	$2H_2O$	$-4e^-$	$O_2 + 4H^+$	+1,23
Sn^{2+}	$-2e^-$	Sn^{4+}	+0,15	$O_2 + 2OH^-$	$-2e^-$	$O_3 + H_2O$	+1,24
$SO_3^{2-} + H_2O$	$-2e^-$	$SO_4^{2-} + 2H^+$	+0,20	$Mn^{2+} + 2H_2O$	$-2e^-$	$MnO_2 + 4H^+$	+1,28
$4OH^-$	$-4e^-$	$O_2 + 2H_2O$	+0,40	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	$-6e^-$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	+1,36
$2I^-$	$-2e^-$	I_2	+0,53	$2Cl^-$	$-2e^-$	Cl_2	+1,36
$MnO_2 + 4OH^-$	$-3e^-$	$MnO_4^- + 2H_2O$	+0,57	$Pb^{2+} + 2H_2O$	$-2e^-$	$PbO_2 + 4H^+$	+1,46
$MnO_2 + 4OH^-$	$-2e^-$	$MnO_4^- + 2H_2O$	+0,58	$Cl_2 + 6H_2O$	$-10e^-$	$2ClO_3^- + 12H^+$	+1,47
Fe^{2+}	$-1e^-$	Fe^{3+}	+0,77	$Mn^{2+} + 4H_2O$	$-5e^-$	$MnO_4^- + 8H^+$	+1,52
$NO_2 + H_2O$	$-1e^-$	$NO_3^- + 2H^+$	+0,81	$Cl_2 + 2H_2O$	$-2e^-$	$2ClO^- + 4H^+$	+1,63
$2H_2O$	$-2e^-$	$H_2O_2 + 2H^+$	+0,83	H_2O_2	$-2e^-$	$O_2 + 2H^+$	+1,77
$2OH^-$	$-2e^-$	H_2O_2	+0,87	$O_2 + H_2O$	$-2e^-$	$O_3 + 2H^+$	+2,07
$[Hg_2]^{2+}$	$-2e^-$	$2Hg^{2+}$	+0,91	$2F^-$	$-2e^-$	F_2	+2,85
$HNO_2 + H_2O$	$-2e^-$	$NO_3^- + 3H^+$	+0,94				

Таблица XI

Стандартные потенциалы некоторых металлов E^0 ; концентрация = 1 г-ион/л; температура 20° С

Металл	Электродный процесс	E^0	Металл	Электродный процесс	E^0
K	$K \rightleftharpoons K^+ + e^-$	-2,92	Cd	$Cd \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2e^-$	-0,40
Ba	$Ba \rightleftharpoons Ba^{2+} + 2e^-$	-2,90	Co	$Co \rightleftharpoons Co^{2+} + 2e^-$	-0,28
Ca	$Ca \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2e^-$	-2,87	Ni	$Ni \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2e^-$	-0,25
Na	$Na \rightleftharpoons Na^+ + e^-$	-2,71	Mo	$Mo \rightleftharpoons Mo^{3+} + 3e^-$	-0,20
Mg	$Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2e^-$	-2,37	Sn	$Sn \rightleftharpoons Sn^{2+} + 2e^-$	-0,14
Be	$Be \rightleftharpoons Be^{2+} + 2e^-$	-1,85	Pb	$Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e^-$	-0,13
Ti	$Ti \rightleftharpoons Ti^{2+} + 2e^-$	-1,75			
Al	$Al \rightleftharpoons Al^{3+} + 3e^-$	-1,66	H_2	$H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$	0,00
Tl	$Tl \rightleftharpoons Tl^+ + e^-$	-1,63			
Zr	$Zr \rightleftharpoons Zr^{4+} + 4e^-$	-1,58	Bi	$Bi \rightleftharpoons Bi^{3+} + 3e^-$	+0,23
V	$V \rightleftharpoons V^{2+} + 2e^-$	-1,18	Cu	$Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e^-$	+0,34
Mn	$Mn \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2e^-$	-1,10	Hg	$2Hg \rightleftharpoons [Hg_2^{2+}] + 2e^-$	+0,79
Cr	$Cr \rightleftharpoons Cr^{2+} + 2e^-$	-0,91	Ag	$Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e^-$	+0,80
V	$V \rightleftharpoons V^{3+} + 3e^-$	-0,88	Pd	$Pd \rightleftharpoons Pd^{2+} + 2e^-$	+0,82
Zn	$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$	-0,76	Pt	$Pt \rightleftharpoons Pt^{2+} + 2e^-$	+1,19
Cr	$Cr \rightleftharpoons Cr^{3+} + 3e^-$	-0,74	Au	$Au \rightleftharpoons Au^+ + e^-$	+1,68
Fe	$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$	-0,44			

Логарифмы

Числа	Логарифмы									Пропорциональные числа									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1001	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4754	1	3	4	6	7	9	10	12	13

Числа	Пропорциональные числа									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235

53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	6	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	6	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	6	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	7
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	3	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5

Числа	Пропорциональные числа									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	9033	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9995

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие	3
Введение	6
Работа I. Определение чистоты веществ	10
Работа II. Определение эквивалента и молекулярного веса	20
Работа III. Химический анализ соединений и их смесей	32
Работа IV. Методы очистки веществ	42
Работа V. Растворы. Приготовление их и определение концентрации	51
Работа VI. Растворимость веществ	59
Работа VII. Скорость химических реакций. Равновесие и его смещение	67
Работа VIII. Электролиты и ионные реакции в растворах	76
Работа IX. Окислительно-восстановительные реакции	94
Работа X. Дисперсные системы и поверхностные явления	101
Работа XI. Металлы и сплавы	104
Работа XII. Электрохимические процессы	113
Работа XIII. Коррозия металлов и методы борьбы с ней	120
Работа XIV. Металлы IA-группы и их соединения	125
Работа XV. Металлы IIA-группы и их соединения	129
Работа XVI. Жесткость воды	135
Работа XVII. Элементы IIIB-группы. Лантаноиды и актиноиды	138
Работа XVIII. Элементы IVB- и VB-групп и их соединения	141
Работа XIX. Элементы VIB-группы и их соединения	144
Работа XX. Элементы VIIB-группы и их соединения	151
Работа XXI. Железо, кобальт, никель и их соединения	156
Работа XXII. Элементы IIB-группы и их соединения	160
Работа XXIII. Элементы IIIB-группы и их соединения	164
Работа XXIV. Анализ раствора соли, содержащей ионы d-элементов	169
Работа XXV. Элементы IIIA-группы и их соединения	172
Работа XXVI. Элементы IVA-группы и их соединения	177
Работа XXVII. Элементы VA-группы и их соединения	186
Работа XXVIII. Элементы VIA-группы и их соединения	192
Работа XXIX. Элементы VIIA-группы и их соединения	201
Работа XXX. Анализ анионов (кислотных остатков)	208
Работа XXXI. Качественный анализ органических соединений	210
Работа XXXII. Методы очистки соединений и определения некоторых констант	213
	271

Работа XXXIII. Дробное (фракционное) разделение органических соединений	214
Работа XXXIV. Углеводороды. Получение и химические свойства	217
Работа XXXV. Галогенопроизводные и их свойства	223
Работа XXXVI. Оксипроизводные (спирты, простые эфиры и фенолы)	225
Работа XXXVII. Оксопроизводные (альдегиды и кетоны)	228
Работа XXXVIII. Карбоксипроизводные (кислоты, сложные эфиры и ангидриды кислот)	231
Работа XXXIX. Азотсодержащие соединения.	234
Работа XL. Высокомолекулярные соединения	238
Работа XLI. Газовый анализ	242
Примерный перечень контрольных работ	247
Растворы реактивов	249
Твердые вещества, смеси и особые растворы	253
Методические указания преподавателям и лаборантам	258
Пособия по лабораторному практикуму	259
Приложения	261
I. Плотности растворов серной кислоты	261
II. Плотность растворов азотной кислоты	261
III. Плотности растворов соляной кислоты	261
IV. Плотности растворов аммиака	262
V. Плотности растворов едкого кали и едкого натра	262
VI. Растворимость некоторых безводных солей г/100 г воды	262
VII. Относительные плотности d_4^{20} и процентные концентрации растворов	263
VIII. Произведения растворимости (ПР) некоторых соединений	264
IX. Константы нестойкости (K_{H}) некоторых комплексных ионов	264
X. Стандартные окислительно-восстановительные (редокс) потенциалы E^0 (в) при 25° С по отношению к паре $2\text{H}^+/\text{H}_{2\text{газ}}$	265
XI. Стандартные потенциалы некоторых металлов E^0	266
XII. Логарифмы	267
Наименования анионов (на форзаце)	

НАЗВАНИЯ НЕКОТОРЫХ КИСЛОТ

(в порядке алфавита латин)

Элемент	Анион	Принятое название	Элемент	Анион	Принятое название
Al	$[\text{AlF}_6]^{3-}$	Гексафтороалюминат	Cr	$[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$	Тетрагидроксо-(III) хромат
	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$	Тетрагидроксоалюминат		CrO_4^{2-}	Хромат
	$[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$	Гексагидроксоалюминат		$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Дихромат
As	AsO_3^{3-}	Арсенит	Cu	$[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$	Тетрагидроксо-(II) купрат
	AsO_4^{3-}	Арсенат		F	F^-
B	BO_2^-	Метаборат	Fe	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	Гексациано-(III) феррат
	BO_3^{3-}	Ортоборат		$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	Гексациано-(II) феррат
	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	Тетраборат	I	I^-	Иодид
Br	Br^-	Бромид		IO_3^-	Иодат
	BrO^-	Гипобромит	Mo	MoO_4^{2-}	Молибдат
	BrO_3^-	Бромат		Mn	MnO_4^{2-}
C	CH_3COO^-	Ацетат	MnO_4^-		Перманганат
	CO_3^{2-}	Карбонат	N	NO_2^-	Нитрит
	HCO_3^-	Гидрокарбонат		NO_3^-	Нитрат
	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	Оксалат	P	PO_4^{3-}	Фосфат
	NCS^-	Роданид		HPO_4^{2-}	Гидрофосфат
CN^-	Цианид	H_2PO_4^-		Дигидрофосфат	

НЫХ ОСТАТКОВ (АНИОНОВ)

СКИХ СИМВОЛОВ ЭЛЕМЕНТОВ)

Элемент	Анион	Принятое название	Элемент	Анион	Принятое название		
Pb	$[\text{Pb}(\text{OH})_3]^-$	Тригидроксо-(II) плюмбат	Si	SiO_3^{2-} SiO_4^{4-}	Метасиликат Ортосиликат		
	$[\text{Pb}(\text{OH})_6]^{2-}$	Гексагидроксо-(IV) плюмбат		Sn	$[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-}$ $[\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}$	Тетрагидроксо-(II) станнат Гексагидроксо-(IV) станнат	
Pt	$[\text{PtCl}_6]^{2-}$	Гексахлоро-(IV) платинат	Te		TeO_6^{6-}	Ортотеллурат	
Re	ReO_4^-	Перренат	Ti	TiO_3^{2-} TiO_4^{4-}	Метатитанат Ортотитанат		
S	S^{2-}	Сульфид	V	VO_3^- $[\text{V}_6\text{O}_{17}]^{4-}$	Метаванадат Гексаванадат		
	HS^-	Гидросульфид		W	WO_4^{2-} $[\text{WF}_6]^{2-}$	Вольфрамат Октафторо-(VI) вольфрамат	
	SO_3^{2-}	Сульфит	Zn		$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	Тетрагидроксо-цинкат	
	HSO_3^-	Гидросульфит			Zr	ZrO_4^{4-} $[\text{ZrF}_6]^{2-}$	Ортоцирконат Гексафторо-(IV) цирконат
	SO_4^{2-}	Сульфат					
	HSO_4^-	Гидросульфат					
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	Персульфат					
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	Тиосульфат						
Se	SeO_3^{2-}	Селенит					
	SeO_4^{2-}	Селенат					
Sb	$[\text{Sb}(\text{OH})_6]^-$	Гексагидроксо-(V) стибат					