

Ю. Г. ОРИК

ХИМИЧЕСКИЙ КАЛЕЙДОСКОП



Ю. Г. ОРЛИК

ХИМИЧЕСКИЙ КАЛЕЙДОСКОП

Книга для учащихся

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

МИНСК «НАРОДНАЯ АСВЕТА» 1988

ББК 24
О-66
УДК 087.1:54

Рецензент
М. В. Деревенец, доц. МГПИ им. А. М. Горького,
канд. пед. наук

Орлик Ю. Г.
О-66 **Химический калейдоскоп: Кн. для учащихся.—**
2-е изд., перераб. и доп.— Мн.: Нар. асвета, 1988.—
112 с.: ил.

В популярной форме описываются опыты по химии, расширяющие знания учащихся о физико-химических свойствах веществ, химических реакциях, методах исследования. Первое издание под названием «Химия после уроков» вышло в 1979 году.

480202000—078
О ————— БЗ9—86
М303(03)—88

ББК 24

© Издательство «Народная асвета», 1988.

ОТ АВТОРА

Наука о веществах — одна из древнейших на земле, и многие юные читатели стремятся проникнуть в ее тайны. Для этого у школьников есть большие возможности. Это моделирование и конструирование приборов, проведение опытов, знакомство с новейшими достижениями науки и оформление стендов, посвященных развитию химии, в школьных кружках; подготовка вечеров занимательной химии и тематических конференций, участие в химических олимпиадах; занятия в очных и заочных школах «Юный химик» при высших учебных заведениях.

Сегодняшним юным химикам в будущем предстоит немало открытий. Уже сейчас нужно воспитать в себе качества, необходимые в дальнейшей работе: внимательность, аккуратность, терпение, трудолюбие. Самостоятельно работая с веществами, можно прикоснуться к тайнам их превращений, познакомиться со строгими закономерностями, глубокими причинами химических процессов, многие из которых еще не изучены до конца.

Опыты, собранные в этой книге, помогут увлеченным и любознательным читателям узнать о работе великих химиков прошлого и современных научных достижениях. Во многих опытах предлагается провести самостоятельные, хотя и небольшие исследования химических реакций. При проведении экспериментов необходимо соблюдать осторожность и не нарушать правила безопасности. Лучше всего работать в кружке под руководством опыт-

ного преподавателя, который всегда поможет провести опыт, разобраться в сущности происходящего.

Для более глубокого понимания закономерностей, лежащих в основе опытов, необходимо знать теорию. В конце книги приводится список учебной и научно-популярной литературы, из которой начинающие экспериментаторы узнают много полезного и интересного.

В книге собраны методики разных опытов — от простых до тех, которые используются в научных лабораториях. Многие из них основаны на материалах, опубликованных в журналах «Химия и жизнь» и «Химия в школе», а также на данных научных исследований, проводимых на кафедре неорганической химии БГУ им. В. И. Ленина. Автор благодарит заведующего кафедрой члена-корреспондента АН БССР профессора В. В. Свиридова за ценные замечания и советы.

В данное издание включены опыты, основанные на последних достижениях химии и технологии, показывающие способы получения ценных элементов из морской воды, новые способы фиксации атмосферного азота, доступные методы работы с молибденом и вольфрамом, золотом, лантаноидами, приготовления магнитных жидкостей, получивших в последнее время широкое применение в науке и технике, и т. д.

ПРЕЖДЕ ВСЕГО — БЕЗОПАСНОСТЬ

При проведении опытов соблюдайте правила техники безопасности. Работайте под наблюдением учителя или руководителя в хорошо проветриваемой лаборатории или на открытом воздухе.

Не готовьте смеси из веществ, свойства которых вам плохо известны. Не смешивайте сильные окислители и восстановители. Для проведения опытов вещества берите в минимальных количествах.

Приготавливая растворы, концентрированные кислоты всегда и понемногу приливайте в воду.

Не пользуйтесь для опытов посудой, из которой едят. Не допускайте попадания ядовитых реактивов на пищевые продукты. Сильно ядовиты соли бериллия, кадмия, ртути, таллия, мышьяка, сурьмы, висмута, менее — соединения титана, ванадия, хрома, марганца, кобальта, никеля, меди, стронция, бария, фтора и др.

При использовании нагревательных приборов (горелки, спиртовки, плитки) опасайтесь воспламенения эфира, ацетона и других органических растворителей. Не нагревайте горючие вещества на открытом пламени.

Осторожно работайте с газами, смеси которых с воздухом взрывоопасны (водород, ацетилен, метан и др.).

ПОЛУЧЕНИЕ ГАЗОВ

Чаще всего для получения газообразных веществ химики пользуются аппаратом Киппа, но можно рекомендовать и более простой прибор (рис. 1). Пользуясь указан-

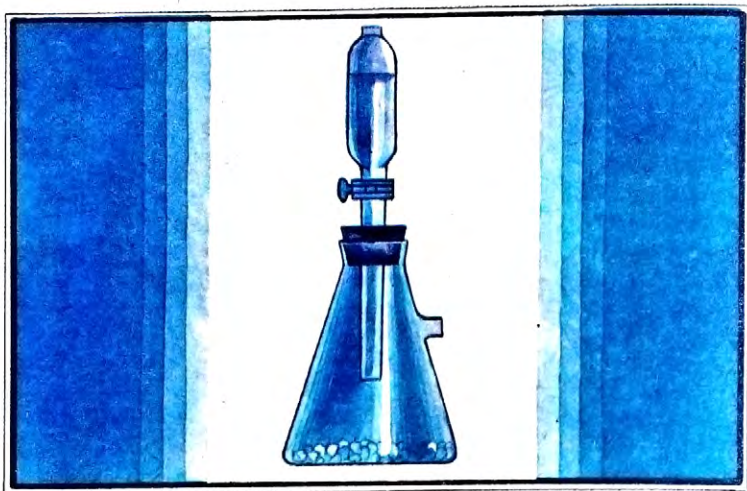


Рис. 1. Прибор для получения газов

ными приборами, можно из перечисленных ниже реактивов получать различные газы (табл. 1).

Таблица 1

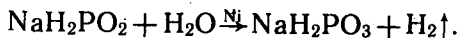
Газ	Реактивы
H ₂	Zn, HCl
O ₂	Таблетки гидроперита, разбавленная H ₂ SO ₄
CO ₂	Мрамор или мел, HCl
H ₂ S	FeS, HCl
Cl ₂	KMnO ₄ , HCl
HCl	Таблетки NaCl, H ₂ SO ₄
SO ₂	KHSO ₃ , HCl
NO	KNO ₂ , H ₂ SO ₄
NH ₃	NH ₄ Cl, NaOH
CH ₄	Al ₄ C ₃ , H ₂ O
C ₂ H ₂	CaC ₂ , H ₂ O
NO ₂	Медные стружки, концентрированная HNO ₃

Все перечисленные вещества, кроме водорода, диоксида углерода и кислорода, следует получать под тягой. Так как смеси водорода, метана и ацетилена с воздухом взрывоопасны, поджигать эти газы при выходе из прибора нельзя: может произойти взрыв.

Сероводород — довольно токсичный газ, поэтому мы рекомендуем получать его в небольших количествах, пользуясь методом, основанным на реакции вытеснения водорода серой из парафина.

В фарфоровой чашке смешайте равные объемы силиката натрия и соляной кислоты. Образовавшийся гель (студенистый осадок кремниевой кислоты) оставьте на сутки, затем измельчите и промойте водой до удаления ионов Cl^- (проба с AgNO_3). Промытый силикагель поместите на стекло и высушите при 80°C в течение суток при частом перемешивании. Перед использованием разотрите его в ступке. Смешайте серу, парафин и силикагель в соотношении масс 3:5:2 и приготовьте из этой смеси таблетки. При нагревании их в приборе, состоящем из пробирки и пробки с газоотводной трубкой, выделяется сероводород.

Получать водород можно, используя гипофосфит натрия NaH_2PO_2 и соль никеля. 4 г хлорида никеля $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и 11 г гипофосфита натрия растворите в 500 мл воды в литровой колбе и нагрейте на водяной бане до $50\text{--}60^\circ\text{C}$. Через некоторое время выделится черный осадок металлического никеля, который является катализатором. Всыпьте в раствор 25—30 г гипофосфита натрия и соберите водород (рис. 2). Уравнение реакции:



Водород можно получить также из алюминия и щелочи.

Гипофосфит натрия и далее будет использоваться нами как сильный восстановитель (см. опыт 20, А).

Поместите в пробирку порошок алюминия (можно приго-

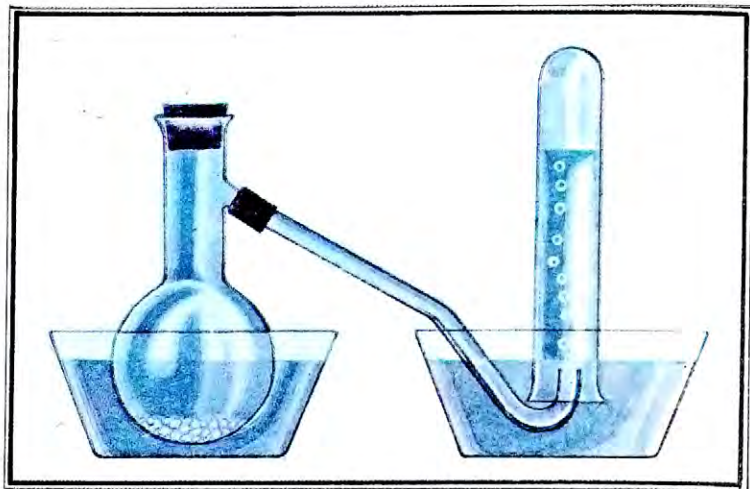
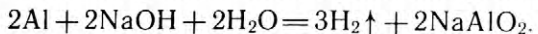


Рис. 2. Получение водорода

товить с помощью напильника из старой алюминиевой посуды). Добавьте небольшое количество раствора гидроксида натрия, нагрейте и соберите образующийся водород в пробирку под водой. Уравнение реакции:



Работа с водородом требует большой осторожности, его нужно всегда проверять на чистоту.

НАЧНЕМ С ПРОСТОГО

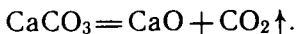
Опыты в основном не требуют труднодоступных реактивов и могут быть рекомендованы тем, кто только начинает заниматься химией.

1. Опыты с мелом

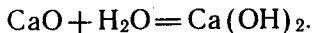
Мел — это горная порода, содержащая карбонат кальция.

А. Кусочек мела смочите соляной кислотой и внесите в пламя спиртовки или горелки. Пламя окрашивается в красный цвет. При нагревании атомы кальция переходят в возбужденное состояние. Электронные переходы, происходящие при возвращении атомов в исходное состояние, являются причиной красного света. Соли многих других металлов также окрашивают пламя горелки: соединения лития — в красный цвет, натрия — в желтый, калия — в фиолетовый, бария — в желтовато-зеленый, стронция — в красный.

Б. Накалите кусочек мела в пламени горелки. Происходит реакция:



Полученный оксид кальция CaO (негашеная известь) реагирует с водой с сильным разогревом (осторожно!), при этом образуется гидроксид кальция Ca(OH)₂ (гашеная известь):



Мел может пригодиться и для других более сложных опытов (см. опыт 70, Г).

2. Опыты с сухим льдом

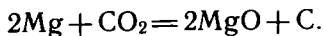
Сухой лед — это твердый оксид углерода (IV), температура которого -78°C .

А. Поместите в стакан с водой несколько кусочков сухого льда. Вода забурлит, и появится белый дым, представляющий собой переохлажденные пары воды.

Кусочек сухого льда бросьте в наполненную на три четверти водой плоскодонную колбу. Закройте ее проб-

кой, в отверстие которой вставлена оттянутая на конце стеклянная трубка, доходящая до дна сосуда. Вскоре вода будет сильной струей разбрызгиваться из трубки.

Б. В высокий стакан поместите несколько кусочков сухого льда. Подожгите в пламени спиртовки кусочек магния и быстро внесите в стакан. Металл продолжает гореть. Происходит реакция:



В. В кусочек резинового шланга, зажатого с одного конца, насыпьте немного мелкоизмельченного сухого льда и плотно зажмите другой конец шланга. Примерно через минуту шланг раздуется и с оглушительным звуком лопнет. При нагревании твердого оксида углерода (IV) до комнатной температуры происходит его возгонка — переход вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое. Возгоняться при нагревании могут иод, нафталин, хлорид аммония и другие вещества, но из-за высокой температуры возгонки этих веществ взрывов, аналогичных описанному выше, не будет.

3. Опыты с жидким азотом

В технике широко используются сжиженные газы (азот, кислород, инертные газы). Хранятся они обычно в сосудах Дьюара, представляющих собой колбы с двойными посеребренными изнутри стенками, из пространства между которыми выкачан воздух. Термосы — это тоже сосуды Дьюара. Если вам удастся добыть некоторое количество жидкого азота, то можно рекомендовать несколько интересных опытов с этим веществом.

А. Температура жидкого азота — -196°C . Это его свойство можно использовать для сжижения газообразных органических веществ (осторожно! Огнеопасно!).

Возьмите окрашенный в красный цвет баллончик с природным газом (пропаном или бутаном) и соберите

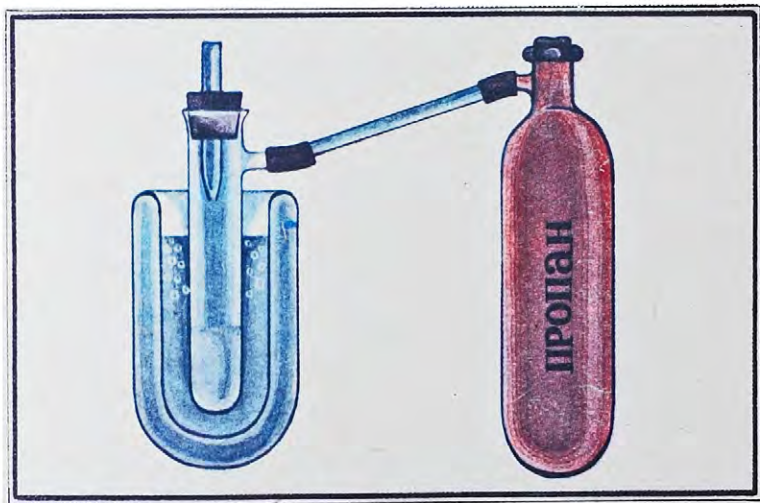


Рис. 3. Сжижение пропана в сосуде Дьюара с жидким азотом

прибор, как показано на рисунке 3. Пустите ток природного газа в пробирку и опустите ее в сосуд Дьюара с жидким азотом. Через некоторое время в пробирке соберется жидкий пропан или бутан. В этом опыте, как и во всех других, нельзя использовать жидкий кислород, так как случайный контакт этого сильного окислителя с жидким углеводородом (сильным восстановителем) и другими органическими веществами может вызвать взрыв.

Б. Для получения льда налейте жидкий газ в цилиндр с водой. При этом образуется туман (переохлажденные пары воды), и большая часть воды замерзает. Интересно, что жидкий азот, испаряясь, плавает по поверхности, его плотность ниже плотности воды.

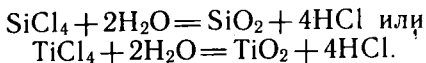
В. Налейте жидкий азот в резиновый шарик и завяжите. Шарик при этом становится хрупким и твердым. Через некоторое время раздастся взрыв. Это свойство

резины используют при утилизации старых автопокрышек. При температуре жидкого азота резину разбивают и отправляют на переработку, каркас шины используют повторно.

4. Еще о дыме без огня

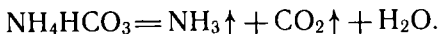
Тетрахлориды титана и кремния — жидкости, имеющие большую летучесть, поэтому их применяют в качестве дымообразователей. Работать с этими веществами можно только в хорошо оборудованных лабораториях под тягой.

Откройте колбу, в которой находится SiCl_4 или TiCl_4 . Испаряясь, эти вещества реагируют с влагой воздуха, образуя белые частички оксида кремния или титана (белый дым):



5. Исчезающее вещество

Нагрейте гидрокарбонат аммония. Происходит полное его разложение на газообразные вещества:



Это свойство гидрокарбоната используют при выпечке хлеба, когда NH_4HCO_3 добавляют в тесто для улучшения его качества.

6. Химическая палитра

При помощи простого опыта вы можете исследовать свойства цветных неорганических нерастворимых веществ. Возьмите два кружка фильтровальной бумаги и нанесите на них по окружности капли растворов солей Ni^{2+} , Ag^+ , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} . Один из кружков окуните в разбавленный раствор сульфида натрия, другой — в раствор гидроксида натрия. На месте капель

появятся цветные пятна нерастворимых соединений (табл. 2).

Таблица 2

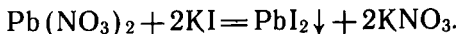
Соли	Раствор Na ₂ S		Раствор NaOH	
	цвет	вещество	цвет	вещество
Ni ²⁺	черный	NiS	зеленый	Ni(OH) ₂
Ag ⁺	бурый	Ag ₂ S	бурый	Ag ₂ O
Cu ²⁺	черный	CuS	голубой	Cu(OH) ₂
Cd ²⁺	желтый	CdS	белый	Cd(OH) ₂
Pb ²⁺	черный	PbS	белый	Pb(OH) ₂
Fe ³⁺	бурый	Fe(OH) ₃	бурый	Fe(OH) ₃
Mn ²⁺	бежевый	MnS	бежевый, потом бурый	Mn(OH) ₂ , MnO ₂
Zn ²⁺	белый	ZnS	белый	Zn(OH) ₂

Затем исследуйте растворимость осадков в кислоте, поместив кружки в разбавленный раствор соляной кислоты. Получение этих и других окрашенных веществ (пигментов) описывается в опыте 76.

7. Алхимическое золото

Мы неоднократно будем обращаться к опытам с золотом — как с настоящим (см. опыт 59), так и с поддельным (опыт 22).

К раствору нитрата свинца (II) прилейте раствор иодида калия, избегая избытка. Образуются золотистые кристаллы иодида свинца (II):



Можно предположить, что древние алхимики, проводя эту реакцию, испытывали радость по поводу получения философского камня, который, как они думали, превращает металлы в золото.

Предлагаем провести небольшое исследование, наблю-

дая, как влияет на размер и цвет кристаллов PbI_2 изменение концентрации растворов исходных веществ и температуры, при которой проводится реакция.

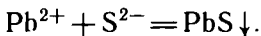
8. Фонтан в банке

Толстостенную склянку емкостью 1 л заполните хлороводородом и плотно закройте пробкой со стеклянной трубкой, один конец которой внутри склянки оттянут. На другой конец наденьте резиновую трубку с зажимом. Переверните склянку вверх дном, опустите трубку в стакан с водой, подкрашенной синим лакмусом, уберите зажим. Вода с силой впрыскивается в сосуд и бьет фонтаном, цвет ее меняется на красный.

Наблюдаемое явление объясняется тем, что хлороводород хорошо растворяется в воде, поэтому в колбе образуется разряженное пространство, в которое вода бьет фонтаном. Лакмус в кислой среде краснеет. Этот опыт приведен еще в «Основах химии» Д. И. Менделеева. Аналогичный опыт можно провести с газообразным аммиаком. Предлагаем провести его самостоятельно.

9. Сера в яичном белке

Поместите яичный белок в пробирку, прилейте прокипяченный раствор карбоната натрия и нагрейте. Добавьте свинцовую примочку (гидроксоацетат свинца). Выпадает черный осадок сульфида свинца (удивительные свойства этого соединения описаны в опыте 75). Происходящую реакцию можно выразить ионным уравнением:



Образованием сульфида свинца объясняется также и то, что картины, написанные свинцовыми белилами, темнеют.

При соприкосновении белка с серебряными ложками также происходит реакция образования сульфида, поверх-

ность серебра темнеет (химический способ очистки серебра вы найдете в опыте 49).

10. Химия и ... зубная боль

Многие из вас, наверное, наблюдали, как стоматолог готовит материал для пломбы, растирая на стекле какие-то вещества. Воспроизвести этот процесс не сложно.

Смешайте оксид цинка с несколькими каплями раствора фосфорной кислоты, массовая доля которой в растворе 0,6 (60 %), в мольном соотношении 2:1. Образуется фосфат цинка, который в результате довольно сложных химических процессов быстро превращается в вязкую серую массу. Она называется цинко-фосфатным цементом и благодаря своим свойствам.— быстрому твердению и безвредности для организма — используется для приготовления зубных пломб. Быстротвердеющие фосфатные цементы можно получить и из оксидов других металлов, например из оксида алюминия. Нельзя брать оксиды свинца, кадмия и других ядовитых металлов.

11. Опыты с морской водой

Моря и океаны издавна привлекали людей не только красотой необозримых просторов. Они служили и служат удобными транспортными путями, источниками ценнейших пищевых запасов. В морской воде и на дне океанов сосредоточены также огромные минеральные богатства, которые используются еще недостаточно. Например, в 1 км³ морской воды содержится 30 млн т хлорида натрия, 1 млн т сульфата калия, 72 000 т брома, 5000 т бора, 10 т серебра, 6 т золота, 7 т урана и множество других ценных химических веществ. Конечно, далеко не все эти богатства могут сейчас быть использованы, так как пока не разработаны экономически выгодные способы извлечения драгоценных металлов и урана из морской воды.

Чтобы познакомиться с некоторыми методами, лежащими в основе промышленных способов получения веществ из морской воды, проведите опыты. Для этого не обязательно ехать к морю и брать пробу воды, искусственную морскую воду можно приготовить самостоятельно. Взвесьте 26,6 г NaCl, 3,3 г MgSO₄, 2,3 г MgCl₂, 1,2 г CaCl₂, 0,7 г KCl, 0,15 г NaHCO₃ и 0,15 г NaBr и добавьте к солям воду до массы 1 кг (при использовании кристаллогидратов солей указанные количества нужно изменить с учетом содержания кристаллизационной воды). Приготовлена искусственная морская вода, состав которой приблизительно соответствует средней солености океана (соленость воды в разных точках Мирового океана различна). Можете попробовать воду на вкус — такое отступление от правил безопасности возможно для тех, кто никогда не был у моря.

А. Получение поваренной соли NaCl. Еще 2 тыс. лет до нашей эры соль добывали из морской воды, например, в Китае. И в настоящее время NaCl чаще всего получают из воды простым выпариванием, что особенно выгодно в странах с жарким климатом. Общее количество соли, производимой таким способом во всем мире, — более 8 млн т.

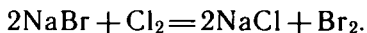
Налейте в большую фарфоровую чашку 500 мл морской воды и выпаривайте на водяной бане. Последовательность выпадения в осадок солей из воды зависит от их растворимости и концентрации. В начале испарения выделится CaSO₄, отделите его от концентрированного раствора (рапы) фильтрованием и продолжайте выпаривать. Скоро начнет выделяться хлорид натрия. В промышленности процесс ведут до плотности рассола 1,28 г/мл. Полученный хлорид натрия чаще всего используется в промышленности, для пищевого потребления его дополнительно очищают (способ очистки NaCl см. в опыте 79).

Интересно, что выделять хлорид натрия из морской воды можно и вымораживанием, что делают иногда в

странах с холодным климатом. Можете самостоятельно поставить такой опыт, используя морозильную камеру холодильника. При этом пресный лед отделяют, а рассол с высокой концентрацией NaCl подвергают дальнейшему выпариванию.

В промышленности концентрированный рассол, оставшийся после отделения NaCl, используют для извлечения других веществ.

Б. Получение брома. Девяносто девять процентов брома на земле сосредоточено в океане, поэтому более половины производимого в мире брома получают из морской воды. Для его получения введите в пробирку с концентрированным рассолом, оставшимся после отделения NaCl, хлор из аппарата для получения газов. Несмотря на то что в приготовленной воде содержится немного бромида натрия, раствор окрасится в желтый цвет, что указывает на получение брома по реакции:



В промышленности полученный таким способом бром поглощается щелочью, а затем соли, содержащие бром, обрабатываются концентрированной серной кислотой.

В. Получение иода. Чтобы выделить 1 г иода, нужно переработать 20 т морской воды. Такое же количество иода получается из 200 г высушенных морских водорослей, которые служат как бы аккумулятором иода.

Насыпьте в колбу 100 г толченых листьев морской капусты, которые продаются в аптеке, и нагрейте колбу на плитке. Вскоре появится белый дым (работать под тягой). Эту операцию повторите 2—3 раза с новыми порциями морской капусты. В колбе останется необходимое нам обуглившееся вещество. Налейте в стакан 70 мл воды, добавьте получившееся вещество, размешайте. Профильтруйте мутный раствор и выпарите в чашке фильтрат буроватого цвета. На дне останутся соли иода. Поместите их в тигель с крышкой. Осторожно добавьте немного

раствора, приготовленного из нескольких кристалликов MnO_2 , помещенных в 10 %-ную серную кислоту. Тигель сразу же закройте крышкой. Через некоторое время снимите крышку — на стенках тигля вы увидите фиолетовые кристаллы иода, которые лучше всего хранить в склянке с притертой пробкой.

Описанный способ показывает общие методы извлечения ценных веществ из морских водорослей. Известны водоросли, которые служат аккумуляторами ванадия и других ценных металлов.

Г. Получение соединений магния. Смешайте концентрированный рассол с известковой водой, при этом выпадет осадок гидроксида магния. Дайте ему отстояться и отделите от раствора. После промывания осадка от растворимых примесей его используют для изготовления бумаги и других целей. Прокаливая гидроксид, получают оксид магния, применяемый для производства искусственного шелка, резины, огнеупоров.

Известковое молоко, которым в промышленности обрабатывают морскую воду, часто получают дешевым способом, прокаливая морской продукт — устричные раковины, содержащие большое количество карбоната кальция.

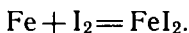
ГДЕ ОКИСЛИТЕЛЬ, ТАМ И ВОССТАНОВИТЕЛЬ

Раздел включает опыты, основанные на окислительно-восстановительных реакциях. В результате таких реакций происходит переход электронов от восстановителя к окислителю. Окислитель при этом восстанавливается, восстановитель — окисляется.

12. Химическое перо

Покройте лезвие перочинного ножа тонким слоем парафина. Иголкой напишите нужные слова. На надпись поместите 3—4 капли спиртовой настойки йода. Через

несколько часов удалите парафин. На поверхности появится четкая вытравленная надпись. Произойдет реакция между железом и иодом:

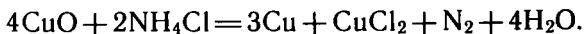


Подобные методы широко применяются в промышленности. На заводах травят поверхность стекла с использованием плавиковой кислоты. Этим веществом нельзя пользоваться в школьной лаборатории, так как оно весьма ядовито.

13. Почему паяльник паяет?

Для чего при паянии пользуются хлоридом аммония?

В пробирку насыпьте немного хлорида аммония и внесите раскаленную медную спиральку. Почерневшая поверхность меди (на воздухе медь окисляется и покрывается оксидом) снова заблестит. Произошла реакция:

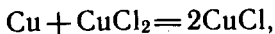


Эта способность хлорида аммония и используется при паянии — реактив снимает пленку оксида меди с медного жала паяльника. Пленка мешает поверхности паяльника смачиваться металлом и удерживать его. Для этой же цели служит и используемая при паянии канифоль.

14. Медь взаимодействует с медью

Растворите 15 г кристаллогидрата хлорида меди (II) $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 50 мл воды. Поместите в стакан с раствором пластинку или порошок меди и нагрейте до 50—60 °С. Довольно быстро медный порошок растворится, а толщина медной пластинки уменьшится. На дне стакана образуется белый порошок нерастворимого в воде соединения. Что происходит?

Протекает окислительно-восстановительная реакция:

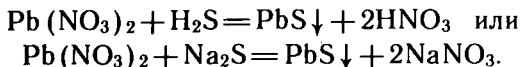


причем образующийся хлорид меди (I) нерастворим. Еще интереснее идет этот процесс, если в первоначальную смесь добавить насыщенный раствор хлорида натрия. В этом случае осадок не выпадает, а образуется растворимое в воде комплексное соединение $\text{Na}[\text{CuCl}_2]$. Предлагаем исследовать, как влияют условия протекания реакции (температура, концентрация солей) на скорость растворения металла.

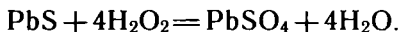
15. Опыт с пероксидом водорода

Пероксид водорода сочетает в себе и окислительные и восстановительные свойства.

Если в пробирку с раствором нитрата свинца (II) пропускать сероводород, либо добавить немного сульфида натрия, выпадет черный осадок сульфида свинца:



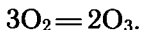
Слегка промойте полученный осадок водой и прилейте немного 3 %-ного раствора H_2O_2 . Осадок приобретает белый цвет:



Этой реакцией пользуются реставраторы для восстановления картин, написанных свинцовыми белилами.

16. Получение озона и опыты с ним

А. Получить озон можно из кислорода воздуха, используя электрофорную машину. Включите машину, шланг от водоструйного насоса поместите около ее электродов (рис. 4). Образующийся при электрическом разряде озон с помощью насоса соберите в колбу:



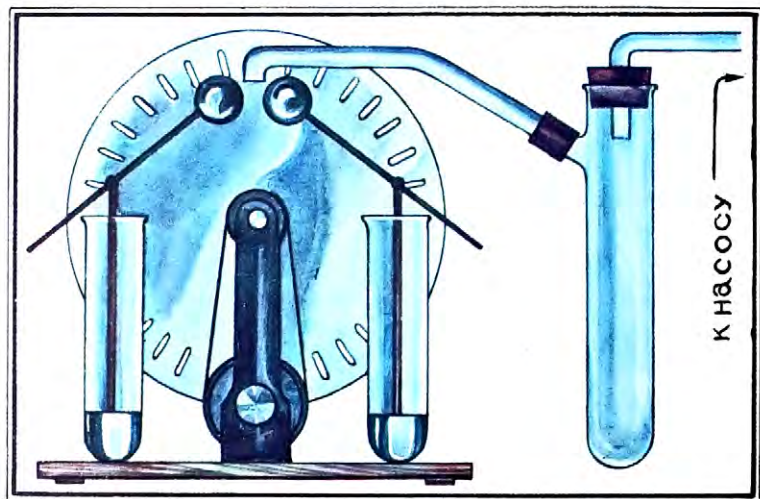
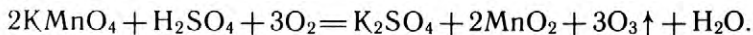
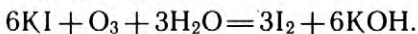


Рис. 4. Получение озона с помощью электрофорной машины

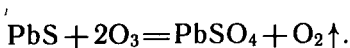
Б. Чтобы получить небольшое количество озона, к 0,25 г перманганата калия KMnO_4 прилейте несколько капель концентрированной серной кислоты. Происходит реакция:



В. В колбу с озоном прилейте жидкий крахмальный клейстер с небольшим количеством иодида калия. Клейстер окрасится в синий цвет, так как иод с крахмалом дает синее окрашивание:



Г. В опыте 15 проводилось обесцвечивание сульфида свинца пероксидом водорода. Этого же эффекта можно добиться, применяя озон. В пробирку с PbS пустите слабый ток газа. Цвет осадка изменится на белый:

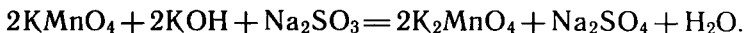


Д. Озон энергично взаимодействует с органическими веществами. В колбу с озоном, полученным с помощью электрофорной машины, внесите полоску фильтровальной бумаги, пропитанной скипидаром. При достаточно высокой концентрации озона бумага воспламенится.

17. Жидкий хамелеон

А. Соединения марганца имеют различную окраску. Чтобы убедиться в этом, налейте в пробирку 3 мл насыщенного раствора перманганата калия и 1 мл 10 %-ного раствора гидроксида калия. К полученной смеси при перемешивании добавьте 10—15 капель разбавленного раствора сульфита натрия до получения зеленой окраски. При сильном перемешивании зеленый раствор становится синим, затем фиолетово-малиновым.

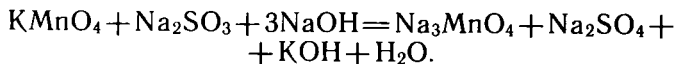
Появление зеленой окраски объясняется образованием манганата калия K_2MnO_4 в результате химической реакции:



Нужно учитывать, что при избытке сульфита или при недостатке гидроксида манганат не образуется. Эта соль была впервые получена в 1774 году К. Шееле и названа минеральным хамелеоном из-за перемены окраски раствора.

Б. Синяя окраска присуща малоустойчивому аниону $[\text{MnO}_4]^{3-}$, который на воздухе окисляется до фиолетово-малинового перманганата. Несмотря на это соль $\text{Na}_3\text{MnO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — тетраоксоманганат (V) натрия — можно получить. Смешайте в стакане 2 г мелкоистертого KMnO_4 и 50 мл 28 %-ного раствора NaOH . При перемешивании (лучше на магнитной мешалке) и охлаждении льдом добавляйте в раствор порциями 3,5 г мелкорастер-

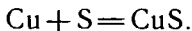
того сульфита натрия $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в течение 10 мин до тех пор, пока на дне охлаждаемого стакана не осядет светло-голубая кристаллическая масса. Эту массу отфильтруйте на охлажденном льдом стеклянном фильтре и промойте охлажденной до 0°C водой. Голубая соль быстро буреет на воздухе из-за окисления. Уравнение реакции:



Успех опыта в большой степени зависит от охлаждения: чем оно лучше, тем менее капризен синтез.

18. Чернение медных изделий

Приготовьте чернящую смесь, растворив 5 г тиосульфата натрия в 20 мл воды и добавив 13 мл 9 %-ного раствора уксусной кислоты. В растворе появляется муть (сера). Окуните медную пластинку в ванночку с чернящей смесью (температура $70\text{—}90^\circ\text{C}$). Можно чернить также смесь пластинку на паровой бане. Баней может служить стакан с кипящей водой, на который помещена медная пластинка. Пар нагревает ее, и чернение идет быстро. Это результат реакции:



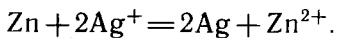
В зависимости от времени и концентрации тиосульфата окраска получается от коричневой до черной. Перед обработкой нужно обезжирить металл раствором моющего средства.

Этим методом можно чернить изображения, отчеканенные на меди.

19. Простой способ осаждения серебра

При обработке черно-белых пленок в фиксаже скапливается серебро в виде комплексных ионов. Обычно это серебро выделяют и используют. Для этого можно, например, прибавить к фиксажу 5—6 г тиосульфата натрия и столько же безводного карбоната натрия. Но можно поступить и проще.

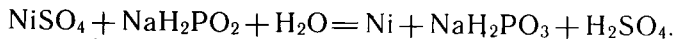
Опустите в отработанный фиксажный раствор цинковую пластинку. Через 2—3 часа прозрачный раствор помутнеет. Для быстрого осаждения несколько раз перемешайте его. Пластинка покроется черным слоем серебра, которое легко отделяется. Реакция получения серебра:



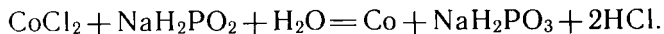
20. Химическое осаждение

В технике большинство металлических изделий для защиты от коррозии покрывают устойчивыми металлами — хромируют, никелируют и т. д. Существует несколько способов нанесения металлических покрытий. С электрохимическим вы познакомитесь в опытах 50, 51. Химически осадить металл можно, пользуясь приведенными ниже методами.

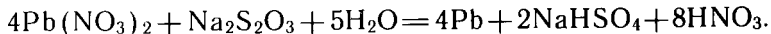
А. Никелевое покрытие. Растворите 2,4 г сульфата никеля $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и 1,8 г гипофосфита натрия NaH_2PO_2 в 100 мл воды. Добавьте 1 мл «ледяной» уксусной кислоты, 1 мл 25 %-ного раствора аммиака (соль никеля реагирует в виде аммиачного комплекса). Нагрейте раствор до 80—90 °С и погрузите в него металлическое изделие, зачищенное до блеска наждачной шкуркой, например медную или железную блесну для рыбной ловли. Приблизительно через час на поверхности образуется блестящая пленка металлического никеля:



Б. *Кобальтовое покрытие.* Растворите в 100 мл воды 3 г хлорида кобальта $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2 г гипофосфита натрия, 10 г нитрата натрия и 5 г хлорида аммония. Нагрейте раствор до 90°C и поместите в него медное изделие. Через непродолжительное время на нем образуется блестящая пленка кобальта:



В. *Свинцовое покрытие.* Растворите 23 г тиосульфата натрия, 2,7 г лимонной кислоты, 2,3 г нитрата свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 100 мл воды. Лимонная кислота, как и нитрат натрия в предыдущем опыте, образует комплексное соединение с ионами металла, которое не реагирует со щелочью, поэтому осадок гидроксида не выпадает. Поместите медное изделие в раствор на 2—3 минуты. В зависимости от времени осаждения цвет пленки свинца меняется от золотисто-желтого до фиолетового. Уравнение реакции:

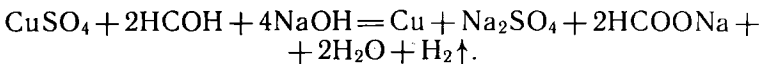


Г. *Серебряное покрытие.* В опыте 19 металлическое серебро получается в виде черного осадка, так как порошкообразные металлы обычно не имеют металлического блеска. Серебро можно получить и нанести на поверхность пробирки в виде блестящей пленки с помощью реакции «серебряного зеркала».

Растворите 0,25 г нитрата серебра в 4 мл воды и добавьте по каплям концентрированный раствор аммиака до растворения осадка. При этом образуется комплексное соединение $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Если приготовлено избыточное количество аммиачного раствора, то серебро из него нужно выделить, пользуясь методикой, описанной в опыте 19, и использовать в других опытах. После приготовления аммиачного раствора растворите 0,4 г глюкозы в 8 мл воды и смешайте с раствором серебра в соотношении 1:10. Налейте 4 мл смеси в предварительно обработанную

хромовой смесью и промытую водой пробирку, которую нагрейте до 60 °С. На стенках образуется блестящая пленка серебра.

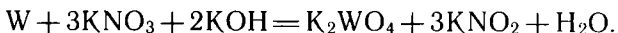
Д. Медное покрытие. Обработайте внутреннюю поверхность пробирки или стакана свежеприготовленной хромовой смесью, промойте водой. Налейте в пробирку или стакан 4 мл 10 %-ного раствора сульфата меди, 1 мл глицерина (образует комплексное соединение с ионами меди). К полученному раствору прилейте 30 мл формалина, после чего прибавляйте 10 %-ный раствор NaOH, избегая избытка. Температура раствора 50—70 °С. Уравнение реакции:



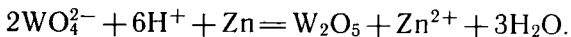
21. Опыты с электрической лампочкой

В электрической лампочке содержатся редкие металлы — вольфрам и молибден, которые можно использовать для опытов.

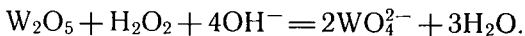
А. Несколько спиралей от перегоревших лампочек в фарфоровом тигле вместе с KNO_3 и KOH сплавьте в муфельной печи. При этом металл окисляется:



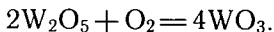
После охлаждения сплав растворите в соляной кислоте и добавьте 1—2 кусочка металлического цинка, происходит реакция:



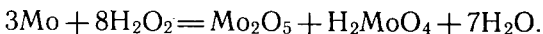
Появляющееся синее окрашивание обусловлено присутствием оксида W_2O_5 . Отфильтруйте осадок на стеклянном фильтре. Добавьте к нему раствор пероксида водорода в щелочной среде, при этом раствор сначала желтеет, а затем обесцвечивается (образуется бесцветная соль — вольфрамат):



Оксид W_2O_5 — вещество неустойчивое и через несколько дней на воздухе окисляется до желтого оксида вольфрама (VI) WO_3 :

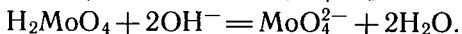
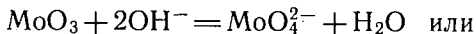


Б. Молибден содержится в подвесках, удерживающих нити электроламп. Несколько подвесок поместите в пробирку со смесью разбавленной азотной кислоты и 3 %-ного раствора пероксида водорода и нагревайте ее (осторожно!), пока молибден не растворится. Процесс окисления металла идет сложным образом; в результате образуется темно-красный осадок оксида Mo_2O_5 и молибденовая кислота в растворе:



Чтобы выделить кислоту из раствора, осторожно слейте жидкость с осадка и при перемешивании по каплям добавляйте раствор щелочи. После нейтрализации HNO_3 (проверяйте индикаторной бумажкой) из раствора выпадет белый осадок молибденовой кислоты H_2MoO_4 , из которой прокаливанием можно получить ангидрид MoO_3 .

Растворимые в воде молибдаты получите, растворяя MoO_3 или H_2MoO_4 в растворе щелочи:



Соли молибденовой кислоты склонны к полимеризации, поэтому при растворении MoO_3 в растворе аммиака получается парамолибдат аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$.

Добавьте в пробирку с подкисленным раствором молибденовой кислоты кусочек цинка и нагрейте до кипения — образуется синий раствор молибденовой сини, примерный состав которой можно выразить формулой

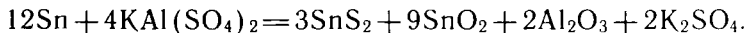
$\text{Mo}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{MoO}_3$. Эта реакция — качественная на ионы MoO_4^{2-} .

Предлагаем получить самостоятельно окрашенные соли молибденовой кислоты с различными металлами и исследовать, как влияют температура и концентрация растворов на цвет образующихся веществ.

22. Золото алхимиков

Золото, которое вы получите, будет не настоящим. Это так называемое сусальное золото — дисульфид олова SnS_2 , но по внешнему виду очень похожее на благородный металл. Поэтому с древних времен это вещество привлекало внимание алхимиков. В течение долгого времени оно применялось как краска для дерева и других материалов. Предлагаем вам получить это вещество способом, описанным в древних рукописях китайских алхимиков.

Смешайте 2,6 г стружек олова, 1,9 г сухих алюмокалиевых квасцов (получите, обезвоживая квасцы в фарфоровой чашке при 120°C) и 5,2 г хлорида аммония. Смесь поместите в фарфоровый тигель, закройте его крышкой и загерметизируйте крышку замазкой (ее приготовьте из толченого мела и силикатного клея, смешав компоненты до консистенции теста). После того, как замазка высохнет (3—4 часа), поместите тигель в муфельную печь, нагретую до 500°C и нагревайте около 30 часов (т. е. 4—5 дней по 5—6 часов). Конечно, можно греть и меньшее время, но тогда выход продукта будет меньшим. Алхимики были менее ограничены во времени и могли греть вещества в течение недель и месяцев. Известен даже такой случай, когда один алхимик непрерывно 15 лет нагревал ртуть, чтобы доказать, что с ней ничего не происходит. После нагревания охладите тигель, вскройте крышку — на дне и на стенках тигля видны красивые золотистые кристаллы SnS_2 в виде пластинок или чешуек. Уравнение реакции:



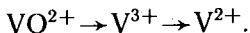
Хлорид аммония в этом синтезе нужен для очистки поверхности металла от оксидной пленки (см. опыт 13). Кроме того, это вещество способствует получению блестящих кристаллов дисульфида олова.

23. Аммиак — новым способом

Проблема связывания молекулярного азота уже давно занимает умы химиков и технологов. Еще более двухсот лет назад великий химик К. Шееле предложил первый вариант ее решения, получив при нагревании карбоната натрия, угля и азота цианид натрия. В начале нашего века был разработан знакомый вам по школьному учебнику каталитический способ синтеза аммиака из азота и водорода (его называют габеровским по имени изобретателя), который является важнейшим процессом азотной промышленности и на сегодняшний день. Но наука не стоит на месте, и ученые ищут и находят новые возможности для решения задачи.

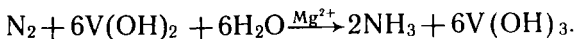
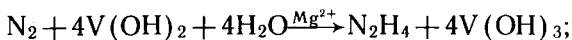
Можно использовать двойную соль ванадия и магния, которую получим, восстанавливая соединения ванадия в кислом растворе в присутствии сульфата магния. Добавьте 8,8 г сульфата ванадила $\text{VOSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 12,5 г сульфата магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 6,8 г гранулированного цинка и 15 мл 93 %-ного раствора H_2SO_4 в коническую колбу объемом 150 мл, содержащую 70 мл воды. Если нет соли ванадила, то ее можно получить, восстанавливая оксид ванадия (V). Закройте колбу пробкой с клапаном Бунзена, который представляет собой резиновую трубку, закрытую с одного конца, с прорезью посередине для создания в колбе восстановительной атмосферы. Перемешивание ведите с помощью магнитной мешалки (осторожно! Выделяется водород!).

При реакции выделяющийся в растворе водород восстанавливает ванадий до двухвалентного состояния:



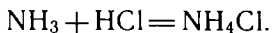
При этом голубой цвет раствора соли ванадила последовательно меняется на зеленый (соль V^{3+}) и в конце на фиолетовый (соль V^{2+}). Восстановление продолжайте 1,5 часа. Затем охладите раствор в морозильной камере холодильника. При охлаждении выпадают фиолетовые игольчатые кристаллы соли $VSO_4 \cdot xMgSO_4 \cdot yH_2O$, которая, конечно, содержит примесь сульфата цинка. Эта соль устойчива на воздухе. Слейте с кристаллов раствор и отделите стеклянным шпателем соль от непрореагировавшего цинка, после чего высушите кристаллы между листами фильтровальной бумаги на воздухе.

В пробирке растворите 1,5 г полученной соли в 5 мл воды, добавьте 10 мл 20—30 %-ного раствора гидроксида натрия и встряхивайте пробирку несколько минут. Во время встряхивания идут такие процессы:



Отфильтруйте выпавший осадок гидроксидов, а фильтрат разделите на две пробирки. Концентрация гидразина N_2H_4 в фильтрате мала, поэтому обнаружить его с помощью качественных реакций с сильным окислителем (перманганатом, дихроматом или иодом) не удастся, а для более чувствительных методов обнаружения нужны труднодоступные органические вещества (производные бензальдегида). Поэтому проведите обычные качественные реакции на аммиак. Добавьте в первую порцию фильтрата несколько капель реактива Несслера (раствор $K_2[HgI_4]$). При этом появляется желтое окрашивание, что указывает на присутствие аммиака. Кроме того, аммиак интенсивно выделяется из сильнощелочного фильтрата, в результате концентрация этого газа в пространстве над раствором возрастает. Прибавьте ко второй порции фильтрата несколько капель концентрированного раствора HCl , при

этом в пробирке образуется белый дым — кристаллы NH_4Cl (см. опыт 73, Г):



Конечно, приведенная методика не подходит для технологов — слишком мал выход продуктов. Но ученые — в постоянном поиске, и, возможно, скоро появятся новые промышленные способы связывания азота.

ОСТОРОЖНО, НЕ ОБОЖГИТЕСЬ!

Окислительно-восстановительные процессы, происходящие с выделением теплоты (экзотермические), широко используются для различных целей. Интересные особенности таких процессов показывают следующие опыты.

24. Спички и магнетизм

Между обычной спичкой и магнитом не возникает взаимодействия — несгоревшая головка спички магнитом не притягивается.

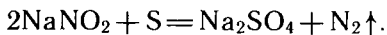
Зажгите спичку, потушите ее и поднесите к полюсу магнита. Головка притягивается к магниту. Что происходит? При изготовлении спичек в состав головок добавляют оксид железа (III) — «железный сурик», который не обладает магнитными свойствами. При воспламенении головки, состоящей из бертолетовой соли KClO_3 , серы и других веществ, в результате высокотемпературной реакции «железный сурик» превращается в другую кристаллическую модификацию оксида железа (III), которая притягивается магнитом.

25. Необычные реакции вытеснения

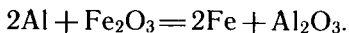
В следующих опытах один элемент вытесняет другой из сложного химического соединения.

А. Тщательно разотрите в ступке смесь из 1 г серы и

4,3 г нитрита натрия, перенесите ее на металлическую пластинку и подожгите спичкой (осторожно!). После сгорания в результате пирохимической реакции, протекающей с выделением большого количества тепла, образуется белый порошок сульфата натрия:



Б. Тщательно перемешайте смесь из 12 г порошка алюминия и 8,5 г оксида железа Fe_2O_3 . Поместите ее в железный тигель большого объема и поставьте в песчаную баню. Поджигать смесь можно магниевой лентой или смесью перманганата калия и глицерина (1 г перманганата и 2—3 капли глицерина). Смесь горит с ослепительным светом и сильным разогревом. Уравнение алюминиотермической реакции:



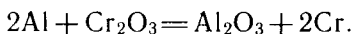
Опыт демонстрирует процесс, часто применяемый в технике для сварки массивных металлических изделий и получения металлов. Опыт проводите в очках и маске под тягой за экраном из толстого органического стекла.

С помощью алюминиотермии можно провести интересный синтез драгоценного камня — рубина, минерала, состоящего из оксида алюминия с небольшой примесью хрома, которая придает кристаллу характерный цвет. Конечно, получают не прозрачные большие кристаллы, а небольшое количество порошка, но все же...

Приготовьте смесь из 1 г порошка алюминия и 0,5 г оксида хрома (III) и тщательно перемешайте. Насыпьте на дно железного тигля 2,5 г фторида кальция (он будет выполнять роль флюса, снижающего температуру плавления смеси), сверху засыпьте приготовленную ранее смесь, а затем зажигательную смесь (0,6 г KNO_3 и 0,2 г глюкозы или сахара). Тигель поставьте под тягу в песчаную баню. Стальную трубку диаметром 0,5—1 см и длиной 10—15 см закрепите в штативе и направьте внутрь тигля, к трубке

при помощи длинного резинового шланга с зажимом присоедините кислородную подушку (внимание! Опыт проводить в темных очках за экраном из толстого органического стекла!).

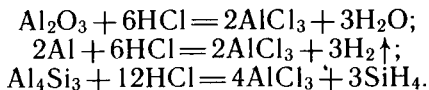
Отрегулируйте ток кислорода и подожгите смесь в тигле спичкой (осторожно!). Реакция протекает с ослепительным свечением, так как кислородное дутье повышает температуру горения. После охлаждения продуктов реакции на поверхности и на изломах спекшихся веществ видно множество бледно-розовых кристалликов рубина. Уравнение реакции:



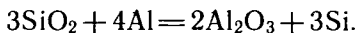
Соблюдая осторожность, можно провести исследование влияния соотношения алюминия и оксида хрома на выход продукта.

В. Кремний в настоящее время является самым распространенным полупроводниковым материалом (о полупроводниках см. опыт 75). Для его получения смешайте 6 г оксида кремния (мелкого кварцевого песка), 8 г порошкообразной серы и 6,7 г алюминиевого порошка (сера в реакции нужна для понижения температуры плавления смеси). Поместите смесь в фарфоровый тигель, насыпьте сверху зажигательную смесь, тигель поместите в песок под тягой и подожгите (осторожно!). Охладите тигель после реакции, разбейте его и вместе с содержимым поместите в стакан с разбавленной соляной кислотой, при этом выделяется сероводород.

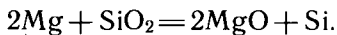
Нерастворившиеся куски продукта несколько раз отмойте в воде от гидроксида алюминия, взбалтывая осадок с водой и сливая. После этого обработайте продукт несколько раз концентрированной соляной кислотой:



После растворения побочных продуктов на дне колбы останутся кристаллы кремния. Уравнение реакции получения Si:



Чтобы получить аморфный кремний, подожгите смесь кварцевого песка и порошка магния (осторожно!). Уравнение реакции:



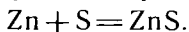
Когда продукт остынет, обработайте его соляной кислотой, после растворения побочных продуктов получится аморфный кремний.

26. Опыты с «космическими» материалами

На космических кораблях, орбитальных станциях «работают» многие химические вещества. Среди них те, которые широко применяются в земных условиях, а также не очень распространенные соединения.

А. Для движения ракеты необходимо топливо, в качестве которого могут использоваться различные вещества. Работа с некоторыми из них далеко не безопасна. Ниже приводится простой состав практически безопасного топлива, применяемого в ракетном моделировании.

Смешайте под тягой на керамической плитке 0,33 г сухой порошкообразной серы и 0,67 г сухой цинковой пыли. Мелкие частички смеси, поднимаясь в воздухе, влияют на слизистую оболочку носа и глаз. Поэтому при обращении с порошком необходимо пользоваться пылепредохраняющей маской. Подожгите спичкой смесь, она горит яркими вспышками. Уравнение реакции:

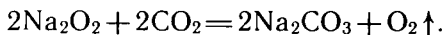


Б. Для нормальной работы космонавтов на космическом корабле поддерживается определенный состав атмосферы — восполняется расходуемый при дыхании кисло-

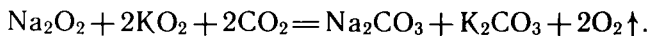
род и поглощается выдыхаемый углекислый газ. Для длительного полета необходим значительный запас кислорода. Источниками кислорода и поглотителями CO_2 в системе жизнеобеспечения космического корабля могут быть перекисные соединения. Эти вещества для подобных целей использовали и в других областях техники, например, в изолирующих противогазах для пожарников.

Заполните три U-образные трубки порошком пероксида натрия, соедините их последовательно и подключите к аппарату Киппа или пробирке для сбора газа, заполненной водой (см. рис. 2). Из аппарата Киппа пустите ток CO_2 . Через некоторое время в наполненной водой пробирке соберется кислород — проведите качественную реакцию.

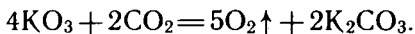
Кислород выделяется в результате процессов, схему которых в суммарном виде можно записать так:



Как видите, при поглощении двух молекул CO_2 из пероксида натрия выделяется одна молекула O_2 . Для увеличения количества выделяемого газа эффективнее применять вещества с большим удельным содержанием кислорода, например, надпероксиды (KO_2), а еще лучше озониды — соединения озона со щелочными металлами (KO_3). В технике применяют смесь из пероксида натрия и надпероксида калия (оксилит). Уравнение реакции:



Эффективность применения озонидов видна из следующего уравнения:

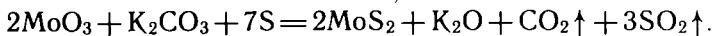


В этом случае на две молекулы поглощенного CO_2 выделяется 5 молекул O_2 . Заметим, что самостоятельное экспериментирование с надпероксидами и озонидами опасно — это очень взрывчатые вещества.

В. В условиях глубокого космического вакуума по-

добрать подходящий смазочный материал не просто, так как обычные в земных условиях вещества (например, углеводородные масла) мгновенно испаряются. Для смазки в космосе могут применяться твердые вещества, одно из которых — дисульфид молибдена MoS_2 .

Смешайте 2 г триоксида молибдена MoO_3 (вместо него можно использовать молибдат или парамолибдат аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$), 1,5 г серы и 3 г карбоната калия, поместите смесь в фарфоровый тигель и поставьте в муфельную печь, нагретую до 450°C (опыт проводите под тягой!). Через 30 мин извлеките тигель из печи и охладите его. Спекшуюся черную массу разотрите в ступке, добавьте 50 мл воды и слейте образующийся раствор щелочи. Промывание повторите 2—3 раза. На дне останется черный порошок MoS_2 . Уравнение реакции:



Дисульфид молибдена — металлоподобное вещество, имеющее большую плотность и малую твердость (оставляет след на бумаге). Кристаллическая структура MoS_2 подобна кристаллической структуре графита. Эти свойства делают возможным применение его в космосе, как смазочного материала, причем из него могут изготавливаться целые детали, если в качестве связующего использовать полимерные материалы.

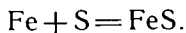
27. Можно ли железо сжечь?

Оказывается, можно. Железо горит в токе кислорода. В пробку с отверстием вставьте стеклянную трубку с вытянутым концом, которую присоедините к кислородной подушке. Накалите кончик стального пера в пламени спиртовки. Откройте кран кислородной подушки и направьте струю кислорода на кончик пера. Он загорится, разбрасывая искры (будьте осторожны!). Этим способом можно сжечь лезвие бритвы или проплавить отверстие

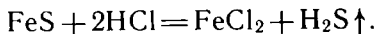
в жести. Если нет кислородной подушки, можно пользоваться прибором для получения кислорода или газометром.

28. Еще один сульфид

Смешайте на асбестовой сетке серу и железные опилки в соотношении 4:7. Осторожно нагрейте смесь на спиртовке. Вскоре начнется бурная реакция, сопровождающаяся дымом и пламенем (опыт проводите под тягой). Образуется сульфид железа по реакции:



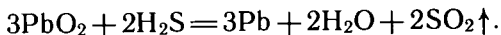
Убедиться в наличии сульфида можно, растворив под тягой осадок в соляной кислоте:



Получается сероводород, который можно использовать в следующем опыте.

29. Опыт с сероводородом

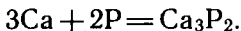
Сероводород — сильный восстановитель. На лист жести или кусок асбеста поместите 0,1 г сухого порошка оксида свинца (IV). Из пробирки для получения газа направьте на него струю сероводорода. Происходит воспламенение (опыт проводите под тягой! Смесь сероводорода с воздухом взрывоопасна!). В результате реакции оксид свинца (IV) восстанавливается до металла:



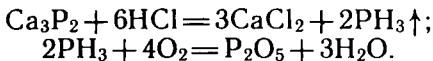
30. Самовоспламенение фосфина

Смешайте 4 г порошка кальция (можно получить из куска металла с помощью напильника) и 2 г красного фосфора. Поместите смесь в середину толстостенной

стеклянной трубки диаметром 1 см и длиной 20 см, после чего запаяйте трубку в пламени горелки с обоих концов. Трубку со смесью нагрейте в пламени (опыт проводите под тягой! Фосфин ядовит! Работайте в защитных очках и маске!). При этом образуется фосфид кальция:

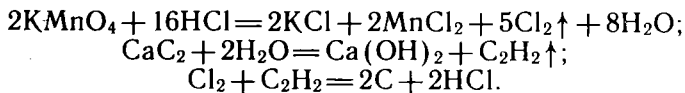


Охладите трубку, осторожно разбейте в фарфоровой ступке, полученную массу с осколками стекла поместите в стаканчик с соляной кислотой (1:1). Образуется фосфин, который со вспышками реагирует с кислородом:



31. Взаимодействие ацетилена с хлором

Для опыта нужны две пробирки с пробками, в которые вставлены короткие стеклянные трубки, согнутые под прямым углом и оттянутые в капилляр. Соберите прибор, как показано на рисунке 5. В одну из пробирок всыпьте 2 г перманганата калия, в другую поместите кусочек карбида кальция (опыт проводите под тягой!). В пробирку с перманганатом прилейте 2—3 мл концентрированной соляной кислоты, в другую — 1—2 мл воды. Быстро закройте пробирки пробками и соедините оттянутые концы стеклянных трубок. Сразу же происходит воспламенение. Уравнения происходящих реакций:



Для получения хлора можно использовать и хлорную известь. В стеклянный цилиндр поместите 2 г хлорной извести и добавьте концентрированную соляную кислоту. Происходит реакция:

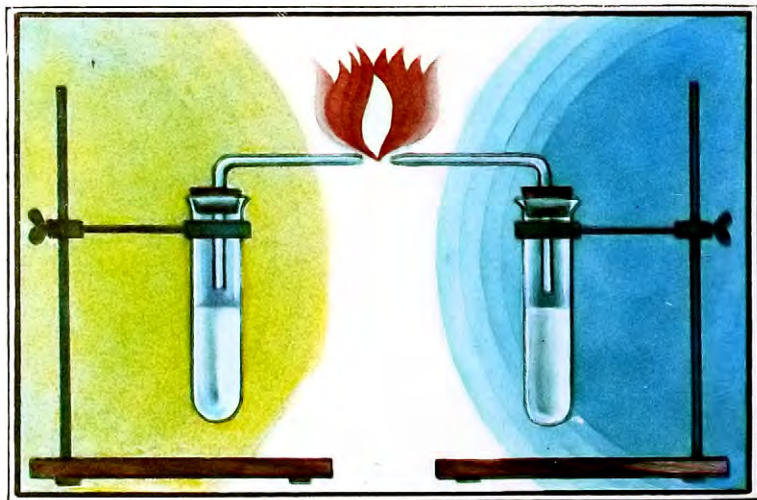
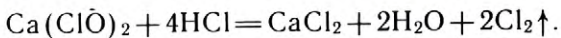


Рис. 5. Взаимодействие ацетилена с хлором



Опустите в цилиндр кусочек карбида кальция. Наблюдаются вспышки с выделением сажи.

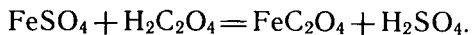
32. Пирофоры

Пирофоры — вещества, самопроизвольно воспламеняющиеся на воздухе. Они состоят из очень мелких частиц, способность которых окисляться кислородом воздуха при комнатной температуре гораздо больше, чем у частиц крупных размеров. Есть несколько путей приготовления таких веществ.

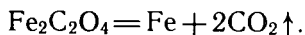
Все приведенные ниже опыты безопасны, но нельзя приготавливать большое количество (более 0,3 г) пирофорных веществ. Работать нужно в защитных очках. Если опыт по каким-то причинам не удался, то нужно

уничтожить смесь (растворить в воде и вылить), чтобы она самопроизвольно не воспламенилась.

А. Пирофорное железо впервые получил и описал в прошлом веке немецкий физик Г. Магнус. Приготовьте раствор сульфата железа (II) в воде и добавляйте к нему щавелевую кислоту до тех пор, пока не перестанет выпадать осадок. Если осадок не выпадает, добавьте к смеси немного раствора гидроксида калия для нейтрализации образующейся серной кислоты. Уравнение реакции:

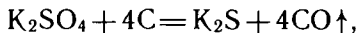


Осадок оксалата железа (II) отфильтруйте, высушите, разотрите в ступке. Поместите полученную соль в пробирку из тугоплавкого стекла, снабженную газоотводной трубкой. Осторожно нагрейте осадок в пламени горелки. Когда влага испарится, сильно прогрейте пробирку. Оксалат разлагается:



Когда разложение закончится (о чем можно судить по полному почернению осадка), нагревание прекратите. После охлаждения пробирки извлеките пробку и осторожно вытряхните на керамическую плитку небольшое количество порошка — он сгорит яркими искрами.

Б. Смешайте хорошо измельченный сульфат калия и сажу в отношении 2:1 (о получении сажи см. опыт 76, Г). Смесь поместите в трубку из тугоплавкого стекла, через которую непрерывно пропускайте слабый ток азота (чистый азот можно получить разложением нитрита аммония NH_4NO_2 , хранить в газометре). Трубку со смесью раскалите до красного каления на газовой горелке и нагревайте в течение часа. После охлаждения высыпьте содержимое трубки на керамическую плитку, порошок воспламенится и сгорит яркими искрами (осторожно!). При прокаливании сульфата калия и сажи после реакции, уравнение которой можно записать так:



образующаяся смесь сульфида калия и избытка сажи становится пирофорной.

В. Смесь равных количеств тонкоизмельченных алюмокалиевых квасцов и сахара нагрейте в железной ложке, перемешивая. Смесь плавится, частично обугливается, выделяются пары воды. Когда вся вода испарится, охладите массу, разотрите ее в мелкий порошок, пересыпьте в пробирку из тугоплавкого стекла, закройте пробкой с газоотводной трубкой и сильно нагрейте на песчаной бане. При этом выделяется густой белый дым (опыт проводите под тягой!). Когда выделение дыма прекратится, пирофорная смесь, состоящая из K_2S и угля (вместе с Al_2O_3), готова.

Г. Свинец тоже может обладать пирофорными свойствами. Получить его можно из тартрата свинца (II), который синтезируется из раствора нитрата свинца (II) и тартрата калия или натрия. Осадок отфильтруйте и высушите. В пробирке, закрытой ватным тампоном, нагрейте порошок сухого тартрата свинца (II) до прекращения выделения паров. При этом образуется пирофорный свинец, который при соприкосновении с воздухом дает красные вспышки.

33. Легкоплавкие стекла

М. В. Ломоносов в XVIII веке впервые получил цветные стекла и использовал их для мозаичных работ. Подобный процесс варки стекла можно воспроизвести в лаборатории.

Смешайте 10 г буры $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 20 г оксида свинца (II) PbO и 1,5 г оксида кобальта (III) Co_2O_3 . Полученную шихту перенесите в небольшой тигель, уплотните, чтобы она заняла половину его объема. Поместите тигель при помощи щипцов в печь, предварительно нагретую до 800—900 °С, и выдержите в ней, пока не прекратится выделение пузырьков газа. Тигель извлеките

из печи и сразу же вылейте расплавленное стекло на чистую стальную плиту. Остывая, оно образует слиток темно-фиолетового цвета. В расплаве стекла, который вы сварили, находятся полимерные соли борной кислоты — полибораты. При быстром охлаждении расплав затвердевает, сохраняя неупорядоченную структуру жидкости. В этом и заключается отличие строения аморфного стекла от структуры кристаллического вещества.

Полученным стеклом можно покрыть какое-либо изделие, например значок. Измельчите стекло пестиком в фарфоровой ступке (осторожно!), добавьте немного воды и разотрите до пастообразного состояния. Смесь с помощью кисточки нанесите на поверхность значка, просушите в пламени горелки, затем нагрейте, пока стекло не наплавится на металл. Чтобы цвет был интенсивным, можно нанести стекло повторно.

Для получения стекла других цветов надо вместо оксида кобальта использовать другие оксиды. Оксид железа (III) (1 г) окрашивает стекло в коричневый цвет, а оксид меди (II) (1 г) — в зеленый. О получении рубинового стекла см. опыт 59, В.

ОПЫТЫ ПО КАТАЛИЗУ

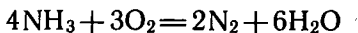
34. Каталитическое горение

А. В фарфоровую чашку поместите кусочек ваты, смоченной спиртом или бензином. Насыпьте сверху слой оксида хрома Cr_2O_3 (его можно получить при разложении дихромата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Прикоснитесь к оксиду тлеющей лучинкой, поверхность постепенно раскалится и начнет излучать значительное количество тепла. В качестве топлива можно использовать мазут, глицерин, вазелин и другие горючие вещества, которые без катализатора трудно воспламеняются. Если реакция не начинается, то можно на поверхностный слой оксида хрома нанести

2—3 капли спирта. Пользуясь оксидом хрома (III), можно безотказно заставить работать зажигалку, заполненную не бензином, а керосином или смазочным маслом, следует только нанести его на фитиль зажигалки.

Оксид хрома (III) катализирует горение органических веществ, даже таких негорючих, как сахар. На поверхность сахара нанесите оксид хрома (III) или пепел от папиросы, который содержит катализатор — соли лития. После этого сахар легко воспламеняется.

Б. В широкогорлую колбу объемом 500 мл поместите 10 мл концентрированного раствора аммиака. Встряхните колбу и всыпьте оксид хрома (III), нагретый в ложечке на спиртовке. Образуются искры. Оксид хрома не реагирует с аммиаком, происходит окисление аммиака кислородом воздуха (если из колбы удалить воздух, то опыт не удастся). Реакция аммиака с кислородом



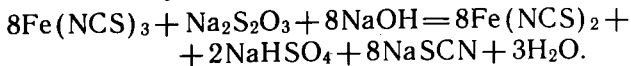
идет на поверхности частичек оксида хрома (III). Выделяется тепло, которое раскаляет частички, и они светятся. Катализаторами окисления аммиака могут быть также платина, железо и другие металлы.

35. Окисление на медном катализаторе

В зависимости от состояния катализатора различают несколько типов катализа. К весьма сложным и не изученным до конца видам относятся гетерогенный и гомогенный. При гомогенном катализе реагирующие вещества и катализатор находятся в одной фазе, газовой или жидкой. При гетерогенном катализатор и реагирующие вещества образуют разные фазы, например, твердое вещество катализирует реакцию между газами (как в предыдущем опыте).

А. Приготовьте раствор роданида железа, смешав растворы железоммачных квасцов или хлорида желе-

за (III) FeCl_3 с роданидом калия KSCN . Разлейте раствор в две пробирки (по 5 мл). В одну из них добавьте 1 каплю раствора сульфата меди. Долейте в обе пробирки по 5 мл 3 %-ного раствора тиосульфата натрия, 2 мл раствора гидроксида натрия и встряхните. Происходит реакция обесцвечивания роданида железа:



В пробирке с раствором меди процесс идет быстрее. Ионы меди ускоряют реакцию восстановления роданида железа тиосульфатом.

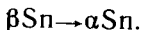
Б. Опыт лучше проводить в темноте. Налейте в стаканчик нагретого ацетона (можно согреть руками) и поместите внутрь спираль из медной проволоки, нагретую на спиртовке. Спираль остается раскаленной до тех пор, пока в ходе реакции окисления не расходуется весь ацетон. Образуются кислоты, которые можно определить в растворе с помощью индикатора.

36. Каталитическая «чума»

Познакомьтесь с интересными свойствами олова (о получении кристаллов олова см. опыт 78, В), существующего в виде двух аллотропных модификаций. β -Модификация имеет металлические свойства — это обычное олово, с которым мы имеем дело. α -Модификация — серый порошок, имеющий полупроводниковые свойства. Переход β -модификации в α -модификацию происходит при охлаждении и называется оловянной «чумой», так как сопровождается разрушением оловянных предметов.

Несколько кусочков металлического олова (можно использовать полученный в опыте 78 металл) поместите в колбочку и добавьте 1—2 г соли гексахлорстанната (IV) аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SnCl}_6$ (о ее получении см. опыт 53, Д),

долейте 5 мл воды и поставьте колбу в морозильную камеру холодильника. Туда же поместите точно такую же колбочку с металлом, но без гексахлорстанната (IV) аммония — это будет контрольный образец. Через несколько дней олово в первой колбочке покрывается темными пятнами, а затем рассыплется в порошок, происходит процесс:



Еще быстрее реакция идет в спиртовом растворе $(\text{NH}_4)_2\text{SnCl}_6$, который является катализатором.

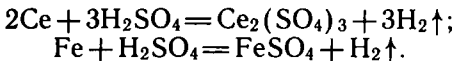
37. Опыты с лантаноидами

А. Химиками открыты интересные реакции, которые можно назвать колебательными. Растворите два кремня для зажигалок в 10 мл разбавленной (1:2) серной кислоты (при разбавлении вливать кислоту в воду). При этом в кислоте растворится пирофорный сплав (о пирофорах см. опыт 32), состоящий из 66 % церия, 8 % лантана, 25 % железа и по 0,5 % меди и магния. В другом стакане смешайте 7 мл воды, раствор лимонной кислоты (1,59 г кислоты в 10 мл воды) и раствор бромата калия (0,6 г KBrO_3 в 8 мл воды). Нагрейте оба раствора до 45°C и первый влейте во второй, лучше при перемешивании на магнитной мешалке. Сразу же появится коричневая окраска, которая через несколько секунд меняется на светло-желтую, а затем опять станет коричневой. При температуре 45°C такое изменение цвета можно наблюдать 2—3 мин, в холодном растворе чередование не будет четким. Через некоторое время раствор мутнеет (образуется дибромацетондикарбоновая кислота), выделяются пузырьки углекислого газа.

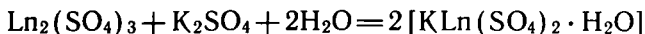
В ходе этой колебательной реакции происходят изменения концентраций окисленной и восстановленной форм катализатора, которым являются ионы церия. Реакция осуществляется через несколько промежуточных стадий,

сочетание которых приводит к тому, что скорость реакций то возрастает, то уменьшается. При этом бесцветные ионы Ce^{3+} переходят в окрашенные Ce^{4+} .

Б. Используя кремни от зажигалок, можно познакомиться и с другими химическими свойствами лантаноидов. Растворите несколько кремней в 40 мл 6 %-ного раствора H_2SO_4 . При этом идет растворение металлов:



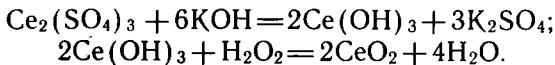
Чтобы отделить лантаноиды, отфильтруйте раствор и разделите фильтрат на две части. К одной из них прибавьте раствор 0,8 г K_2SO_4 в 8 мл воды, охладите и отфильтруйте белый осадок двойной соли:



(Ln — общее обозначение лантаноидов).

Чтобы выделить лантаноиды из другой части раствора, нагрейте его до кипения, выпадает осадок $Ln_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$, так как при повышении температуры растворимость сульфатов редкоземельных элементов уменьшается.

Можно поставить опыт по разделению лантана и церия. Растворите 3 г порошка $KLn(SO_4)_2 \cdot H_2O$ в 50 мл 1 %-ного раствора KOH и 17 мл 3 %-ного раствора H_2O_2 и нагрейте смесь до прекращения выделения газа. При этом Ce^{3+} окисляется до Ce^{4+} :



Осадок отфильтруйте и обработайте при нагревании 15 мл 5 %-ного раствора уксусной кислоты, при этом в раствор переходит ацетат лантана, а CeO_2 желтого цвета не растворится.

ФОТОГРАФИЯ И ДРУГИЕ ИНТЕРЕСНЫЕ ВЕЩИ

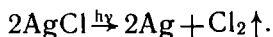
В разделе приведены опыты, основанные на химических реакциях, протекающих под действием излучений или сопровождающихся излучениями. Такие явления изучает фотохимия.

38. Фотография обычная и необычная

Многие из вас занимаются фотоделом. Предлагаемый опыт поможет разобраться в принципах фотографии.

А. Пропитайте фильтровальную бумагу раствором нитрата серебра. В темноте опустите ее в раствор хлорида натрия, затем промойте водой и высушите. На бумаге образуется хлорид серебра. Если концентрация нитрата в растворе была велика, то хлорид серебра может даже осыпаться с поверхности бумаги. Накройте фильтровальную бумагу трафаретом (можно приготовить из плотной бумаги, вырезав ножницами любой узор) и поместите на прямой солнечный свет. Через несколько секунд открытые места потемнеют, а закрытые останутся белыми.

Потемнение слоя объясняется выделением серебра из хлорида под действием света:



Такой же процесс выделения металла из бромида серебра протекает в фотопленке и фотобумаге при засвечивании.

Б. В фотоаппарате при малой выдержке на пленку падает мало света. Поэтому ее надо проявить, а затем закрепить. Прделаем это с нашей бумажкой. Конечно, чувствительность ее к свету гораздо меньше, чем у фотопленки. Высокая чувствительность пленки обусловлена сложной технологией ее изготовления, при которой в состав фотослоя вводят различные добавки, производят его прогрев и другие операции.

Приготовьте простейший проявитель, растворив в

500 мл воды 2,5 г метола и 10 г лимонной кислоты. Окуните в этот раствор бумажку, полученную в опыте А. Засвеченные места еще более потемнеют. Мы приготовили негатив, который надо закрепить.

Растворите в 500 мл воды 100 г тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 10 г пиросульфита натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$. Хорошо промойте бумажку в этом растворе. Теперь ее можно сушить, изображение останется неизменным долгое время.

Мельчайшие, невидимые глазом частицы серебра на засвеченных участках являются центрами, на которых растут кристаллы серебра при проявлении. На тех местах, где попало мало света, серебра выделится немного. В фиксирующем растворе негатив закрепляется, т. е. из фотослоя удаляется непрореагировавший хлорид серебра, после чего материал будет устойчив на свету.

В. Растворите 2 г дихромата аммония и 15 г глюкозы в 100 мл дистиллированной воды. Этим раствором пропитайте тонкую ткань и высушите ее в темноте. Рисунок, который нужно воспроизвести, нанесите на кальку, поместите кальку на ткань и засветите (при дневном освещении время экспонирования — 5 мин). Обработайте ткань в проявителе (смесь 100 мл воды, 1 г AgNO_3 и 10 мл уксусной эссенции). После сушки изображение становится коричневым.

Хром в дихромате аммония при освещении восстанавливается до трехвалентного состояния. Непрореагировавший с глюкозой дихромат образует с солью серебра нерастворимое соединение, которое и создает на ткани изображение. Предлагаем самостоятельно провести опыт с проявителем, не содержащим серебра, заменив его, например, на растворимую соль свинца.

39. Фотография без серебра

Во всем мире фото- и кинопромышленность расходует огромные количества серебра. Запасы этого драгоценного металла на земле не бесконечны. Ученые работают над поиском таких фотореакций, которые могли бы заменить в фотографии этот материал.

А. Растворите 0,6 г оксалата железа (III) $\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ (вместо этой соли можно взять 0,4 г FeCl_3 и столько же щавелевой кислоты) в 100 мл воды и 1,4 г хлорида меди (II) в 100 мл воды. В смеси, состоящей из 10 мл первого и 0,6 мл второго раствора, промойте фильтровальную бумажку и высушите ее. Для приготовления проявителя растворите 3,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 17 г сегнетовой соли (двойная калий-натриевая соль винной кислоты) и 5 г гидроксида натрия в 100 мл воды. Смешайте 4 объема полученного раствора с 1 объемом 40 %-ного раствора формальдегида. Поместите на фильтровальную бумажку трафарет и засветите прямым солнечным светом или ультрафиолетовой лампой (1 мин). Изображения на бумаге пока нет. Обработайте бумагу в проявителе (15 мин), промойте большим количеством воды. Изображение трафарета появилось вследствие образования мелких частиц, на которые при проявлении осадилась медь.

В отличие от предыдущего опыта произошло так называемое физическое проявление. Это значит, что скрытое изображение усиливается в результате осаждения меди из проявителя, а не из фотослоя по реакции, аналогичной описанной в опыте 20, Д. Интересно выяснить, как будет влиять изменение концентрации проявителя, соотношения количества солей железа и меди, времени засвечивания на качество изображения. Предлагаем вам проделать это самостоятельно.

Б. В качестве светочувствительной среды можно использовать многие твердые вещества, например гидроксид циркония (IV). Промойте фильтровальную бумажку в

2-молярном растворе сульфата или оксихлорида циркония, затем в 0,1-молярном растворе гидроксида натрия. Высушите бумажку в сушильном шкафу при 100 °С. Поместите на нее трафарет и засветите прямым солнечным светом или ультрафиолетовой лампой, после чего промойте бумажку в медном проявителе, описанном в предыдущем опыте. Изображение получилось за счет осаждения меди на активных центрах в гидроксиде циркония, которые образовались при облучении.

В. В стакан объемом 500 мл влейте 100 мл 5 %-ного раствора гексацианоферрата (III) калия и 100 мл 5 %-ного раствора хлорида железа (III). После перемешивания добавьте 100 мл раствора щавелевой кислоты такой же концентрации. Опустите в стакан кружок фильтровальной бумаги, пропитайте ее этим раствором и высушите в темноте. На сухую бумагу поместите трафарет и засветите, как в предыдущем опыте. При облучении происходит реакция между хлоридом железа и щавелевой кислотой:

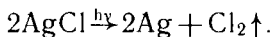


Образовавшиеся ионы Fe^{2+} в засвеченных местах образуют с гексацианоферратом (III) калия берлинскую лазурь, поэтому освещенные места окрашиваются в темно-синий цвет. По окончании опыта промойте бумажку большим количеством воды, чтобы удалить непрореагировавшие реактивы.

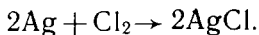
40. Чередование окраски

В современной технике часто применяются процессы с многократным чередованием цвета, например с появлением и исчезновением окраски. Подобные явления используют при создании запоминающих устройств для вычислительных машин с большим объемом памяти. Познакомьтесь с принципом действия такой среды, основанной на фотохимической реакции.

Поместите в пробирку порошок хлорида серебра, заполните ее хлором и запаяйте на пламени горелки (осторожно! Работать в очках и перчатках!). При облучении пробирки порошок темнеет, происходит реакция:



В темноте он становится белым, так как хлор реагирует с металлическим серебром (исчезновение окраски идет медленно):



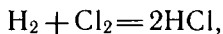
Подобные реакции лежат в основе действия фотохромных стекол в солнцезащитных очках, темнеющих на свету и светлеющих в тени.

41. Цепная реакция

Многие из вас знают, что хлор реагирует с водородом при нагревании. Но знаете ли вы, что реакция протекает и при облучении?

Заполните три пробирки (диаметр 1,5—2 см) под водой наполовину хлором, наполовину водородом, закройте пробками. Закрепите пробирки в штативе и накройте первую толстостенной банкой из бесцветного стекла, вторую — из коричневого стекла, третью — из синего стекла (опыт проводите в темных защитных очках за экраном из толстого органического стекла!). В зажженную горелку, расположенную на расстоянии 5—10 см от банок, вдуйте магниевый порошок (можно сжечь одновременно 3—4 магниевые ленты), который сгорает с ослепительным свечением. В пробирках под первой и третьей банкой смесь взрывается, пробки вылетают. Под второй банкой ничего не происходит.

Наблюдаемое явление объясняется цепной реакцией:



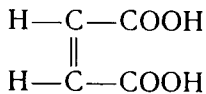
протекающей под действием интенсивного света, который не проходит через темное стекло второй банки. За разработку теории таких процессов советский ученый академик Н. Н. Семенов был удостоен Нобелевской премии.

42. Катализ в фотохимии

А. Заполните три пробирки наполовину 3 %-ным раствором пероксида водорода H_2O_2 . Опыт лучше проводить в резиновых перчатках, так как концентрированный пероксид водорода может вызвать ожог. Во вторую и третью пробирки добавьте смесь из желтой и красной кровяных солей $K_4[Fe(CN)_6]$ и $K_3[Fe(CN)_6]$. Первую и вторую пробирки облучите ультрафиолетовой лампой или прямым солнечным светом. Во второй пробирке происходит бурное выделение газа, который продолжает выделяться и после удаления источника света, в первой пробирке разложение не очень заметно, а в третьей, которая не облучалась, реакция не идет.

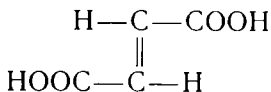
Желтая и красная кровяные соли являются катализаторами фотохимического разложения пероксида водорода. Эту реакцию катализируют и другие соли переходных металлов — попробуйте подобрать их самостоятельно.

Б. К насыщенному раствору малеиновой кислоты в воде (20 мл) прибавьте 2 мл бромной воды и разделите смесь на две пробирки. Одну из них поставьте в темноту, а другую — под ультрафиолетовую лампу или на прямой солнечный свет. Через 5 минут во второй пробирке образуется белый осадок фумаровой кислоты. Неосвещенная пробирка остается без изменений. Уравнение химической реакции записывается так:



Малеиновая кислота
(*цис*-изомер)

$\xrightarrow{h\nu}$

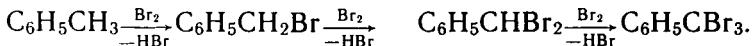


Фумаровая кислота
(*транс*-изомер)

Бром является катализатором фотохимической реакции. Этот опыт демонстрирует интересное явление — превращение одного изомерного органического соединения в другое под действием света и катализатора.

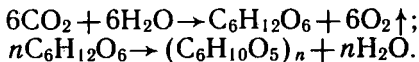
43. Фотохимическая реакция

В этом опыте, в отличие от предыдущего, бром будет принимать участие в реакции. Налейте в пробирку 4 мл толуола и прибавьте 2—3 капли брома (осторожно! Сильный окислитель!), закройте пробкой и поставьте на прямой солнечный свет или около электролампы мощностью 500 Вт. Через 2 мин встряхните пробирку, окраска брома исчезает. Если открыть пробирку, из нее выделяется бромоводород HBr. Уравнение реакции:



44. Фотосинтез

Соберите прибор, как показано на рисунке 6. Аквариумное растение, например, элодею, поместите в двухлитровый стакан, заполните его водой, а для увеличения скорости реакции добавьте 50 мл минеральной воды. На расстоянии 40 см от стакана включите лампочку. Через несколько часов в пробирке соберется около 10 мл газа. Докажите, что в пробирке — кислород. Уравнения фотохимических реакций:



Параллельный опыт можно поставить в темноте.

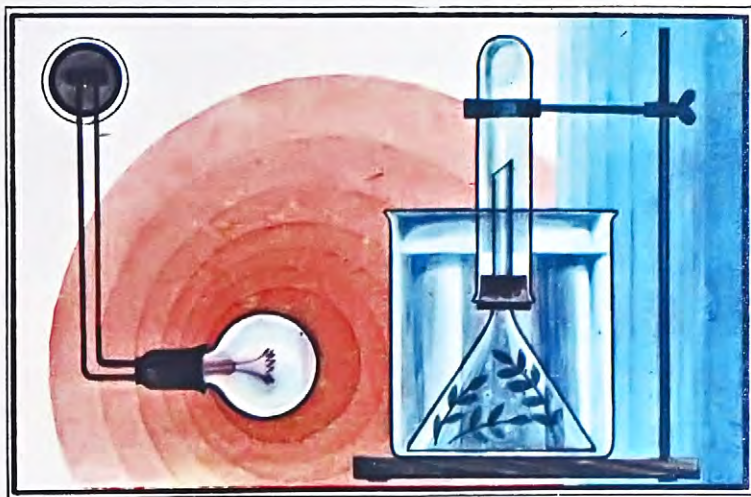
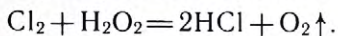


Рис. 6. Получение кислорода в процессе фотосинтеза

45. Хемилюминесценция

Многие реакции окисления протекают со свечением (гниющие пни в лесу, испускание холодного света светляками и др.). Такие явления получили название хемилюминесценции. Наблюдать их можно и в лаборатории.

А. В раствор, содержащий 10 г гидроксида натрия и 30 мл 3 %-ного раствора пероксида водорода в 100 мл воды, из аппарата для получения газов введите пузырьки хлора (проводите в вытяжном шкафу!). Образующийся в результате реакции кислород, интенсивно светится красным светом (лучше наблюдать в темноте). Если ток хлора пустить на поверхность раствора, то видно, что свет идет из газового пространства. Уравнение реакции:



Причиной красного свечения являются возбужденные молекулы кислорода.

Б. Смешайте в высоком стеклянном цилиндре 10 мл 10 %-ного раствора пирогаллола, 20 мл 40 %-ного раствора карбоната калия и 10 мл 40 %-ного раствора формальдегида в спиртовой среде. К смеси добавьте 30 мл 3 %-ного раствора пероксида водорода. Сразу же начнется бурная реакция с интенсивным свечением и разогревом (осторожно! Проводите опыт в вытяжном шкафу!). Продуктами реакции являются муравьиная кислота НСООН , СО_2 и СО .

46. Заряды при кристаллизации

Возникновение зарядов происходит при кристаллизации некоторых солей из растворов.

А. Смешайте 20 г сульфата калия и 8 г сульфата натрия, после чего вливайте в смесь горячую воду (80°C), пока соли не растворятся. Охладите раствор в темноте. После выпадения некоторого количества кристаллов образование новых будет сопровождаться возникновением слабых искр. Такие искры появляются при температуре 60°C , потом они становятся ярче, а при $40\text{—}50^\circ\text{C}$ их становится довольно много. Появление искр сопровождается звуком. Свечение связано с образованием двойной соли $2\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, которая выделяется из раствора.

Б. Получите бромат бария $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, смешав эквивалентные количества холодных растворов бромата калия и хлорида бария. При охлаждении выпадут белые иглы бромата бария, растворимость которого в холодной воде не велика. Отфильтруйте полученную соль, промойте холодной водой и высушите. Растворите 2 г бромата бария в 50 мл кипящей воды и отфильтруйте раствор. Поместите стакан с раствором в сушильный шкаф, нагретый до $40\text{—}45^\circ\text{C}$. Когда температура раствора понизится до этого интервала, в стакане довольно продолжительное

время можно будет в темноте наблюдать голубые искры, сопровождающиеся звуками.

Электрические заряды возникают на гранях мелких кристаллов бромата бария при кристаллизации, протекающей в охлаждающемся растворе соли, что приводит к появлению голубых искр. Такой же эффект происходит при растирании стеклянной палочкой кристаллов бромата бария, выпадающих из раствора на дно стакана.

47. Флуоресценция

Дорожные знаки покрывают яркими красками, которые светятся благодаря фотохимическому явлению — флуоресценции. Для наблюдения этого явления можно использовать легкодоступные вещества.

А. Залейте зеленое растение холодным спиртом и оставьте в темноте. Через некоторое время отфильтруйте образовавшийся раствор хлорофилла. На свету этот раствор флуоресцирует красным светом. Храните его в темноте.

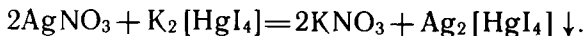
Б. Интересные опыты по флуоресценции можно поставить, имея флуоресцеин. Его можно получить из фталазола. Одну таблетку фталазола разотрите в ступке и растворите в 20 мл 1 %-ного раствора гидроксида натрия. Дайте раствору отстояться и слейте его. Прибавьте к нему 20 мл 1 %-ного раствора соляной кислоты. Отфильтруйте белый осадок и высушите (это фталевая кислота), смешайте его с равным количеством резорцина (0,52 г). Добавьте 20 капель концентрированной серной кислоты и нагрейте на горелке до образования коричнево-красной жидкости. Не охлаждая, влейте эту жидкость в колбу с 20 мл 1 %-ного раствора гидроксида натрия (осторожно!). Выпавший осадок отфильтруйте и промойте водой. Это и есть флуоресцеин.

Под действием серной кислоты из фталазола выделяется фталевая кислота, которая при реакции с резорци-

ном образует флуоресцеин. Для наблюдения зеленой флуоресценции приготовьте раствор флуоресцеина в щелочи.

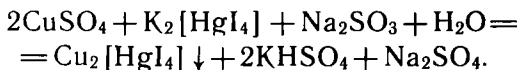
48. Термочувствительные краски

В аналитической химии широко распространен чувствительный реактив на ион аммония в щелочной среде — реактив Несслера. В присутствии иона NH_4^+ он образует бурый осадок или желтое окрашивание (как в опыте 23). К раствору нитрата серебра прибавьте по каплям реактив Несслера:



Отфильтруйте и высушите осадок. У этой соли интересное свойство: при температуре выше 50°C она красного цвета, ниже — желтого.

Получите еще одну термочувствительную краску. Смешайте 10 мл реактива Несслера и 50 мл 10 %-ного раствора сульфата меди. Прибавьте к смеси 50 мл 5 %-ного раствора сульфита натрия. В осадок выпадет необходимая соль:



Отфильтруйте и высушите осадок. Соль $\text{Cu}_2[\text{HgI}_4]$ при нагревании до температуры выше 70°C меняет цвет с красного на черный. Изменение цвета происходит более резко, чем у серебряной соли.

ЧУДЕСНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Многие химические реакции идут под действием электрического тока. С другой стороны, электрический ток иногда возникает в результате окислительно-восстановительных процессов. В разделе приведены примеры таких реакций.

49. Электрохимическая очистка серебра

Если у вас дома есть потемневшие серебряные изделия, то, пользуясь приведенной ниже методикой, вы сможете восстановить их блеск и вместе с тем познакомиться с некоторыми закономерностями, изучаемыми электрохимией.

Нагрейте до кипения 1 л воды, растворите в ней 5 г гидрокарбоната натрия. Перелейте раствор в чашку, на дно которой поместите алюминиевую фольгу. Погрузите потемневшее серебряное изделие в раствор так, чтобы оно касалось фольги. С течением времени в теплом растворе серебро освобождается от черноты.

Происходящее явление объясняется тем, что при контакте алюминия с серебром образуется гальваническая пара, т. е. электроны от алюминия переходят к серебру. На поверхности фольги при этом происходит процесс растворения алюминия, на поверхности же серебра выделяется атомарный водород, который восстанавливает металлическое серебро из сульфида. Сера при этом переходит в раствор. Метод имеет преимущество перед механической очисткой.

50. Электрохимическое осаждение

Электрохимический метод, применяемый для нанесения защитных пленок, изобрел русский ученый академик Б. С. Якоби в 1838 году.

Хромовое покрытие можно получить в лаборатории. Опыт надо проводить с небольшими металлическими предметами (например, рыболовными блеснами). Сплавьте оксид хрома (III) с карбонатом натрия при доступе воздуха. Образующийся хромат натрия растворите в воде и профильтруйте. Подкислите фильтрат серной кислотой. Это и есть требуемый электролит. Прикрепите хромируемый предмет (перед хромированием зачистите его

наждачной шкуркой и обезжирьте ацетоном) к катоду (в качестве электродов используйте графитовые стержни от батарейки). Источником тока могут быть несколько соединенных батареек. При отсутствии солей меди в растворе покрытие получится блестящим и белым.

Если надо получить позолоту, то к аноду присоедините кусочек медной проволоки, которая при электролизе будет постепенно растворяться, и покрытие на хромируемом предмете станет золотистым. После окончания электролиза покрытие промойте и почистите зубным порошком.

51. Меднение изделий

Как нанести покрытие на большие детали машин? В этом случае пользуются устройством, модель которого предлагаем вам сделать.

Возьмите испорченную поршневую ручку, вытолкните из нее держатель пера. В баллон наберите концентрированный раствор хлорида или сульфата меди (II). Сделайте электрод в виде кисти из мягкого многожильного провода и вставьте его в отверстие для пера. Обработайте металлическую пластинку мелкой наждачной шкуркой и присоедините ее к отрицательному полюсу батарейки, а модель — к положительному. Необходимо, чтобы проводки были все время смочены электролитом. Если водить анодом по пластинке, то она покроется слоем меди. Этим методом можно покрыть медью гвоздь или другой железный предмет. Пластинка должна быть совершенно чистой, ее надо обезжирить органическим растворителем. Когда закончите опыт, высушите пластинку и протрите слой меди — он заблестит. Конечно, железную пластинку можно покрыть медью и без тока, но в этом случае слой меди будет непрочным и легко сотрется. При электрохимическом способе на металле образуется прочное и плотное покрытие, причем его можно нанести в виде узора.

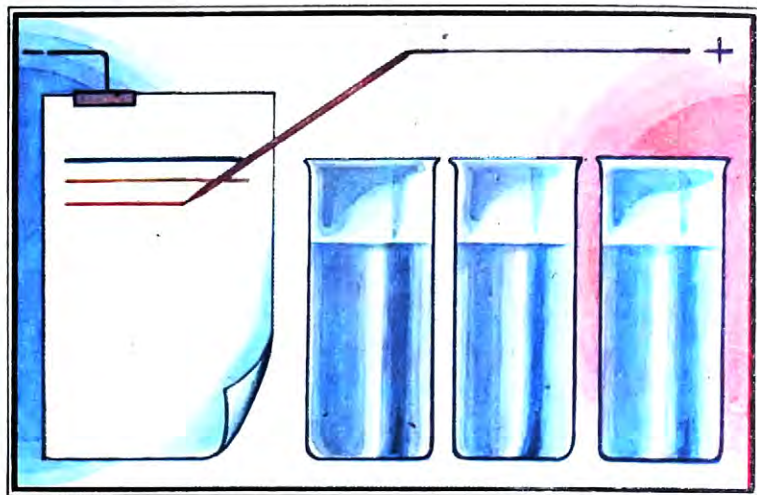
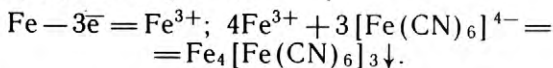


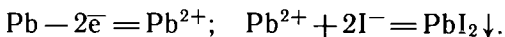
Рис. 7. Получение цветных надписей с помощью электрического тока

52. Разноцветные чернила

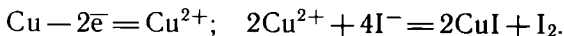
Соберите схему, как показано на рисунке 7. Пропитайте бумагу смесью, состоящей из 3 %-ного раствора гексацианоферрата (II) калия, 2,5 %-ного раствора иодида калия и 1 %-ного спиртового раствора диметилглиоксима (реактив Чугаева). Установите рН раствора 7,5 по индикаторной бумажке с помощью прибавления нескольких капель 25 %-ного раствора аммиака. В качестве анода возьмите ручку со стальным пером. Цвет надписи будет синим в результате реакции:



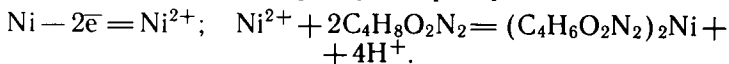
При использовании свинцового стержня в качестве пера цвет меняется на желтый:



Надпись медной проволочкой будет иметь коричневую окраску:



Никелевый анод даст красную окраску:



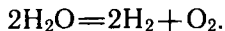
Если подобрать другой состав раствора и другой материал анода, то можно изменить цвет надписи (поэкспериментируйте самостоятельно).

53. Электролиз

Электролиз широко используется в промышленности. В небольших масштабах его можно воспроизвести в лаборатории.

А. Электролитической ванной будет служить стакан. Поместите в него фанерный кружок, в котором по диаметру сделана прорезь, а по обе стороны от прорези проколоты шилом два отверстия, через которые будут проходить проволоки. В прорези вставьте два карандаша длиной 5 см, очиненных с одного конца. На неочиненных концах карандашей сделайте зарубки, чтобы обнажились грифели, на которые наматывайте проволоку. Тщательно обмотайте проволоку изоляционной лентой и для лучшей изоляции наденьте на нее резиновые трубки (рис. 8).

Налейте в стакан раствор карбоната натрия. Пробирку также заполните этим раствором, закройте ее большим пальцем, переверните вверх дном, погрузите в стакан, чтобы воздух не попал в пробирку, и под водой наденьте на электрод. Включите последовательно три батарейки от карманного фонарика и начните электролиз. При этом вода будет разлагаться:



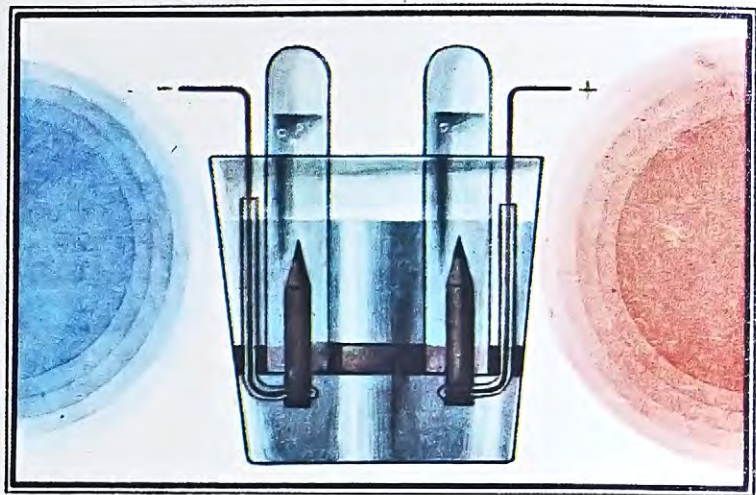


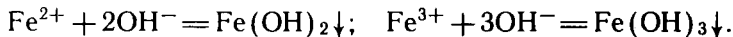
Рис. 8. Электролиз раствора карбоната натрия

Когда на катоде соберется полная пробирка водорода, достаньте ее и подожгите газ. Он сгорит с характерным звуком. Можно доказать, что пробирка на аноде заполнена кислородом.

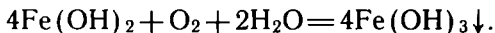
Этот же прибор можно использовать и для проведения электролиза раствора хлорида натрия. При этом одна пробирка заполнится водородом, а в другой соберется газ желто-зеленого цвета — хлор. Пробирку с хлором закройте пальцем под водой и встряхните. При этом образуется раствор хлора — хлорная вода. Она может обесцвечивать растворы восстановителей, например чернил.

Ионы галогенов при электролизе движутся к аноду и образуют на нем молекулы галогенов. Ионы натрия Na^+ остаются в растворе, образуя около катода щелочь, в чем легко убедиться, прибавив фенолфталеин в катодное пространство.

Б. Докажите, что в зависимости от материала электродов при электролизе могут образовываться различные продукты. В приборе, описанном в предыдущем опыте, замените карандаши на железные электроды (например, на два гвоздя). Проведите электролиз насыщенного раствора хлорида натрия. На катоде будет выделяться водород. В области анода образуются зеленоватые или красновато-бурые хлопья. Это гидроксид железа (II) и гидроксид железа (III):



Анод при этом растворяется и становится значительно тоньше, чем катод. Гидроксид железа (II) легко окисляется растворимым в воде кислородом воздуха:



В. Электролитически можно проводить синтезы различных веществ. Так как для проведения этих опытов необходимо напряжение 5—7 В, то понадобятся пять последовательно соединенных батареек от карманного фонарика и сопротивление. Его можно изготовить, распрямив нихромовую спираль от электроплитки и намотав 5 см на деревянный стержень так, чтобы витки не соприкасались. Для опытов понадобится пористая диафрагма. Ее можно сделать в виде пробирки из полихлорвинилового тюбика из-под синтетического клея, обрезав ножницами верх, либо из полихлорвиниловой трубки. В качестве электролитической ванны можно использовать стакан, а электродов — куски медной проволоки.

Для получения хлорида меди соберите прибор, как показано на рисунке 9. Приготовьте электролит (1 %-ный раствор соляной кислоты). В стакан и пористую диафрагму налейте 100 мл этого раствора, опустите медный электрод в диафрагму и соедините его с катодом батарейки через сопротивление. Пропускайте ток до тех пор, пока раствор в стакане не станет темно-зеленым.

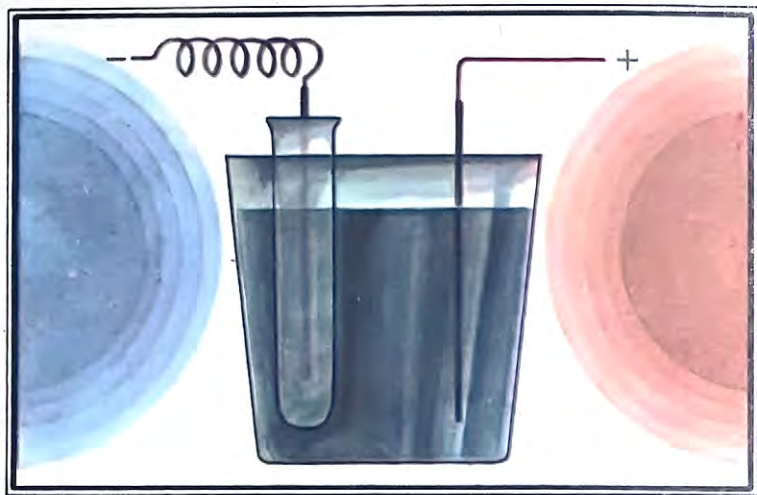
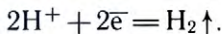


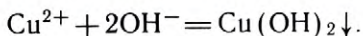
Рис. 9. Получение хлорида меди в процессе электролиза

Ионы меди не достигают катода под действием тока, так как их не пропускает пористая диафрагма, они остаются в растворе. На катоде разряжаются ионы водорода:

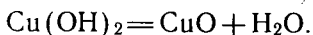


Выпарите раствор, вы получите сухую соль меди.

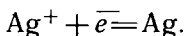
Для получения оксида меди соберите такой же прибор, но без пористой пробирки. Приготовьте электролит (10 %-ный раствор хлорида натрия). Электролиз продолжайте до тех пор, пока содержимое стакана не превратится в густую пасту. Процесс ведите при перемешивании. Гидроксид-ионы, образующиеся у катода, взаимодействуют с ионами меди, поступающими с анода:



Если осадок гидроксида меди промыть водой и нагреть в чашке, то получится оксид меди (II):



Г. Проведите электролиз нитрата серебра (можно использовать ляпис). Electroдами будут служить две медные проволоки, зачищенные наждачной шкуркой и промытые ацетоном. Наконечники от 2—3 ляписных карандашей поместите в пробирку и нагрейте до 200 °С. Образуется раствор, содержащий ионы Ag^+ , K^+ , NO_3^- . Присоедините электроды к пяти последовательно соединенным батарейкам и введите в расплав. На катоде начнет выделяться серебро:



На аноде выделяется кислород и оксид азота (IV) (бурый газ). Возле анода расплав будет синеть — растворяется медный анод.

Д. Получите гексахлорстаннат (IV) аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SnCl}_6$ (это вещество используется в опыте 36). В фарфоровую чашку налейте 10 мл раствора HCl (1:1). Анод из металлического олова и катод из гвоздя подключите к двум последовательно соединенным батарейкам. При подключении тока оловянный анод растворяется и образуются ионы олова, на катоде выделяется водород. Через час слейте раствор в другую фарфоровую чашку, добавьте 0,5 г хлорида аммония и охладите в холодильнике. При охлаждении выпадает осадок $(\text{NH}_4)_2\text{SnCl}_6$.

54. Необычный электролиз

Твердое стекло — хороший диэлектрик. Однако при нагревании заряженные частицы стекла становятся подвижными, поэтому и в твердом состоянии нагретое стекло может быть проводником электричества. Этот факт был замечен в XVIII веке Д. Пристли. Сейчас установлено, что

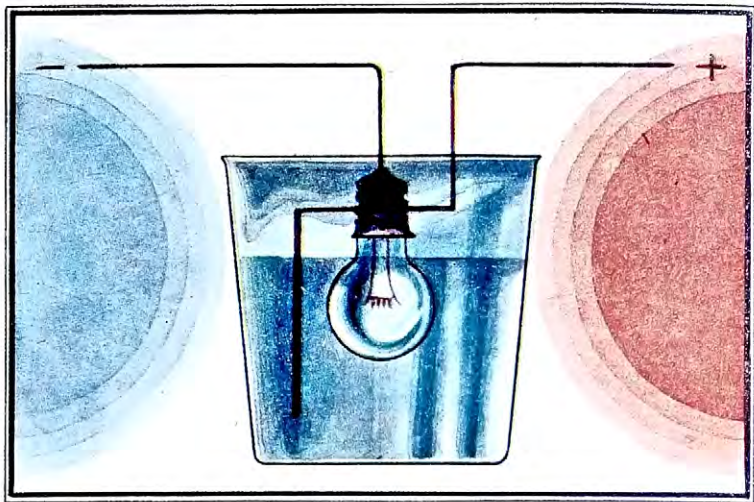
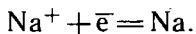


Рис. 10. Получение металлического натрия на стекле при электролизе расплава нитрата натрия

электропроводность стекла обусловлена движением ионов натрия, причем уже при 350°C подвижность их имеет значительную величину. На этом свойстве стекла и основан данный опыт.

Соберите прибор, как показано на рисунке 10. Возьмите лампочку от карманного фонарика и укрепите ее. Питание лампочки будет осуществляться от батарейки (провод к лампочке не припаивайте). При температуре 350°C расплавьте в стаканчике нитрат натрия. Следует помнить, что это вещество — сильный окислитель. Зажгите лампочку и осторожно погрузите ее в расплав. Следите, чтобы в соль был погружен только один электрод, иначе произойдет короткое замыкание. Охладите лампочку, промойте водой. На внутренней поверхности стекла образуется зеркальный налет металлического натрия.

Под действием электрического тока ионы натрия направляются от внешней стороны баллона лампочки к внутренней. При этом электроны, которые испускает раскаленная спираль лампочки, восстанавливают ионы натрия до металла:



Если лампочка заполнена инертным газом, то опыт идет довольно продолжительное время, так как газ мешает движению электронов. Заменить натриевую селитру на калиевую нельзя, так как радиус ионов калия значительно больше радиуса ионов натрия и ионы K^+ не смогут проходить сквозь стекло.

55. Самодельные батарейки

Приведем несколько способов конструирования самодельных батареек. Ими можно пользоваться при проведении электролиза.

А. Возьмите фольгу, которая входит в состав обертки для чая. Одна сторона у нее бумажная, другая — алюминиевая. Нарезьте куски одинакового размера. Так же поступите и с медной фольгой. Затем накладывайте одну фольгу на другую, чтобы после сборки батарейки снизу оказалась бумага, сверху — медная фольга. Вырежьте из медной фольги контакты, поместите их по обе стороны стопки и обмотайте изоляционной лентой. Опустите батарейку на несколько минут в раствор хлорида натрия. Для обнаружения тока можно использовать следующий способ. В небольшую колбу налейте раствор NaCl и добавьте к нему несколько капель фенолфталеина. Закройте колбу пробкой, через которую проходят две медные проволоки. Соедините медные контакты батарейки с проволоками. Через несколько минут в колбе возле одной из них появится малиновая окраска. Это значит, что при электролизе раствора хлорида натрия на катоде образуется щелочь.

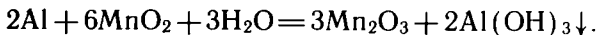
При контакте меди и алюминия образуется гальвани-

ческая пара (с парой алюминий — серебро вы уже встречались в опыте 49). Электроны переходят от алюминия к меди. Подобными батареями гальванических элементов пользовался великий химик Берцелиус еще в прошлом веке.

Б. Батарею можно собрать из пятикопеечных монет и алюминиевых кружков, между которыми надо поместить кружки фильтровальной бумаги, смоченной раствором хлорида натрия. Если пластины плотно прижаты друг к другу, то такая батарея работает еще лучше описанной в предыдущем опыте, так как алюминиевые кружки разрушаются медленнее, чем фольга.

В. На металлический слой фольги, используемой в опыте А, нанесите оксид марганца (IV) MnO_2 (его можно взять из старых батареек), смешанный с небольшим количеством киноклея. Когда оксид высохнет, нарежьте небольшие листочки бумаги и сложите их в таком порядке: бумага, фольга, оксид и т. д. Снизу должна находиться бумага, сверху — оксид. После этого приложите к обеим сторонам самодельной батарейки контакты и обмотайте изоляционной лентой.

Полученная сухая батарея называется элементом Лекланше, по имени изобретателя, изготовившего подобный элемент еще в XIX веке. Алюминий является отрицательным электродом (катодом), а оксид марганца (IV) — положительным (анодом). Уравнение химической реакции, протекающей в элементе, следующее:



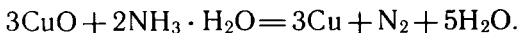
Вода принимает участие в реакции, но батарею нельзя сильно смачивать. В этом случае окислительный и восстановительный процессы будут идти не только на электродах. Очень сухую батарею можно заставить работать, подержав над паром.

ОПЫТЫ С КОМПЛЕКСНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

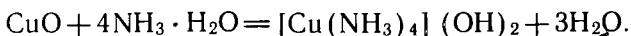
Многие предыдущие опыты были основаны на получении комплексных соединений. В этом разделе более подробно остановимся на их образовании.

56. Окрашенные комплексы

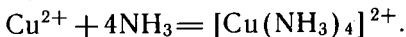
А. Налейте в пробирку немного раствора аммиака. Нагрейте в пламени горелки или спиртовки спираль из медной проволоки (она потемнеет вследствие образования оксида меди) и опустите ее в пробирку — спираль станет блестящей. Произошла реакция:



Если опыт повторить 2—3 раза, то раствор аммиака окрасится в синий цвет, так как образуется комплексное соединение меди с аммиаком:

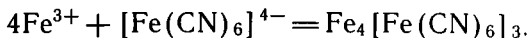


Б. Вышеприведенный опыт можно несколько видоизменить. Возьмите лист белой бумаги и разбавленным раствором соли меди (II) сделайте на нем надпись. После просушивания подержите лист над горлышком склянки с раствором аммиака. Надпись станет синей. Причина появления окраски — в реакции комплексообразования, уравнение которой можно записать в ионном виде:



В. Приготовьте раствор хлорида кобальта (розового цвета). Пинцетом погрузите в раствор кусочек безводного хлорида кальция. На поверхности CaCl_2 происходит реакция между хлоридом кальция и водой, что приводит к окрашиванию поверхности в синий цвет. Хлорид кальция отнимает воду от гидратированного хлорида кобальта, который в безводном состоянии имеет синюю окраску.

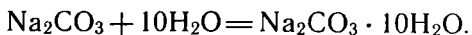
Г. С помощью реакции образования комплекса можно обнаружить наличие железа в листьях салата. Сожгите листья салата, золу обработайте в пробирке разбавленным раствором соляной кислоты, отфильтруйте. Прибавьте раствор желтой кровяной соли. Наблюдается синее окрашивание:



С этой реакцией образования берлинской лазури мы уже встречались (см. опыт 39, В).

57. Как поджечь разбавленный спирт

Спирт, разбавленный водой в два раза, или водка не горят. Бросьте в смесь немного безводного карбоната натрия (его можно получить прокаливанием кристаллической соды). После этого спирт легко загорается и горит синим пламенем. Безводный карбонат реагирует с водой, образуя комплексный гидрат:



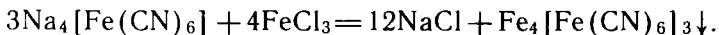
Поверхностный слой раствора обогащается спиртом и загорается.

58. Опыт с амигдалином

Впервые подобную реакцию изучали великие химики Ф. Велер и Ю. Либих в 40-х годах прошлого века. Равные количества зернышек сладкого миндаля (он произрастает в республиках Средней Азии, в Крыму и на Кавказе) и зернышек вишни или сливы разотрите с водой в фарфоровой ступке и профильтруйте. 10 капель фильтрата смешайте с несколькими каплями 10 %-ного раствора гидроксида натрия до щелочной реакции (проба с фенолфталеином). Прибавьте 1 каплю раствора сульфата железа (II), нагрейте до кипения и снова профильтруйте. К фильтрату добавьте 6 капель соляной кислоты до кислой

реакции и 1 каплю раствора хлорида железа (III). Сразу же образуется темно-синее окрашивание.

Амигдалин $C_6H_5-CHCN-OC_{12}H_{21}O_{10}$ из семян вишни или сливы разлагается водой под действием фермента из семян сладкого миндаля на более простые вещества. В результате дальнейших превращений образуется гексацианоферрат (II) натрия $Na_4[Fe(CN)_6]$. Это вещество в кислой среде в присутствии ионов железа Fe^{3+} дает осадок берлинской лазури:



59. Опыты с золотом

Возьмите несколько черепков битой посуды с позолотой и обезжирьте их спиртом или ацетоном. Растворите позолоту несколькими каплями царской водки (1 мл концентрированной азотной кислоты и 3 мл концентрированной соляной кислоты). Полученный раствор разбавьте водой до 5 мл. Образуется желтый раствор комплексного соединения — золотохлороводородной кислоты:



А. Следующий опыт интересен тем, что показывает, каким образом покрывались золотом и серебром медные маски древними индейцами Южной Америки. Эти маски очень красивы и хранятся во многих музеях мира. Древние индейцы из практики знали, что золото может растворяться в смеси солей, формулы которых мы сейчас пишем $NaCl$, KNO_3 , и алюмокалиевых квасцов $KAl(SO_4)_2$. Даже для нас эта смесь, как золоторастворяющий реактив, кажется необычной, но ее свойства знали еще алхимики в средние века, правда, гораздо позднее индейцев («алхимическое» использование алюмокалиевых квасцов описано в опыте 22).

Растворите в 150 мл воды по 50 г каждой из вышеназванных солей, перелейте раствор в фарфоровую чашку,

поместите в нее посудные черепки с позолотой и нагревайте под тягой на водяной бане. По мере испарения воду в чашку нужно подливать. Приблизительно через 2 часа позолота растворится, и образуется суспензия солей и комплексной соли золота Au^{3+} , которая и использовалась древними индейцами для золочения. Причина растворения золота в этой смеси в том, что идет гидролиз соли алюминия, усиливающийся при нагревании (рН раствора приблизительно 1). Фактически горячий раствор этих солей представляет собой царскую водку с примесями.

Для того чтобы нанести покрытие на медь, сначала протравите две медные пластинки в разбавленной азотной кислоте и промойте их водой. Приготовьте вышеприведенным образом еще один стакан со смесью солей, но без золота — в нем будет контрольный образец. Добавляйте твердый гидрокарбонат натрия (питьевую соду) в золотосодержащую и контрольную смесь до рН ≈ 9 (контроль по индикаторной бумажке). Затем опустите в стаканы медные пластинки и нагревайте образцы на электрической плитке при перемешивании. Если концентрация золота в растворе не очень мала, то через 40—50 минут опытная пластинка покроется тонким темным слоем золота. Убедится в его природе можно, соскоблив часть на предметное стекло и добавив каплю концентрированной азотной кислоты, — золото не растворится. Контрольный образец останется без изменений.

Чтобы добиться красивого золотого блеска, древние химики вели процесс долго, затем проводили прокаливание масок в печах и полирование, но главное, конечно, в том, что они имели гораздо большую концентрацию драгоценного металла в растворе.

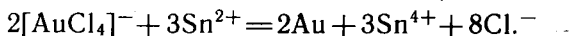
Эта технология, открытая опытным путем, была хорошо отработана у древних индейцев, о чем говорит внешний вид дошедших до нас масок. Аналогичным образом на маски наносились серебряные покрытия, а также сплав золота с серебром.

Б. Коллоидные растворы золота могут иметь различную окраску в зависимости от условий реакции и природы восстановителя (о свойствах коллоидных растворов см. опыт 74).

Коллоидный раствор золота от розового до красного цвета можно получить разными способами. В колбе на 50 мл смешайте 5 мл раствора золотохлороводородной кислоты в царской водке, 12 мл дистиллированной воды и 20 мл этилового спирта. Этот раствор постепенно приливайте в колбу с 150 мл кипящей дистиллированной воды. В зависимости от концентрации золота в исходном растворе получается коллоидный раствор, имеющий цвет от розового до вишнево-красного (последнего в нашем случае добиться трудно). Добавьте к этому раствору несколько миллилитров раствора HAuCl_4 . Цвет становится желто-зеленым.

0,5 г хлорида олова (II) растворите в 50 мл воды. Несколько капель этого раствора влейте в бледно-желтый раствор золотохлороводородной кислоты в царской водке.

Сначала смесь станет желто-коричневой, а через несколько часов появится красивая окраска коллоидного золота — «кассиевого пурпура»:



Образующийся при гидролизе гидроксид олова придает устойчивость этому раствору. Осадить коллоидное золото можно раствором хлорида натрия, после чего промытый и высушенный осадок можно снова использовать для опытов. Интересно, что так называемое питьевое золото алхимиков, которому приписывали целебные свойства, получали восстановлением раствора золота в царской водке эфирными маслами.

Водородным пламенем можно восстановить золото из раствора (этот способ называется способом Донау, по имени изобретателя). В пробирку поместите кусочек цин-

ка, добавьте несколько капель соляной кислоты и закройте пробкой с газоотводной трубкой, конец которой оттянут. После того как начнет выделяться газ, подожгите его у кончика трубки и направьте пламя на поверхность раствора золотохлороводородной кислоты. В жидкости появятся полосы коллоидного золота красного цвета, причем восстановительные свойства проявляет не только водород, но и образующиеся при высоких температурах оксиды азота. Этим же способом можно нанести позолоту на фарфор. На чистую фарфоровую пластинку поместите концентрированный раствор HAuCl_4 , высушите его и прокалите поверхность в пламени водорода. Образуется блестящая пленка золота.

Для получения голубого коллоидного раствора золота прибавьте к 200 мл воды 6 мл раствора HAuCl_4 и 2 мл 1 %-ного раствора сульфата гидразина $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Образующийся прозрачный раствор имеет голубой цвет в проходящем свете, а в отраженном свете — коричневую окраску.

Причина различной окраски коллоидных растворов золота в том, что процесс восстановления $\text{Au}^{3+} \rightarrow \text{Au}$ в разных условиях приводит к образованию мелких частиц металла различной формы и размера. Поэтому эти системы по-разному поглощают и рассеивают видимый свет. Цвет растворов с более мелкими частицами — красный, грубодисперсные золи имеют голубой цвет.

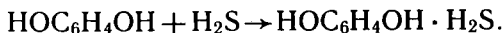
В. Рубиновое стекло Кремлевских звезд — интересный пример коллоидной системы, содержащей мелкие частицы золота (аналогичные стекла изготавливал еще М. В. Ломоносов). Технология изготовления такого стекла — сложный процесс, но в условиях школьной лаборатории можно познакомиться с его основами. Возьмите два фарфоровых тигля большого объема и в каждом из них приготовьте смесь из 24,6 г NaOH , 76,2 г SiO_2 , 6,4 г CaO , 2 г ZnO , 2 г V_2O_5 и 0,5 г NaCl , тщательно перемешайте (один из тиглей будет контрольным). Растворите прибли-

зительно 50 см² позолоты черепков битой посуды в возможно меньшем объеме царской водки (если минимального объема достигнуть не удастся, то следует упарить раствор под тягой до объема 4—5 мл). Этот раствор влейте в один из приготовленных тиглей и при перемешивании прогрейте под тягой на электрической плитке, чтобы удалить большую часть летучих кислот. Затем поместите тигли в муфельную печь, нагретую до температуры 1000 °С, и прогревайте 5 часов, после чего охладите печь с образцами до 600 °С и нагревайте 2—3 часа. Получившийся опытный образец стекла может иметь окраску от розовой до коричневой, в контрольном образце окраски нет. Конечно, чисто рубиновый цвет можно получить лишь в заводских условиях, применяя строго определенные температурные режимы плавления и охлаждения стекла.

60. Клатратные соединения

Клатратами называются вещества, которые образуются при включении одного соединения в кристаллическую решетку другого. Эти вещества не подчиняются правилу валентности и обладают малой устойчивостью. Качественная реакция на иод под действием крахмального клейстера (см. опыт 16, В) основана на образовании именно такого соединения иода с крахмалом синего цвета. Клатратное соединение гидрохинона с сероводородом, описанное еще в прошлом веке Ф. Велером, можно получить в лаборатории (опыт проводите под тягой!).

Приготовьте насыщенный раствор гидрохинона в воде при 30 °С. Из прибора для получения газов введите в этот раствор сероводород. Через некоторое время начинают появляться кристаллы клатрата:



После насыщения раствора сероводородом, охладите смесь, отфильтруйте кристаллы и высушите их. Получен-

ные кристаллы розового цвета можно использовать для проведения качественных реакций в кислой среде с образованием окрашенных сульфидов металлов.

НЕМНОГО ОРГАНИКИ

В некоторых из опытов уже использовались органические вещества. Здесь остановимся на их свойствах несколько подробнее.

61. Опыты с лекарствами

А. Опознать ацетилсалициловую кислоту можно таким способом. Разотрите таблетку аспирина и прокипятите с раствором карбоната натрия. Добавьте разбавленный раствор соляной кислоты и нагрейте. При этом чувствуется запах уксусной кислоты, которая образуется в результате проделанных реакций.

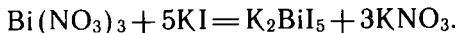
Б. Разотрите таблетку антипирина и смешайте с хлоридом кобальта или хлоридом железа (III). В первом случае образуется комплексное соединение синего цвета, во втором — красного.

В. Разотрите таблетку кальцекса, в состав которого входят хлорид кальция и уротропин, и смешайте с гидроксидом натрия и мурексидом (пурпурат аммония $C_8H_8O_6N_6 \cdot H_2O$). Порошок окрасится в красно-фиолетовый цвет из-за образования комплекса кальция с мурексидом.

Если нет мурексида, то лекарство можно опознать другим способом. Нагрейте размолотую таблетку кальцекса с лимонной кислотой. При этом из уротропина образуется формальдегид CH_2O (газ с характерным запахом). Если же таблетку долго кипятить с раствором карбоната натрия, то получается аммиак.

Г. Приготовьте индикатор на хинин. Для этого смешайте нитрат висмута с иодидом калия в соотношении

1:5 и разотрите в ступке. В результате образуется желтая смесь:

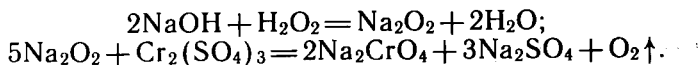


Добавьте к этой смеси порошок хинина и гидроксид натрия. Образуется комплексное соединение темно-розовой окраски.

В состав хинина входит гидроксильная группа и атомы азота, способные к комплексообразованию. Благодаря этому хинин в щелочной среде и образует комплексное соединение с пентаиодовисмутатом калия K_2BiI_5 .

Д. Смешайте борную кислоту и глицерин в соотношении 1:2. Индикатор покажет, что среда кислая. С глицерином борная кислота образует комплексное соединение, при этом сила кислоты возрастает.

Е. Смешайте размолотую таблетку гидроперита с гидроксидом натрия и сульфатом хрома (III). В результате реакций получается ярко-желтый хромат натрия:



62. Опыты с глюкозой

А. Свежий огурец натрите на терке, выжмите из него сок. Приготовьте в пробирке гидроксид меди, прибавив 3 капли раствора сульфата меди (II) к 1 мл раствора гидроксида натрия. Добавьте в эту пробирку такой же объем огуречного сока и встряхните. Осадок растворится, получится синий раствор. Такая реакция характерна для многоатомных спиртов.

Нагрейте до кипения пробирку с синим раствором. Сначала он пожелтеет, затем станет оранжевым, а после охлаждения выпадет красный осадок оксида меди (I) Cu_2O . Эта реакция характерна для альдегидов. В огуречном соке есть вещество, которое одновременно является и спиртом и альдегидом. Это — глюкоза. С этим веществом

можно провести реакцию «серебряного зеркала» (см. опыт 20, Г). Опыт можно проводить с яблочным и другими соками.

Б. Приготовьте в пробирке раствор серной кислоты (1:1), опустите в него лучинку и нагревайте до кипения. Лучинка обуглится. Достаньте ее и опустите в пробирку с 2—3 мл воды. В обеих пробирках появляется глюкоза. Доказать это можно, как и в предыдущем опыте, добавив в обе пробирки 3 капли раствора сульфата меди, затем гидроксид натрия до появления синего окрашивания. После кипячения выпадает осадок оксида меди (I).

Глюкоза образовалась в результате гидролиза клетчатки, которая содержится в древесине (около 50 %). Обугливание произошло из-за сильного обезвоживающего действия серной кислоты.

В. В фарфоровую чашку насыпьте опилок и смочите их водой. Добавьте раствор серной кислоты, приготовленный ранее, до получения жидкой кашицы. Прибавьте столько же воды и нагревайте чашку, закрытую крышкой, на песчаной бане в течение часа. Долейте воды и нейтрализуйте кислоту раствором гидроксида кальция до прекращения выделения пузырьков углекислого газа. Содержимое чашки слейте в колбу и дайте отстояться. Сульфат кальция осядет на дно, а сверху останется раствор глюкозы. Слейте его в колбу и профильтруйте, перелейте в чашку и выпарите воду на водяной бане. На дне останутся кристаллы глюкозы. На вкус их пробовать не следует, так как продукт загрязнен примесями.

63. Солнцезащитные очки

Растворите 3,6 г гидроксида натрия в 60 мл воды. При нагревании к этому раствору постепенно добавляйте, перемешивая, 18 г раздробленной канифоли. При этом органические кислоты, содержащиеся в канифоли, в числе которых абиетиновая и пимаровая, взаимодействуют со

щелочью с образованием коричневого раствора резината натрия. Разделите раствор на две равные части. К одной добавьте раствор, содержащий 25 г медного купороса, при этом выпадает сине-зеленый осадок резината меди. К другой части раствора добавьте раствор, содержащий 20 г сульфата железа (III) — выпадает коричневый осадок резината железа. Осадки отфильтруйте, промойте водой и высушите на воздухе.

Растворите осадки: резинат меди в гексане или другом углеводороде (образуется раствор синего цвета), а резинат железа — в ацетоне (раствор коричневого цвета). Нанесите растворы резинатов меди и железа на предметные стекла и прогрейте 30 мин в муфельной печи, нагретой до 600 °С. Обладающие хорошими пленкообразующими свойствами резинаты разлагаются и на стеклах образуются пленки оксидов меди (II) и железа (III). Аналогично можно получить и резинаты других переходных металлов и окрасить стекла в различные цвета — поэкспериментируйте самостоятельно.

64. О курении

Проведем опыт по химии табака. В хлоркальциевую трубку или отрезок стеклянной трубки поместите комок ваты и вставьте внутрь резиновую пробку с отверстием, в котором плотно укрепите сигарету. Наденьте на другой конец трубки резиновый шланг и присоедините его к водоструйному насосу. Подожгите сигарету и включите насос. Через трубку с ватой пойдет белый дым. Сожгите 2—3 сигареты. Извлеките пинцетом ватный тампон. Он стал желто-коричневым и пахнет очень неприятно. Поместите вату в пробирку, добавьте немного эфира и встряхните — раствор станет красным. После испарения растворителя останется дурнопахнущая вязкая масса. С ней не надо экспериментировать. Она содержит более шести тысяч различных соединений. Здесь есть углеводо-

роды (предельные, непредельные, ароматические), стеринны, кетоны, спирты, альдегиды, эфиры, нитрилы, сернистые соединения, кислоты, фенолы, алкалоиды (среди них никотин), неорганические соединения меди, мышьяка, свинца, никеля, полония (в том числе радиоактивного полония-210), титана, цинка и т. д. Если вы когда-нибудь решите закурить, то вспомните этот опыт и подумайте о том, что ваши легкие никто не станет отмывать эфиром.

65. Опыты с алкалоидами

Этот опыт проведите со спорыньей, в которой содержатся ядовитые алкалоиды. На ржаном поле соберите с колосков темно-фиолетовые рожки (спорынья). Одну их часть высушите в темном сухом месте, вторую намочите водой и высушите прямо под солнцем.

По 1 г приготовленных порошков залейте 10 мл кипящей воды. Вторая порция запахнет аммиаком. Если первую порцию поместить в пробирку, добавить 5 мл 3 %-ного раствора гидроксида натрия и взболтать, то появится характерный селедочный запах. Так пахнет триметиламин (см. опыт 72), который образуется при разложении алкалоида холина. Второй образец спорыньи такого запаха не дает — этот алкалоид в нем разрушен.

Выделите алкалоиды из спорыньи. Для этого поместите 2 г первой порции в колбу емкостью 50 мл, добавьте 20 мл воды и прилейте 1 каплю концентрированной соляной кислоты. Полученную смесь перемешайте, дайте ей отстояться, а затем отфильтруйте. 4 мл полученного раствора, содержащего солянокислые алкалоиды, налейте в пробирку. Для выделения свободных алкалоидов добавьте несколько капель раствора аммиака и 20 мл эфира. Пробирку закройте пробкой, перемешайте смесь и дайте жидкости отстояться. Верхний эфирный слой, содержащий свободные алкалоиды, перенесите пипеткой в пробирку с

2 мл концентрированной серной кислоты. На границе соприкосновения жидкостей появится цветное окрашивание. По цвету можно судить о количестве содержащихся алкалоидов в образце. Если в спорынье 0,1 % алкалоидов, окрашивание будет ярко-синим, если 0,2—0,3 % — ярко-фиолетовым.

Этим методом можно определить содержание алкалоидов в муке. 10 г муки поместите в колбу, добавьте 20 мл эфира и 10 капель разбавленной (1:5) серной кислоты. Хорошо перемешайте смесь и дайте ей отстояться в течение нескольких часов. Эфирный экстракт профильтруйте и прибавьте к нему 15 капель насыщенного раствора гидрокарбоната натрия. Снова перемешайте смесь. Если в муке есть спорынья, то водный слой, содержащий гидрокарбонат натрия, окрасится в красно-фиолетовый цвет, интенсивность которого зависит от содержания алкалоидов. Если окраски нет, мука пригодна к употреблению.

66. Опыты с чаем

А. 100 г зеленого чая всыпьте в колбу емкостью 500 мл, залейте 200 мл кипящей воды и кипятите в течение часа. Отфильтруйте раствор, осадок на фильтре промойте горячей водой. К светло-зеленому фильтрату добавьте 35 г ацетата свинца (II). Жидкость слейте и промойте осадок 300 мл горячей воды до полного удаления ионов Pb^{2+} (отрицательная реакция с разбавленной серной кислотой). Осадок танната свинца (II) отфильтруйте и промойте на стеклянном фильтре 1 %-ным раствором серной кислоты. При этом таннат свинца разлагается, в фильтрат переходит таннин, а нерастворимый сульфат свинца остается на фильтре. Осадите избыток ионов SO_4^{2-} в фильтрате 5 %-ным раствором гидроксида бария, прибавляя его по каплям и отфильтровывая осадок сульфата бария. Прозрачный раствор таннина в воде нагрейте до кипения в чашке на водяной бане. Из раствора выде-

лится таннин в виде порошка, который надо хранить в темной банке.

Б. Докажите, что выделенный продукт представляет собой смесь веществ. Познакомьтесь с опытом 70 по хроматографии. Приготовьте полоску фильтровальной бумаги размером $20 \times 1,5$ см. На один конец ее нанесите 1 каплю 2 %-ного раствора полученного таннина в спирте. Опустите бумагу в стеклянный цилиндр с 2 %-ным раствором уксусной кислоты. Достаньте полученную хроматограмму, высушите ее и смочите 1 %-ным раствором FeCl_3 . Хроматограмма покроется зелеными и синими пятнами. Вещества, входящие в состав таннина, взаимодействуют с хлоридом железа с образованием окрашенных соединений. Например, катехин дает с этой солью зеленое соединение, эпикатехингаллат — синее.

В. Прделайте несколько характерных реакций на чайный таннин. Растворите 0,5 г таннина в воде. Добавьте раствор хлорида железа (III). Он окрасится в зелено-черный цвет. Вы получили обыкновенные чернила. Такими чернилами, только приготовленными из дубовых орешков, писали в прошлом, а первым получил и исследовал эти вещества великий английский химик и физик Р. Бойль еще в XVII веке.

Растворите 0,3 г ванилина в 2 %-ном растворе соляной кислоты. Добавьте 0,1 г таннина. Появится малиново-красное окрашивание. Это одна из характерных реакций на катехины.

Растворите в 40 мл воды ляписный карандаш (можно взять 0,2 г нитрата серебра) и добавьте 1 г таннина. Выпадет осадок танната серебра бурого цвета.

Г. Для обнаружения в чае алкалоида кофеина измельчите в ступке 2 г черного чая и 2 г оксида магния. На фарфоровый тигель с полученной смесью поставьте фарфоровую чашку с холодной водой. Осторожно нагрейте тигель. Возгоняясь, кофеин осаждается на чашке в виде бесцветных кристаллов. Немного этих кристаллов по-

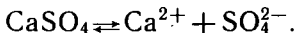
местите в фарфоровый тигель, добавьте 2 капли концентрированной азотной кислоты и упарьте досуха. При окислении кофеина образуется амалиновая кислота оранжевого цвета. Прибавьте к ней 15 капель концентрированного раствора аммиака. Образуется соль аммония пурпурного цвета. Это мурексид, с которым вы уже знакомы (см. опыт 61).

УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ НАУКА — ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Физическая химия — наука, которая устанавливает химические закономерности с помощью физических принципов. Приведем опыты, основанные на свойствах соединений, связанных со строением молекул, кристаллов и другими физическими и химическими особенностями.

67. Растворение нерастворимого

Абсолютно нерастворимых веществ нет (плохо растворимые соли в растворе тоже диссоциируют). В насыщенном растворе малорастворимой соли концентрация ионов, входящих в состав соединения, очень мала. Например, в насыщенном растворе сульфата кальция устанавливается равновесие между осадком и ионами:



При перемножении величин концентрации этих ионов получается величина, называемая произведением растворимости (ПР), которая используется для количественной оценки способности к растворению малорастворимой соли. Произведение растворимости для каждого малорастворимого вещества — постоянная при данной температуре величина. Если над осадком малорастворимой соли каким-то способом удастся уменьшить концентрацию ионов, то осадок начнет растворяться, чтобы сохранилось постоянное ПР. Этого можно достигнуть, превратив

малорастворимую соль в комплексное соединение или еще в менее растворимое вещество.

Сравните произведения растворимости некоторых малорастворимых соединений серебра (табл. 3).

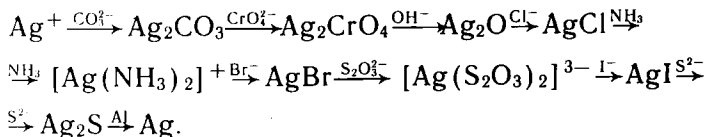
Таблица 3

Соединение серебра	ПР	Растворимость (моль/л)
Карбонат	$8,2 \cdot 10^{-12}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Хромат	$4 \cdot 10^{-12}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Гидроксид	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Хлорид	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Бромид	$6 \cdot 10^{-13}$	$7 \cdot 10^{-7}$
Иодид	$1,1 \cdot 10^{-16}$	$9 \cdot 10^{-9}$
Сульфид	$6 \cdot 10^{-50}$	$5 \cdot 10^{-17}$

Приготовьте слабый раствор нитрата серебра в 5 мл воды. Добавьте несколько капель раствора карбоната натрия. Выпадет желтоватый осадок карбоната серебра. Прилейте раствор хромата натрия. Карбонат серебра исчезнет, так как ионы серебра, находящиеся над этим соединением, связываются в менее растворимое соединение — хромат серебра темно-красного цвета. Промойте его несколько раз водой для удаления избыточных ионов CrO_4^{2-} и добавьте раствор гидроксида натрия. Красный осадок превратится в темно-коричневый — это оксид серебра, который образовался при отщеплении воды от неустойчивого гидроксида.

Превратите оксид серебра в хлорид, прилив немного раствора хлорида натрия. Можно хлорид перевести в бромид, добавив раствор бромида калия. Однако при этом изменения цвета почти не происходит. Переведите хлорид серебра в раствор. Для этого добавьте к промытому осадку раствор аммиака до полного растворения осадка, пока все ионы серебра не окажутся связанными в аммиачный комплекс $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ (не следует приливать избы-

ток аммиака, так как при этом снова может выпасть оксид серебра). Добавьте немного бромида калия, выпадет желтоватый осадок AgBr . Чтобы его растворить, добавьте в раствор немного тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Все серебро окажется в растворе в виде комплекса $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$. Теперь можно осадить желтый иодид серебра, добавив немного раствора иодида калия. Иодид серебра переведите в сульфид, прибавив раствор сульфида натрия. Эту соль невозможно растворить вышеприведенными методами. Из сульфида восстановить серебро до металла можно знакомым вам методом, используя металлический алюминий (см. опыт 49). Схема химических превращений:



Предлагаем самостоятельно провести аналогичные описанным превращения с соединениями свинца, учитывая произведения растворимости (табл. 4).

Таблица 4

Соль свинца	ПР
Сульфат	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Иодид	$8 \cdot 10^{-9}$
Оксалат	$3,5 \cdot 10^{-11}$
Хромат	$1,8 \cdot 10^{-14}$
Сульфид	10^{-27}

68. Гидратация солей

При растворении солей происходит взаимодействие ионов с водой. Это явление называется гидратацией. Уяснить особенности такого взаимодействия поможет следующий опыт.

Соберите прибор, состоящий из бюретки и пластмассовой палочки, закрепленных в штативе. Внизу штатива прикрепите линейку. Если пропускать через бюретку струю дистиллированной воды и близко поднести к ней заряженную палочку, то струя отклонится на определенное число делений на линейке. Возьмите раствор соли (например, NaCl). Отклонение струи будет значительно меньшим. Такие опыты можно провести и с растворами других солей.

Молекулы воды представляют собой диполи. При действии на струю дистиллированной воды электростатического поля палочки диполи с ним взаимодействуют, струя притягивается к палочке. В растворе хлорида натрия часть молекул воды гидратирует ионы Na^+ и Cl^- , поэтому количество свободных молекул воды, которые притягиваются электростатическим полем, меньше, и струя отклоняется на меньшее число делений.

69. Опыты по диссоциации солей

А. Соберите прибор, как показано на рисунке 11. Возьмите несколько простых карандашей, разрежьте их пополам и заострите с обоих концов. Вставьте их в съемный степсель и оберните грифели алюминиевой фольгой для лучшего контакта. Налейте воду в стакан и включите прибор. Лампочка не загорится. Добавляйте понемногу в воду хлорид натрия. Лампочка загорится и будет светить все ярче. В раствор вместе с солью поступают переносчики тока — ионы Na^+ и Cl^- , образующиеся при диссоциации NaCl .

Б. Соберите прибор, как показано на рисунке 12. В качестве электродов используйте проволочки, так как графитовые электроды будут гореть. В пробирку поместите немного твердого нитрата натрия. Включите прибор, не зажигая спиртовку. Лампочка не горит — твердый нитрат натрия ток не проводит. Нагрейте соль до плавления.

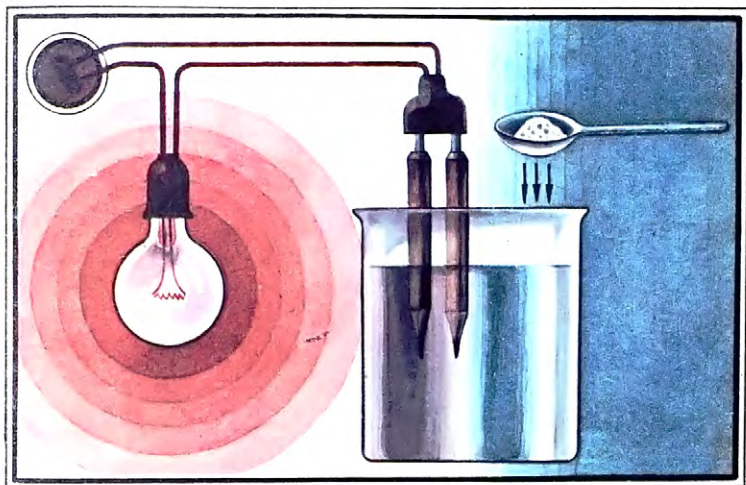


Рис. 11. Диссоциация раствора хлорида натрия

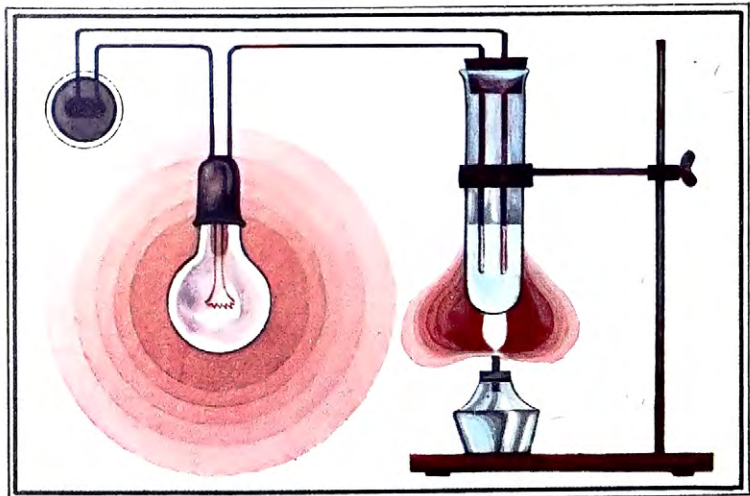


Рис. 12. Диссоциация расплава нитрата натрия

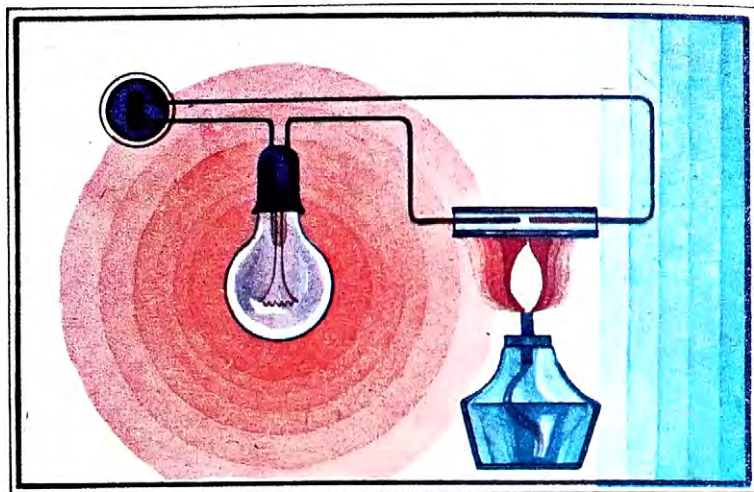


Рис. 13. Нагретое стекло — проводник электрического тока

Ионы соли, составляющие кристаллическую решетку, станут подвижными, и лампочка будет гореть, так как тепло, выделяемое при прохождении тока, поддерживает нитрат натрия в расплавленном состоянии.

В. Соберите прибор, как показано на рисунке 13. Трубочка, в которую вставлены электроды, должна быть тонкой. Расстояние между электродами — 2 мм. Нагрейте трубочку на спиртовке. Как только стекло размягчится, лампочка загорится. При нагревании стекло становится проводником тока. Это свойство используется при проведении опыта 54.

70. Хроматография

А. Возьмите стеклянную трубку длиной 20 см, диаметром 1 см. Нижний конец ее закройте ватным тампоном и насыпьте слой сорбента (обыкновенный крахмал) высо-

той 10 см. Приготовьте раствор хлорофилла (см. опыт 47, А). Налейте в трубку 2 мл этого раствора. Когда хлорофилл пропитает слой сорбента наполовину, пропустите через трубку 3—4 мл спирта. В этом слое появятся два кольца, окрашенные в разные цвета: нижнее — в желто-зеленый, верхнее — серо-зеленый. Это можно объяснить тем, что хлорофилл разделился на две модификации.

Б. Разболтайте в спирте крахмал, вылейте его на предметное стекло и высушите. На эту пластинку капните 1 каплю исследуемого вещества (можно взять чернила или настойку валерианы). Когда пятно высохнет, нанесите в середину 1 каплю спирта. Вы получите хроматограмму с разноцветными кольцами. В данном опыте можно использовать также фильтровальную бумагу.

В. Налейте в стакан спирт, опустите в него пластинку с ранее нанесенным крахмалом и каплей исследуемого вещества. Накройте стакан крышкой. Спирт будет подниматься по сорбенту и разделять смесь на составные части. На хроматограмме появятся разноцветные полосы.

Г. Оказывается обычный школьный мел можно использовать для хроматографии. Возьмите длинный кусок мела, на одной его стороне нанесите карандашом линейку, ставя метки через 2 мм. На расстоянии 1 см от конца мела нанесите полоску синим, а поверх — желтым фломастером. В результате смешения цветов получилась зеленая полоска. Поместите в небольшую коническую колбу кружок фильтровальной бумаги, налейте в колбу 4—5 мл смеси ацетона и воды (10:1). Вертикально опустите на дно колбы кусок мела, чтобы цветная полоска не касалась поверхности жидкости, и прикройте горло колбы фильтровальной бумагой. Приблизительно через час на куске мела образуются два кольца синего и желтого цвета — смесь хроматографически разделилась.

71. Опыты по адсорбции

А. В сухую колбу внесите 1 каплю ацетона или одеколona. Нагрейте ее до образования паров и опустите туда несколько кукурузных палочек. После встряхивания запах полностью исчезает.

Б. Заполните два цилиндра оксидом углерода (IV) из прибора для получения газов. В один цилиндр опустите несколько кукурузных палочек и встряхните его. В два стакана поместите небольшое количество раствора гидроксида кальция и «перелейте» в них оксид углерода (IV) из цилиндров. Раствор гидроксида кальция помутнеет в том стакане, где оказался CO_2 из цилиндра без палочек.

В. Проведите адсорбцию окрашенных газообразных веществ. Для этого заполните цилиндр хлором (под тягой!) и опустите в него кукурузные палочки. Желто-зеленая окраска хлора заметно ослабляется. Так же обесцвечиваются в подобном опыте оксид азота (IV) и пары брома.

72. О запахе

Запах обусловлен десятками различных соединений. И все же среди них есть основные, которые в первую очередь определяют его. Можно, например, узнать, какие вещества определяют запах селедки. Для этого предлагаем исследовать селедочный рассол.

К пробирке подберите пробку с отверстием и вставьте в него стеклянную трубку длиной 30 см. В этот прибор налейте немного селедочного рассола и такой же объем насыщенного раствора карбоната натрия до щелочной реакции среды. Закройте сосуд пробкой с трубкой и нагрейте смесь. Поднесите к трубке влажную индикаторную бумажку, она покажет щелочную среду. Поднесите к трубке палочку, смоченную соляной кислотой. Появится белый дым. Поднесите зажженную спичку — пары будут гореть бледным пламенем. Пропустите пары, выходящие из

трубки, через раствор хлорида железа (III), образуется осадок гидроксида железа (III).

Вещества, с которыми мы проводили эксперимент, имеют аминную природу. Примерно так вел бы себя аммиак, но он не горит на воздухе. Больше всего в рассоле диметиламина $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и триметиламина $(\text{CH}_3)_3\text{N}$.

73. Опыты по химической кинетике

Химическая кинетика — часть физической химии, которая изучает закономерности протекания химических реакций, влияние концентрации веществ, температуры и других причин на скорость реакции.

А. Налейте в пробирку 2 мл уксусной кислоты (80 %-ный раствор). Опустите в нее несколько кусочков цинка, предварительно очистив их в пробирке с соляной кислотой и промыв водой. Пузырьки водорода выделяются слабо. Добавьте немного воды — реакция пойдет быстрее.

С увеличением содержания воды возрастает степень диссоциации уксусной кислоты. Если добавить большое количество воды, то реакция замедлится. Быстрее всего цинк реагирует с 15 %-ной уксусной кислотой.

Б. Нанесите на стекло по 1 капле раствора карбоната натрия, воды и серной кислоты. Стеклой палочкой соедините растворы. Через некоторое время приблизительно посередине капли воды начнет выделяться углекислый газ.

Ионы, образующиеся при диссоциации карбоната натрия и кислоты, чтобы провзаимодействовать, должны встретиться. Они постоянно движутся, диффундируют в капле воды, и газ выделяется вдоль границы, разделяющей область диффузии соды и кислоты.

В. Приготовьте раствор сахара в воде, влейте его в малый стакан, воду — в большой. Соберите прибор, как показано на рисунке 14. Во втором приборе раствор и воду поменяйте местами. На малые стаканы привяжите сверху

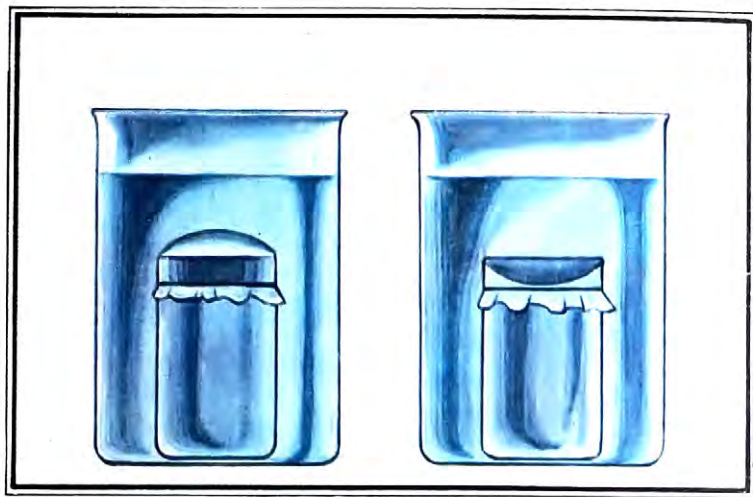


Рис. 14. Диффузия молекул воды через полупроницаемую пленку

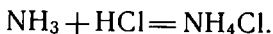
целлофановую пленку, предварительно смоченную в воде. Через некоторое время в первом приборе пленка выгнется, а во втором — вогнется внутрь.

Опыт демонстрирует природный важный процесс, происходящий в живых клетках растений и животных, — осмос. В первом приборе концентрация молекул воды в малом стакане меньше, чем в большом, поэтому эти молекулы диффундируют из большого стакана через полупроницаемую целлофановую пленку. Объем раствора в малом стакане возрастает. Во втором приборе протекает обратная диффузия. Это явление впервые заметил и описал еще в середине прошлого века химик Т. Грем.

Г. Для демонстрации закономерности диффузии газов возьмите стеклянную трубку длиной 60 см и диаметром 1 см. Оба конца закройте ватками, смоченными растворами соляной кислоты и аммиака. Через некоторое время

вблизи ватки, смоченной соляной кислотой, возникнет белое кольцо.

Молекулы аммиака меньше молекул хлороводорода, поэтому они быстрее диффундируют через воздух и реакция идет вблизи ватки, смоченной соляной кислотой:



Д. На скорость протекания химической реакции большое влияние оказывает величина поверхности реагирующих веществ. Разотрите мел в ступке. В таком виде он гораздо быстрее растворится в соляной кислоте.

В опыте 32 вы видели, что пиррофорные металлы гораздо быстрее окисляются кислородом воздуха, чем металлы в виде больших кусков, имеющих меньшую поверхность. В этом легко убедиться, проделав опыт. В три пробирки с одинаковыми навесками медной пленки (см. опыт 20, Д), порошка, приготовленного из проволоки с помощью напильника, и проволоки меди налейте равные объемы азотной кислоты одинаковой концентрации. В первой пробирке наблюдается значительно большая скорость реакции, о чем можно судить по быстрому исчезновению пленки. Это связано с тем, что величина поверхности пленки больше, чем у порошка и проволоки меди.

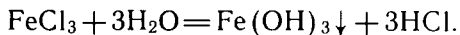
Е. Для выяснения особенностей взаимодействия двух твердых веществ разотрите в ступке таблетку фенолфталеина и добавьте несколько гранул твердой щелочи. Если смесь сухая, реакция не происходит. Разотрите смесь пестиком, при этом она окрасится в малиновый цвет. Добавьте в ступку воды — появится интенсивная окраска.

Скорость различных реакций между твердыми веществами не одинакова. В этом можно убедиться на опыте. Засыпьте роданид аммония и сульфат кобальта (II) в пробирку слоями. Через несколько минут между слоями реагентов появляется тонкая синяя полоска продукта реакции — роданида кобальта. Если для опыта взять иодид калия и ацетат свинца (II), желтая полоска иодида свинца (II) появится через несколько дней.

Ж. Влияние температуры на скорость химической реакции можно наблюдать на следующем опыте. В три пробирки с осажденной пленкой меди примерно одинаковой массы налейте 1-молярный раствор азотной кислоты, нагретый до 40, 60 и 80 °С. Чем выше температура кислоты, тем быстрее протекает реакция растворения меди.

74. Опыты с коллоидными растворами

Для проведения опытов приготовьте коллоидный раствор канифоли. Для этого к 1 мл спиртового раствора канифоли добавьте при перемешивании 80 мл воды. Можно приготовить коллоидный раствор гидроксида железа: 3 мл 2 %-ного раствора хлорида железа (III) влейте в 100 мл кипящей воды. Хлорид железа (III), как соль слабого основания и сильной кислоты, при высокой температуре полностью гидролизуеться с образованием мелких частиц гидроксида:



А. Размеры коллоидных частиц $10^{-5} - 10^{-7}$ см. Луч света, проходя через коллоид, становится видимым. Это явление называется эффектом Тиндаля. Для его наблюдения сделайте из картона коробку без дна с двумя различными по величине отверстиями. Поставьте в нее стакан с приготовленным ранее коллоидным раствором. Осветите мощной лампой или солнечным светом через маленькое отверстие. Через большое отверстие видна световая дорожка в стакане. Истинные растворы света не рассеивают. Луч, который проходит через них, не виден, так как размеры молекул растворенных веществ гораздо меньше длины волны света.

Б. Коллоидные частицы имеют заряд, поэтому они могут двигаться в электрическом поле. Достигая электрода, частицы теряют заряд и слипаются — коллоидный раствор коагулирует. Такое движение заряженных частиц

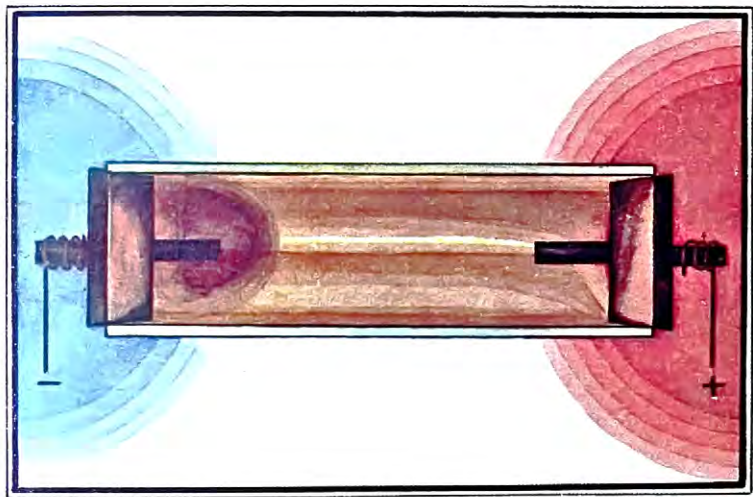


Рис. 15. Электрофорез коллоидного раствора гидроксида железа (III)

называется электрофорезом. Лучше проводить электрофорез в U-образной трубке, но можно и в прямой, как показано на рисунке 15. В качестве электродов возьмите грифели от карандаша, в качестве источника тока используйте батарейку от карманного фонарика. При электрофорезе коллоидного раствора гидроксида железа (III) у катода появляется осадок. Таким же образом можно выделить золото из коллоидного раствора, полученного в опыте 59, Б, после чего снова его использовать.

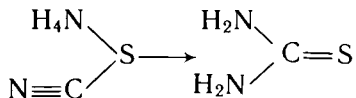
В. Табачный дым представляет собой коллоидный раствор твердых частиц в воздухе — аэрозоль. Если колбу, наполненную дымом, поместить в коробку (ту же, что использовалась в опыте А) и осветить, то ясно видна световая дорожка.

Г. Приготовьте смесь из 100 мл 5 %-ного раствора

желатина, 2 мл 5 %-ного раствора дихромата калия и 1 мл 5 %-ного раствора лимонной кислоты. 10 мл этой смеси налейте в горячем виде на стекло. Когда она застынет, на середину поместите 1 каплю 25 %-ного раствора нитрата серебра и оставьте в темном месте на несколько дней. На пластинке образуются концентрические кольца дихромата серебра. Предлагаем вам провести маленькое исследование, изменяя, например, концентрацию растворов и измеряя, как это влияет на расстояние между кольцами и их толщину.

75. Сульфид свинца — полупроводник

Сульфид свинца, полученный в опытах 9 и 15, после сушки не проводит электрического тока и ведет себя как типичный изолятор. Но это вещество можно получить и другим методом. Налейте в стакан 15 мл 0,4-молярного раствора тиомочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ и 0,2-молярного раствора ацетата свинца (II). Поставьте в стакан вертикально чистую стеклянную пластинку, добавьте концентрированного раствора щелочи и слегка нагрейте при перемешивании. Через 10 мин извлеките пластинку, покрытую черной пленкой сульфида свинца, промойте ее водой и высушите. Если нет готовой тиомочевины, то ее можно приготовить из роданида аммония. Поместите 1 г NH_4SCN в пробирку и нагрейте ее до 180°C . В результате реакции изомеризации



получается тиомочевина. Тиомочевина образует комплексное соединение с ацетатом свинца, которое разрушается щелочью. Из продуктов разложения образуется сульфид свинца.

Если опыт проведен хорошо, то поверхность становится

зеркальной. Закрепите полученную пластинку между двумя контактами и пропустите ток. Он пойдет также, как и через металлическую пластинку, только сопротивление будет выше. Осветите пластинку с близкого расстояния электрической лампочкой — сопротивление пленки уменьшится. Это вещество — полупроводник.

Многие вещества в кристаллическом состоянии не имеют постоянного состава. Это оксиды металлов, сульфиды, карбиды, нитриды и другие. Большинство этих веществ — полупроводники. Сульфид свинца — также нестехиометрическое соединение. В реальном кристалле на один атом свинца приходится от 0,9995 до 1,0005 атома серы. В кристалле очень много атомов (их число можно вычислить по закону Авогадро), и различие в стехиометрии оказывается существенным. Чем меньше в кристалле атомов серы, тем больше свободных электронов — носителей тока, тем выше проводимость.

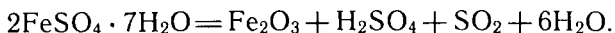
Состав нестехиометрических соединений можно регулировать. Если нагреть вместе с сульфидом свинца металлический свинец до высокой температуры, сульфид будет поглощать пары свинца и электропроводность его увеличится в тысячу раз. Сульфид свинца обладает высокой чувствительностью к свету, и под действием световой энергии в кристаллической решетке этого соединения возрастает концентрация носителей тока.

76. Минеральные краски

Предлагаем приготовить краски-пигменты восьми цветов: красного, коричневого, оранжевого, желтого, зеленого, синего, черного, белого (многие из этих веществ вы уже получали в предыдущих опытах).

А. У краски на основе оксида железа (III) много названий в зависимости от оттенка — сурик, охра, мумия и другие. Это вещество можно получить из сульфата железа (II) (железного купороса). Прокаливайте его до

тех пор, пока зеленый сульфат не почернеет. Происходит реакция:



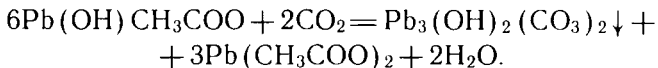
При охлаждении получится красный оксид железа (III).

Б. Гидроксид железа (III) — пигмент коричневого цвета. Добавьте раствор гидроксида натрия к раствору сульфата железа (II). При этом выпадает гидроксид железа (II), который кислородом воздуха окисляется до гидроксида железа (III). Осадок коричневого цвета высушите при комнатной температуре.

В. Берлинская лазурь входит в состав синих карандашей. Для ее приготовления к соли трехвалентного железа прилейте раствор гексацианоферрата (II) калия. Для получения турнбулевой сини (имеет такой же состав, как и берлинская лазурь) к соли двухвалентного железа добавьте раствор гексацианоферрата (III) калия. Осадок просушите.

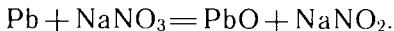
Г. Сажу можно получить, направив пламя парафиновой свечи на холодный предмет. При этом образуется черный налет — сажа.

Д. Свинцовые белила — это гидроксокарбонат свинца. Растворите в воде моногидроксиацетат свинца (II) (свинцовую примочку) и приготовьте 20 %-ный раствор. Через него пропустите оксид углерода (IV). Происходит реакция:



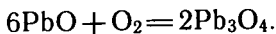
Белый осадок отфильтруйте, промойте и высушите. Помните, что красками, содержащими свинец, нельзя красить предметы, имеющие отношение к пище.

Е. Для получения оксида свинца (II) смешайте порошок свинца с нитратом натрия и нагревайте до тех пор, пока не образуется достаточное количество оксида свинца (II). Уравнение реакции:



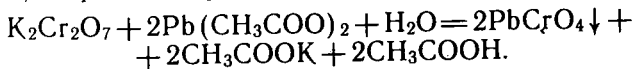
После охлаждения нитрат и нитрит растворите в воде. Свинец легко отделить от оксида взмучиванием в воде. Суспензию оксида свинца (II) можно слить с порошка свинца. Применяется PbO для изготовления глазурей и олиф.

Ж. Свинцовый сурик — пигмент ярко-красного цвета. Получите его, нагревая на воздухе оксид свинца (II). Происходит реакция:



При 500 °С сурик разлагается на исходные вещества.

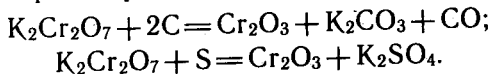
З. Хромат свинца (II) — вещество ярко-оранжевого цвета. Слейте растворы дихромата калия и ацетата свинца (II). Протекает реакция:



Отфильтруйте, промойте и высушите осадок.

И. Нагрейте до кипения взвесь свежеприготовленного хромата свинца (II) в воде и прибавьте взвесь гидроксида свинца (II), которую можно получить, прилив немного щелочи, избегая избытка, к раствору ацетата свинца (II). После охлаждения смесь отфильтруйте, промойте и высушите. Получился порошок ярко-красного цвета $\text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CrO}_4$ — дигидроксохромат свинца (II). Изменяя количество гидроксида свинца, можно получить различные оттенки — от красного до оранжевого.

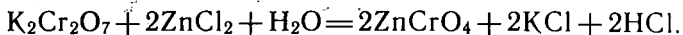
К. Получите оксид хрома, нагревая дихромат калия с углем и серой. При этом происходят реакции:



Мелкораздробленные вещества берите в небольших количествах, так как реакция протекает бурно. После охлаждения промойте продукт реакции несколько раз водой и отфильтруйте темно-зеленый оксид хрома (III).

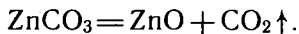
Л. Сплавьте дихромат калия с борной кислотой. Нагревание лучше всего вести в железном тигле до красного каления железа. После охлаждения промойте расплав водой. Образуется зеленый гидроксид хрома (III) $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

М. Слейте растворы дихромата калия и хлорида цинка. Происходит реакция:

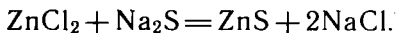


Образуется цинковый крон — вещество ярко-желтого цвета. Его состав $3\text{ZnCrO}_4 \cdot \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Н. Из раствора хлорида цинка приготовьте карбонат, прибавив раствор карбоната натрия. Отфильтруйте соединение, промойте и прокалите при температуре выше 280°C . При этом образуется белый порошок оксида цинка:



О. К раствору сульфида натрия порциями добавляйте раствор хлорида цинка. При этом образуется сульфид цинка:



Профильтруйте и высушите образовавшийся осадок. Это единственный сульфид белого цвета.

П. Ярь-медянка — это гидроксиацетат меди. Приготовьте сначала гидроксикарбонат меди, для чего прибавьте к раствору сульфата меди раствор карбоната натрия. Отфильтруйте выпавший осадок и по каплям добавьте к нему 80 %-ный раствор уксусной кислоты до полного растворения. Раствор упарьте досуха в фарфоровой чашке (опыт проводите под тягой!). Выпавшие кристаллы пигмента (цвет от голубого до зеленого) просушите между листами фильтровальной бумаги.

Из минеральных красок-пигментов можно приготовить настоящие краски. Высушите пигмент, тщательно разотрите и просейте (опасайтесь попадания мелкой пыли

минеральных пигментов в легкие!). К мелкому порошку добавьте олифу при растирании до образования густой массы. Долейте олифу до обычной консистенции. Чтобы краска была непрозрачной, добавьте белый пигмент. Проводя опыт, нужно учитывать, что окраска веществ зависит от примесей и условий получения. В этом легко убедиться, изменяя эти условия.

77. Необычная жидкость

Магнитные материалы широко применяются в технике, достаточно вспомнить о магнитофонных лентах, в которых основной частью является оксид железа (III) (в опыте 24 показаны магнитные свойства этого оксида). Не так давно ученые и инженеры изобрели новое, очень интересное применение твердых магнитных веществ — в магнитных жидкостях. Такую жидкость не очень сложно приготовить самостоятельно.

Опыт состоит из двух частей. Сначала добавьте 11,6 г хлорида железа $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и 9,8 г соли Мора $\text{FeSO}_4 \times (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ к 150 мл воды. Полученный раствор при перемешивании по каплям прибавляйте под тягой к 300 мл 25 %-ного раствора аммиака. Образовавшийся магнетит Fe_3O_4 отфильтруйте на воронке Бюхнера и промойте большим количеством воды. Далее приготовьте раствор 4 г натертого на терке хозяйственного мыла в 20 мл воды, добавьте 5 г приготовленного ранее магнетита и перемешайте при нагревании до 80°C на механической мешалке 2,5 часа. Образуется черный вязкий раствор — магнитная жидкость, которая притягивается к магниту. Благодаря своим интересным свойствам такие жидкости находят сейчас широкое применение в технике.

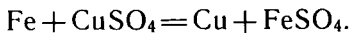
78. Выращивание кристаллов

А. Интересен метод получения кристаллов с использованием белого студенистого осадка кремниевой кислоты — геля. Возьмите силикат натрия (силикатный клей) и добавьте при перемешивании к равному объему 1-молярной соляной кислоты. В образовавшийся гель кремниевой кислоты добавьте 1-молярный раствор винной кислоты в воде. Налейте полученный гель в пробирку до половины ее объема и сверху медленно по каплям прилейте 1-молярный раствор хлорида кальция так, чтобы образовались два слоя — внизу гель, а сверху раствор хлорида кальция. Через несколько дней в геле образуются довольно крупные (до 1 см) кристаллы тартрата кальция.

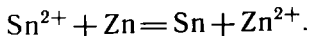
Этот способ выращивания кристаллов основан на медленной диффузии одного из компонентов (в нашем случае хлорида кальция) в геле. Рост кристаллов тартрата кальция происходит медленно. При большой скорости роста обычно получают кристаллы с большим количеством дефектов. Небольшое исследование по влиянию условий выращивания на прозрачность и огранку кристаллов можно провести, если использовать растворы винной кислоты и хлорида кальция различных концентраций.

Б. Поместите на дно стакана кристаллы сульфата меди, засыпьте их слоем хлорида натрия и накройте фильтровальной бумагой, вырезанной точно по диаметру стакана. На бумагу поместите кружок жести меньшего диаметра, предварительно зачистив его наждачной шкуркой. Залейте в стакан насыщенный раствор хлорида натрия на несколько сантиметров выше железного кружка. Через несколько дней на железе начинают образовываться блестящие кристаллы меди. Таким способом можно вырастить дендриты меди (снежинки и морозные узоры на стекле — это также дендриты). Хранить полученные кристаллы можно в разбавленном растворе серной кисло-

ты (почему не в концентрированном?), без доступа воздуха, предварительно промыв их водой. Уравнение реакции получения меди:



В. Похожим способом можно получить кристаллы олова. Вставьте в пробирку картонный кружок, через который пропустите медную проволоку. Верхний конец проволоки присоедините к кольцу из цинка (его можно приготовить, разрезав цинковый стакан из батарейки для карманного фонарика) и часть проволоки от кружка до кольца изолируйте водостойким клеем, например, типа «Феникс». Нижняя часть проволоки должна доходить почти до дна пробирки. В нижнюю часть пробирки налейте насыщенный раствор хлорида олова SnCl_2 , в верхнюю насыщенный раствор NaCl . Довольно быстро на картонной перегородке появятся красивые кристаллы олова:



79. Еще о кристаллизации

При нагревании растворимость многих солей увеличивается. Если приготовить насыщенный раствор такой соли в воде, а затем охладить его, то часть солей выпадет в осадок, причем в нем будет меньше примесей, чем в растворе. Однако обычный хлорид натрия — исключение из этого правила. Его растворимость в воде почти не изменяется с увеличением температуры. Поэтому соль трудно перекристаллизовать обычным способом.

Приготовьте в стакане при комнатной температуре насыщенный раствор хлорида натрия. Отфильтруйте раствор и перелейте в другой стакан, охлаждая в течение всего опыта льдом (опыт проводите под тягой!). Соберите прибор, как показано на рисунке 16. Из прибора для

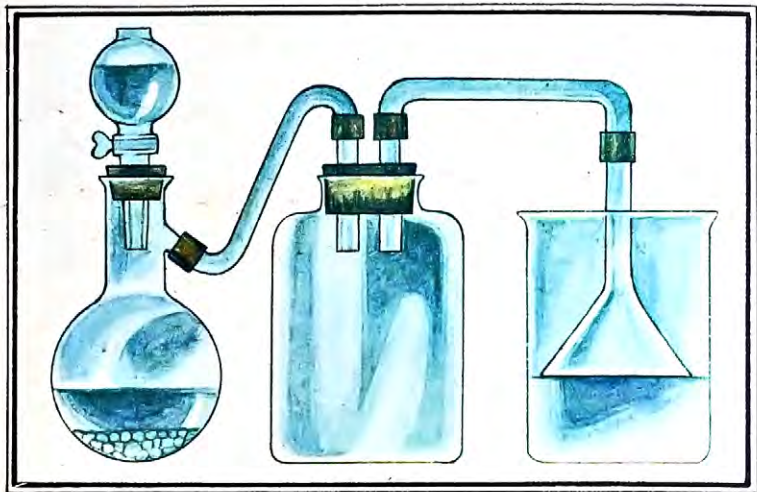
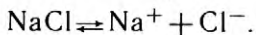


Рис. 16. Получение кристаллов хлорида натрия

получения газов введите в охлажденный раствор соли хлороводород. Через несколько минут на стенках стакана появятся кристаллики хлорида натрия. По мере пропускания газа они будут расти.

Уравнение диссоциации хлорида натрия:

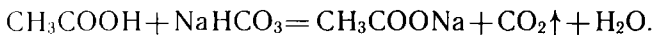


Чтобы получить кристаллы хлорида натрия, надо уменьшить его растворимость. Исходя из принципа Ле-Шателье, в раствор для уменьшения растворимости хлорида натрия надо добавить какой-нибудь одноименный ион (Na^+ или Cl^-). Ввести одноименный ион можно только с таким веществом, которое не вызовет загрязнения. Таким соединением и является хлороводород, диссоциирующий в воде на ионы H^+ и Cl^- . Равновесие реакции сдвигается влево, выпадает чистый хлорид натрия.

80. Необычная кристаллизация

Проведите опыт с ацетатом натрия $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. При нагревании до 58°C эта соль плавится и превращается в жидкость, а при охлаждении до комнатной температуры не кристаллизуется, а остается жидкой.

Чтобы получить ацетат натрия, добавьте к 400 мл 20 %-ного раствора уксусной кислоты порциями 110 г гидрокарбоната натрия:



После нейтрализации нужно выпарить избыток воды в фарфоровой чашке. Выпаривание на водяной бане продолжайте до тех пор, пока объем раствора не станет равным 175 мл. Горячую жидкость перелейте в стакан и закройте его стеклом от попадания пыли. Когда жидкость остынет до комнатной температуры, стряхните в стакан крупинку соли — жидкость сразу же закристаллизуется. При этом происходит разогрев стакана, так как выделяется теплота кристаллизации.

81. Реакции при охлаждении

Эти опыты можно провести, используя морозильную камеру большого холодильника или зимой в морозную погоду.

А. Приготовьте концентрированный раствор медного купороса в воде. Профильтруйте его и дайте отстояться сутки. Потом перелейте раствор в две пробирки. Одну пробирку оставьте в комнате, а другую вынесите на мороз, чтобы ее температура оказалась немного ниже 0°C . Теперь опустите в каждую пробирку железный гвоздь, зачищенный наждачной бумагой. Через несколько минут гвоздь в комнате станет темно-красным, а на морозе на поверхности гвоздя появится тонкое медное покрытие.

Раствор на морозе останется прозрачным, а в комнате помутнеет и изменит цвет.

В пробирках идут несколько реакций. Вместе с восстановлением меди идет взаимодействие железа с водой и примесями. На морозе побочные реакции идут медленнее, а восстановление меди тормозится сильнее, поэтому ее на морозе меньше, но она чище. Изменяется также размер кристаллов меди, что также влияет на цвет покрытия. Цвет раствора на морозе почти не меняется, так как концентрация гидратированных ионов меди мало уменьшается, а гидратированных ионов железа образуется немного.

Б. В узком сосуде хорошо разболтайте с водой порошок мела. Дайте ему отстояться, потом разлейте мутную смесь в две пробирки и одну оставьте в комнате, а другую выставьте на мороз. Когда она замерзнет, внесите пробирку в комнату и дайте оттаять. В ней окажется прозрачная жидкость. В пробирке, находившейся в комнате, останется мутная смесь. Такой же результат получится, если выставить на холод эмульсию из воды и керосина или подсолнечного масла.

При замерзании молекулы воды стремятся расположиться упорядоченно для образования кристаллической решетки льда, для этого им необходимо освободиться от посторонних включений (поэтому морской лед всегда пресный). Мелкие примесные частички собираются при замерзании смеси, слипаются и укрупняются, а после размораживания оседают на дно.

ГДЕ ВЗЯТЬ РЕАКТИВЫ?

В специальных магазинах «Химреактивы» школьные химические лаборатории могут по безналичному расчету приобретать необходимые вещества. В продаже есть наборы «Юный химик». Можно также использовать вещества, которые имеются в обычных магазинах: хозяй-

ственных, продовольственных, магазинах фототоваров, аптеках. Аптечные реактивы более чистые, чем вещества, которые продаются в хозяйственных магазинах. В таблице 5 приводим перечень таких веществ.

Таблица 5

Хозяйственные, продовольственные, фотомагазины

Название вещества	Формула	Торговое название, состав
Карбонат натрия	Na_2CO_3	Сода кальцинированная
Хлороводородная кислота	HCl	Соляная кислота (27 %-ный водный раствор)
Силикат натрия (жидкое стекло)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$	Клей конторский силикатный
Сульфат меди	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Медный купорос
Карбонат кальция	CaCO_3	Мел
Сульфат кальция	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Гипс
Нитрат аммония	NH_4NO_3	Селитра аммиачная
Раствор аммиака	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Аммиачная вода (22—25 %-ный раствор аммиака)
Карбамид	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	Мочевина
Нафталин	C_{10}H_8	Нафталин
Сера	S_n	Сера
Парафин	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	Парафин
Гидрокарбонат натрия	NaHCO_3	Сода питьевая
Хлорид натрия	NaCl	Соль поваренная (соль «Экстра» содержит 99,2 % NaCl)
Лимонная кислота	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COOH})_3$	Лимонная кислота
Уксусная кислота	CH_3COOH	Уксусная эссенция (80 %-ный раствор)
Сахароза	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	Сахар рафинированный
Раствор этилового спирта	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Водка (40 %-ный раствор)
Бромид калия	KBr	Бромид калия
Тиосульфат натрия	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Тиосульфат натрия
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Горькая соль
Ацетилсалициловая кислота	$\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OCOCH}_3$	Ацетилсалициловая кислота

Название вещества	Формула	Торговое название, состав
Уголь активированный	C	Карбонен
Ацетат свинца	$Pb(CH_3COO)_2 \times 3H_2O$	Свинцовая примочка
Сульфат натрия	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	Глауберова соль
Глицерин	$HOCH_2CH(OH)CH_2OH$	Глицерин
Хлорид кальция	$CaCl_2$	Хлорид кальция
Глюкоза	$C_6H_{12}O_6$	Глюкоза
Гидроперит	$H_2O_2 \cdot (NH_2)_2CO$	Гидроперит (комплекс мочевины и пероксида водорода)
Перманганат калия	$KMnO_4$	Перманганат калия
Борная кислота	H_3BO_3	Борная кислота
Нитрат серебра	$AgNO_3 \cdot KNO_3$	Ляпис
Иод	$I_2 \cdot KI$	Иод
Фенол	C_6H_5OH	Карболовая кислота

ЧТО ЧИТАТЬ

Для более глубокого и детального ознакомления с теоретической стороной явлений, описанных в опытах, рекомендуется обратиться к учебным и научно-популярным книгам, а также статьям в журналах. Часть опытов, изложенных в книге, основана на статьях Н. Паравяна, В. Скобелева, И. Леенсона, Ю. Владимирова, Г. Койдана, Н. Гриневой, Н. Бонина в журнале «Химия и жизнь».

По общим вопросам химии рекомендуем следующие книги:

1. Азимов А. Мир азота.— М., 1981.— 158 с.
2. Астафуров В. И., Бусев А. И. Строение вещества.— М., 1983.— 160 с.
3. Биографии великих химиков.— М., 1981.— 388 с.
4. Верховский В. Н., Смирнов А. Д. Техника химического эксперимента.— М., 1975.— 384 с.
5. Гроссе З., Вайсмантель Х. Химия для любознательных.— М., 1985.— 336 с.
6. Зоммер К. Аккумулятор знаний по химии.— М., 1984.— 295 с.
7. Книга для чтения по неорганической химии.— М., 1983.— 318 с.
8. Книга для чтения по органической химии.— М., 1985.— 256 с.

9. Конарев Б. И. Любознательным о химии: Неорганическая химия.— М., 1984.— 224 с.
10. Манолов К., Лазаров Д., Лилев И. У химии свои законы.— М., 1977.— 379 с.
11. Манолов К. Великие химики: В 2 т.— М., 1985.— Т. 1.— 468 с.; Т. 2.— 438 с.
12. Петрянов И. В., Трифонов Д. И. Великий закон.— М., 1984.— 128 с.
13. Пиментел Г., Спратли Г. Как квантовая механика объясняет химическую связь.— М., 1973.— 331 с.
14. Полищук В. Р. Как разглядеть молекулу.— М., 1979.— 383 с.
15. Популярная библиотека химических элементов: В 2 т.— М., 1983.— Т. 1.— 575 с.; Т. 2.— 572 с.
16. Рачинский Ф. Ю., Рачинская М. Ф. Техника лабораторных работ.— Л., 1982.— 431 с.
17. Трифонов Д. Н., Трифонов В. Д. Как были открыты химические элементы.— М., 1980.— 224 с.
18. Энциклопедический словарь юного химика.— М., 1982.— 368 с.
19. Энциклопедия школьника: Неорганическая химия.— М., 1975.— 339 с.

Для более подробного знакомства с вопросами техники безопасности при работе в химической лаборатории следует обратиться к книге А. С. Семенова «Охрана труда при обучении химии» (М., 1986. 160 с.), а также к соответствующим разделам книг 4 и 5. О способах приобретения химических реактивов можно прочесть в журнале «Химия и жизнь» (1975. № 9. С. 83).

К опытам 1—3 можно рекомендовать книги 8, 18, 19. Часть материала опытов 4, 5, 7, 15—17 вы найдете в книге А. Х. Баталина, Л. Е. Олифсона «Юным химикам» (Челябинск, 1970. 238 с.). Часть опыта 11 основана на материале статьи М. Данилова в журнале «Химия и жизнь» (1976. № 5. С. 93).

К окислительно-восстановительным опытам 12—23 рекомендуем книгу Г. П. Хомченко, К. И. Севостьяновой «Окислительно-восстановительные реакции» (М., 1980. 144 с.). В книге тех же авторов «Практические работы по неорганической химии с применением полимикрометода» (М., 1976. 223 с.) можно найти дополнительный материал к опытам 74, 75, 79, а также другие интересные методики. Опыт 18 основан на статье И. Костыря в журнале «Химия и жизнь» (1974. № 9. С. 100).

В опыте 16 на примере озона вы познакомились с явлением аллотропии, о котором можно прочесть в книге У. Эддисона «Аллотропия химических элементов» (М., 1966. 207 с.). Некоторые подробности проведения опыта 17, А сообщены в статье В. Николаева в журнале «Химия в школе» (1966. № 5. С. 65). Для более глубокого понимания явлений, описанных в опытах 1, 17, 48, 56, 76, будет полезна книга Г. Н. Фадеева

«Химия и цвет» (М., 1983. 160 с.). Опыт 21, Б основан на статье И. Ильина в журнале «Химия и жизнь» (1980. № 6. С. 63). К опытам 24—33 можно рекомендовать книги 8 и 19. Часть сведений для опыта 33 взята из статьи Ю. Булавина в журнале «Химия и жизнь» (1975. № 11. С. 55). К этому опыту будет полезна книга А. Красовского «Стекло — материал будущего» (М., 1980. 71 с.). Полезными к опытам 34—37 будут книги Л. А. Николаева «Катализ в природе и промышленности» (М., 1976. 127 с.), В. А. Афанасьева, Г. Е. Заикова «В мире катализа» (М., 1977. 107 с.), Ф. Ф. Волькенштейна «Полупроводники как катализаторы химических реакций» (М., 1974. 63 с.). Последняя книга может быть рекомендована также к опыту 75. Некоторые сведения для каталитических опытов изложены в журнале «Химия и жизнь» (1969. № 2. С. 79; 1975. № 1. С. 92; 1979. № 7. С. 69; 1979. № 10. С. 69). К опыту 37 будет полезна книга Д. Н. Трифонова «Цена истины» (М., 1977. 128 с.).

К фотохимическим опытам 38, 39 будут полезны книги Ю. И. Журбы, М. В. Шпольского «Фотографическая химия и материаловедение» (М., 1981. 136 с.) и Б. В. Пальчевского «Фотография» (Минск, 1985. 254 с.). К опыту 41 рекомендуется книга Н. Н. Семенова «Развитие теории целных реакций и теплового воспламенения» (М., 1969. 95 с.); к опыту 42, Б, в котором описываются превращения изомерных веществ, книги Ю. А. Пентина «Вращательная изомерия молекул» (М., 1969. 64 с.) и В. И. Соколова «Новое в стереохимии» (М., 1975. 60 с.). Для более подробного знакомства с фотосинтезом, описанным в опыте 44, можно рекомендовать книгу Ю. Г. Чиркова «Фотосинтез: два века спустя» (М., 1981. 191 с.). Разобраться в особенностях явлений, продемонстрированных в опытах 45—47, помогут книги С. И. Вавилова «Глаз и солнце. О свете» (М., 1981. 126 с.), В. Л. Левшина, Л. В. Левшина «Люминесценция и ее применение» (М., 1972. 183 с.). Часть сведений из опытов 38, В и 46 изложена в журнале «Химия и жизнь» (1979. № 11. С. 90; 1974. № 11. С. 104).

К электрохимическим опытам будут полезны книги М. Я. Фиошина, В. В. Павлова «Электролиз в неорганической химии» (М., 1976. 105 с.) и Т. Эрден-Грюза «Химические источники энергии» (М., 1974. 304 с.). Материал этих опытов изложен на основе специальной литературы, а также статей в журнале «Химия и жизнь» (1975. № 11. С. 96; 1973. № 6. С. 83; 1975. № 7. С. 97; 1976. № 6. С. 83). К опытам 56—60 будет полезной книга Ю. А. Макашевой, В. М. Замяткиной «Соединения в квадратных скобках» (Л., 1976. 215 с.). Часть данных из опытов 58, 59 сообщена в журнале «Химия и жизнь» (1975. № 2. С. 97; 1972. № 8. С. 91). Со свойствами клатратных соединений, а также других необычных веществ, можно познакомиться в книгах В. Г. Костяновского «Катенаны и клатраты» (М., 1966. 32 с.) и И. Н. Семенова, К. Г. Овчинникова «Неожиданные неорганические соединения» (Л., 1972. 105 с.). К опыту 59 будет полезна книга С. В. Потемкина «Благородный 79-й: очерк о золоте» (М., 1978. 135 с.). К опытам 67—81

рекомендуются книги Ж. Фичини, Н. Ламбозо-Бадера, Ж. Дезе «Основы физической химии» (М., 1972. 151 с.), Н. Н. Семенова «Химическая физика» (М., 1978. 63 с.). Опыт 67 основан на статье в журнале «Химия и жизнь» (1976. № 3. С. 90). К опыту 70 будет полезна книга К. И. Сакодынского, Б. И. Орехова «Хроматография в науке и технике» (М., 1982. 64 с.). При описании опытов 71 и 72 использованы статьи из журнала «Химия и жизнь» (1974. № 10. С. 104; 1976. № 5. С. 90). Книги Н. Уэйта «Химическая кинетика» (М., 1974. 80 с.) и Я. Е. Гегузина «Живой кристалл» (М., 1984. 192 с.) будут полезны читателям, которые захотят более подробно познакомиться с явлениями, лежащими в основе опыта 73. К опытам 74, 75 рекомендуем книги А. А. Трапезникова «Коллоидная наука и ее значение для практики» (М., 1974. 56 с.) и И. И. Дзюбина «Путешествие в страну лилипутов» (М., 1975. 159 с.). К опыту 76, а также к опыту 48 рекомендуем книгу В. В. Чеботаревского «Лаки и краски. Что это такое?» (М., 1983. 187 с.). К опытам 24, 77 будет полезна книга Э. Т. Брука, В. Е. Фертмана «Еж» в стакане» (Минск, 1983. 253 с.).

Большое количество методик выращивания кристаллов, а также особенности процесса кристаллизации можно найти в книгах А. Е. Ферсмана «Занимательная минералогия» (М.—Л., 1975. 238 с.), Р. В. Богданова «От молекулы к кристаллу» (Л., 1972. 129 с.), М. П. Шаскольской «Кристаллы» (М., 1985. 208 с.). Часть материала для опытов 78, 80 взята из книг Г. Гениша «Выращивание кристаллов в гелях» (М., 1973. 112 с.) и В. В. Рюмина «Занимательная химия» (М., 1936. 177 с.).

Опыты 10, 25, 39, 77 описаны по результатам работ, выполненных сотрудниками кафедры неорганической химии Белгосуниверситета им. В. И. Ленина под руководством профессора В. В. Свиридова. Опыт 81 основан на статье П. М. Канаева в журнале «Химия и жизнь» (1981. № 12 С. 84).

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
Прежде всего — безопасность	5
Получение газов	—
Начнем с простого	8
Где окислитель, там и восстановитель	18
Осторожно, не обожгитесь!	31
Опыты по катализу	42
Фотография и другие интересные вещи	47
Чудесные свойства электрического тока	57
Опыты с комплексными соединениями	69
Немного органики	76
Увлекательная наука — физическая химия	83
Где взять реактивы?	106
Что читать	108

Юрий Григорьевич Орлик

ХИМИЧЕСКИЙ КАЛЕЙДОСКОП

Книга для учащихся

Редактор *Л. В. Гринкевич*. Обложка художника *Р. Р. Сергеева*.
Иллюстрации *Е. И. Жилина*. Художественный редактор *О. И. Романцов*.
Технический редактор *З. В. Романкевич*. Корректор *С. Т. Асташев*.

ИБ № 2564

Сдано в набор 28.07.86. Подписано в печать 25.06.87. АТ 15076. Формат 70×108^{1/32}. Бум. офсетная № 2. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 4,9. Усл. кр-отт. 19,95. Уч.-изд. л. 4,72. Тираж 56 000 экз. Заказ 2763. Цена 20 к.

Издательство «Народная асвета» Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220600 Минск, проспект Машерова, 11. Минский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат МППО им. Я. Коласа 220005 Минск, Красная, 23.

