

Школа имени А.Н. Колмогорова

Ю.М. Корнев, Н.И. Морозова, А.И. Жиров

**Практикум
по неорганической химии**



Москва
2013

УДК 373:546
ББК 24.1я729
К66

Рецензент: к.х.н., доцент *А.Н. Григорьев*

Корнев Ю.М., Морозова Н.И., Жиров А.И.

К66 **Практикум по неорганической химии:** 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МАКС Пресс, 2013. – 72 с.

ISBN 978-5-317-04525-8

Настоящее руководство составлено в соответствии с программой курса неорганической химии и является основным пособием для учащихся химико-биологического отделения Школы имени А.Н. Колмогорова Специализированного учебно-научного центра МГУ.

Книга знакомит школьников с некоторыми приемами работы в химической лаборатории, свойствами веществ, а также содержит описания синтезов неорганических соединений.

Книга имеет электронное приложение, размещенное на сайте internet.msu.ru.

УДК 373:546

ББК 24.1я729

Учебное пособие

КОРЕНЕВ Юрий Михайлович
МОРОЗОВА Наталья Игоревна
ЖИРОВ Александр Иванович

ПРАКТИКУМ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

2-е издание, переработанное и дополненное

Художественный и технический редактор
Н.И. Морозова

Напечатано с готового оригинал-макета

Подписано в печать 04.07.2013 г.

Формат 60x90 1/16. Усл.печ.л. 4,5. Тираж 150 экз. Заказ 215.

Издательство ООО "МАКС Пресс". Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2-й учебный корпус, 527 к.
Тел. 8(495) 939-3890/3891. Тел./Факс 8(495) 939-3891.



ISBN 978-5-317-04525-8



© Ю.М. Корнев, Н.И. Морозова, А.И. Жиров, 1999

© Ю.М. Корнев, Н.И. Морозова, А.И. Жиров,
с изменениями, 2013

© Н.И. Морозова, оформление, 2013

Введение

Работа учащихся в практикуме складывается из двух частей: демонстрационного эксперимента, выполняемого двумя учениками для всей подгруппы, и индивидуальной работы (как правило, синтезов). Демонстрационные (значок ) и синтетические (значок ) занятия чередуются.

Каждая тема настоящего руководства обычно предваряется правилами техники безопасности (значок ) и информацией о технике работы в лаборатории, соответствующей теме занятия (значок ). Дома перед соответствующим занятием учащимся необходимо ознакомиться с этими разделами и ответить на вопросы, обозначенные звездочкой (*).

Подготовка к демонстрационному эксперименту

В лабораторном журнале следует записать название темы и начертить таблицу с графами: 1) название опыта; 2) проведение опыта (кратко, схематично), 3) уравнения реакций, 4) рисунки, наблюдения, умозаключения; 5) выводы. К началу занятия должны быть заполнены первые три графы.

Следует хорошо представлять себе суть опытов и технику безопасности при работе с используемыми реактивами и оборудованием.

Проведение демонстрационного эксперимента

Демонстраторы назначаются преподавателем. Получив у преподавателя допуск к работе, демонстраторы берут у лаборанта необходимое оборудование и реактивы и готовятся к опытам. Преподаватель в это время проверяет журналы и беседует с остальными учащимися.

Демонстраторы показывают опыты так, чтобы всем было видно, и громко комментируют свои действия. Остальные учащиеся *сразу* записывают наблюдения и умозаключения. Преподаватель обращает внимание на важные моменты проводимых опытов, задает вопросы.

В конце демонстрации учащиеся записывают выводы. Они должны быть не частными, а обобщающими (пример частного вывода: «Кислород реагирует с магнием и фосфором»; пример обобщающего вывода: «Для кислорода характерны окислительные свойства»). Значок вывода в данном руководстве – две звездочки (**). Пока преподаватель просматривает журналы и беседует с учащимися по итогам занятия, демонстраторы убирают рабочее место.

Подготовка к индивидуальной работе

К началу практикума в лабораторном журнале учащегося должны быть записаны:

- 1) название работы,
- 2) уравнения всех реакций (окислительно-восстановительные реакции в растворах – с приведением электронно-ионного баланса),
- 3) расчеты,
- 4) свойства продукта: агрегатное состояние, цвет; для кристаллов – форма; устойчивость, летучесть; для веществ, меняющих агрегатное состояние от -20°C до $+100^{\circ}\text{C}$ – температуры этих переходов; растворимость в воде (плохая, хорошая); для веществ, реагирующих с водой – уравнение гидролиза; 2-3 примера характерных химических свойств (окислительно-восстановительные, кислотно-основные, качественные реакции, превращения при долгом стоянии или нагревании) с уравнениями реакций,
- 5) список посуды, оборудования и реактивов, необходимых Вам на каждом этапе,
- 6) рисунки приборов, включая все узлы, места прикрепления штативных лапок, положение колец, нагревательных приборов, насосов, направление тока воды в холодильнике или поддува воздуха,
- 7) выполненные задания (указываются в данном руководстве перед или после методики).

Не нужно переписывать методику из книги.

Учащийся должен знать правила техники безопасности при работе с используемыми им реактивами и оборудованием.

Проведение индивидуальной работы

В начале занятия преподаватель беседует с учащимся о предстоящей работе, указывает место для работы и дает, если необходимо, дополнительные рекомендации. Сразу после этого учащийся получает у лаборанта все необходимое оборудование и реактивы.

В лабораторном журнале *сразу* по ходу работы учащийся записывает *все*, что делает, отмечает все свои наблюдения, а также отклонения своих действий от методики. В случае любых неожиданностей следует позвать преподавателя или лаборанта.

По окончании работы с общим оборудованием необходимо вымыть его и убрать за собой; после выполнения синтеза – вымыть и сдать лаборанту посуду и неиспользованные реактивы, убрать рабочее место и предъявить его дежурному.

В конце занятия учащийся должен предоставить преподавателю лабораторный журнал, где указан практический выход продукта (в граммах и % от теории), и полученное вещество в пробирке с этикеткой, где указано его название, масса и фамилия учащегося.

Условные обозначения операций в синтезах:

↑ получение газа	⇕ перегонка
↓ фильтрование	∪ сжижение газов
⇕ перекристаллизация	∩ конденсация летучих веществ
↑↑ упаривание	★ охлаждение
⇓ насыщение раствора газом	⊙ запаивание в ампулу

При составлении пособия частично использовалась литература:

Практикум по неорганической химии. / Ред. Ю.Д. Третьяков. – М.: Изд. центр «Академия», 2004.

Ю.В. Карякин, И.И. Ангелов. *Чистые химические вещества.* – М.: Химия, 1974.

Г. Брауэр. *Руководство по неорганическому синтезу.* В 6 томах. – М.: Мир, 1985.

Ю.Ю. Лурье. *Справочник по аналитической химии.* – М.: Химия, 1989.

Очистка солей, содержащих кристаллизационную воду

1: Горелки

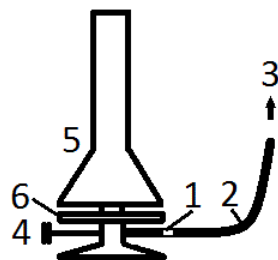


Рис. 1. Горелка Теклю

Горелка Теклю. В практикуме Вы будете использовать в основном горелки Теклю (рис. 1). В боковой отвод 1 через шланг 2 поступает газ из крана 3. Шланги зачастую бывают длинными. Если горелка долго не работает, они заполнены воздухом. Сначала откройте газовый кран, подождите 2-3 секунды (* *зачем?*), и поднесите спичку.

Подачу газа кроме газового крана можно регулировать винтом 4. Подача воздуха происходит через щель между конусообразной трубкой 5 и диском 6 и регулируется вращением диска.

ка.

Пламя. Наибольшее количество тепла получается при полном сгорании газа, когда пламя почти не светится. При сокращенном доступе воздуха пламя становится светящимся и коптящим. * *Почему?*

Внутренний конус пламени 1 (рис. 2) содержит смесь воздуха и газа, горения в нем не происходит. В конусе 2 происходит горение при избытке газа и недостатке кислорода. Здесь находятся раскаленные продукты неполного сгорания газа; пламя этой зоны является восстановительным. * *Почему?* Во внешнем конусе 3 хорошие условия для притока воздуха, поэтому тут происходит полное сгорание продуктов, образовавшихся в конусе 2. Эта зона пламени является окислительной. * *Почему?*

* *В какой зоне пламени надо вести нагрев пробирок или приборов?*



Рис. 2. Строение пламени

Паяльная горелка. Паяльную горелку (рис. 3) разрешается включать только в присутствии преподавателя!

Паяльная горелка служит для получения высокотемпературного пламени. В ее нижней части имеются две трубки с кранами. По трубке 1 подводится воздух, по трубке 2 – газ.

Сначала открывают кран 2 газопровода. Спичку подносят к устью горелки сбоку (не наклоняясь!), газ вспыхивает широким коптящим пламенем. Уменьшают доступ газа. Затем плавным поворотом крана 1 воздухопровода устанавливают нормальный ток воздуха (без отрыва пламени от сопла горелки). С помощью кранов 1 и 2 регулируют пламя до установления ровного голубоватого острого факела без признаков копоти.

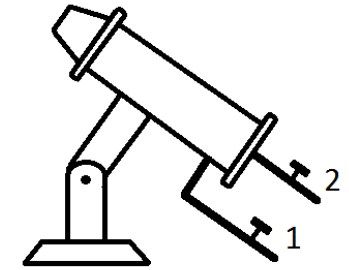


Рис. 3. Паяльная горелка

Чтобы выключить горелку, сначала перекрывают кран воздухопровода, затем газопровода.

2: Химическая посуда

* *Вспомните, как выглядят и для чего применяются пробирки, стаканы, воронки, мерные цилиндры, круглодонные и плоскодонные колбы.*

Для получения газов применяют **пробирки Вюрца 1** (малые количества) и **колбы Вюрца 2** (большие количества) (рис. 4).

Эксикатор 3 служит для осушки гигроскопичных или неустойчивых на воздухе веществ. На дно ставится фарфоровая чашка с осушителем, а на фарфоровый поддон *a* – тигли и бюксы с веществами. Через кран *б* можно откачать воздух.

U-образная трубка 4 предназначена для осушки газов (в нее помещают твердый осушитель) или для конденсации легколетучих веществ (тогда ее охлаждают).

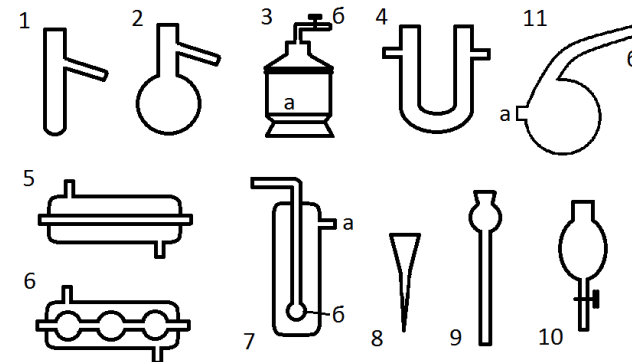


Рис. 4. Стеклопосуда лабораторная

Холодильники 5 и 6 нужны для конденсации жидкостей.

С помощью **промывалок** 7 очищают и осушают газы. Промывалки заполняют через **воронки Мюнке** 8.

Воронка с длинной трубкой 9 часто используется при приливании реагента в колбу для получения газа. Конец воронки должен доходить почти до дна колбы так, чтобы жидкость в колбе закрывала его, создавая водяной затвор.

Капельная воронка 10 предназначена для добавления жидких реагентов по каплям. Малые количества жидкостей прикапывают пипеткой.

Иногда для проведения реакций удобно использовать **реторту** 11. Отверстие *a* называется тубусом, *b* – горлом реторты.

Фарфоровая чашка 1 (рис. 5) служит в основном для выпаривания растворов. Растирать вещества в ней нельзя; для этого используют **ступки** 2, имеющие, в отличие от чашек, более толстое дно, плоское снаружи, и шершавую поверхность внутри. К ступкам прилагаются **пестики** 3.

Для прокаливания используют **тигли** 4 и **лодочки** 6. Лодочки обычно помещают в кварцевую, фарфоровую или металлическую трубку, а тигель ставят на **треугольник** 5.

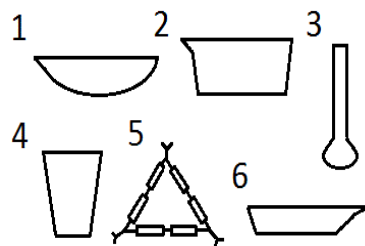


Рис. 5. Фарфоровая лабораторная посуда

3: Взвешивание

Вещества следует взвешивать не на бумажке, а в небольшом стаканчике, тигле или на часовом стекле (часовое стекло отличается от предметного тем, что первое выгнутое и тонкое, а второе плоское и толстое).

Обычно в практикуме используют односторонние весы. Сначала на чашку весов кладут тару (стаканчик и т. п.). Если на весах есть кнопка «Т», нажмите ее, чтобы показания весов вернулись к нулю. Если же нет, запишите показания.

Не насыпайте вещество в тару, стоящую на весах! * *Почему?* Снимите тару, насыпьте шпателем вещество и поместите тару с веществом на весы. Если требуется отвесить 0,5 г вещества, нет необходимости добиваться, чтобы показания весов составляли 0,5000 г. Значение 0,45 г или 0,55 г вполне удовлетворительно. Но нужно обязательно записать точную массу навески – исходя из нее Вам предстоит рассчитывать выход.

4: Фильтрация

Раствор, прошедший через фильтр, в общем случае называют **фильтратом**. По отношению к осадку он является **маточным раствором**.

Фильтрация через обычную воронку. Воронку с бумажным фильтром помещают в кольцо штатива так, чтобы ее нижний конец соприкасался со стенкой стакана, в который фильтруют. * *Зачем?* Жидкость переносится на фильтр по стеклянной палочке (рис. 6). * *Почему?*

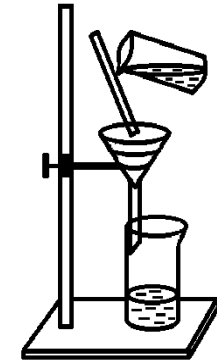


Рис. 6. Фильтрация

Воронка для горячего фильтрования. При перекристаллизации обычно требуется фильтровать горячие растворы. Для этого используется специальная воронка с коротко обрезанной трубкой

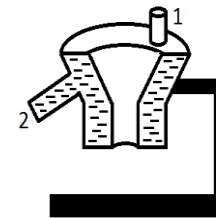


Рис. 7. Воронка для горячего фильтрования

помещенная в кожух с водяным обогревом (рис. 7). Кожух имеет двойные стенки, между которыми заливается вода через отверстие 1. Отросток 2 служит для нагревания воды, его нагревают горелкой перед фильтрованием.

Фильтрация под уменьшенным давлением производят для более быстрого отделения осадка от жидкости (рис. 8). Фарфоровую воронку Бюхнера 1 вставляют при помощи резиновой пробки в толстостенную колбу Бунзена 2, подключенную к водоструйному насосу 3. * *Для чего нужна пустая промывалка 4?*

Не забудьте вымыть колбу Бунзена перед использованием и после! Размер воронки Бюхнера должен соответствовать количеству осадка.

Бумажный фильтр помещают на дно воронки, смачивают дистиллированной водой и плотно прижимают ко дну. Включают насос, закрывают зажим 5 (вместо зажима может использоваться стеклянный кран) и «присасывают» фильтр к воронке.

Затем зажим открывают. Раствор с осадком переносят по стеклянной палочке в воронку так, чтобы он покрывал всю поверхность фильтра (* *зачем?*), и закрывают за-

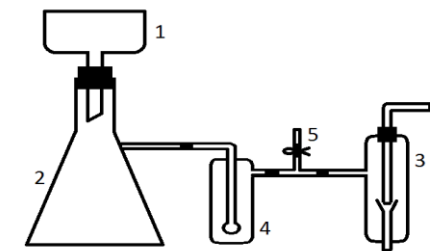


Рис. 8. Фильтрация под уменьшенным давлением

жим. Следите, чтобы при фильтровании в осадке не образовывалось трещин! Если они появятся, заглавьте их стеклянной палочкой. * *Зачем?* При промывании осадка на фильтре наливайте столько жидкости, чтобы она закрыла всю поверхность фильтра. Жидкость наливают при открытом зажиме.

Прежде чем выключить насос, откройте зажим. * *Зачем?*

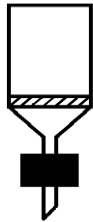


Рис. 9. Стеклянный фильтр

Стеклянные фильтры (фильтры Шотта, воронки со стеклянным фильтрующим дном) устойчивы по отношению к кислотам, а также к щелочам на холоду (рис. 9). Их можно использовать для кристаллических осадков вместо воронок Бюхнера при фильтровании под уменьшенным давлением.

Бумажные фильтры. При фильтровании через обычную воронку применяют гладкий и складчатый фильтры. Гладкий фильтр готовят из квадратного кусочка фильтровальной бумаги. Его складывают пополам, еще раз пополам и обрезают внешние углы по дуге. Край фильтра должен быть ниже края воронки на 1-2 мм. * *Почему?* Необходимо, чтобы фильтр всей поверхностью плотно прилегал к воронке.

Для этого смочите вставленный в воронку фильтр дистиллированной водой и прижмите.

Складчатый фильтр готовят из гладкого фильтра, разными способами продолжая складывание его гармошкой. Фильтрование через него происходит быстрее.

* *Какой фильтр нужно применять при горячем фильтровании – гладкий или складчатый? Почему?*

Фильтр для воронки Бюхнера (рис. 10) должен иметь такой же размер, как дно воронки, и два небольших «хвостика» на противоположных сторонах, предназначенные для извлечения фильтра из воронки.

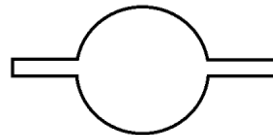


Рис. 10. Фильтр для воронки Бюхнера

Декантация. Иногда удобнее не фильтровать осадок, а сливать жидкость с осадка. Этот прием называется декантацией. Осадку обязательно надо дать отстояться. Раствор следует выливать осторожно, по стеклянной палочке, не встряхивая.

Занятие 1. Перекристаллизация

Задания

1. В чем заключается сущность перекристаллизации?
2. Перечислите способы перекристаллизации. От чего зависит выбор способа?

3. Перечислите пути загрязнения осадка.

(Для ответа на вопросы 1 – 3 воспользуйтесь книгой Ю.М. Корнева «Общая и неорганическая химия. Часть IV. Растворы»).

4. Получите у преподавателя индивидуальное задание и рассчитайте, сколько технической соли (А г) надо взять для приготовления исходного раствора и сколько очищенной соли (В г) должно выделиться после перекристаллизации, а также выполните другие требуемые расчеты. (Даны содержание безводной соли в кристаллогидрате, растворимость при различных температурах, объем воды, добавляемый для растворения).

Пример расчета:

Пусть А г – масса навески $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (содержание безводной соли 63,9%), необходимая для приготовления насыщенного раствора CuSO_4 при 80°C. Тогда $0,639A$ – масса безводного CuSO_4 , $0,361A$ – масса кристаллизационной воды.

Если мы растворяем соль в 50 мл воды, то, воспользовавшись данными о ее растворимости, получаем пропорцию:

B 100 г воды – растворяется 55,5 г CuSO_4

B (50 + 0,361A) г воды – 0,639A г CuSO_4

Решая пропорцию, находим: $A = 63,1$ г $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Масса воды в приготовленном растворе будет равна $50 + 0,361A = 72,8$ г; масса растворенного CuSO_4 составит $0,639A = 40,3$ г.

Пусть при охлаждении до 20°C должно выпасть В г $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Тогда в растворе остается $72,8 - 0,361B$ г воды и $40,3 - 0,639B$ г CuSO_4 .

Составим пропорцию:

B 100 г воды – растворяется 20,5 г CuSO_4

B (72,8 – 0,361B) г воды – (40,3 – 0,639B) г CuSO_4

Находим $B = 45,0$ г $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ должно выпасть в осадок.

5. Составьте и проанализируйте графики температурной зависимости растворимости солей по данным, приведенным в конце пособия. Ответьте на вопросы:

- оптимально ли выбрана температура растворения Вашей соли?

- достаточна ли разница в растворимости Вашей соли при высоких и низких температурах для того, чтобы из раствора выделилось значительное количество соли?

- при каких температурах следует вести растворение и кристаллизацию соли, чтобы выход перекристаллизации был оптимален?

- есть ли возможность повысить выход перекристаллизации Вашей соли за счет образования менее растворимых форм – квасцов или шенитов? Если да, то рассчитайте массу сульфата калия или аммония, которую нужно добавить к Вашему раствору для образования квасцов или шенита. Рассчитайте объем воды, необходимый для растворения сульфата калия или аммония в горячей воде.

- как объяснить немонотонность температурной зависимости растворимости (если таковая наблюдается для Вашей соли)?

Обратите внимание, что растворимость дается в расчете на безводную соль, тогда как растворяемая и выделяемая из раствора формы – кристаллогидраты.

Методика

1. Заполнить воронку для горячего фильтрования водой и начать нагревание.

2. Взвесить A г соли. Мерным цилиндром отмерить необходимое для растворения количество дистиллированной воды. Для веществ, растворы которых обладают высокой вязкостью (сульфаты хрома, алюминия), увеличить количество воды в 1,5 раза.

3. Налить воду в стакан, отметить уровень воды и поместить стакан на треножник (или на кольцо) с асбестовой сеткой.

4. Нагреть стакан пламенем горелки до указанной преподавателем температуры. В процессе нагревания добавлять соль мелкими порциями, помешивая стеклянной палочкой, до полного растворения. * *Почему добавлять всю соль сразу не рекомендуется?* Если уровень жидкости в стакане уменьшится (* *почему это может случиться?*), долить горячей дистиллированной воды.

5. Горячий раствор отфильтровать на воронке для горячего фильтрования. * *Зачем?*

6. При получении двойных солей к прозрачному горячему фильтрату добавить горячий раствор сульфата калия или аммония и перемешать.

7. Фильтрат охладить в бане с холодной водой, перемешивая содержимое стакана стеклянной палочкой. * *Зачем?* Можно следить за динамикой роста кристаллов, периодически рассматривая их под микроскопом.

8. Отфильтровать кристаллы на воронке Бюхнера (хорошо закристаллизованный осадок можно фильтровать на стеклянном фильтре), поместить в подписанную фарфоровую чашку и оставить сушиться на воздухе.

9. Определить массу перекристаллизованной соли С, рассчитать практический выход по формуле $(C/B) \cdot 100\%$.

Занятие 2. Определение состава кристаллогидрата

Методика

Взвесить тигель. Положить в него 1-2 г растертой (* с помощью чего?) перекристаллизованной соли и взвесить вместе с веществом (записать точную массу навески!). На треножнике или кольце штатива установить фарфоровый треугольник и поставить на него тигель с веществом. Нагреть тигель пламенем горелки.

Через 2-3 минуты после начала нагревания отставить горелку и накрыть тигель сухим часовым стеклом. * *Что при этом происходит?* Убрать стекло и продолжить нагревание.

Когда соль обезводится, поставить тигель в эксикатор. Охлажденный до комнатной температуры тигель взвесить. Повторить прокалывание (5 мин), охлаждение и взвешивание несколько раз, доводя тигель с веществом до постоянной массы.

Рассчитать количество кристаллизационной воды в исследуемой соли.

Задания

1. Для чего тигель после нагревания накрывают часовым стеклом?
2. Как установить, когда соль обезводится?
3. Почему тигель с веществом охлаждают в эксикаторе?
4. Как рассчитать количество кристаллизационной воды в соли по данным Вашего эксперимента?

Водород, кислород

☠ Техника безопасности

Водород горюч и в смеси с кислородом или воздухом образует взрывоопасную смесь. Все опыты с водородом разрешается проводить только в присутствии преподавателя, в очках или маске.

Если прибор, заполненный водородом, необходимо нагреть или поджечь водород на выходе из него, следует до начала нагревания вытеснить из прибора весь воздух водородом, затем проверить водород на чистоту.

Проверка водорода на чистоту. Для этого надо приготовить две маленькие пробирки. Надеть на газоотводную трубку прибора сухую пробирку, примерно через 5 секунд медленно снять ее, закрыв отверстие пробирки большим пальцем, и поставить на ее место вторую пробирку. Держа пробирку с водородом отверстием вниз, поднести ее к пламени зажженной горелки. Отнять палец и, чуть наклонив, быстро внести отверстие пробирки в пламя горелки. Следующую пробу проводят со второй пробиркой. * *Почему?* Проверку проводят до тех пор, пока проба водорода не будет загораться почти без звука.

Только убедившись в чистоте выделяющегося водорода, можно поджечь его на выходе из прибора или начать нагревание прибора.

🌀 Сборка прибора

Планирование. Готовясь собирать прибор, продумайте, какие узлы Вам понадобятся. Например: узел получения хлора; реакционная трубка; узел осушки и т. п. Прибор должен занимать как можно меньше места. Постарайтесь закрепить все детали на одном штативе.

Нерационально сначала собирать прибор, а потом разбирать его, чтобы поместить внутрь реагенты. Если нет причин делать иначе, помещайте вещества сразу в нужное место.

Соединение узлов. Резиновые шланги и пробки, применяемые для соединения узлов и изоляции, могут подвергаться воздействию агрессивных сред (хлор и т. п.). Старая резина может пропускать газы, особенно водород. Поэтому надо использовать минимальные отрезки резиновых шлангов и стараться соединять части прибора «стык в стык».

Края всех стеклянных трубок должны быть оплавлены. * *Как это делается?* Чтобы облегчить надевание тугого шланга на стеклянную трубку, смочите ее каплей воды или глицерина. * *Всегда ли все равно, чем смачивать?*

Резиновые пробки, как и шланги, присоединяют, не вдавливая, а вкручивая. Избегайте нажимать на тонкие части стеклянной посуды.

Соединения на шлифах. Шлифы – это притертые стеклянные соединения. Шлиф с внешней поверхности трубки называется **кern**, внутренний шлиф – **муфта**. Соединять их следует, вставляя kern в муфту круговым движением. Шлифы обязательно надо смазывать. При работе с пониженным давлением пользуются вакуумной смазкой. Не нужно наносить много смазки: достаточно нанести тонкую полоску на kern; когда Вы соедините шлифы круговым движением, она размажется по всей поверхности. Перед соединением рекомендуется слегка обогреть шлифы горячим воздухом над горелкой.

Шлифы могут быть не только коническими. * *Какие еще виды шлифов Вы встречали в лаборатории?*

При работе с агрессивными газами или легколетучими жидкостями при атмосферном давлении в качестве смазки применяют фосфорную кислоту, при работе с неагрессивными соединениями без нагревания – вазелиновое масло или глицерин.

Закрепление прибора на штативах. Между металлической лапкой и стеклянной посудой, закрепляемой в штативе, надо поместить резиновую или термостойкую прокладку. * *В каких случаях резиновая прокладка не годится?* Сначала лапку с посудой зажимают рукой – плотно, но без усилия; потом закручивают винт лапки.

Обязательно должны быть закреплены колбы, реакционные трубки.

Нет смысла располагать прибор четко «слева направо» и «строго по прямой». Расположение следует согласовывать с соседями (не помещать узел охлаждения рядом с горелкой соседа и т. п.). Чтобы прибор был компактен и занимал один штатив, изогните соединяющие резиновые трубки или используйте изогнутые стеклянные трубки (если это возможно).

Проверка на герметичность. Если пузырьки газа проходят через две промывалки с разной скоростью или не проходят совсем, это говорит о негерметичности прибора. Необходимо проверить соединения и пробки заново!

Когда промывалок в реакционном приборе нет, нужно закрыть выход прибора. Если прибор герметичен, то жидкость, находящаяся в колбе Вюрца, начнет быстро подниматься по воронке с длинной трубкой. Если же нет, можно найти место утечки, поочередно зажимая соединения частей прибора.

Проверка на герметичность обязательна при работе с водородом и СО!

Занятие 2.

Демонстрационный эксперимент

Опыты

1. Получение водорода действием металла на кислоту и изучение свойств водорода

В пробирку или небольшую колбу Вюрца поместить гранулы цинка. Прилить через воронку с длинной трубкой 20% раствор H_2SO_4 (* почему именно такая концентрация?) и пропустить выделяющийся газ через реакционную трубку из тугоплавкого стекла с 0,5 г оксида металла (например, меди (II)). Выходное отверстие реакционной трубки должно быть закрыто согнутой стеклянной трубкой, сужающейся на конце, для отвода непрореагировавшего водорода (рис. 11). В эту трубочку необходимо поместить медную спираль. * Зачем?

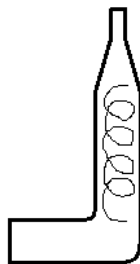


Рис. 11. Газоотводная трубка

Прилить через воронку с длинной трубкой несколько капель раствора CuSO_4 . * Что изменилось и почему?

Проверить прибор на герметичность. * Как это сделать? Добиться герметичности подгонкой соединений или заменой узлов.

Проверить водород на чистоту. * Почему вначале выходящий из трубки водород не является чистым? Дождавшись, когда водород станет чистым, поджечь его на выходе.

Поместить над пламенем водорода холодную стеклянную воронку. * Объяснить наблюдения.

Прогреть реакционную трубку горелкой по всей длине, затем сильно нагреть ту часть трубки, где лежит оксид металла.

Если пламя погаснет (* почему это может произойти?), прекратить нагревание. Вновь поджечь водород можно после новой проверки на чистоту.

Если на стенках реакционной трубки оседает вода (* почему это может произойти?), удалить ее нагреванием.

Когда реакция закончится (* как это определить?), охладить прибор в токе водорода. * Почему нельзя сразу разбирать прибор?

** Оксиды каких металлов можно восстановить водородом? Дайте общий ответ.

2. Получение водорода

А) Действие металла на щелочь

В пробирку поместить 1-2 гранулы алюминия и 1-2 мл 40% раствора NaOH. Если реакция вначале идет медленно (* почему?), подогреть пробирку горячей водой. * *Объяснить динамику реакции. Почему скорость реакции со временем возрастает?*

Б) Действие металла на воду

Заполнить пробирку объемом 10-15 мл до краев водой. Закрыть отверстие большим пальцем, опрокинуть пробирку в кристаллизатор с водой и в таком положении закрепить в лапке штатива. Взять пинцетом или щипцами кусочек кальция и быстро подвести его под пробирку.

Убедиться в том, что в пробирке собран водород. * *Как это сделать?*

В) Действие кремния на щелочь

Поместить в пробирку небольшой кусочек кремния и прилить 40% раствор NaOH. * *Как ускорить эту реакцию?*

** *Какой процесс лежит в основе методов получения водорода в лаборатории?*

3. Получение кислорода

Наполнить несколько (* сколько? – см. опыт 4) баночек кислородом из кислородной подушки. Для этого нужно налить в баночку до краев воду, закрыть стеклянной пластинкой, перевернуть и погрузить в кристаллизатор с водой. Опустить газоотводную трубку подушки в кристаллизатор и, открыв кран, отрегулировать скорость подачи кислорода (чтобы можно было легко считать пузырьки газа). Подвести газоотводную трубку под отверстие баночки. Когда баночка будет почти наполнена кислородом, закрыть ее под водой пластинкой и вынуть.

* *Какими еще способами получают кислород в лаборатории?*

** *Какой процесс лежит в основе этих способов?*

4. Изучение свойств кислорода

А) Поместить немного серы в железную ложечку, поджечь серу и внести ее в баночку с кислородом. После прекращения горения серы влить в баночку несколько капель индикатора. * *Какие индикаторы можно использовать? * Как меняется характер горения веществ при внесении их в кислород? Почему?*

Б) Скрутить в спираль железную проволоку, вставить в нее спичку. Взять проволоку щипцами, поджечь спичку и внести проволоку в баночку с кислородом. * *Горит ли железо на воздухе? Если да, то какие для этого нужны условия?*

** *Какие химические свойства характерны для кислорода?*

5. Свойства пероксида водорода

А) Налить в пробирку около 1 мл 10% раствора H_2O_2 . Всыпать немного порошка MnO_2 . * Какую роль играет MnO_2 ? Доказать, что за газ выделяется. * Как это сделать?

Б) Реакции в кислой среде

Прилить раствор H_2O_2 к 1 мл раствора KMnO_4 , подкисленного 1 М раствором H_2SO_4 .

Прилить по каплям раствор KI к 1 мл раствора H_2O_2 , подкисленного 1 М раствором H_2SO_4 . Экстрагировать образовавшийся иод. * Как это сделать? Какой растворитель для этого требуется?

В) Реакции в щелочной среде

К 1 мл раствора соли хрома (III) прилить 20% раствор NaOH до растворения выпадающего вначале осадка. Затем добавить 1 мл 10% раствора H_2O_2 . При необходимости нагреть пробирку на водяной бане.

К 1 мл раствора H_2O_2 добавить немного иодной воды и 1 М раствора аммиака.

** Какие химические свойства проявляет пероксид водорода?

☞ Методы сбора газов

* С какими методами сбора газов Вы познакомились?

Собирать газы вытеснением воздуха можно в двух вариантах (рис. 12). * Приведите примеры газов, которые собирают по первому и второму вариантам. Каким критерием Вы пользуетесь, определяя, как собирать газ?

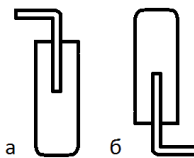


Рис. 12. Сбор газа вытеснением воздуха

Галогены

☠ Техника безопасности

Опыты с галогенами следует проводить под тягой (в вытяжном шкафу). Необходимо работать в очках или маске. Все работы с галогенами, особенно бромом, можно проводить только с разрешения преподавателя.

Хлор – ядовитый зеленовато-желтый газ. Вдыхание небольших количеств его вызывает кашель, при вдыхании больших количеств возможны тяжелые последствия, в том числе воспаление и отек легких.

При тяжелом отравлении хлором до прибытия врача необходим покой, вдыхание кислорода. Пострадавшему дают молоко, согревают конечности. При несильном отравлении дают молоко, выводят на свежий воздух до исчезновения симптомов отравления.

Остатки MnO_2 или $KMnO_4$ (после получения хлора) выливайте не в раковину, а в «банки для слива» (под тягой). После того как основная масса из колбы перенесена в «банку для слива», следует заполнить колбу водой доверху, затем вылить эту воду в раковину под тягой. Лишь после этого можно вынести колбу из-под тяги.

Бром – тяжелая жидкость, образующая темно-красные пары, способные вызвать отравление, слезотечение, удушье и поражение дыхательных путей. На коже образуются трудно заживающие язвы. Наливать бром в пробирки и капельные воронки следует осторожно, через химическую воронку, только в резиновых перчатках.

При попадании брома на кожу следует быстро промыть пораженные места спиртом, большим количеством воды, а затем многократно 2% раствором гидрокарбоната натрия $NaHCO_3$. При случайном вдыхании паров брома необходим покой, вдыхание паров разбавленного раствора аммиака, затем вдыхание кислорода.

Пары **иода** темно-фиолетового цвета, имеющие неприятный запах, похожий на запах хлора, разъедают слизистые оболочки. При отравлении парами иода следует вдыхать водяные пары с примесью аммиака, глаза промыть 1% раствором тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$.

Занятия 3-4. Демонстрационный эксперимент

1: Очистка газов

Если в узле для получения газа используется соляная кислота, сразу после него ставят промывалку с водой. * *Зачем?* Воду заливают через отвод *a* (рис. 13) так, чтобы она закрыла шарик *b* (или, при отсутствии шарика, была на 0,5 см выше дырочек). Трубку *в* присоединяют к узлу для получения газа.

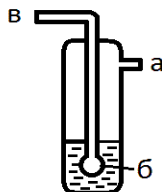


Рис. 13.
Осушитель в промывалке

Осушка. Жидкий осушитель помещают в промывалку, твердый – в U-образную трубку. Насыпать твердый осушитель надо так, чтобы нижняя часть трубки была целиком им заполнена, а отводы – свободны (рис. 14); с обеих сторон осушитель ограничивается кусочками ваты. Жидкий осушитель заливают в промывалку при помощи специальной воронки с оттянутым концом (воронка Мюнке).

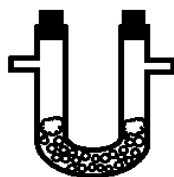


Рис. 14.
Осушитель в U-образной трубке

Воздух, хлор, хлороводород обычно осушают конц. H_2SO_4 или безводным $CaCl_2$. Сероводород и углекислый газ – безводным $CaCl_2$. Сернистый газ – конц. H_2SO_4 . Аммиак сушат твердыми щелочами или оксидами кальция, бария. Для осушки NO , NO_2 используют P_2O_5 , нанесенный на стекловату.

* *Почему сероводород не осушают серной кислотой? Почему аммиак не осушают серной кислотой? Почему NO_2 не осушают щелочами? Чем осушают водород?*

Защита от аэрозолей. При получении газа в колбе или пробирке Вюрца прикапыванием жидкости к порошкообразному веществу легко образуются микроскопические твердые частицы или капельки, проносимые потоком газа через весь прибор – аэрозоли. Чтобы избежать загрязнения ими, вставьте в отвод колбы Вюрца (или на входе в промывалку, U-образную трубку) кусочек ваты.

2: «Фонтан»

Опыт «фонтан» проделывают с сухими газами, хорошо растворимыми в воде. Его можно использовать как одно из доказательств получения данного газа.

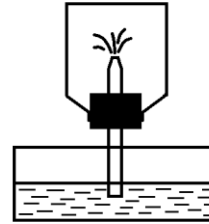


Рис. 15. Опыт «фонтан»
банки?

Выделяющимся газом наполняют сухую толстостенную банку, закрывают ее пробкой с трубкой, обращенной оттянутым концом внутрь (рис. 15). Открытый конец трубки помещают в кристаллизатор с водой (можно подкрасить воду индикатором). Закрывают трубку пальцем и встряхивают банку так, чтобы внутрь попала капля воды. Затем снова помещают трубку в воду и убирают палец. * Чем объясняется «фонтанирование» воды внутри банки?

🔪 Опыты

1. Получение хлора и хлорной воды

В колбу или пробирку Вюрца насыпать растертый в ступке и слегка смоченный водой (* для чего?) $KMnO_4$, а через капельную воронку налить конц. HCl . Пропустить выделяющийся хлор через промывалку с дистиллированной водой (* для чего?) и через осушитель (* какой и в каком узле?).

* Как доказать, что выделяется хлор?

Пропустить хлор в пробирку с водой, охлаждаемой снегом.

Поднести к выделяющемуся хлору фильтровальную бумагу, смоченную раствором KI . Фиксировать происходящие изменения.

Наполнить хлором несколько банок (* сколько? – см. опыт 2) и закрыть их стеклянными пластинками. * Как определить окончание заполнения банки?

После окончания выделения хлора проверить, что находится в колбе Вюрца. * Как это сделать?

* Какими еще способами можно получить хлор в лаборатории?

** Какой процесс лежит в основе этих способов получения хлора?

2. Свойства хлора и хлорной воды

А) Поместить на листок бумаги немного порошка сурьмы и медленно высыпать ее в банку с хлором.

Б) Поместить на листок бумаги немного порошка алюминия и медленно высыпать его в банку с хлором.

В) Положить в ложечку для сжигания немного красного фосфора, поджечь его и внести в банку с хлором. * Чем отличается характер и продукты горения фосфора на воздухе и в хлоре?

Г) 1 каплей хлорной воды (* где она образовалась? – см. опыт 1) смочить лакмусовую бумажку. * Каков состав хлорной воды?

*** Какие химические свойства характерны для хлора? Какие химические свойства проявляет хлорная вода? А какие свойства проявляет хлор при образовании хлорной воды?*

3. Свойства брома и бромной воды

А) Налить в термостойкую пробирку немного брома, закрепить ее вертикально в лапке штатива над песчаной баней и бросить в пробирку несколько зачищенных наждачной бумагой кусочков алюминия. ** Сразу или нет начинается реакция? Почему?*

Б) Поместить в пробирку немного сухого красного фосфора. Капнуть с помощью пипетки 1-2 капли жидкого брома. ** Как отличается состав продуктов по высоте пробирки?*

В) Капнуть 1 каплю жидкого брома в пробирку с водой. Отлить 2-3 мл полученного раствора в другую пробирку и добавить по каплям 1 М раствор NaOH. Добавить к полученному раствору несколько капель 1 М раствора H_2SO_4 . ** Каков состав бромной воды? Какое влияние оказывают щелочь и кислота на смещение равновесия в бромной воде и почему?*

*** Какие химические свойства характерны для брома? Сравните взаимодействие алюминия и фосфора с хлором и бромом. Объясните различие.*

4. Плавление и сублимация иода

А) Поместить несколько кристалликов иода в широкий стакан. Закрыть часовым стеклом. Осторожно нагреть.

Б) Насыпать в узкую пробирку иод (слой 1,5-2 см в высоту), заткнуть кусочком ваты. Нагреть горелкой дно пробирки, покачать и, наклонив, дать остыть.

*** Чем обусловлено различие протекающих процессов в опытах А и Б?*

5. Растворимость галогенов

А) Налить в пробирки по 2-3 мл хлорной, бромной и иодной воды (** какова растворимость галогенов в воде?*) и прилить около 0,5 мл неполярного растворителя (** приведите 2 примера таковых*). Закрыть пробирки пробками, встряхнуть, дать отстояться. ** Вспомните, что такое экстракция.*

Б) К 2 мл иодной воды в разных пробирках добавить по 0,5 мл CCl_4 , гексана, бензола, этилового спирта. ** Объясните различие в окраске растворов.*

В) По одному кристаллику иода растворить в 1 мл растворов KI, KBr, KCl. ** За счет чего происходит растворение иода в этих растворах?*

*** В каких растворителях лучше растворяются галогены – полярных или неполярных, – и почему?*

6. Сравнение окислительных свойств галогенов

В пробирку с раствором KBr прилить 0,5 мл неполярного растворителя (* зачем?) и постепенно, при взбалтывании, добавлять хлорную воду из опыта 1. Повторить с раствором KI .

В пробирку с раствором KCl постепенно добавлять бромную воду.

**** Как изменяются окислительные свойства галогенов в группе?**

7. Взаимодействие галогенидов с концентрированной серной кислотой

В одну пробирку поместить немного сухого KCl , в другую – KBr , в третью – KI . Смочить соли 1-2 каплями конц. серной кислоты. К отверстию каждой пробирки поднести поочередно лакмусовой бумажку; бумажку, смоченную раствором $KMnO_4$; и бумажку, смоченную раствором нитрата или ацетата свинца. * Для чего?

**** Какие свойства галогенидов можно сравнить на основании этого опыта?**

8. Получение и свойства хлороводорода

А) В колбу Вюрца насыпать 5-10 г $NaCl$ так, чтобы поверхность соли была скошена (* зачем?). На выходе поставить U-образную трубку. * Какой осушитель в нее поместить? Через капельную воронку прилить в колбу конц. H_2SO_4 . Осторожно нагреть колбу через асбестовую сетку. Наполнить хлороводородом сухую толстостенную банку. * Как это сделать? Как определить окончание ее заполнения?

Б) Прodelать опыт «фонтан». * Какими индикаторами можно подкрасить воду – лакмусом, метилоранжем, фенолфталеином?

**** О каких свойствах хлороводорода говорит опыт Б? Можно ли использовать опыт А для получения бромоводорода, иодоводорода?**

9. Качественные реакции на галогенид-ионы

А) Поддействовать на растворы хлорида, бромиды и йодида калия раствором нитрата серебра. Проверить растворимость осадков в 1 М растворе аммиака.

Б) Поддействовать на растворы хлорида, бромиды и йодида калия раствором нитрата или ацетата свинца.

**** Как различить хлорид и бромид? Бромид и йодид?**

Занятие 5. Индивидуальная работа. Синтезы соединений галогенов

1: Насыщение раствора газом



Рис. 16. Насыщение раствора хорошо растворимым газом

Чтобы насытить хорошо растворимым в воде газом раствор, находящийся в стакане, нельзя опускать в раствор газоотводную трубку прибора для получения газа (* Почему?). Следует подобрать воронку, соответствующую внутреннему диаметру стакана, и присоединить ее к газоотводной трубке. Широкая часть воронки должна немного не доходить до раствора в стакане (рис. 16).

Если нужно насытить раствор газом, умеренно или плохо растворяющимся в воде, широкая часть воронки должна быть слегка погружена в раствор.

Если не предполагается выпадения осадка, можно использовать в качестве узла для насыщения газом промывалку.

2: Упаривание

Для упаривания раствор наливают в фарфоровую чашку и помещают на водяную баню. Водяная баня – металлический сосуд, закрывающийся сверху концентрическими плоскими кольцами (рис. 17). В баню заливают воду (2/3 объема), закрывают кольцами, ставят на треножник и нагревают до кипения пламенем горелки. Чашку с раствором ставят на баню, сняв нужное для устойчивого положения чашки число колец (так, чтобы она была на 2/3 погружена в баню). Следите, чтобы в процессе упаривания из бани не выкипела вся вода!

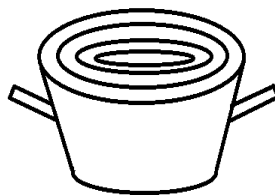


Рис. 17. Водяная баня

Чтобы ускорить упаривание, можно удалять пары с поверхности жидкости, обдувая воздухом из подведенного сбоку шланга.

3: Запайвание вещества в ампулу

* *Какие вещества предпочтительнее хранить в запаянных ампулах? Какие вещества нельзя хранить в запаянных ампулах?*

Изготовление «полуфабриката» ампулы. На паяльной горелке прогреть среднюю часть пробирки, держа пробирку горизонтально за оба конца и непрерывно вращая ее пальцами в одном направлении. Когда стекло размягчится и начнет гнуться, вынуть пробирку из пламени и, осторожно вращая, медленно растянуть так, чтобы получился тонкий «перешеек».

Помещение вещества в ампулу. Охладить «полуфабрикат» до комнатной температуры. Аккуратно всыпать или влить вещество через «перешеек», используя воронку.

Запайвание ампулы. Внести «перешеек» в пламя паяльной горелки так, чтобы часть ампулы, где находится вещество, оставалась вне пламени. Нагревать при вращении, пока стекло не размягчится. Когда «перешеек» запаяется, отделить его верхнюю часть. Оттянутый конец ампулы нагревать еще некоторое время при вращении (в конце – в коптящем пламени).

●* I. Галогены

Бром ⚡*

Растворить 2 г дихромата калия в нагретом 25% растворе H_2SO_4 и добавить рассчитанное количество бромида калия. Перегнать бром из реакционной пробирки в мерную, сильнее всего нагревая среднюю часть реакционной пробирки. Мерную пробирку охлаждать.

Рассчитать массу брома и определить выход.

Использовать полученный бром для приготовления бромной воды.

Задания

1. Рассчитать необходимое количество (в граммах и миллилитрах) серной кислоты (чуть больше стехиометрии).
2. Рассчитать массу KBr .
3. В какой пробирке целесообразно проводить нагревание?
4. Как следует организовать стык двух пробирок – реакционной и мерной?
5. Почему нагревают среднюю часть пробирки, а не нижнюю и не верхнюю?
6. Чем охлаждать мерную пробирку?
7. Как рассчитать массу брома по его объему?

Иод ◌

Отвесить по 0,5 г KI и MnO₂, пересыпать в тигель и перемешать стеклянной палочкой. Поставить тигель на фарфоровый треугольник, прилить 3-4 капли конц. серной кислоты и быстро закрыть колбочкой, наполненной холодной водой. Колбочку закрепить в лапке штатива. Тигель слегка нагреть в течение нескольких минут.

Определить выход иода.

Полученный иод использовать для демонстрации его свойств.

Задания

1. Является ли соотношение реагентов стехиометрическим? Почему?
2. Для чего нужна колбочка, заполненная холодной водой?
3. Где собирается продукт реакции? На каком свойстве иода основан метод сбора?

◆* II. Галогениды

Хлорид алюминия ↑↑◌

В узкую трубку из тугоплавкого стекла насыпать свежую алюминиевую стружку так, чтобы она заполнила весь зазор трубки. Заполнить прибор сухим хлороводородом или хлором. Пропускать хлороводород или хлор, осторожно нагревая алюминий (не до плавления!). Собирать продукт в U-образную трубку.

Трубку из тугоплавкого стекла и U-образную трубку можно заменить ретортой (см. получение хлорида железа).

По окончании реакции прибор охладить в токе хлороводорода или хлора. Продукт быстро поместить в предварительно взвешенную сухую пробирку, запаять и взвесить. Определить выход.

В трубку с остатками хлорида влить немного воды и каплю раствора нанести на индикаторную бумажку. Объяснить наблюдения.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого HCl.
2. Напишите реакцию получения HCl в этом узле.
3. Нарисуйте узел для получения сухого хлора.
4. Приведите не менее трех реакций получения хлора в лаборатории.
5. Почему нельзя нагревать алюминий, пока прибор не заполнен хлором или HCl?
6. Почему прибор нужно охлаждать в токе хлора или HCl?
7. Почему продукт надо хранить в запаянной ампуле?
8. Почему не рекомендуется нагревать алюминий до плавления?
9. Какую индикаторную бумагу целесообразно использовать?

Хлорид железа (III) ↑↑↷

К выходу узла для получения сухого хлора присоединить реторту (за горло), тубус которой заткнуть пробкой с длинной трубкой, направленной вертикально. В горло реторты поместить 0,5 г железа (проволоки или стружки, но не порошка!). Заполнить прибор хлором. Осторожно подогреть горло реторты, где лежит металл, затем, продолжая пропускать хлор, нагреть сильнее. При сильном раскаливании железа отставить горелку.

Реторту можно заменить трубкой из тугоплавкого стекла (см. получение хлорида алюминия).

По окончании реакции реторту охладить в токе хлора. Быстро отсоединить реторту и через горло удалить остаток непрореагировавшего железа с помощью магнита. Высыпать хлорид в предварительно взвешенную сухую пробирку, запаять и взвесить. Определить выход.

В реторту с остатками хлорида влить немного воды и каплю раствора нанести на индикаторную бумажку. Объяснить наблюдения. Экспериментально доказать чистоту продукта (отсутствие Fe^{2+}).

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого хлора.
2. Приведите не менее трех реакций получения хлора в лаборатории.
3. Почему нельзя нагревать железо, пока прибор не заполнен хлором?
4. Почему прибор нужно охлаждать в токе хлора?
5. Почему продукт надо хранить в запаянной ампуле?
6. Как доказать, какой из хлоридов железа образовался?
7. Как доказать отсутствие примеси другого хлорида железа в продукте?
8. Какую индикаторную бумагу целесообразно использовать?

Иодид свинца ↓↓

В горячий раствор 2,2 г KI в 5 мл воды влить тонкой струей при перемешивании раствор нитрата свинца (II) (2,5 г в 5 мл воды). Осадок несколько раз промыть водой, используя декантацию. Перекристаллизовать из горячей воды, подкисленной уксусной кислотой, при медленном охлаждении. Осадок отфильтровать на воронке Бюхнера, определить выход.

Задания

1. Рассчитайте молярные концентрации исходных растворов. Какова концентрация раствора иодида свинца в момент его получения? Сравните с растворимостью (0,068 г / 100 г воды при 20 °С).
2. Что такое декантация? Как ее осуществить?
3. Какой вид имеет осадок, полученный при перекристаллизации из горячей воды при быстром охлаждении? При медленном? Объясните.
4. Чем отличается вид осадков иодида свинца, выпадающих из подкисленного и неподкисленного растворов? Зачем раствор для перекристаллизации подкисляют?

Хлорид олова (IV) ↑↑↑↑

В пробирку Вюрца поместить гранулы олова (около 1 г), на выходе присоединить другую пробирку Вюрца. Изолировать выход прибора хлоркальциевой трубкой с CaCl_2 . Заполнить прибор сухим хлором. Пропускать сильный ток хлора, нагревая пробирку с оловом. Пробирку-приемник охлаждать.

По окончании реакции прибор охладить в токе хлора. Продукт поместить в предварительно взвешенную сухую пробирку, запаять и взвесить. Определить выход.

В пробирку Вюрца с остатками продукта влить немного воды, изучить продукты гидролиза. Доказать, какой из хлоридов олова образовался.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого хлора.
2. Приведите не менее трех реакций получения хлора в лаборатории.
3. Почему нельзя нагревать олово, пока прибор не заполнен хлором?
4. Почему прибор нужно охлаждать в токе хлора?
5. Почему продукт надо хранить в запаянной ампуле?
6. Как различаются условия получения дихлорида и тетрахлорида олова?
7. Как доказать, какой из хлоридов олова образовался?
8. Как доказать отсутствие примеси другого хлорида олова в продукте?

Иодиды олова (IV) и (II) ↑↑

А) В пробирку Вюрца поместить гранулы олова (около 1 г) и раствор иода в CCl_4 . Изолировать выход хлоркальциевой трубкой с CaCl_2 . Слегка нагреть пробирку. По окончании реакции слить раствор с непрореагировавшего олова, вылить в чашку Петри или накапать на предметное стекло и оставить под тягой до полного испарения растворителя.

Б) В пробирке к 20% раствору соляной кислоты добавить немного иодида калия и кусочки оловянной фольги. Прибавить небольшое количество иода и нагреть до кипения. Иод добавлять по мере расходования. По окончании реакции слить раствор с непрореагировавшего олова, вылить в чашку Петри или накапать на предметное стекло и оставить под тягой до полного испарения растворителя.

Задания

1. Почему выход пробирки Вюрца (п. А) изолируют от воздуха?
2. Почему раствор в чашке Петри или на предметном стекле помещают под тягу?
3. Как различаются условия получения диiodида и тетраiodида олова?
4. Как доказать, какой из иодидов олова образовался?
5. Как доказать отсутствие примеси другого иодида олова в продукте?

Трихлорид иода $\uparrow\downarrow$

Поместить раствор иода в CCl_4 в пробирку Вюрца, выход которой изолирован хлоркальциевой трубкой с CaCl_2 . Умеренно нагреть пробирку Вюрца. Прекратив нагревание, пропускать в пробирку Вюрца сухой хлор до полного окончания реакции. Трубка для пропускания газа должна быть при этом погружена в раствор. Осадок отфильтровать на воронке со стеклянным фильтрующим дном. Сразу поместить продукт во взвешенный бюкс или пробирку с пробкой, немедленно закрыть, взвесить, рассчитать выход.

Часть продукта растворить в воде и в щелочи.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого хлора.
2. Приведите не менее трех реакций получения хлора в лаборатории.
3. Как определить момент окончания реакции?
4. Почему продукт сразу переносят в бюкс или пробирку?
5. Почему продукт не запаивают в ампулу?
6. Как отличаются условия получения трихлорида иода и монохлорида иода?
7. Как отличить друг от друга трихлорид иода и монохлорид иода?
8. Что образуется при растворении трихлорида иода в воде? А в щелочи? Как это доказать?

🔥* III. Галогенаты калия**Бромат калия $\uparrow\downarrow*\downarrow$**

В 35 мл воды растворить 2,4 г бромида калия и небольшой избыток КОН (по сравнению с рассчитанным количеством). Насытить раствор хлором (следить, чтобы отверстие газоотводной трубки не забивалось!). Раствор охладить до 0°C , выпавшие кристаллы отфильтровать на воронке со стеклянным фильтрующим дном и высушить на воздухе. Определить выход.

Задания

1. Рассчитайте необходимую массу КОН.
2. Нарисуйте узел для получения хлора.
3. Напишите 2-3 реакции получения хлора в лаборатории.
4. Нарисуйте узел для насыщения раствора хлором.
5. Рассчитайте теоретический выход продукта, если растворимость бромата калия при 0°C $3,1 \text{ г}/100 \text{ г}$ воды. Растворимость соли считать независимой от растворимости других соединений.

6. Растворимость KCl при $0\text{ }^{\circ}C$ составляет $27,6\text{ г}/100\text{ г}$ воды. Требуется ли перекристаллизация? Если да, опишите методику перекристаллизации.

Иодат калия ↓★

Тонко растертый порошок $KMnO_4$ присыпать к горячему ($80\text{ }^{\circ}C$) раствору 3 г KI в 20 мл воды. Прокипятить, профильтровать через воронку для горячего фильтрования и охладить фильтрат до $0\text{ }^{\circ}C$. Выпавшие кристаллы отфильтровать, высушить и определить выход.

Задания

1. Рассчитайте необходимое количество перманганата калия.
2. Зачем раствор фильтруют на воронке для горячего фильтрования?
3. Рассчитайте теоретический выход, если растворимость иодата калия при $0\text{ }^{\circ}C$ $4,6\text{ г}/100\text{ г}$ воды. Растворимость соли считать независимой от растворимости других соединений.

Хлорат калия (способ 1) ↑↓↓↓

Налить в стакан 20 мл 50% свежеприготовленного раствора KOH . Насытить раствор хлором. Отфильтровать кристаллы на воронке со стеклянным фильтрующим дном.

Перекристаллизация. Взвесить полупродукт. Растворить его в кипящей воде. Профильтровать на воронке для горячего фильтрования в стакан с холодной водой, достаточной для растворения KCl , находящегося в горячем маточном растворе. Охладить фильтрат до комнатной температуры. Выпавшие кристаллы отфильтровать, высушить и определить выход.

Проверить чистоту продукта от ионов натрия и от хлорид-ионов.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения хлора.
2. Приведите не менее трех реакций получения хлора в лаборатории.
3. Нарисуйте узел для насыщения раствора хлором.
4. Рассчитайте, сколько KOH требуется для получения раствора.
5. Почему выпавшие кристаллы необходимо фильтровать именно на воронке со стеклянным фильтрующим дном?
6. Рассчитать массу хлората калия и хлорида калия в полупродукте.
7. Сколько нужно кипящей воды для растворения хлората калия? Растворимость при $90\text{ }^{\circ}C$ $47,7\text{ г}/100\text{ г}$ воды.
8. Сколько хлорида калия растворится в кипящей воде вместе с хлоратом калия? Растворимость хлорида калия при $90\text{ }^{\circ}C$ $54\text{ г}/100\text{ г}$ воды. Растворимость одной соли считать независимой от растворимости другой.
9. Сколько воды комнатной температуры необходимо для растворения этого количества KCl ? Растворимость при $20\text{ }^{\circ}C$ $34\text{ г}/100\text{ г}$ воды.

10. Рассчитать теоретический выход продукта, если растворимость хлората калия при 20 °С 7,4 г/100 г воды.

11. Как проверить чистоту продукта от ионов натрия и хлорид-ионов?

12. Откуда в продукт могут попасть ионы натрия? Почему важно, чтобы они не содержались в продукте?

Хлорат калия (способ 2) ↑↓⇕

Налить в стакан 20 мл раствора карбонатов натрия и калия в мольном отношении 5 : 1. Насытить раствор хлором при нагревании. Охладить до комнатной температуры, отфильтровать кристаллы на воронке со стеклянным фильтрующим дном.

Проверить чистоту продукта от ионов натрия и от хлорид-ионов. Если нужно, провести перекристаллизацию, как в способе 1. Определить выход.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения хлора.
2. Приведите не менее трех реакций получения хлора в лаборатории.
3. Нарисуйте узел для насыщения раствора хлором.
4. Рассчитайте, сколько Na_2CO_3 и K_2CO_3 требуется для получения раствора, содержащего максимальное количество реагентов. Растворимость Na_2CO_3 при 60 °С 46,4 г/100 г воды, K_2CO_3 45,5 г/100 г воды.
5. Почему Na_2CO_3 и K_2CO_3 берутся в отношении 5:1?
6. Сколько NaCl должно получиться? Сколько граммов NaCl выпадет в осадок вместе с хлоратом калия? (растворимость NaCl при 60 °С 37,3 г/100 г воды, при 20°С 36,0 г/100 г воды)?
7. Рассчитайте теоретический выход продукта, если растворимость хлората калия при 20 °С 7,4 г/100 г воды. Растворимость одной соли считать независимой от растворимости другой.
8. Как проверить чистоту продукта от ионов натрия и хлорид-ионов?
9. Откуда в продукт могут попасть ионы натрия? Почему важно, чтобы они не содержались в продукте?

◆* IV. Галогенидные комплексы

Гексахлороманганат (IV) калия *↓

Растереть 5 г KMnO_4 и внести при перемешивании в 50 мл конц. соляной кислоты, охлажденной смесью льда и поваренной соли (в отношении 3 : 1 по массе). Если необходимо, в реакционную смесь добавить KCl . Осадок быстро отфильтровать на воронке Бюхнера (использовать фильтр с мелкими порами) и высушить короткое время над CaO . Взвесить, рассчитать выход.

Часть продукта растворить в воде. Доказать, что находится в растворе.

Задания

1. В каком сосуде следует провести реакцию?
2. Рассчитайте, нужно ли дополнительное количество KCl; если да, то сколько?
3. Что образуется при растворении $K_2[MnCl_6]$ в воде? Как это можно доказать?

Получение тетрахлороиодата (III) калия (способ 1) ↓

К иодиду калия добавить смесь концентрированных растворов азотной и соляной кислот. Смесь нагреть до полного растворения продуктов реакции. После охлаждения раствора отфильтровать выпавшие кристаллы на воронке со стеклянным фильтрующим дном.

Часть кристаллов растворить в воде. Доказать присутствие образовавшихся продуктов.

Задания

1. В каком сосуде следует провести реакцию?
2. Рассчитайте, сколько реагентов необходимо на 2 г иодида калия.
3. Чем может быть загрязнен продукт? Как доказать присутствие или отсутствие примесей?
4. Что образуется при растворении продукта в воде? Как это доказать?

Получение тетрахлороиодата калия (III) (способ 2) ↑↓*↓

В реакционную пробирку поместить раствор 3 г иодида калия в 7 мл воды и 1-2 мл концентрированной соляной кислоты. Пропустить через раствор сильный ток хлора. Хлорирование продолжать до тех пор, пока весь выпавший первоначально иод не прореагирует с хлором. При необходимости перемешать осадок иода на дне пробирки стеклянной палочкой. Охладить раствор в бане со льдом. Выпавшие кристаллы отделить с помощью воронки со стеклянным фильтрующим дном. Высушить вещество в эксикаторе над серной кислотой.

Часть кристаллов растворить в воде. Доказать присутствие образовавшихся продуктов.

Задания

1. В какой пробирке целесообразно провести реакцию?
2. Чем может быть загрязнен продукт? Как доказать присутствие или отсутствие примесей?
3. Что образуется при растворении продукта в воде? Как это доказать?

Сера

☠ Техника безопасности

Сероводород – бесцветный, обладающий неприятным специфическим запахом (запахом тухлых яиц) ядовитый газ. При поджигании легко загорается. Происходит привыкание к запаху H_2S , поэтому можно отравиться им, не почувствовав опасного повышения его концентрации.

Первая помощь при отравлении: свежий воздух, покой, тепло, молоко с содой, вдыхание кислорода. При остром отравлении (затрудненное дыхание) следует немедленно вызвать скорую помощь и до ее прибытия делать пострадавшему искусственное дыхание.

Работать с сероводородом можно только под тягой. По возможности чаще проветривать помещение.

Растворы, содержащие сероводород, *запрещается* выливать в канализацию. Их следует выливать в специальные банки для слива сероводородных отходов.

Мыть посуду из-под растворов сероводорода следует так: колбу под тягой промыть раствором нитрата свинца, дихромата калия или перманганата калия (* *зачем?*), затем налить в нее воду до краев и вылить в раковину под тягой. Только после этого колбу можно вынести из-под тяги.

С оксидом серы (IV) работают только под тягой.

Концентрированная **серная кислота** смешивается с водой с выделением большого количества тепла. При попадании на кожные покровы вызывает сильные ожоги. Пары серной кислоты поражают слизистые оболочки.

Работать с концентрированной H_2SO_4 , особенно при нагревании, можно только под тягой и в очках.

При разбавлении концентрированной H_2SO_4 водой следует вливать кислоту в воду при постоянном перемешивании, но не наоборот! * *Почему?*

Концентрированную серную кислоту *запрещается* выливать в «банки для слива» под тягой. Ее следует предварительно разбавить и нейтрализовать.

При работе с растворами серной кислоты надо исключить попадание на одежду даже разбавленной кислоты, так как при высыхании она концентрируется и легко «прожигает» одежду.

Занятие 6. Демонстрационный эксперимент

☞ Различение газов

Цвет и запах выделяющегося газа свидетельствуют о его присутствии и обязательно должны быть отмечены в наблюдениях. Но сами по себе они не являются химическим доказательством наличия определенного газа.

Наличие газа должно подтверждаться не менее чем одним из следующих свойств:

1. Кислотно-основные свойства

Над газом следует подержать влажную индикаторную бумажку. По характеру реакции на индикатор газы можно разделить на 3 группы:

- дающие кислую реакцию по лакмусу (рН перехода 4,0-6,4);
- дающие щелочную реакцию по фенолфталеину (рН перехода 8,2-10,0) и лакмусу;
- индифферентные (нейтральные).

** Распределите по этим 3 группам газы: H_2 , O_2 , Cl_2 , HCl , H_2S , SO_2 , NO , NO_2 , NH_3 , PH_3 , CO , CO_2 , CH_4 . Вспомните, какой цвет имеет лакмус, метилоранж и универсальный индикатор РКС в разных средах.*

2. Окислительно-восстановительные свойства

Проба на окислитель: над газоотводной трубкой держат фильтровальную бумажку, смоченную раствором KI.

Проба на восстановитель: то же самое, но на бумажке подкисленный раствор $KMnO_4$.

** Какие газы из вышеперечисленных будут давать пробу на окислитель, какие – на восстановитель? Напишите уравнения реакций. Каковы наблюдаемые признаки этих реакций?*

3. Характерные реакции

Признаком образования водорода является хлопок при проверке на чистоту.

Присутствие кислорода доказывается вспыхиванием тлеющей лучинки.

О наличии сероводорода свидетельствует почернение бумажки, смоченной раствором соли свинца. ** Какие еще соли можно использовать для доказательства присутствия H_2S ?*

Углекислый газ (как и сернистый) дает при пропускании через раствор $Ca(OH)_2$ белый осадок, растворяющийся при дальнейшем пропускании газа.

В качестве доказательства выделения аммиака подносят к отверстию газоотводной трубки стеклянную палочку, смоченную конц. HCl . Появляется белый дым. Ту же реакцию (только палочка смачивается конц. раствором аммиака) используют для обнаружения HCl .

** Напишите соответствующие реакции.*

4. Растворимость

Вода растворяет многократно большие объемы хлороводорода и аммиака, чем ее собственный объем. ** Какова растворимость этих газов? Это свойство является основой для опыта «фонтан». Высокая растворимость также у SO_2 . * Какая?*

🔪 Опыты

1. Изменения серы при нагревании. Модификации серы

А) Поместить в пробирку кусочки серы (до трети или половины ее объема) и осторожно нагреть. ** Объясните все наблюдаемые изменения, выпишите температуры, при которых они происходят.*

Б) Кипящую серу вылить в кристаллизатор с водой. ** Чем полученная сера отличается от исходной – внешне и по внутреннему строению?*

В) В круглодонную цилиндрическую пробирку налить на 1/3 объема конц. H_2SO_4 и добавить столько серы, чтобы в расплаве образовался расплавленный шарик, не касающийся стенок пробирки. Нагреть до плавления серы. ** Будет ли сера реагировать с конц. H_2SO_4 ? Пробирку оставить охлаждаться на воздухе и наблюдать за кристаллизацией серы. * При какой примерно температуре происходит кристаллизация? Какая модификация образуется? Каковы плотности модификаций серы? Проверить, какая модификация получилась, при помощи жидкости с промежуточной плотностью (раствора BaI_2). * Опишите, как это сделать.*

*** Почему сера образует аллотропные модификации, а хлор – нет?*

Приготовление раствора BaI_2 (производится на предыдущем занятии!). Взять количество иодида бария, достаточное для приготовления 10 мл почти насыщенного раствора при комнатной температуре. ** Приблизительно рассчитайте нужную массу.* Растворить в горячей воде и оставить. После охлаждения отобрать в чистый сухой предварительно взвешенный бюкс 1 мл раствора и взвесить. Рассчитать плотность. ** Как это сделать? Если плотность больше требуемой (* какая плотность требуется для различения ромбической и моноклинной модификаций серы?), добавлять по каплям воду. Если плотность меньше, добавлять иодид бария.*

2. Получение и свойства сероводорода

А) Получить сероводород взаимодействием FeS с 20% раствором HCl .
* Какой прибор для этого нужен? От каких примесей следует очистить сероводород? Доказать, что выделяется сероводород. * Как это сделать?

Б) Поднести к выделяющемуся сероводороду бумажку, смоченную раствором KMnO_4 (подкисленным 1 М раствором H_2SO_4); иодной водой.

В) К выходу прибора для получения сероводорода поднести бумажки, смоченные растворами солей железа (II), кадмия, марганца (II), цинка, меди (II), висмута.

Г) К выходу прибора присоединить оттянутую на конце стеклянную трубку с медной спиралью внутри. Немного подождать (* зачем?) и поджечь выделяющийся сероводород. Внести в пламя холодную фарфоровую чашку (* зачем?).

** Какие химические свойства характерны для сероводорода?

3. Сульфиды металлов

К растворам тех солей, которые не прореагировали с сероводородом (см. опыт 2В), в пробирках прибавить по 1 мл раствора сульфида аммония.
* Какое отличие условий в опытах 2В и 3 приводит к изменению результата? Выпишите значения произведений растворимости сульфидов железа (II), кадмия, марганца (II), цинка, меди (II), висмута. Напишите уравнения диссоциации сероводорода в растворе, приведите константы этих процессов.

** Используя эти величины, объясните различия в условиях выпадения осадков сульфидов.

4. Получение сернистого газа и сернистой кислоты

А) В пробирку положить немного медных стружек и залить конц. H_2SO_4 . Нагреть. * Как доказать, что выделяется SO_2 ?

Б) Поместить 3 г сульфита натрия в небольшую колбу Вюрца. Из капельной воронки медленно прилить 3-4 мл 70% раствора H_2SO_4 . Осторожно нагреть. Пропустить выделяющийся газ через промывалку с дистиллированной водой. * Как это делается и для чего? Газ осушить (* чем и в каком узле?) и собрать в сухую банку. * Как это сделать?

** Какие процессы лежат в основе получения SO_2 в лаборатории?

5. Свойства сернистого газа и сернистой кислоты

А) Закрыть банку из опыта 4Б пробкой с трубкой, оттянутой внутрь, и проделать опыт «фонтан». * Каким индикатором целесообразно подкрасить воду?

Б) К выходу прибора для получения SO_2 поднести бумажки, смоченные раствором фуксина и раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, подкисленным 1 М раствором серной кислоты.

В) К сернистой кислоте (* в каком опыте она получена?) в пробирке прилить сероводородную воду (* в каком опыте она получена?).

** Какие физические и химические свойства характерны для сернистого газа?

6. Свойства серной кислоты

А) На листе бумаги сделать надпись разбавленным раствором H_2SO_4 . Бумагу осторожно просушить над пламенем горелки.

Б) В пробирку поместить гранулы цинка и 3-4 мл конц. H_2SO_4 . При необходимости нагреть. * Какой газ выделяется? Как это доказать?

* Сравните с опытом 4А. Вспомните, как происходит взаимодействие цинка с разбавленной серной кислотой (демонстрационный эксперимент по теме «Водород»). Реагирует ли медь с разбавленной серной кислотой и почему?

** Какие химические свойства характерны для серной кислоты? Как зависят продукты ее реакции с металлами от природы металла и от концентрации кислоты?

Занятие 7. Индивидуальная работа. Синтезы соединений серы

1: Перегонка

* Найдите на рис. 18: колбу для перегонки, термометр, аллонж, холодильник, приемник, хлоркальциевую трубку, дефлегматор. Для чего они нужны?

* Как должен быть направлен ток воды в холодильнике?

* Какой из приборов на рис. 18 следует применять для очистки жидкости от растворенных в ней твердых веществ? Для очистки жидкости от жидких примесей? Почему?

Не забывайте, что если Вы разгоняете несколько жидкостей, то **фракции** (порции жидкости с разными температурами кипения) надо собирать в разные приемники.

Перегонка должна быть закончена, когда в перегонной колбе остается 2-3 мл жидкости.

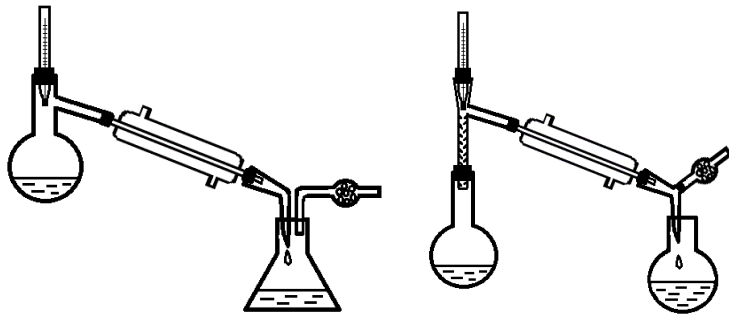


Рис. 18. Приборы для перегонки

2: Нагревание и охлаждение колб

Приемы нагревания. Для равномерного распределения тепла при нагревании колб применяют асбестовые сетки, которые помещаются на кольцо, закрепленное в штативе. Между сеткой и колбой должен быть небольшой (несколько миллиметров) зазор. * *Зачем?*

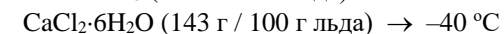
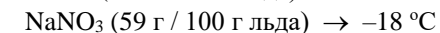
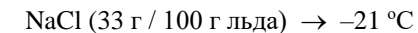
Для осторожного нагревания до небольших температур используют водяные бани. Если требуется высокая температура (200-300°С), применяют песчаную баню. Она представляет собой сковороду или железный противень с тонким слоем чистого сухого песка, который греют горелкой или плиткой. Дно колбы нужно аккуратно погрузить в песок.

Если в колбе находятся легковоспламеняющиеся вещества, рядом не должно быть открытого огня. В таких случаях нагревание проводят на электроплитке.

Приемы охлаждения. Для охлаждения колбы с помощью холодной воды воду наливают в водяную баню или кристаллизатор и погружают туда дно колбы.

Если применяется снег (а также лед или охлаждающие смеси), колба должна находиться в углублении в снегу, который должен закрывать не только дно, но и стенки колбы до верхней границы находящегося в ней вещества. Колба будет охлаждаться лучше, если снег (лед, охлаждающая смесь) смочены водой. * *Почему?*

Предназначенный для охлаждения лед следует колоть как можно мельче. Готовя охлаждающие смеси, тщательно перемешивайте компоненты. В практикуме можно использовать смеси на основе льда и солей:



Температуры смесей даны для точного массового соотношения и идеального смешения компонентов; при приготовлении «на глазок» делайте поправку: скорее всего, температура смеси будет выше. Для контроля можно использовать термометр со шкалой для низких температур.

❖ I. Сульфиды

Аморфный сульфид сурьмы (III) ↑↓

Растворить 7,5 г трихлорида сурьмы в минимальном количестве концентрированной HCl и разбавить раствор водой до объема 150 мл. Полученный раствор нагреть до 40-50°С и насытить его сероводородом. Осадок отфильтровать на воронке Бюхнера и высушить. Определить выход.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сероводорода.
2. Приведите реакцию получения сероводорода в этом узле.
3. Нарисуйте узел для насыщения раствора сероводородом.
4. Почему реакция идет, хотя соляная кислота сильнее сероводородной?
5. Почему трихлорид сурьмы растворяют не в воде, а в соляной кислоте?
6. Чем должны различаться условия получения кристаллического и аморфного сульфида сурьмы (III)?

Кристаллический сульфид кадмия ↓*

Растворить 5 г сульфата кадмия в избытке концентрированного NH_3 . На холоду добавить тиомочевину. Затем нагреть до кипения и кипятить 1-2 мин. Охладить до комнатной температуры, осадок отфильтровать. Если осадок не выпадает, снова прокипятить. Осадок высушить, определить выход.

Задания

1. Рассчитайте приблизительный объем раствора аммиака, требуемый для растворения.
2. Почему сульфат кадмия растворяют в растворе аммиака, но не в воде?
3. Рассчитайте необходимую массу тиомочевины.
4. Чем должны различаться условия получения кристаллического и аморфного сульфида кадмия?

Кристаллический сульфид свинца ↓*

Растворить 5 г нитрата свинца (II) в воде и прикапать к избытку 10% раствора NaOH . На холоду добавить тиомочевину. Затем нагреть до кипения и кипятить 1-2 мин. Охладить до комнатной температуры, осадок отфильтровать. Если осадок не выпадает, снова прокипятить. Осадок высушить, определить выход.

Задания

1. Рассчитайте приблизительный объем раствора щелочи, требуемый для растворения.
2. Почему нитрат свинца растворяют в растворе щелочи, но не в воде?
3. Рассчитайте необходимую массу тиомочевины.
4. Чем должны различаться условия получения кристаллического и аморфного нитрата свинца?

◆* II. Соединения серы и хлора**Хлориды серы ⇕↑***

Расплавить в реторте 1 г серы и, поворачивая реторту, покрыть внутренние стенки тонким слоем серы. Горло реторты опустить во взвешенную колбочку, охлаждаемую снегом; зазор между горлом реторты и горлом колбочки заткнуть ватой.

Слегка обогреть горелкой реторту, пропустить в тубус умеренный ток сухого хлора.

Закрывать колбочку-приемник взвешенной пробкой, взвесить, определить выход.

Влить немного полученной жидкости в воду.

Пробирку с полученной жидкостью поставить в стакан со льдом и пропустить через нее сильный ток сухого хлора.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого хлора.
2. Приведите минимум две реакции получения хлора в этом узле.
3. Почему зазор между горлом реторты и горлом колбочки нельзя закрыть наглухо?
4. Что представляет собой жидкость, собирающаяся в колбочке?
5. Что получается при ее растворении в воде?
6. Что получается при пропускании в эту жидкость сильного тока хлора?

Хлорид тионила *↑↓♠

Собрать прибор для перегонки, используя в качестве перегонной колбы колбу Кляйзена (рис. 19); в отверстие *a* вставить термометр, к отверстию *б* присоединить холодильник. Поместить в колбу 5 г пентахлорида фосфора. Включить холодильник. Приемник охлаждать снегом. Пропустить в отверстие *в* с помощью газоподводящей трубки ток тщательно высушенного сернистого газа.

Если реакция замедлится, колбу слегка подогреть, осторожно встряхивая ее, пока весь PCl_5 не прореагирует.

Нагревая колбу на плитке, собрать в приемник фракцию, кипящую при 80-85 °С. Определить выход.

Несколько капель продукта растворить в воде. Доказать, какие продукты получились.

Запаять продукт в ампулу.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого SO_2 .
2. Приведите не менее двух реакций получения SO_2 .
3. Почему SO_2 должен быть сухим?
4. Нарисуйте прибор для перегонки.
5. Чем загрязнен получающийся хлорид тионила?

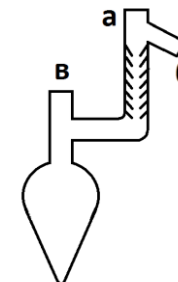


Рис. 19. Колба Кляйзена

6. Что получается при растворении хлорида тионила в воде? Как это доказать экспериментально?

❖* III. Соединения с кислородсодержащими анионами серы

Серная кислота (нитрозный способ) ↑↑

Большую колбу закрыть пробкой с тремя отверстиями (или использовать трехгорлую колбу). В одно из них вставить газоотводную трубку прибора для получения SO_2 (из сульфита натрия и 70 % раствора серной кислоты), в другое – газоотводную трубку прибора для получения NO_2 (из медных стружек и концентрированной азотной кислоты). В третье отверстие вставить стеклянную трубочку.

Приливать азотную кислоту к медным стружкам по каплям. Как только большая колба заполнится парами оксида азота (IV), начать прикапывать серную кислоту к сульфиту натрия.

С помощью резиновой груши прилить через стеклянную трубочку в колбу 2-3 мл воды и ополоснуть стенки.

Открыть пробку. Прилить еще 2-3 мл воды, вновь ополоснуть колбу и вылить жидкость в стакан. Доказать, что это раствор серной кислоты.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения SO_2 .
2. Нарисуйте узел для получения NO_2 .
3. Как определить, что колба заполнена оксидом азота (IV)?
4. Что оседает на стенках большой колбы, когда в нее поступает SO_2 ?

Как при этом изменяется окраска газа в колбе и почему?

5. Как доказать, что получается раствор серной кислоты?

6. Какие примеси содержит нитрозная серная кислота, как определить их присутствие?

Тиосульфат натрия ↓↑*

Проверка сульфита натрия на чистоту: Растворить сульфит, налить равные объемы раствора в 2 пробирки. В каждую добавить избыток раствора хлорида бария, и в одну из них – концентрированную соляную кислоту. Сравнить объемы осадков и примерно оценить долю сульфита натрия в веществе.

Смочить спиртом двукратный (по отношению к сульфиту) избыток серы, перенести в 20 мл воды. Добавить немного препарата сульфита натрия и кипятить раствор. Препарат добавлять по частям по мере протекания реакции, объем раствора поддерживать постоянным.

Горячий раствор отфильтровать и упарить на водяной бане наполовину. Охладить до 0 °С, помешивая стеклянной палочкой. Отфильтровать кристаллы на воронке Бюхнера. Определить выход. Доказать, что это тиосульфат.

Задания

1. Чем может быть загрязнен сульфит натрия?
2. Как будут соотноситься объемы осадков при проверке на чистоту, если сульфит загрязнен, и почему?
3. Оцените, сколько препарата сульфита натрия понадобится для реакции с учетом степени его чистоты, если чистого сульфита натрия требуется 4 г.
4. Рассчитайте требуемую массу серы.
5. Почему сера берется в избытке?
6. Для чего серу смачивают спиртом?
7. Как поддерживать объем раствора постоянным?
8. Почему сульфит натрия добавляют частями?
9. Как определить момент окончания реакции?
10. Для чего раствор после реакции фильтруют?
11. Почему при охлаждении раствор надо помешивать?
12. Как доказать экспериментально присутствие тиосульфата?

Азот, фосфор

☠ Техника безопасности

Аммиак оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки. При остром отравлении аммиаком наблюдается поражение глаз, дыхательных путей, одышка, приступы удушья. В тяжелых случаях возможно воспаление легких. Средствами первой помощи являются свежий воздух, вдыхание водяных паров, обильное промывание глаз водой. Все работы, связанные с применением аммиака, следует проводить под тягой.

Оксиды азота раздражающе действуют на дыхательные пути. Отравляющее действие оксидов может проявляться не сразу, а через некоторое время после их вдыхания. Следствием отравления могут быть воспаление или отек легких. С оксидами азота можно работать только под тягой.

Азотная кислота является сильным окислителем: органические вещества при взаимодействии с концентрированным раствором HNO_3 могут воспламеняться или взрываться. Хлопчатобумажная ткань, пропитанная азотной кислотой, может воспламениться. Пролитую азотную кислоту нельзя вытирать тряпками, бумагой. Ее следует сначала нейтрализовать содой.

Пары азотной кислоты раздражающе действуют на дыхательные пути. Концентрированная азотная кислота, попадая на кожу, может вызвать тяжелые ожоги. При легких ожогах кожа желтеет (протекает ксантопротеиновая реакция – взаимодействие белка с азотной кислотой). Все эксперименты с концентрированной HNO_3 проводят в очках (масках) и под тягой, в резиновых перчатках.

Неотложная помощь при ожогах азотной кислотой: после быстрого промывания пораженного места водой его следует обработать 2-3% раствором гидрокарбоната натрия, после чего наложить на промытую рану синтомициновую эмульсию.

Занятие 8.

Демонстрационный эксперимент

☞ Определение рН

Для определения рН часто используют специальные приборы – **рН-метры**. Стекланный электрод рН-метра представляет собой концентрационный элемент. * *Вспомните, что это такое.* С электродом нужно обращаться бережно, после каждого использования промывать его дистиллированной водой и аккуратно промокать фильтровальной бумагой для удаления остатков жидкости. Приборы удобно использовать для рН-метрического титрования. Включать рН-метр следует в присутствии преподавателя.

Для приближенного экспресс-определения рН применяют **универсальный индикатор**. Он имеет цветовую шкалу, где каждому цвету соответствует приблизительное значение рН. В практикуме Вы будете использовать бумажный универсальный индикатор РКС.

Не следует опускать в пробирки полоски индикатора! Отрежьте примерно 1/3 полоски, нанесите на нее стеклянной палочкой каплю исследуемого раствора и подождите немного, пока капля растечется (это особенно важно для растворов с окрашенным осадком – * *почему?*). Затем сравните цвет со шкалой.

☞ Опыты по теме «Азот»

1. Получение и свойства аммиака

А) Приготовить смесь эквимольных количеств хлорида аммония (* *почему не нитрата или сульфата?*) и гидроксида кальция (* *почему не калия или натрия?*), перенести в пробирку, закрепленную в штативе горизонтально с небольшим наклоном к отверстию (* *зачем?*), и закрыть пробкой с газоотводной трубкой. Нагреть пробирку и доказать, что выделяется аммиак. * *Как это сделать?*

Б) Собрать аммиак, полученный в опыте А, в сухую толстостенную банку и проделать опыт «фонтан». * *Каким индикатором целесообразно подкрасить воду? Какова растворимость аммиака в воде?*

В) Влить в большую колбу 10-15 мл конц. раствора аммиака, тщательно смочить стенки и вылить в стаканчик. Сильно нагреть в железной ложечке оксид хрома (III) и небольшими порциями сбрасывать в колбу. * *Какую роль играет оксид хрома?*

Г) В одну пробирку налить 4-5 капель иодной воды, в другую – раствора KMnO_4 . В каждую пробирку добавить по 4-5 капель конц. раствора аммиака (используйте аммиак из опыта В).

*** Какие свойства характерны для аммиака?*

2. Соли аммония

А) Поместить в пробирку, наклонно укрепленную в лапке штатива, несколько кристалликов хлорида аммония. Нагреть небольшим пламенем горелки только ту часть пробирки, где находится соль. ** Почему в данном опыте нельзя прогревать всю пробирку?*

Б) Нагреть в пробирке сульфат аммония. Поднести к отверстию пробирки влажную индикаторную бумагу РКС и бумажку, смоченную подкисленным раствором KMnO_4 (сразу после начала нагревания и через 1-2 минуты). ** Чем обусловлено различие Ваших наблюдений?*

В) *Опыт проводится под тягой!* На большой лист бумаги положить кусочек листового асбеста и насыпать на него горкой немного дихромата аммония. Поджечь соль длинной лучинкой.

Г) Сильно нагреть маленькую полоску листовой меди, держа ее тигельными щипцами. Охладить полоску. ** Как меняется цвет и почему?* Снова нагреть до красного каления. Насыпать на горячую полоску немного хлорида аммония и дать остыть. Вымыть полоску. ** На чем основано применение хлорида аммония при пайке металлов?*

*** Какие химические свойства проявляют соли аммония?*

3. Оксиды азота (II) и (IV)

В пробирку или колбу Вюрца поместить нитрит калия и прилить 20% раствор HCl или H_2SO_4 . Выделяющийся газ пропустить через промывалку с 1 М раствором NaOH (** зачем?*) и собрать в маленькую пробирку под водой. Открыть пробирку на воздухе. ** На каком фоне лучше проводить это наблюдение?* Отсоединить промывалку со щелочью и пропустить выделяющуюся смесь газов через охлажденную воду. ** Какой узел для этого требуется? Что образуется в растворе и как это доказать?*

** Какими еще способами можно получить оксиды азота?*

*** На основании каких свойств оксиды азота можно отделить друг от друга? Всегда ли это практически осуществимо?*

4. Свойства азотистой кислоты

Испытать действие азотистой кислоты, полученной в опыте 3 (** где она находится?*) на растворы иодида калия и перманганата калия, подкисленные разбавленной серной кислотой. ** Почему азотистую кислоту нельзя взять у лаборанта?*

*** Какие свойства характерны для азотистой кислоты?*

5. Свойства азотной кислоты

А) Испытать действие концентрированного (68%) и разбавленного (20%) растворов азотной кислоты на железо. * *Какие газы выделяются? На каком основании можно сделать это заключение? Проверить, какие ионы присутствуют в растворе. * Как это сделать?*

Б) Испытать действие 20 % раствора азотной кислоты на марганец. * *Какой газ выделяется? На каком основании можно сделать это заключение?*

В) Испытать действие 20-30 % раствора азотной кислоты на никель. Добавить к полученному раствору концентрированный раствор гидроксида натрия. * *Какие свойства никеля определяют отличие наблюдений от пунктов А и Б?*

Г) Капнуть конц. HNO_3 на яичный белок. * *Почему подобное явление наблюдается при попадании конц. HNO_3 на кожу?*

*** Какие свойства характерны для азотной кислоты?*

6. Свойства нитратов

А) Укрепить вертикально в лапке штатива пробирку, расплавить в ней 0,5 г нитрата калия. Прекратить нагревание и внести в пробирку тлеющую лучинку, осторожно коснувшись ей расплава.

Б) Несколько кристалликов $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ поместить в пробирку, закрепить ее в лапке штатива горизонтально с небольшим наклоном к отверстию и сильно нагреть пламенем горелки. * *Какие газы выделяются? Что остается в пробирке? Как это доказать?*

*** Какие свойства характерны для нитратов?*

7. Получение фиолетовой кислоты

Налить в пробирку столько концентрированной H_2SO_4 , чтобы она заняла половину объема, добавить 0,5 г просушенного нитрита натрия и погрузить в кислоту вертикально узкую полоску меди.

** С чем может быть связано наблюдающееся окрашивание?*

☞ **Опыты по теме «Фосфор»**

1. Фосфорные кислоты

А) Небольшое количество оксида фосфора (V) внести в фарфоровую чашку с дистиллированной водой. Определить pH полученного раствора.

Б) Добавить к части раствора ацетат натрия (** для чего?*). Половиной полученного раствора подействовать на сырой яичный белок. К другой половине добавить раствор нитрата серебра. Проверить растворимость осадка в 1 М растворе HNO_3 .

В) К оставшемуся раствору из опыта А добавить в пробирке несколько капель 1 М раствора H_2SO_4 и прокипятить. После охлаждения проделать опыты, аналогичные описанным в пункте Б.

** Чем отличаются результаты опытов Б и В?*

*** В чем причина этого отличия?*

2. Ортофосфаты

А) В три пробирки поместить немного твердых фосфата, гидрофосфата и дигидрофосфата натрия и налить в каждую по 5 мл дистиллированной воды. Определить pH. ** Как он различается и почему? Обоснуйте с помощью констант протекающих процессов.*

Б) Налить в три пробирки примерно по 1 мл полученных в опыте А растворов и добавить к ним такой же объем раствора хлорида кальция. ** В каких пробирках выпадает осадок? Измерить pH. * О чем свидетельствуют его значения? Какие именно осадки выпадают? Испытать отношение осадков к 1 М раствору уксусной кислоты.*

*** Какие свойства проявляют ортофосфаты в зависимости от характера аниона? От характера катиона?*

Занятие 9. Индивидуальная работа. Синтезы соединений азота и фосфора

☛* I. Оксиды и кислоты азота

Азотистый ангидрид (способ 1) *↑∪

В небольшую колбу или пробирку Вюрца поместить 3-4 г крахмала и снабдить ее капельной воронкой с 10 мл концентрированного раствора HNO_3 . Присоединить к колбе две U-образные трубки, в первую из которых поместить осушитель, а вторую погрузить в охлаждающую смесь.

Приливать по каплям азотную кислоту к крахмалу. Если реакция не идет, осторожно нагреть колбу.

Вылить часть жидкого азотистого ангидрида в стакан с ледяной водой. Доказать, какие ионы присутствуют в растворе.

Задания

1. Для чего нужен крахмал?
2. Что следует использовать в качестве осушителя?
3. Какую охлаждающую смесь следует использовать?
4. Где собирается продукт?
5. Чем отличается состав газа от состава жидкого продукта?
6. Что получается при выливании продукта в холодную и горячую воду? Как это доказать?

Азотистый ангидрид (способ 2) *

К холодному концентрированному раствору нитрита натрия прибавлять по каплям 5 М раствор серной кислоты. Наблюдать происходящие изменения.

Задания

1. Почему раствор нитрита натрия нужно охлаждать?
2. Чем следует охлаждать раствор нитрита натрия?
3. Почему используют серную кислоту именно такой концентрации (не концентрированную и не разбавленную)?

Оксид азота (IV) *↑∪

Поместить в пробирку 5-7 г нитрата свинца, смешанного с чистым песком в объемном соотношении 1:1. Закрывать пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Соединить ее с двумя U-образными трубками, в первую из которых поместить осушитель, а вторую погрузить в охлаждающую смесь.

Нагреть пробирку с нитратом свинца.

Часть жидкого оксида азота вылить в ледяную воду. Проверить, какие ионы находятся в растворе.

Задания

1. Что следует использовать в качестве осушителя?
2. Какую охлаждающую смесь следует использовать?
3. Где собирается продукт?
4. Чем отличается состав газа от состава жидкого продукта?
5. Что образуется при взаимодействии оксида азота (IV) с холодной и горячей водой? Как это проверить?
6. Для чего к нитрату свинца добавляют песок?

«Дымящая» азотная кислота *↑∩

В реторту поместить 15 г нитрата натрия и прилить через воронку, вставленную в тубус, столько концентрированной H_2SO_4 , чтобы она покрыла соль. Закрывать тубус асбестовой пробкой и опустить горло реторты в сухой приемник, охлаждаемый снегом. Осторожно нагреть реторту.

Перелить отогнанную азотную кислоту во взвешенную колбочку с пробкой и определить выход.

Налить немного полученной кислоты в фарфоровую чашечку и бросить в нее кусочек раскаленного угля.

Задания

1. Почему тубус нельзя закрывать резиновой пробкой?
2. Почему берут кристаллический нитрат натрия и концентрированный раствор серной кислоты, а не разбавленные растворы этих веществ?
3. Почему реакцию проводят при слабом нагревании?
4. Почему полученная кислота может быть окрашена?
5. Какие еще свойства «дымящей» азотной кислоты Вы могли бы продемонстрировать? Напишите 2-3 реакции.

●* II. Соединения с катионом нитрозила

Нитрозилгидросульфат (нитрозилсерная кислота) ↑↓

Пропустить смесь осушенных оксидов азота (II) и (IV) в стакан с концентрированной серной кислотой. Наблюдать происходящие изменения.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения смеси осушенных оксидов азота.
2. Напишите уравнение реакции получения смеси оксидов азота.
3. Нарисуйте узел для пропуска оксидов азота в серную кислоту.

Нитрозилпиросульфат ↑*↓↪

Пропустить ток сухого SO_2 в разборную ловушку с жидким N_2O_4 . Наблюдать происходящие изменения.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого SO_2 .
2. Напишите не менее двух уравнений реакций получения SO_2 .
3. Что используется в качестве охлаждающей смеси для сжижения оксида азота (IV)?
4. Нарисуйте узел для получения сухого оксида азота (IV).
5. Напишите уравнение реакции получения оксида азота (IV).

Нитрозилхлорид ↑*↪

В пробирке Вюрца к твердому нитриту натрия прилить POCl_3 , сразу закрыть пробкой и слегка нагреть. Пропустить образующийся газ через охлаждаемую пробирку Вюрца, имеющую на выходе хлоркальциевую трубку с осушителем. Наблюдать происходящие изменения.

Часть продукта вылить в стакан с холодной водой. Определить, какие ионы присутствуют в стакане.

Задания

1. Что следует использовать в качестве осушителя?
2. Чем охлаждать вторую пробирку Вюрца?
3. Что происходит при реакции продукта с водой? Как определить, какие ионы находятся в растворе?

$(\text{NO})_2[\text{SnCl}_6]$ и аналогичные соединения ↑↓↪

Налить в пробирку Вюрца столько раствора тетрахлорида олова (хлорида алюминия, трихлорида железа, пентахлорида фосфора) в CCl_4 , чтобы подводящая газ трубка немного не доходила до поверхности раствора. Выходное отверстие изолировать хлоркальциевой трубкой с осушителем. Пропустить через пробирку Вюрца сухой NOCl . Наблюдать происходящие изменения.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения сухого NOCl .
2. Напишите уравнение реакции получения NOCl .
3. Что следует использовать в качестве осушителя?
4. Раствор SnCl_4 в CCl_4 готовят, смешивая равные объемы компонентов. Рассчитайте молярную концентрацию раствора.
5. Рассчитайте массу AlCl_3 (FeCl_3 , PCl_5), необходимую для приготовления раствора той же молярной концентрации, что и в пункте 4, исходя из 3 мл CCl_4 .

❖* III. Соединения фосфора с хлором

Трихлорид фосфора ↑↓

В колбу Клайзена поместить 0,5 г очищенного сухого красного фосфора и 5 г пентахлорида фосфора. Присоединить холодильник и приемник, изолировать от влаги воздуха хлоркальциевой трубкой. Продуть систему CO_2 . Нагреть колбу. Продукт перелить во взвешенную оттянутую пробирку и запаять. Определить выход.

Растворить в воде немного продукта и пентахлорида фосфора. Доказать, какие ионы присутствуют в растворах.

Задания

1. Нарисуйте прибор.
2. Чем может быть загрязнен продукт?
3. Как «на глазок» оценить чистоту продукта?
4. Почему нельзя допускать в прибор влагу воздуха?
5. Что получается при растворении PCl_3 и PCl_5 в воде? Как это доказать?

Оксохлорид фосфора (V) POCl_3 ↑↓

В перегонную колбу с дефлегматором поместить 5 г пентахлорида фосфора и оксид фосфора (V). Присоединить холодильник с приемником, изолировать от влаги воздуха хлоркальциевой трубкой. Нагреть колбу. Продукт перелить во взвешенную оттянутую пробирку и запаять. Определить выход.

Растворить в воде немного продукта. Доказать, какие ионы присутствуют в растворе.

Задания

1. Нарисуйте прибор.
2. Почему нельзя допускать в прибор влагу воздуха?
3. Что получается при растворении POCl_3 в воде? Как это доказать?

Углерод, кремний

⌘ Аппарат Киппа

Аппарат Киппа (рис. 20) предназначен для получения газов реакцией жидкости с твердым веществом. Его принципиальное отличие от колбы или пробирки Вюрца в том, что это прибор периодического действия (реакцию можно в любой момент остановить, а затем продолжить).

Аппарат Киппа работает по принципу сообщающихся сосудов. Твердое вещество (* *какие твердые вещества применяют для получения газов в аппарате Киппа?*) помещается в шар 1. Через шаровую воронку 2 с трубкой, доходящей почти до дна прибора, наливается кислота. * *Какие кислоты используют?* При закрытом кране 3 лишь часть жидкости проходит в нижний полушар 4, сжимая находящийся там воздух, а часть остается в шаре воронки.

Когда кран 3 открывают, воздух выходит, и жидкость свободно выливается, заполняя нижний полушар и проникая в шар 1. Происходит контакт жидкости с твердым реагентом, выделяется газ, который устремляется наружу через газоотводную трубку с краном 3. Поток газа регулируется краном.

Когда кран 3 закрывают, газ продолжает выделяться еще некоторое время. Он заполняет шар 1 и вытесняет жидкость в нижний полушар 4 и воронку 2. Реакция останавливается.

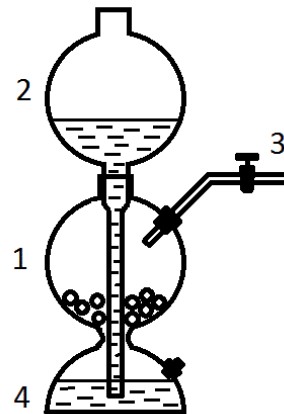


Рис. 20. Аппарат Киппа

Занятие 10.

Демонстрационный эксперимент

На предыдущих занятиях Вы учились делать выводы из экспериментов согласно предложенным вопросам под двумя звездочками. Начиная с этого занятия, Вам предстоит делать выводы самостоятельно. Ставя какой-либо опыт, хорошенько подумайте, о чем он может Вам сказать, для чего Вы его проделываете.

⌘ опыты по теме «Углерод»:

1. Свойства углерода

А) В сухой пробирке слегка нагреть несколько кристалликов нитрата свинца. * *Что получается при их термическом разложении? Для чего оно*

проводится? Какие вещества, кроме нитрата свинца, можно было бы использовать для этого? Прекратить нагревание и внести в пробирку несколько кусочков угля. Закрывать пробкой и встряхнуть. * Как называется и за счет чего происходит наблюдающееся явление?

Б) Поместить в пробирку смесь 1 г CuO и 0,25 г угольного порошка, закрыть пробкой с газоотводной трубкой и опустить трубку в пробирку с раствором гидроксида кальция. * Для чего он нужен? Осторожно нагреть пробирку, затем сильно прокалить. Наблюдать происходящие изменения.

2. Оксид углерода (II) (опыт проводить под тягой!)

А) В небольшую колбочку налить 5 мл концентрированной муравьиной кислоты и 15 мл концентрированной серной кислоты, нагреть примерно до 60 °С. Пропустить выделяющийся газ через трубку с оксидом меди, затем через U-образную трубку с раствором гидроксида кальция (* для чего он нужен?), и поджечь на выходе. * Как это сделать? Какой узел должен стоять на выходе? Нагреть оксид меди.

Б) К щавелевой кислоте в пробирке добавить концентрированную серную кислоту и нагреть. * Как определить состав выделяющегося газообразного продукта?

3. Оксид углерода (IV)

А) Получить CO_2 в аппарате Киппа. * Какие реагенты для этого потребуются?

Б) Наполнить большой стакан CO_2 (* как это сделать?), опустить в него горящую лучину. Аккуратно перелить CO_2 в маленький стакан, проверить его наличие с помощью горячей лучины.

В) Пропустить CO_2 в пробирку с водой, подкрашенной лакмусом.

Г) Пропустить CO_2 в раствор гидроксида кальция. После выпадения осадка продолжить пропускание газа до растворения осадка. * Какой еще газ ведет себя так же?

4. Оксалаты

А) Нагреть оксалат кальция или бария в пробирке. Определить состав продукта. * Как это сделать?

Б) Получить осадок оксалата меди. * Какие растворы надо взять для этого? Отфильтровать осадок, высушить и прокалить. Определить состав продукта. * Как это сделать?

5. Карбонаты

А) Определить pH свежеприготовленных растворов гидрокарбоната и карбоната натрия. * Как он отличается и почему? Приведите уравнения гидролиза, рассчитайте константы этих процессов.

Б) Нагреть в сухих пробирках примерно по 0,5 г твердых гидрокарбоната натрия, карбоната аммония и основного карбоната меди.

☞ **Опыты по теме «Кремний»**

1. Получение кремния (*опыт проводить под тягой, в очках или маске, в присутствии преподавателя!*)

В пробирку, закрепленную наклонно в лапке штатива над листом асбеста, поместить смесь чистого кварцевого песка с удвоенным объемом порошка магния (всего 0,2-0,3 г). Слабо нагреть пробирку пламенем горелки, потом сильно накаливать ее дно.

По окончании реакции (** как установить, что она закончилась?*) пробирку охладить и разбить. Полученную массу осторожно всыпать в стакан с 10 мл 20 % раствора HCl.

Отфильтровать коричневое вещество.

2. Свойства кремния

А) Поместить в пробирку немного кремния и прилить концентрированной H₂SO₄. ** В каких кислотах можно растворить кремний?*

Б) Поместить в пробирку немного кремния, прилить 2-3 мл 20 % раствора NaOH и закрыть пробкой с газоотводной трубкой, оттянутой вверх. Нагреть пробирку в стакане с горячей водой. ** Какой газ выделяется? Как это доказать? Что образуется в растворе? Как это доказать?*

3. Силикаты

А) Определить pH раствора силиката натрия. ** Чем объясняется его значение? Рассчитайте константу соответствующего процесса.*

Б) Налить в пробирку небольшое количество раствора силиката натрия (силикатный клей). Пропустить в раствор углекислый газ. ** Как его получить?*

В) Налить в стаканчик объемом 50 мл раствор силиката натрия (клей) примерно до половины, чуть подкислить HCl и добавить по 2-3 кристаллика солей Ni (II), Cu (II), Mn (II), Cd (II), Fe (III). Оставить опыт до следующего занятия.

Металлы

Занятие 11.

Демонстрационный эксперимент по теме «s- и p-металлы»

☞ Окрашивание пламени солями металлов

Соли некоторых элементов-металлов (* *каких?*) при внесении в пламя окрашивают его. Это свойство можно использовать в качественном анализе для обнаружения катионов этих элементов в исследуемом образце.

Для проведения эксперимента требуется нихромовая проволока. Ее следует промыть в концентрированной HCl и прокалить в пламени горелки. Если пламя при внесении проволоки окрашено, повторить обработку HCl.

Погрузить проволоку в раствор исследуемой соли и внести в пламя. Отметить окраску. После каждого опыта промывать и прокалывать проволоку до исчезновения окраски пламени.

☞ Опыты по теме «Металлы I и II групп»

1. Окрашивание пламени

Проделать опыт по окрашиванию пламени хлоридами щелочных и щелочноземельных металлов. * *Почему берут хлориды, а не другие соли?*

2. Горение магния на воздухе

Кусочек ленты магния взять тигельными щипцами и сжечь над фарфоровой чашкой. Доказать, что представляет собой продукт. * *Как это сделать?*

3. Взаимодействие магния с водой и кислотами

А) Налить в пробирку немного воды, добавить фенолфталеин и всыпать немного порошка магния. При необходимости нагреть пробирку. * *Вспомните, как кальций взаимодействует с водой.*

Б) Налить в одну пробирку 1 мл концентрированной HCl, а во вторую – 1 мл концентрированной HNO₃. Поместить в каждую пробирку по кусочку ленты магния. * *Какие продукты образуются? Как это можно доказать?*

🔪 Опыты по теме «Алюминий»

1. Взаимодействие алюминия с кислотами и щелочами

Изучить в пробирках взаимодействие гранул алюминия с растворами:

	на холоду	при нагревании
1 М HCl		
конц. HCl		
1 М HNO ₃		
конц. HNO ₃		
1 М H ₂ SO ₄		
конц. H ₂ SO ₄		

Наблюдения оформить в виде таблицы.

* *Вспомните, как алюминий реагирует с NaOH.*

2. Гидроксид алюминия

Получить гидроксид алюминия в трех пробирках прикапыванием 1 М раствора аммиака к 1 мл раствора соли алюминия. Подействовать на гидроксид в первой пробирке избытком раствора аммиака, во второй – раствором HCl, в третьей – раствором NaOH. В раствор, полученный в третьей пробирке (* что представляет собой этот раствор?), пропустить CO₂.
* Как и в каком приборе его получить?

3. Гидролиз солей алюминия

А) Определить pH раствора хлорида алюминия. * *Объяснить результат с привлечением константы соответствующего процесса.*

Б) К раствору хлорида алюминия прилить 1 М раствор карбоната натрия.

4. **Алюминотермия** (один из опытов, на выбор, проводится под тягой, в присутствии преподавателя)

А) Алюминотермическое получение хрома

В шамотовый тигель (или фунтик, сделанный из асбеста) поместить сухую однородную смесь 3 г порошка фторида кальция (* для чего он нужен?), порошков 1 г Cr₂O₃ и 0,8 г дихромата калия, 0,5 г свеженапиленного порошка алюминия. Сделать посередине ямку, насыпать в нее смесь порошка магния с пероксидом бария (смесь *не* растирать!), в которую вставить длинную ленту магния. Тигель поместить в песчаную баню так, чтобы он весь находился в песке. Горящей лучиной, вставленной в длинную стеклянную трубку, поджечь ленту магния. По окончании реакции дать тиглю

остыть, разбить его и извлечь «королек» хрома.

Б) Аллюминотермическое получение железа

В шамотовый тигель (или фунтик, сделанный из асбеста) поместить сухую однородную смесь 1,8 г оксида железа (III) и 0,5 г свеженапиленного порошка алюминия. Сделать посредине ямку, насыпать в нее 0,8 г перманганата калия. В середине кучки перманганата сделать с помощью пустой пробирки еще одну ямку. Тигель поместить в песчаную баню так, чтобы он весь находился в песке. Налить сверху немного глицерина так, чтобы он соприкасался только с перманганатом, но не с поверхностью реакционной смеси. По окончании реакции дать тиглю остыть, разбить его и извлечь «королек» железа.

Занятие 12.

Индивидуальная работа.

Синтезы соединений металлов

* I. Двойные соли

Хромокалиевые (хромоаммониевые) квасцы *↓↑

Приготовить примерно 10 % раствор дихромата калия или аммония в 25 мл воды. Прилить концентрированный раствор серной кислоты в полуторном избытке по сравнению с теоретическим расчетом. Смесь охладить до комнатной температуры, потом поставить в воду со льдом.

Пропускать через раствор сернистый газ или приливать пипеткой по каплям этиловый спирт, пока раствор не примет фиолетовую окраску. Следить, чтобы температура не превышала 40 °С.

Выпавшие кристаллы отфильтровать на стеклянном фильтре, промыть холодной водой и высушить. Рассмотреть форму кристаллов под микроскопом и зарисовать их. Определить выход.

Задания

1. Рассчитайте необходимое количество дихромата калия (аммония).
2. Рассчитайте количество раствора серной кислоты (в граммах и миллилитрах).
3. Нарисуйте узел для получения сернистого газа.
4. Напишите 2-3 уравнения реакций получения сернистого газа в этом узле.
5. Нарисуйте узел для пропускания сернистого газа в раствор.
6. Сравните растворимости сульфата калия (аммония) и сульфата хрома с растворимостью квасцов при комнатной температуре. Почему в осадок

выпадает двойная соль?

Соль Мора ↓↑

1 г мелко нарезанной железной проволоки поместить в коническую колбу и растворить при нагревании в 1 М растворе серной кислоты. Объем раствора поддерживать постоянным. По окончании растворения раствор профильтровать и затем упарить до начала появления пленки кристаллов на поверхности.

Приготовить при нагревании насыщенный раствор сульфата аммония. Растворы смешать горячими и оставить кристаллизоваться. Выпавшие в осадок кристаллы отфильтровать на стеклянном фильтре и высушить.

Взвесить продукт, определить выход. Проверить наличие в продукте Fe (III).

Задания

1. Рассчитайте необходимое количество раствора серной кислоты (в граммах и миллилитрах).
2. Как поддерживать постоянным объем раствора?
3. Для чего фильтровать раствор после окончания растворения железа? Какой фильтр следует для этого использовать?
4. Рассчитайте необходимую массу сульфата аммония.
5. Рассчитайте объем горячей (80 °С) воды, необходимый для приготовления насыщенного раствора сульфата аммония.
6. Постройте на одной диаграмме графики растворимости сульфата аммония, сульфата железа (II) и соли Мора. Сравните их растворимости при 80 °С и при комнатной температуре. Почему в осадок выпадает двойная соль?

❖* II. Кристаллогидраты

Кристаллогидраты нитратов магния, кальция, бария, кобальта, марганца ↑↑↓↓*

К карбонату магния (кальция, бария, кобальта (II), марганца (II)) добавить 30-40 % раствор азотной кислоты. Осторожно упарить полученный раствор на водяной бане. Охладить до 0 °С, отфильтровать выпавшие кристаллы и высушить (нитрат магния сушить в эксикаторе над серной кислотой). Взвесить, определить выход.

Задания

1. Рассчитать массу и объем раствора азотной кислоты, необходимой для реакции с 1 г карбоната магния (кальция, бария, кобальта, марганца).
2. В какой посуде целесообразно проводить этот синтез?

3. Какие еще соли, кроме нитрата магния, можно сушить в эксикаторе над концентрированной серной кислотой?

Гексагидрат хлорида алюминия ↑↓

Поместить в стакан 0,5 г свеженапиленного порошка алюминия или фольги, зачищенной наждачной бумагой, и прилить 15 мл 24 % раствора соляной кислоты. Отфильтровать нерастворившийся алюминий. Фильтрат насытить хлороводородом. Отфильтровать выпавший осадок, промыть его концентрированным раствором соляной кислоты. Высушить в эксикаторе над CaCl_2 , затем быстро поместить во взвешенную пробирку или бюкс и закрыть. Взвесить и определить выход.

Задания

1. Нарисуйте узел для получения хлороводорода.
2. Напишите реакцию получения хлороводорода.
3. Нарисуйте узел для насыщения раствора хлороводородом.
4. Для чего фильтрат насыщают хлороводородом?
5. Для чего алюминиевую фольгу надо зачищать? Почему порошок алюминия должен быть свеженапиленным?
6. Почему продукт быстро изолируют от воздуха?

Гексагидрат хлорида магния ↑↓*

В стакан налить 25 мл 20 % раствора HCl и всыпать небольшими порциями рассчитанное количество оксида магния. Если раствор не прозрачен, профильтровать его. Упарить до половины начального объема, поместить в смесь льда с солью и пропустить через него ток газообразного хлороводорода. Выпавшие кристаллы отфильтровать и высушить при комнатной температуре в эксикаторе над серной кислотой. Взвесить, определить выход.

Задания

1. Рассчитать необходимое количество оксида магния.
2. Почему раствор после реакции может быть непрозрачным?
3. Для чего раствор упаривают?
4. Нарисуйте узел для получения хлороводорода.
5. Напишите реакцию получения хлороводорода в этом узле.
6. Для чего через раствор пропускают хлороводород?
7. Нарисуйте узел для пропускания хлороводорода.
8. Почему кристаллы сушат в эксикаторе?

III. Соединения меди

Хлорид меди (I) (способ 1) ↓

К раствору 3 г CuCl_2 добавить при перемешивании концентрированный раствор HCl . Затем внести в него медные стружки и прокипятить. По окончании реакции образовавшийся раствор вылить в стакан с холодной водой. Отфильтровать осадок на стеклянном фильтре, следя, чтобы он все время оставался под слоем жидкости. Промыть ацетоном и эфиром до полного удаления воды. Быстро перенести во взвешенный бюкс или запаять во взвешенную ампулу. Определить выход.

Задания

1. Рассчитайте количество воды, необходимое для растворения хлорида меди.
2. Рассчитайте массу и объем раствора HCl .
3. Рассчитайте необходимую массу медных стружек.
4. Почему осадок выпадает при разбавлении, а не наоборот?
5. Почему фильтруемый продукт должен находиться под слоем жидкости? Почему его нужно промывать до удаления воды?

Хлорид, бромид, иодид меди (I) (способ 2) ↓↑

Растворить 5 г медного купороса в минимальном объеме воды и добавить KCl (KBr , KI). Присыпать рассчитанное количество сульфита натрия и подкислить серной кислотой (или пропускать в теплый раствор газообразный SO_2 до окончания выпадения осадка).

Если осадок сразу не выпадает, медленно разбавить реакционную смесь. Отфильтровать осадок на стеклянном фильтре, следя, чтобы он все время оставался под слоем жидкости. Промыть ацетоном до полного удаления воды. Быстро перенести во взвешенный бюкс или запаять во взвешенную ампулу.

Задания

1. Рассчитайте объем воды, необходимый для растворения 5 г медного купороса.
2. Рассчитайте необходимые количества KCl (KBr , KI) и Na_2SO_3 .
3. Почему при невыпадении осадка реакционную смесь разбавляют, а не наоборот?
4. Почему фильтруемый продукт должен находиться под слоем жидкости? Почему его нужно промывать до удаления воды?

◆* IV. Соединения хрома

Ацетат хрома (II) ◆*

Приготовить пробирку с клапаном Бунзена (рис. 21), т. е. пробкой с резиновой газоотводной трубкой, которая заткнута стеклянной палочкой и надрезана сбоку.

В этой пробирке, при охлаждении водой, к 1 г зеленого хлорида хрома (III) добавить концентрированный раствор HCl и избыток цинка. Восстанавливать до прекращения бурного выделения водорода.

Открыв пробку, быстро влить содержимое пробирки в насыщенный раствор ацетата натрия.

Задания

1. Для чего нужен клапан Бунзена?
2. Зачем пробирку охлаждают водой?
3. Рассчитать, сколько требуется цинка (в граммах) и раствора HCl (в граммах и миллилитрах).
4. Рассчитать необходимое количество ацетата натрия и объем воды, нужный для его растворения (растворимость $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ при 20 °C 46,5 г безводной соли на 100 г воды).
5. Какое строение имеет ацетат хрома (II)?

Хромовый ангидрид ↓◆*

1 г дихромата калия растворить при небольшом нагревании в фарфоровой чашке в 10 мл воды. При помешивании стеклянной палочкой добавить 6 мл концентрированного раствора серной кислоты. Охладить раствор, дать постоять 2 часа и отфильтровать осадок на стеклянном фильтре.

Несколько кристаллов хромового ангидрида положить на крышку тигля и прилить 2-3 капли спирта (осторожно!).

Растворить часть хромового ангидрида в воде. Доказать, какие ионы находятся в растворе.

Задания

1. Почему дихромат калия растворяют при нагревании?
2. Для чего раствор оставляют стоять?
3. Почему осадок фильтруют на стеклянном фильтре, а не на бумажном?
4. Какие ионы находятся в водном растворе хромового ангидрида? Как доказать их присутствие?

Хлорид хрома ◆*

В сухой пробирке Вюрца смешать 1 г хлорида натрия с 1 г дихромата

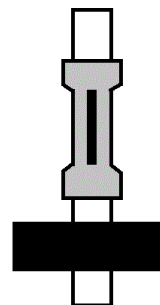


Рис. 21. Клапан Бунзена

калия, добавить несколько капель концентрированной серной кислоты, закрыть пробкой. Отвод пробирки Вюрца опустить в сухую пробирку, охлаждаемую холодной водой. Слегка нагреть реакционную смесь.

Часть продукта растворить в воде. Доказать, какие ионы находятся в растворе.

Задания

1. Какую роль играет серная кислота?
2. Что образуется при растворении продукта в воде?
3. Как это доказать экспериментально?
4. Какое строение имеет хлорид хрома?

Триоксалатокромат (III) калия ↑↓

Растворить 3 г оксалата калия и 7 г щавелевой кислоты в 100 мл воды. К раствору добавить при сильном перемешивании небольшими порциями 2,5 г дихромата калия. По окончании реакции раствор упарить до появления кристаллов на поверхности и оставить для кристаллизации.

Кристаллы отфильтровать, рассмотреть под микроскопом и зарисовать. Определить выход.

Задания

1. Какое строение имеет триоксалатокромат (III) калия?
2. С помощью какого прибора следует проводить упаривание раствора?
3. Какие ионы присутствуют в водном растворе триоксалатокромата (III) калия? Как это доказать экспериментально?

Дихромат аммония ↑↓*

В небольшой конической колбе или большой пробирке растворить 4 г CrO_3 в 5-6 мл воды. Охлаждая колбу (пробирку) проточной водой, при постоянном перемешивании прилить из мерной пипетки 10-15 % раствор аммиака. Кончик пипетки опустить прямо в раствор. Полученный раствор упарить, охладить, отфильтровать выделившиеся кристаллы.

Задания

1. Что получается при растворении хромового ангидрида в воде?
2. Почему реакционный сосуд необходимо охлаждать?
3. Рассчитайте необходимый объем раствора аммиака.
4. С помощью какого прибора следует проводить упаривание раствора?

Занятия 13-14.

Демонстрационный эксперимент по теме «d-металлы IV периода»

☞ Опыты по теме «Хром»

1. Гидроксид хрома (III)

Получить гидроксид хрома (III) в трех пробирках прикапыванием 1 М раствора аммиака к 1 мл раствора соли хрома (III). В первую пробирку прилить по каплям раствор HCl, во вторую – раствор NaOH, в третью – концентрированный раствор аммиака.

2. Гидролиз солей хрома (III)

А) Определить pH раствора хлорида хрома (III). Объяснить значение pH с помощью константы соответствующего процесса.

Б) Прилить к раствору хлорида хрома (III) равный объем раствора карбоната натрия.

3. Хроматы и дихроматы

А) К раствору хромата натрия (** вспомните, как можно получить хромат натрия из соли хрома (III)*) прилить 1 М раствор H₂SO₄. Затем добавить 1 М раствор NaOH.

Б) Определить pH раствора дихромата калия. Прилить раствор BaCl₂.

** Какое вещество при этом образуется и почему? Снова определить pH.*

** Для чего проводится определение pH? Добавить 1 М раствор HCl.*

В) В две пробирки налить раствор дихромата калия, подкисленный 1 М раствором H₂SO₄. В первую пробирку добавить свежеприготовленный раствор Na₂SO₃. Во вторую прилить раствор KI, затем добавить немного неполярного растворителя (** зачем?*), встряхнуть и дать отстояться.

🔪 Опыты по теме «Железо»

1. Взаимодействие железа с кислотами

Изучить в пробирках взаимодействие железных стружек с растворами:

	на холоду	при нагревании
1 М HCl		
конц. HCl		
1 М HNO ₃		
конц. HNO ₃		
1 М H ₂ SO ₄		
конц. H ₂ SO ₄		

Оформить наблюдения в виде таблицы.

2. Гидроксиды железа

А) К раствору соли железа (III) прикапывать 10 % раствор NaOH до выпадения осадка.

Б) К раствору соли железа (II) в двух пробирках прикапывать 10 % раствор NaOH до выпадения осадка. Оставить одну пробирку на воздухе и посмотреть на нее через 3-5 мин. Во вторую пробирку добавить несколько капель 3-10 % H₂O₂ или хлорной воды.

В) Сполоснуть твердую соль Мора 1 М раствором серной кислоты, раствор слить. * *Зачем это делать?* Растворить сполоснутую соль Мора в 1 М растворе серной кислоты. Добавить концентрированный раствор щелочи. * *Что выпадает в осадок?* Слить часть раствора с осадка и разбавить водой. * *Объясните наблюдения.*

3. Соли железа

А) Определить pH растворов солей Fe (II) и Fe (III) примерно одинаковой концентрации с одинаковыми анионами. * *Объясните различие, привлекая константы соответствующих процессов.*

Б) Раствор соли железа (II) подкислить разбавленным раствором H₂SO₄ и добавить разбавленный раствор KMnO₄. Проверить, какие ионы присутствуют в растворе. * *Как это сделать?*

В) Добавить к раствору солей железа (II) и железа (III) в разных пробирках растворы гексацианоферрата (III) калия; гексацианоферрата (II) калия; роданида аммония или калия.

Г) Изучите взаимодействие гексацианоферратов калия с солями других переходных элементов – меди (II), хрома (III), цинка, марганца (II), кобальта (II), никеля (II).

🔪 Опыты по теме «Медь»

1. Взаимодействие меди с кислотами

Изучить в пробирках взаимодействие медных стружек с растворами:

	на холоду	при нагревании
1 М HCl		
конц. HCl		
1 М HNO ₃		
конц. HNO ₃		
1 М H ₂ SO ₄		
конц. H ₂ SO ₄		

Оформить наблюдения в виде таблицы.

2. Гидроксид и оксид меди (II)

А) К раствору CuSO₄ добавить по каплям 1 М раствор NaOH. * *Какой цвет у осадка? Какого цвета гидроксид меди?* К части осадка добавить избыток концентрированного раствора щелочи. Другую часть нагреть.

Б) К раствору CuSO₄ добавить по каплям 1 М раствор аммиака. * *Какой осадок выпадает?* Затем прилить несколько капель концентрированного аммиака.

3. Окрашивание пламени (проба Бейльштейна)

Медную проволочку опустить в концентрированный раствор H₂SO₄ и внести в пламя. Прodelать то же с концентрированным раствором HCl. * *Чем объясняется различие в результатах опытов? Что определяют пробой Бейльштейна?*

4. Получение соединений меди (I)

А) К раствору CuSO₄ добавить равный объем раствора KI. Прилить немного неполярного растворителя, хорошо встряхнуть и дать отстояться. * *Что получается при смешении растворов сульфата меди и бромида калия? Сульфата меди и хлорида калия? Объясните различия.*

Б) Получить в двух пробирках гидроксид меди (II), используя избыток щелочи. В первую пробирку добавить глицерин, во вторую – раствор глюкозы. Пробирки нагреть. * *Чем объясняется различие в результатах опытов?*

🔪 **Опыты по теме «Цинк, кобальт, никель, марганец»**

1. Гидроксиды, гидроксоли, гидроксокомплексы

А) Изучить в пробирках взаимодействие растворов солей цинка, кобальта (II), никеля (II), марганца (II) с 1 М раствором NaOH. Обратите внимание на окраску образующихся соединений и ее изменение во времени. * *Объясните изменение окраски.*

Б) Изучить в пробирках растворимость гидроксидов цинка, кобальта (II), никеля (II), марганца (II) в концентрированном растворе NaOH.

2. Аммиачные комплексы

А) Изучить в пробирках взаимодействие растворов солей цинка, кобальта (II), никеля (II), марганца (II) с концентрированным раствором аммиака. Обратите внимание на окраску образующихся комплексов (если они образуются) и ее изменение во времени. * *Объясните изменение окраски.*

Б) Проверить растворимость аммиачных комплексов в растворе KI.

3. Окислительно-восстановительные превращения соединений марганца

А) К раствору соли марганца (II) прилить раствор перманганата калия.

Б) В разбавленном (розовом) растворе перманганата калия растворить сухую щелочь. Небольшими порциями добавлять сухую глюкозу при размешивании. * *Объясните изменения окраски.*

4. Оксиды

Прокалить в пробирках твердые нитраты цинка, кобальта (II), никеля (II), марганца (II). * *Какие оксиды образуются? На каком основании можно сделать это заключение?*

**Растворимости некоторых веществ
S, г безводной соли / 100 г воды**

Приводятся формулы кристаллогидратов, находящихся в равновесии с водным раствором при 20°C.

CuSO₄·5H₂O

t, °C	0	10	20	25	30	40	50
S	14,3	17,2	20,5	22,3	24,4	28,7	33,7
t, °C		60	70	80	90	96	100
S		39,5	47,1	55,5	64,2	76,7	77

NiSO₄·7H₂O

t, °C	0	10	20	25	30	30,7	40
S	28,1	33,0	38,4	41,2	44,1	44,3	48,2
t, °C		50	53,8	60	70	80	84,8
S		52,8	54,6	56,9	61,0	66,7	69,3

CoSO₄·7H₂O

t, °C	0	10	20	25	40	43,3	50
S	24,7	30,8	35,5	37,6	48,8	60,0	51,1
t, °C		60	64,2	70	80	90	100
S		55,0	58,0	54,8	49,3	43,5	38,5

ZnSO₄·7H₂O

t, °C	0	10	20	25	30	38
S	41,8	47,5	54,1	58,0	62,1	69,2
t, °C		40	51,5	60	70	80
S		70,4	77,9	74,8	70,9	67,2

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

t, °C		0	10	20	30	40
S		15,7	20,5	26,5	32,9	104,8

 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

t, °C	0	10	20	30	40	50	60
S	1,3	1,6	2,7	3,9	6,7	10,5	20,3

 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

t, °C	0	10	20	30	40	50
S	31,2	33,5	36,4	40,4	45,7	57,2

t, °C		60	70	80	90	100
S		59,2	66,2	73,1	86,8	89

 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ при 25°C – 64 г/100 г воды $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

t, °C	0	10	20	30	40	50
S	3,0	4,0	5,9	8,4	11,7	17,0

t, °C		60	70	80	90	100
S		24,8	40,0	71,0	109	154

 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

t, °C	0	10	20	30	40	50
S	2,7	4,8	7,2	10,1	14,3	19,1

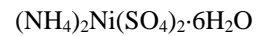
t, °C		60	70	80	90	100
S		26,8	37,7	53,9	96,2	121

 $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

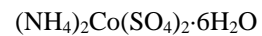
t, °C	0	25
S	4,2	24,4

 $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

t, °C	0	30	40
S	3,5	18,2	32,6

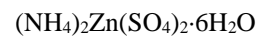


t, °C	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80
S	1,0	4,0	6,5	7,6	9,2	12,0	14,9	17,0	20,0	25,5



t, °C	0	10	20	25	30	40
S	6,0	9,5	13,0	14,7	17,0	21,7

t, °C	50	60	70	80	90	100
S	27,1	33,5	40,0	49,0	63,1	91,9

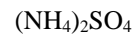


t, °C	0	10	20	25	30	40	60	80
S	7,0	9,5	12,5	14,1	16,0	20	30	42



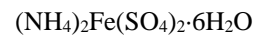
t, °C	0	10	20	30	40	50
S	7,4	9,2	11,1	13,0	14,8	16,6

t, °C		60	70	80	90	100
S		18,2	19,8	21,4	22,4	24,1



t, °C	0	10	20	30	40	50
S	70,1	72,7	75,4	78,2	81,2	84,3

t, °C		60	70	80	90	100
S		87,1	90,6	94,1	97,8	102



t, °C		0	10	20	40	50	60	80
S		12,5	16,1	22,5	33,0	39,9	53,4	73,0

**Плотности некоторых веществ и растворов при
комнатной температуре, г/мл:**

20 % HCl	24 % HCl	конц. (37 %) HCl	1 М H ₂ SO ₄	25 % H ₂ SO ₄
1,10	1,12	1,18	1,07	1,18

30 % HNO ₃	конц. (60 %) HNO ₃	10 % NaOH	50 % KOH	конц. (25 %) NH ₃
1,18	1,37	1,11	1,51	0,91

Br ₂	CCl ₄	SnCl ₄
3,10	1,59	2,23

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
<i>Подготовка к демонстрационному эксперименту</i>	3
<i>Проведение демонстрационного эксперимента</i>	3
<i>Подготовка к индивидуальной работе</i>	4
<i>Проведение индивидуальной работы</i>	4
ОЧИСТКА СОЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННУЮ ВОДУ	6
☞ <i>1: Горелки</i>	6
☞ <i>2: Химическая посуда</i>	7
☞ <i>3: Взвешивание</i>	8
☞ <i>4: Фильтрация</i>	9
Занятие 1. Перекристаллизация	11
Занятие 2. Определение состава кристаллогидрата	13
ВОДОРОД, КИСЛОРОД	14
⚠ <i>Техника безопасности</i>	14
☞ <i>Сборка прибора</i>	14
Занятие 2. Демонстрационный эксперимент	16
☞ <i>Опыты</i>	16
☞ <i>Методы сбора газов</i>	18
ГАЛОГЕНЫ	19
⚠ <i>Техника безопасности</i>	19
Занятия 3-4. Демонстрационный эксперимент	20
☞ <i>1: Очистка газов</i>	20
☞ <i>2: «Фонтан»</i>	20
☞ <i>Опыты</i>	21
Занятие 5. Индивидуальная работа. Синтезы соединений галогенов	24
☞ <i>1: Насыщение раствора газом</i>	24
☞ <i>2: Упаривание</i>	24
☞ <i>3: Запаивание вещества в ампулу</i>	25
☞ <i>I. Галогены</i>	25
☞ <i>II. Галогениды</i>	26
☞ <i>III. Галогенаты калия</i>	29
☞ <i>IV. Галогенидные комплексы</i>	31
СЕРА	34
⚠ <i>Техника безопасности</i>	34
Занятие 6. Демонстрационный эксперимент	35
☞ <i>Различение газов</i>	35
☞ <i>Опыты</i>	36

Занятие 7. Индивидуальная работа. Синтезы соединений серы	38
☞ 1: Перегонка	38
☞ 2: Нагревание и охлаждение колб	39
●* I. Сульфиды	39
●* II. Соединения серы и хлора	40
●* III. Соединения с кислородсодержащими анионами серы	42
АЗОТ, ФОСФОР	44
⚠ Техника безопасности	44
Занятие 8. Демонстрационный эксперимент	45
☞ Определение pH	45
☞ Опыты по теме «Азот»	45
☞ Опыты по теме «Фосфор»	48
Занятие 9. Индивидуальная работа. Синтезы соединений азота и фосфора	49
●* I. Оксиды и кислоты азота	49
●* II. Соединения с катионом нитрозила	51
●* III. Соединения фосфора с хлором	52
УГЛЕРОД, КРЕМНИЙ	53
☞ Аппарат Киппа	53
Занятие 10. Демонстрационный эксперимент	53
☞ Опыты по теме «Углерод»:	53
☞ Опыты по теме «Кремний»	55
МЕТАЛЛЫ	56
Занятие 11. Демонстрационный эксперимент по теме «s- и p-металлы»	56
☞ Окрашивание пламени солями металлов	56
☞ Опыты по теме «Металлы I и II групп»	56
☞ Опыты по теме «Алюминий»	57
Занятие 12. Индивидуальная работа. Синтезы соединений металлов	58
●* I. Двойные соли	58
●* II. Кристаллогидраты	59
●* III. Соединения меди	61
●* IV. Соединения хрома	62
Занятия 13-14. Демонстрационный эксперимент по теме «d-металлы IV периода»	64
☞ Опыты по теме «Хром»	64
☞ Опыты по теме «Железо»	65
☞ Опыты по теме «Медь»	66
☞ Опыты по теме «Цинк, кобальт, никель, марганец»	67