

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра неорганической химии

# **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

НЕМЕТАЛЛЫ

Под редакцией проф. В.Н. Серезжина

Издательство «Самарский университет»

2004

ББК 24.1

УДК 546

Б 302

**Авторы-составители:** Л.М. Бахметьева, Д.В. Пушкин, Л.С. Лазарева,  
А.П. Шевченко, М.Ю. Артемьева, Л.Б. Сereжкина

Лабораторный практикум по неорганической химии. Неметаллы.  
Самара: Изд-во «Самарский университет», 2004. – 44с.

«Лабораторный практикум по неорганической химии. Неметаллы» предназначен для студентов-химиков, изучающих курс «Неорганическая химия». Предлагаемые для выполнения студентам опыты способствуют изучению химических свойств элементов-неметаллов и их соединений. Все опыты сопровождаются вопросами для самостоятельной работы студентов при проведении и оформлении лабораторных работ. Рассмотрены методические приемы и аппаратура для создания оптимальных условий проведения неорганического синтеза в лабораторных условиях.

ББК 24.1

УДК 546

**Отв. редактор** проф. В.Н.Сережкин

**Рецензент** проф. И.К. Гаркушин

© Бахметьева Л.М., Пушкин Д.В., Лазарева Л.С.,  
Шевченко А.П., Артемьева М.Ю., Сereжкина Л.Б., 2004

© Издательство «Самарский университет», 2004

# КИСЛОРОД

## Опыт 1. Получение кислорода

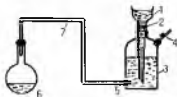


Рис. 1. Прибор для получения кислорода

*Работа с газометром.* Для хранения газов в лаборатории используют газометры. Умеренно растворимые в воде газы, например, водород и кислород, собирают и хранят в газометрах над водой. Стекланный газометр (рис. 1) состоит из воронки 1, снабженной краном 2, и толстостенной емкости 3, имеющей трубку для выхода газа с краном 4 и сливное отверстие 5 с пробкой. Для заполнения газометра водой снять воронку 1 и заполнить водой

склянку 3. Перевернуть воронку 1 трубкой вверх, закрыть кран 2, заполнить водой трубку воронки, снова перевернуть воронку трубкой вниз, закрыв ее отверстие большим пальцем. Быстро погрузить воронку в склянку 3, наполненную водой. Если в газометре остались пузырьки воздуха, то их следует удалить через кран 2 легким покачиванием газометра. Поставить заполненный водой газометр на край стола около водопроводной раковины. Закрыть краны 2 и 4 газометра и вынуть пробку из сливного отверстия. Если все соединения газометра герметичны, то вода из газометра не должна выливаться (Объясните, почему).

Для заполнения газометра кислородом необходимо измерить объем газометра, рассчитать необходимое количество перманганата калия для заполнения газометра кислородом. Собрать прибор, изображенный на рис. 1. В колбу 6 насыпать рассчитанное количество перманганата калия, нагреть колбу и, после того как из колбы вытеснится воздух, газоотводную трубку 7 ввести в сливное отверстие 5 газометра, заполненного водой. Заполнить газометр кислородом, закрыть отверстие 5 пробкой. Для получения тока кислорода необходимо налить воды в воронку 1 газометра и открыть краны 2 и 4. Написать уравнение реакции разложения перманганата калия. Написать уравнения реакций других известных Вам способов получения кислорода.

## Опыт 2. Изучение свойств кислорода

### *Взаимодействие кислорода с неметаллами*

Заполнить кислородом из газометра четыре сосуда способом вытеснения воды. Сосуд заполнить водой, закрыть стеклянной пластинкой, перевернуть и погрузить в кристаллизатор с водой (рис. 2). Подвести газоотводную трубку от газометра под сосуд и открыть краны газометра 2 и 4 (см. рис. 1). Когда сосуд будет заполнен кислородом, закрыть его под водой стеклянной пластинкой и вынуть из воды.

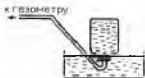


Рис. 2. Заполнение сосуда кислородом

В ложечку для сжигания положить немного красного фосфора, поджечь его и внести в первый сосуд с кислородом (тяги!). Как при этом меняется интенсивность горения фосфора?

Аналогично испытать отношение серы и угля к кислороду.

После сжигания налить во все сосуды немного дистиллированной воды и испытать лакмусом полученные растворы. Написать уравнения реакций.

### *Взаимодействие кислорода с металлами*

Свернуть спиралью кусочек медной проволоки, прикрепить его к концу ложечки для сжигания и, присоединив к проволоке кусочек корковой пробки, поджечь ее. Внести ложечку для сжигания с прикрепленной медной проволокой в сосуд с кислородом. Что наблюдается? Написать уравнения реакций.

## ВОДОРОД

### Опыт 3. Получение водорода

Собрать прибор для получения водорода (рис. 3).

Поместить в пробирку 3-5 кусочков гранулированного цинка, прилить 5 мл 12%-ного раствора серной кислоты и закрыть отверстие пробирки пробкой с газоотводной трубкой.



Рис. 3. Прибор для наблюдения за горением водорода

Проверить выделяющийся водород на чистоту. Для этого надеть на газоотводную трубку сухую пробирку, через 5-10 с. снять ее и, не переворачивая, поднести к пламени спиртовки. Чистый водород должен загораться почти без звука. При необходимости продолжать проверку выделяющегося водорода до получения положительного результата.

Только убедившись в чистоте выделяющегося водорода (в присутствии преподавателя), поджечь его у отверстия газоотводной трубки. Написать уравнения реакций.

### Опыт 4. Восстановление металла водородом

Собрать прибор (рис. 4). В U-образную трубку поместить безводный хлорид кальция. В шар тугоплавкой трубки поместить 0.3 г оксида меди (II). В колбу Вюрца емкостью 250 мл положить 20-30 г гранулированного цинка и через кашельную воронку, опущенную почти до дна колбы, налить 100-150 мл 20%-ного раствора серной кислоты. Испытать прибор на герметичность, а выделяющийся водород - на чистоту. Только после провер-

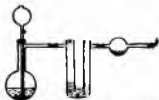


Рис. 4. Прибор для восстановления металла водородом

ки прибора на герметичность, а водорода на чистоту можно приступать к проведению опыта. Поджечь выделяющийся водород у выходного отверстия прибора, прогреть осторожно реакционную трубку по всей длине, а затем сильно нагреть ту часть трубки, где находится оксид меди (II). После окончания реакции восстановленную медь охладить в токе водорода. Написать уравнение реакции.

### Опыт 5. Приготовление гремучей смеси

*(Опыт проводить только под наблюдением преподавателя!)*

Отметить резиновым кольцом треть объема пробирки. Налить в пробирку волю и перенести ее в ванну с водой. Одну треть пробирки заполнить кислородом из газометра. Взять небольшой кусочек кальция, завернуть его в фильтровальную бумагу или марлю и при помощи щипцов быстро подвести металл под пробирку. Заполнить выделяющимся водородом оставшиеся две трети объема пробирки. Закрывать пробирку под водой большим пальцем, вынуть ее из ванны, завернуть полотенцем, поднести к пламени спиртовки и, открыв отверстие пробирки, поджечь газовую смесь. Проследить за реакцией. Что происходит? Написать уравнение реакции.

## ПЕРОКСИД ВОДОРОДА

### Опыт 6. Получение пероксида водорода

В стакан налить 50 мл 20%-ного раствора серной кислоты и поставить на лед. Затем при непрерывном помешивании стеклянной палочкой добавить 5 г пероксида бария. Осадок отфильтровать и вычислить концентрацию полученного раствора пероксида водорода. Написать уравнение реакции.

### Опыт 7. Окислительно-восстановительные свойства пероксида водорода

1. В две пробирки налить по 2 мл раствора пероксида водорода. Одну пробирку нагреть, во вторую добавить немного порошка оксида марганца (IV). Что наблюдается? Выделяющийся газ испытать тлеющей лучинкой. Написать уравнение реакции.

2. К раствору пероксида водорода прилить несколько капель раствора иодида калия. Описать происходящее. Внести в раствор 1-2 капли раствора крахмала. Что происходит? Написать уравнение реакции.

3. Получить осадок сульфида свинца (II) взаимодействием растворов соли свинца и сульфида аммония. Небольшое количество осадка, промы-

того водой путем декантации, обработать раствором пероксида водорода. Объяснить изменение цвета осадка. Написать уравнения реакций.

4. К раствору перманганата калия, подкисленному серной кислотой, прилить раствор пероксида водорода. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

5. В пробирку с 3 мл раствора сульфата железа (II) прилить разбавленной серной кислоты и 2 мл раствора пероксида водорода. Как изменяется цвет раствора? Доказать присутствие ионов  $Fe^{3+}$  с помощью раствора роданида аммония. Написать уравнения реакций.

### **Опыт 8. Получение пероксоединений хрома и ванадия**

1. Налить в пробирку 2 мл раствора пероксида водорода, 2 мл разбавленной серной кислоты, прилить эфир до образования слоя в 0,5 см и добавить (осторожно, по каплям) несколько капель раствора дихромата калия. Объяснить окрашивание эфирного слоя в синий цвет. Написать уравнение реакции.

2. К подкисленному разбавленной серной кислотой раствору ванадата натрия добавить по каплям разбавленный раствор пероксида водорода. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

## **ГАЛОГЕНЫ**

*Все опыты проводить в вытяжном шкафу!*

### **ФТОР**

#### **Опыт 1. Травление стекла раствором плавиковой кислоты**

Опыт выполнять в присутствии преподавателя.

Покрывать предметное стекло тонким слоем парафина и путем удаления части парафина сделать на стекле рисунок или надпись. В сосуд, изготовленный из свинца, органического стекла или фторопласта, осторожно прилить раствор плавиковой кислоты. В раствор щипцами опустить парафинированное предметное стекло с надписью. Через 1 ч щипцами вынуть стекло, промыть водой и удалить парафин. Описать результаты. Чем отличается "сухое" травление от "мокрого"? Написать уравнения реакций.

### **ХЛОР**

#### **Опыт 2. Получение хлора**

Собрать прибор, изображенный на рис. 5. В колбу Вюрца насыпать около 30 г перманганата калия или оксида марганца (IV). В капельную воронку, вставленную в колбу Вюрца, налить концентрированной соляной кислоты. Газоотводную трубку прибора опустить в коническую колбу с дистиллированной водой.



Рис. 5. Прибор для получения хлора

Приливая по каплям из воронки соляную кислоту, получить равномерный ток хлора и пропускать его через воду до насыщения. Каждому студенту необходимо наполнить хлором четыре большие пробирки (или колбочки) из бесцветного стекла и закрыть их резиновыми пробками. За наполнением сосуда хлором следить с помощью белого листа бумаги, который установить за сосудом. Собравный хлор использовать для изучения его свойств.

Написать уравнения реакций взаимодействия концентрированной соляной кислоты с перманганатом калия, оксидом марганца (IV), дихроматом калия, хлорной известью, оксидом хрома (VI), оксидом свинца (IV).

### Опыт 3. Изучение свойств хлора

#### *Взаимодействие хлора с металлами*

1. Открыть одну из пробирок с хлором и осторожно всыпать в нее порошок сурьмы. Описать происходящее. Написать уравнение реакции.
2. Взять щипцами лучок очень тонких медных проволочек, нагреть на пламени горелки и быстро внести в пробирку с хлором. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.
3. Осторожно всыпать в пробирку с хлором немного порошка восстановленного железа. Какой из хлоридов железа образуется? Почему? Написать уравнение реакции.

#### *Взаимодействие хлора с неметаллами*

Положить в ложечку для сжигания небольшое количество красного фосфора, нагреть его и внести в пробирку с хлором. Что происходит? Написать уравнение реакции. В каких условиях при горении фосфора (сурьмы) в хлоре могут образовываться трихлорид и пентахлорид фосфора (сурьмы)? По каким признакам их можно отличить друг от друга?

#### *Хлорная вода и ее свойства*

1. Отметить цвет хлорной воды, которая образовалась в конической колбе (опыт 2). Каков состав хлорной воды? Какой качественной реакцией можно обнаружить присутствие хлорид-ионов? Указать реакцию взаимодействия хлора с водой, написать выражение константы равновесия для этой реакции. Налить в пробирку 2-3 мл хлорной воды и прибавить по каплям раствор гидроксида натрия. Как объяснить исчезновение окраски хлорной воды? Какое влияние оказывает добавление щелочи на сдвиг равновесия в реакции между хлором и водой? Сформулировать принцип Ле-Шателье. Как можно сдвинуть равновесие в сторону образования исходных веществ? Написать уравнения реакций.

2. К разбавленному раствору лакмуса прилить хлорной воды. Что происходит? Почему?

3. Налить в пробирку хлорной воды и опустить в нее полоску окрашенной ткани. Что происходит? Почему?

4. В две пробирки налить раствор сульфата железа (II). В первую добавить обычной, во вторую – хлорной воды. Затем в обе пробирки добавить раствор аммиака. Что происходит? Объяснить различие цветов образовавшихся осадков. Как изменяется цвет осадка при добавлении и в первую пробирку хлорной воды? Написать уравнения проведенных реакций.

5. К насыщенному водному раствору сероводорода прилить хлорной воды. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

#### Опыт 4. Получение и изучение свойств хлороводорода

В колбу Вюрца насыпать сухого хлорида натрия, в капельную воронку налить 70% ной серной кислоты. К колбе Вюрца присоединить U-образную трубку, заполненную безводным хлоридом кальция. Газообразный хлороводород собрать в сухую коническую колбу емкостью 250 мл. Наполнение колбы хлороводородом определяют по появлению белого дыма над колбой.



Рис. 6. Прибор для изучения растворимости газа в воде

(Какова причина появления белого дыма?) Закрыть колбу с газом пробкой с капилляром, обращенным внутрь, и опустить вверх дном в кристаллизатор с водой (рис. 6). Объяснить втягивание воды в колбу с образованием фонтанчика. Написать уравнение реакции. Испытать действие полученного раствора на индикаторы (лакмус, метиловый красный). Какова растворимость хлороводорода в воде (справочник)? Какова процентная концентрация продажной соляной кислоты?

## БРОМ

#### Опыт 5. Получение брома

Налить в пробирку 5 мл насыщенного раствора бромидов калия и пропустить через него сильный ток хлора. Что происходит? Написать уравнение реакции. Можно ли способом вытеснения из растворов соответствующих солей получить фтор, хлор и иод?

#### Опыт 6. Изучение свойств брома

Каков цвет жидкого брома? Как хранят жидкий бром в лаборатории?

1. В четыре сухие большие пробирки налить по 3-5 капель жидкого брома.



а) Одну пробирку закрепить в вертикальном положении в зажиме штатива и поместить под нее поднос с песком. Внести в нее порошок или кусочек металлического алюминия. Если через минуту реакция не начнется, подвести под дно пробирки стакан с теплой водой (30–40°C). Описать происходящее. Написать уравнение реакции.

б) Вторую пробирку с бромом опустить в стакан с теплой водой и внести в нее пучок тонких медных проволочек. Описать происходящее. Написать уравнение реакции.

в) Третью пробирку поставить в штатив и подождать, пока весь объем пробирки заполнят пары брома. Положить в железную ложечку немного красного фосфора, поджечь его и внести в пробирку. Описать происходящее. Написать уравнение реакции.

г) Пробирку с бромом закрепить в лапке штатива и внести шпателем небольшое количество порошка металлической сурьмы. Что происходит? Написать уравнение реакции.

2. Налить в пробирку 2–3 мл бромной воды и прибавить по каплям раствор гидроксида натрия. Как объяснить изменение окраски раствора? Написать уравнение реакции.

## ИОД

### Опыт 7. Получение иода

1. Отвесить по 0,5 г иодида калия и оксида марганца (IV), пересыпать в тигель и перемешать стеклянной палочкой. Закрепить тигель со смесью в кольце штатива. Налить 3–4 капли концентрированного раствора серной кислоты и накрыть тигель колбочкой с отростком, наполненной холодной водой. Тигель слабо нагреть в течение нескольких минут. Описать происходящее. Написать уравнение реакции. Полученный иод собрать и взвесить. Рассчитать выход полученного продукта в процентах. Полученное вещество сдать лаборанту.

2. Налить в пробирку 5 мл насыщенного раствора иодида калия. Пропустить через раствор ток хлора. Какое вещество при этом выделяется? Полученное вещество отфильтровать с помощью воронки Бюхнера и высушить на воздухе. Чем будет загрязнен полученный иод? Как можно его очистить?

### Опыт 8. Возгонка иода

На дно низкого стакана без носика положить около 0,5 г кристаллического иода (можно взять иод, полученный в предыдущем опыте) и около 0,1 г иодида калия. Вставить в стакан колбочку с отростком. Наполнить колбочку холодной водой. Осторожно нагревать дно стакана. Кристаллы возгонянного иода собрать и взвесить. Рассчитать выход иода в процентах. Полученный иод сдать лаборанту.

## Опыт 9. Свойства иода

1. *Взаимодействие иода с алюминием.* На керамической пластинке смешать порошок иода с алюминиевым порошком в весовом отношении 14:1 и собрать смесь в виде горки. В середине горки сделать небольшое углубление и налить в него из пипетки несколько капель воды. Что наблюдается? Написать уравнение реакции. Какую роль играет вода в данном опыте? Порошок алюминия можно заменить порошком цинка или магния.

2. *Взаимодействие иода с водой.* Налить в пробирку воду и опустить в нее кристаллик иода, полученного в предыдущих опытах. Содержимое пробирки взболтать. Какова растворимость иода в воде? Какие молекулы и ионы содержатся в иодной воде? Написать уравнение реакции взаимодействия иода с водой.

К 2-3 мл иодной воды прилить 1н. раствор щелочи до исчезновения окраски раствора. Полученный раствор подкислить серной кислотой. Объяснить происходящие явления и написать уравнения реакций.

3. *Синтез иодистого азота.* В стакан налить 5 мл насыщенного водного раствора иода и добавить концентрированный раствор аммиака до прекращения выпадения осадка. Темнобурый осадок иодистого азота отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть небольшим количеством спирта. Осторожно вынуть фильтр из воронки и оставить осадок в затемненном месте. Ударить ершиком, привязанным к длинной указке, по подсохшему осадку. Объяснить происходящее. Написать уравнение реакции.

## Опыт 10. Получение иодида свинца

В пробирку с 5 мл раствора ацтата свинца (II) или нитрата свинца (II) прилить раствор иодида калия до прекращения выпадения осадка. Осадок промыть водой путем декантации 3-4 раза и перенести в коническую колбу емкостью 500 мл. Заполнить колбу водой и нагреть до растворения осадка. Полученный раствор медленно охладить. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

## Опыт 11. Изучение свойств хлорной, бромной и иодной воды

1. Налить в одну пробирку хлорной, во вторую – бромной, в третью – иодной воды. Добавить в каждую пробирку бензина и взболтать. Что происходит? Опыт повторить с другими органическими растворителями: скипидаром, четыреххлористым углеродом, хлороформом. Отметить цвет раствора галогена в каждом из указанных растворителей.

2. Налить в одну пробирку бромной, во вторую – иодной воды. В первую добавить раствора бромида калия, во вторую – иодида калия. Почему растворимость галогена увеличивается? Написать уравнения реакций.

3. Налить в две пробирки по 1 мл раствора бромной и иодной воды, ввести по несколько капель  $CCl_4$  и взболтать. Приливая по каплям в обе

пробирки хлорную воду и энергично взбалтывая, следить за изменением окраски слоя органического растворителя. Написать уравнения реакций.

4. Пользуясь значениями стандартных электродных потенциалов систем:

Система	$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$	$\text{Br}_2/2\text{Br}^-$	$\text{I}_2/2\text{I}^-$	$\text{S}/\text{H}_2\text{S}$	$\text{CrO}_4^{2-}/\text{Cr}(\text{OH})_3$
$E^\circ, \text{В}$	1.36	1.09	0.54	0.14	-0.13

напишите уравнения тех реакций, которые будут протекать при сливании растворов: 1) сероводорода и галогена (хлора, брома, иода), 2) галогена и сульфата хрома (III) в щелочной среде. Возможность протекания предполагаемых реакций проверьте экспериментально, проделав соответствующие опыты.

### Опыт 12. Сравнение восстановительных свойств галогеноводородов

В три пробирки насыпать соответственно хлорид, бромид и иодид калия. Налить в каждую из пробирок концентрированную серную кислоту. Наблюдать за происходящим в первой пробирке с помощью черного экрана, во второй и третьей – с помощью белого экрана. К отверстию третьей пробирки поднести полоску фильтровальной бумаги, смоченную раствором ацетата свинца. Объяснить причину ее почернения. Написать уравнения протекающих реакций.

Почему загрязнены бромоводород и иодоводород, полученные действием на бромиды и иодиды серной кислоты? Пользуясь приведенными выше значениями стандартных электродных потенциалов, расположить галогеноводороды в ряд по убыванию восстановительных свойств. Объяснить причину использования в лаборатории ортофосфорной кислоты для получения бромоводорода и иодоводорода по обменной реакции. Написать уравнения соответствующих реакций.

## СЕРА

### Опыт 1. Поллиморфные модификации серы

*Ромбическая сера.* В сухую пробирку налить 4-5 мл хлороформа (тяга!) и небольшими порциями при непрерывном перемешивании добавить порошок серы до образования насыщенного раствора. Полученный раствор отфильтровать в фарфоровую чашку, не смачивая фильтр водой. Фильтрат оставить под тягой для медленного испарения. Каплю раствора поместить на предметное стекло и наблюдать под микроскопом рост кристаллов. Зарисовать кристаллы серы.

*Моноклинная сера* Фарфоровый тигель заполнить порошком серы и нагреть до плавления серы. Охладить тигель до образования твердой корки, сделать в ней отверстие и слить незастывшую серу в стакан с холодной

водой. Образовавшиеся на стенках тигля кристаллы перенести на предметное стекло, рассмотреть под микроскопом и зарисовать их.

**Пластическая сера.** Заполнить пробирку на половину ее объема порошком серы и нагреть до кипения. Наблюдать изменение цвета и вязкости расплавленной серы. Кипящую серу вылить из пробирки в стакан с холодной водой. Если сера при вылинии загорится, то, не обращая на это внимания, выливать ее до конца, а оставшуюся в пробирке горящую серу потушить, закрыв отверстие пробирки кусочком асбеста. Вынуть полученные нити из воды. Каковы свойства пластической серы? Оставить пластическую серу до конца занятия. Что с ней происходит?

### **Опыт 2. Окислительные свойства серы**

1. Тщательно смешать 2 г порошка цинка и 1 г порошка серы. Однородную смесь поместить в фарфоровый тигель и в вытяжном шкафу (за стеклом, в очках) осторожно поджечь пламенем спиртовки. Описать происходящие явления. Написать уравнение реакции.

2. Тщательно смешать 1 г порошка алюминия и 1,8 г порошка серы. Смесь поместить в фарфоровый тигель и поджечь с помощью магниевой ленты в вытяжном шкафу (за стеклом, в очках). Описать происходящие явления. Написать уравнение реакции.

### **Опыт 3. Восстановительные свойства серы**

В две пробирки поместить немного порошка серы. В одну прилить 1-2 мл концентрированной азотной кислоты, в другую – концентрированной серной кислоты. Что наблюдается? Нагреть смеси до кипения. Какие газы при этом выделяются? Первой суспензии дать отстояться, жидкость затем декантировать в чистую пробирку. Прилить 1-2 мл раствора хлорида бария. Что наблюдается? Написать уравнения реакций.

### **Опыт 4. Диспропорционирование серы**

В пробирку поместить небольшое количество серы, прилить концентрированный раствор щелочи и прокипятить смесь в течение 1-2 минут. После охлаждения полученный раствор отлить в чистую пробирку и прилить к нему раствор нитрата свинца. Что наблюдается? Написать уравнения реакций.

## **СЕРОВОДОРОД И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ**

### **Опыт 5. Получение сероводорода**

*(Все опыты проводить в вытяжном шкафу!)*

Поместить в пробирку 2-3 г сульфида железа (II) и налить 5-8 мл 20%-ного раствора соляной кислоты. Закрывать пробирку пробкой с газоотводной трубочкой (рис. 3). Поднести к выделяющемуся газу полоску фильтроваль-

ной бумаги, смоченной раствором нитрата или ацетата свинца (II). Написать уравнения реакций. Этот способ использовать для получения сероводорода при изучении его свойств.

### **Опыт 6. Свойства сероводорода**

1. Выделяющийся сероводород поджечь у отверстия газоотводной трубки. Пламя сероводорода направить на порошок оксида свинца (IV), помещенный в фарфоровую чашку. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

2. Взять полоску фильтровальной бумаги. Смочить ее раствором нитрата или ацетата свинца (II) и поднести к току сероводорода. Что наблюдается? Написать уравнение реакции

3. Налить в ряд пробирок бромную, хлорную воду, подкисленные растворы перманганата калия, хромата калия, сульфата железа (III) и добавить в каждую раствор сероводородной кислоты. Что наблюдается? Написать уравнения реакций.

### **Опыт 7. Получение сульфидов металлов по реакции обмена**

В ряд пробирок налить по 1-2 мл растворов сульфата меди(II), хлорида сурьмы(III), хлорида олова(II), сульфата железа(II), хлорида марганца(II), сульфата цинка и сульфата кадмия. Прилить в каждую пробирку сероводородной воды. Что наблюдается?

К растворам солей, не давших осадков с сероводородной водой, прилить раствор сульфида аммония. Что происходит? Отметить цвет образующихся осадков. Написать уравнения реакций. Выписать из справочника значения произведений растворимости полученных сульфидов и объяснить происходящие явления, используя понятие «произведение растворимости».

Испытать действие разбавленной соляной кислоты на полученные осадки. Испытать действие концентрированной азотной кислоты на осадки, не растворимые в соляной кислоте. Объяснить действие соляной кислоты на сульфиды металлов. Написать уравнения реакций.

### **Опыт 8. Гидролиз сульфидов**

1. Налить в пробирку 1-2 мл раствора сульфида натрия и с помощью универсального индикатора определить pH раствора сульфида натрия. Какой среде раствора соли отвечает величина pH? Написать уравнение реакции.

2. В две пробирки налить по 1-2 мл раствора сульфида натрия. В одну пробирку добавить 1 мл раствора сульфата алюминия, в другую - 1 мл сульфата хрома(III). Что наблюдается? Написать уравнения реакций.

### **Опыт 9. Полисульфид натрия и его свойства**

*(Опыт проводить в вытяжном шкафу!)*

В пробирку налить 2 мл концентрированного раствора сульфида натрия, внести немного тщательно растертой серы, предварительно смоченной спиртом, и осторожно кипятить до изменения окраски. Отделить раствор полученного полисульфида натрия от непрореагировавшей серы отстаиванием. Прозрачный раствор осторожно перенести в чистую пробирку. К раствору добавлять по каплям 1 н. раствор соляной кислоты до кислотной реакции (лакмусовая бумажка). Описать произошедшее через некоторое время? Написать уравнения реакций.

### **ОКСИД СЕРЫ (IV) И СЕРНИСТАЯ КИСЛОТА**

#### **Опыт 10. Получение оксида серы (IV) и его растворение в воде**

1. В колбу Вюрца насыпать порошок сульфита натрия и через капельную воронку приливать постепенно 70%-ный раствор серной кислоты. Получить раствор сернистой кислоты, пропустив выделяющийся газ через дистиллированную воду (около 50 мл). Написать уравнение реакции.

2. Подвести под газоотводную трубку сухую пробирку. Когда выделяющийся газ вытеснит весь воздух из пробирки, быстро закрыть ее резиновой пробкой с капилляром. Перевернуть пробирку вверх дном и опустить в кристаллизатор с водой, к которой добавлен нейтральный лакмус. Объяснить наблюдаемые явления. Какие равновесия устанавливаются в водном растворе оксида серы (IV)? Написать уравнение реакции.

#### **Опыт 11. Восстановительные свойства оксида серы (IV) и сернистой кислоты**

В пять пробирок налить по 1 мл раствора сернистой кислоты и прилить равные объемы соответственно хлорной воды, раствора нитрита натрия, 3%-ного раствора пероксида водорода и подкисленных серной кислотой растворов дихромата калия и перманганата калия. В первые три пробирки прилить раствор хлорида бария и убедиться в присутствии сульфат-ионов. Как изменился цвет растворов в последних двух пробирках? Написать уравнения реакций. Какие свойства проявляет сернистая кислота в приведенных опытах? Подтвердить вывод с помощью величин стандартных электродных потенциалов взаимодействующих систем (справочник).

#### **Опыт 12. Окислительные свойства оксида серы (IV), сернистой кислоты и сульфитов**

1. К 1 мл раствора сернистой кислоты добавить равный объем сероводородной кислоты. Отметить происходящие изменения. Написать уравнение реакции.

2. К 1 мл раствора сульфита натрия добавить раствор хлорида олова(II). Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнение реакции.

3. В пробирку внести 1 мл раствора  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  и 1 мл 2 н. азотной кислоты. Помешать раствор и прибавить к нему несколько кристалликов сульфита натрия. Описать наблюдения. Убедиться в окислении  $\text{Hg}_2^{2+}$  и переходе его в  $\text{Hg}^{2+}$  ион, для чего 1-2 капли полученного раствора перенести в пробирку с 1-2 каплями иодида калия. Образование кирпично-красного осадка  $\text{HgI}_2$  указывает на присутствие иона  $\text{Hg}^{2+}$ . Написать уравнения реакций.

### **Опыт 13. Диспропорционирование сульфитов**

В тигель поместить небольшое количество кристаллов сульфита натрия. Прокалить соль в муфельной печи при  $600^\circ\text{C}$  в течение 5-10 минут. После охлаждения полученную смесь растворить в воде и перенести в пробирку. В другую пробирку (контрольную) налить раствор сульфита натрия. К содержимому обеих пробирок добавить по 1-2 мл раствора нитрата свинца (II). Описать наблюдения. Написать уравнение реакции, протекающей при нагревании сульфита натрия.

### **Опыт 14. Гидролиз сульфитов**

1. В пробирку налить 1 мл раствора сульфита натрия и добавить несколько капель фенолфталеина. О чем свидетельствует изменение окраски индикатора? Написать уравнение реакции гидролиза.

2. (Опыт проводить в вытяжном шкафу!) В две пробирки налить по 1 мл сульфита натрия и добавить к одному раствору 1 мл раствора сульфата алюминия, к другому – раствор сульфата хрома (III). Что происходит? Написать уравнения реакций.

### **Опыт 15. Сравнение растворимости сульфита и сульфата бария в кислоте**

В двух пробирках получить обменной реакцией сульфит и сульфат бария. Наблюдать образование осадков в обеих пробирках. Сравнить растворимость сульфита и сульфата бария в кислоте, добавляя в обе пробирки по 1 мл 1 н. азотной кислоты. Что наблюдается? Можно ли этой реакцией различить сульфит- и сульфат-ионы?

### **Опыт 16. Свойства тиосульфата натрия**

1 В пробирку налить 1 мл раствора тиосульфата натрия и столько же разбавленной хлороводородной кислоты. Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнение реакции.

2. В пробирку налить 1-2 мл раствора тиосульфата натрия и добавить несколько капель фенолфталеина. Что наблюдается? Написать уравнение реакции гидролиза.

3. В пять пробирок налить по 1 мл раствора тиосульфата натрия. В одну пробирку прилить 1 мл хлорной воды, в другую – столько же раствора пероксида водорода, в третью – раствор иодной воды, в четвертую – раствор соли железа (III), в пятую – сильно подщелоченный раствор перманганата калия. Провести тщательные наблюдения за происходящим и написать уравнения реакций, учитывая, что три последних раствора обладают слабыми окислительными свойствами.

### Опыт 17. Свойства серной кислоты

1. В один стакан емкостью 50 мл налить 20 мл воды, в другой насыпать до половины объема кусочки льда. Опустить в стаканы термометры, прилить в оба стакана по 1 мл 96%-вой серной кислоты и наблюдать изменение температуры. Объяснить повышение температуры в первом и понижение температуры во втором стакане. В каком порядке следует смешивать концентрированную серную кислоту и воду и почему?

2. В две пробирки – одну с синими кристаллами  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , а другую с зелеными кристаллами  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – добавить концентрированной серной кислоты. Объяснить происходящее явление.

3. Налить в ряд пробирок по 5 мл концентрированной серной кислоты, поместить в первую пробирку несколько кусочков медной фольги, во вторую – кусочек цинка, в третью – немного восстановленного железа. Описать происходящее. Нагреть пробирки на пламени спиртовки. Написать уравнения реакций. Определить, какое место в ряду напряжений занимают цинк, медь, железо (использовать значения стандартных электродных потенциалов). Испытать действие разбавленной серной кислоты на те же металлы. Чем различается действие на металлы разбавленной и концентрированной серной кислоты?

4. Налить в одну пробирку 1 мл раствора сульфата железа (II), в другую – раствор иодида калия. Прилить к растворам по 1 мл концентрированной серной кислоты. Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнения реакций.

### Опыт 18. Окислительные свойства пероксодисульфатов

В пробирку с раствором сульфата хрома (III), подкисленным 1 мл 2 н. раствора серной кислоты, добавить 1 мл раствора нитрата серебра в качестве катализатора. Раствор нагреть. В горячий раствор внести немного кристаллического пероксодисульфата калия или аммония и снова нагреть смесь до изменения окраски. Написать уравнение реакции.



## АЗОТ

### Опыт 1. Получение азота и его свойства

#### Получение азота

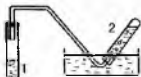


Рис. 7. Прибор для получения и сбора азота

В пробирку 1 (рис. 7) насыпать около 1 г нитрита натрия, прилить 2-3 мл насыщенного раствора хлорида аммония и закрыть пробкой с газостводной трубкой. Пробирку нагреть. Выделяющийся азот собрать в пробирку 2, применяя способ вытеснения воды. Написать уравнение реакции получения азота. Объяснить, почему азот собирают способом вытеснения воды.

#### Свойства азота

1. Горящую лучину внести в пробирку, заполненную азотом. Описать происходящее. Поддерживает ли азот горение органических веществ?

2. В металлическую ложечку для сжигания поместить немного лития, поверхность которого предварительно очищена от оксидной пленки. Металл сжечь на воздухе. После охлаждения продуктов сгорания, смочить их небольшим количеством воды. Запах какого газа обнаруживается при этом? Написать уравнения реакций, происходящих при нагревании лития на воздухе. Написать уравнения реакций, протекающих при взаимодействии продуктов сгорания лития с водой.

### Опыт 2. Получение аммиака и его свойства

#### Получение аммиака

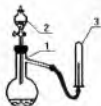


Рис. 8. Прибор для получения и сбора аммиака

Собрать прибор для получения аммиака (рис. 8). В реакционную колбу 1 поместить около 10 г гранулированного гидроксида натрия, в капельную воронку 2 налить 25%-ный водный раствор аммиака. Газостводную трубку подвести под приемник 3. Приливая по каплям водный раствор аммиака, получить равномерный ток аммиака и заполнить пробирку газом. Пробирку закрыть пробкой и оставить для следующего опыта. Объяснить, почему аммиак собирают, помещая приемник отверстием вниз.

#### Растворимость аммиака в воде

Пробирку с аммиаком закрыть пробкой с капилляром, обращенным внутрь (рис. 6), и погрузить ее вверх дном в кристаллизатор с водой, содержащей несколько капель фенолфталеина. Объяснить происходящее.

### Равновесие в водном растворе аммиака

Налить в две пробирки разбавленный раствор аммиака. В одну из них добавить немного фенолфталеина, отметить окраску раствора. Затем добавить в раствор около 1 г хлорида аммония. Отметить изменение интенсивности окраски и выделение газа (какого?). К раствору аммиака во второй пробирке прилить насыщенный раствор сульфата алюминия. Описать происходящее. Осторожно понюхать раствор. Ощущается ли при этом запах аммиака? Написать уравнение, характеризующее равновесие в водном растворе аммиака. Указать, в каком направлении смещается равновесие при добавлении а) хлорида аммония, б) сульфата алюминия.

### Качественная реакция на ион $NH_4^+$

Налить в пробирку около 0,5 мл раствора реактива Несслера (раствор KOH и  $K_2[HgI_4]$ ) и прибавить несколько капель раствора аммиака. Описать происходящее. Написать уравнение реакции, учитывая образование соли основания Миллона состава



### Опыт 3. Гидролиз солей аммония, гидразония, гидроксиламмония

С помощью pH-метра определить pH 0.1 М растворов солей:  $NH_4Cl$ ;  $N_2H_4 \cdot 2HCl$ ;  $NH_2OH \cdot HCl$ . Полученные данные представить в виде таблицы. Рассчитать по величине pH степень (h) и константу гидролиза ( $K_r$ ), а также константу диссоциации, характеризующую основные свойства водородных соединений ( $K_{осн}$ ). Сравнить полученную величину  $K_{осн}$  со справочным значением. Используя справочное значение  $K_{осн}$ , для растворов солей с той же концентрацией провести расчет величин  $[H^+]$ ,  $K_r$ , h и pH. Занести результаты в таблицу и сравнить соответствующие данные.

Таблица

### Расчет степени гидролиза, константы гидролиза солей водородных соединений азота

#### и константы диссоциации основания водородных соединений

Соль	Результаты эксперимента					Расчет из справочных данных				
	pH	$[H^+]$	h	$K_r$	$K_{осн}$	pH	$[H^+]$	h	$K_r$	$K_{осн}$
$NH_4Cl$										
$N_2H_4 \cdot 2HCl$										
$NH_2OH \cdot HCl$										

Расположите водородные соединения азота в порядке убывания основных свойств. Объясните обнаруженную тенденцию в изменении основных свойств, учитывая состав и строение водородных соединений.

#### **Опыт 4. Окислительно-восстановительные свойства водородных соединений азота**

1. В три пробирки налить по 1 мл растворов бромной воды, перманганата калия и дихромата калия. К содержимому каждой пробирки добавить по 1 мл 25%-ного раствора аммиака (работу проводить под тягой!). Наблюдаются ли признаки реакций? Нагреть растворы. Описать происходящие явления. Написать уравнения реакций.

2. Повторить опыт, заменив раствор аммиака раствором а) хлорида гидразония; б) хлорида гидроксиламмония. Что происходит? Написать уравнения реакций.

3. В три пробирки налить по 1 мл раствора сульфата меди(II) и прибавить: в первую – 1 мл 25%-ного раствора аммиака, во вторую – 1 мл раствора хлорида гидразония, в третью – раствор соли хлорида гидроксиламмония. Описать происходящее. Написать уравнения реакций.

4. В две пробирки налить по 1 мл насыщенных растворов хлорида гидразония и хлорида гидроксиламмония. Подкислить растворы, добавив по 1 мл раствора концентрированной соляной кислоты. Прилить полученные растворы в пробирки с кристаллическим сульфитом натрия. Описать происходящее. Исследовать полученные растворы на присутствие сульфат-ионов и катионов аммония (реактив Несслера). Написать уравнения реакций.

5. В пробирку налить 1 мл раствора иодной воды, подкислить уксусной кислотой и добавить 1 мл насыщенного раствора хлорида гидроксиламмония. Что происходит? Написать уравнение реакции. В полученную реакционную смесь добавить 1 мл концентрированной соляной кислоты. Описать происходящие изменения. Каплю полученного раствора поместить на стекло и добавить 2-3 капли раствора реактива Несслера. Написать уравнение реакции, протекающей при подкислении реакционной смеси соляной кислотой.

Какие реакции из числа проделанных Вами можно привести для доказательства заметных восстановительных свойств водородных соединений? Какие вещества являются продуктами их окисления? (Используйте в качестве аргумента результаты своего наблюдения).

Как изменяется восстановительная способность водородных соединений в ряду  $\text{NH}_3 - \text{N}_2\text{H}_4 - \text{NH}_2\text{OH}$ ? Свои заключения необходимо построить на основании:

а) экспериментальных данных (привести для доказательства соответствующие уравнения проделанных реакций);

б) значений стандартных окислительно-восстановительных потенциалов, характеризующих процесс окисления водородных соединений.

Используя экспериментальные данные, покажите, что гидроксиламин обладает заметной окислительно-восстановительной двойственностью. Объясните, как влияет кислотность среды на окислительную способность гидрокси-

ламина. Подтвердите ответ примером уравнения реакции из числа проведенных. Рассчитайте ЭДС приведенной реакции в кислой и щелочной средах.

### **Опыт 5. Поведение солей аммония при нагревании**

1. Закрепить в штативе сухую пробирку с хлоридом аммония и нагреть. Объяснить происходящее. Повторить опыт, используя карбонат аммония. Что наблюдается? Почему поведение этой соли при нагревании отличается от наблюдаемого в случае хлорида аммония? Написать уравнения реакций

2. Нагреть сухую пробирку с дигидрофосфатом аммония. Осторожно понюхать выделяющийся газ. Что образуется на стенках пробирки? Написать уравнение реакции.

3. Сухую пробирку с небольшим количеством дихромата аммония закрепить вертикально в штативе, добавить одну каплю этилового спирта и нагреть. Объяснить вулканообразное протекание процесса. Написать уравнение реакции.

Какую классификацию солей аммония можно предложить в соответствии с их отношением к нагреванию? Приведите примеры солей соответствующего типа дополнительно к исследованным в работе.

### **Опыт 6. Получение оксида азота(II) и его свойства**

В колбу Вюрца поместить около 2 г медной стружки и закрепить ее вертикально в штативе. Через капельную воронку по каплям приливать 32%-ный раствор азотной кислоты. Если реакция идет недостаточно энергично, слегка подогреть колбу пламенем спиртовки. Обратит внимание на цвет выделяющегося газа. Объяснить, почему первоначально образующийся газ имеет бурую окраску. Какого цвета чистый оксид азота(II)? Написать уравнение реакции, лежащей в основе синтеза.

#### *Восстановительные свойства оксида азота(II)*

В три пробирки налить по 2 мл растворов: а) перманганата калия; б) дихромата калия; в) концентрированной азотной кислоты. Растворы перманганата и дихромата калия подкислить. Пропустить через все растворы ток оксида азота(II). Отметить изменение окраски растворов, а также цвет выделяющегося газа. Написать уравнения реакций.

#### *Окислительные свойства оксида азота(II)*

1. В пробирку поместить около 1 г сульфита натрия, добавить 2 мл 2н. раствора соляной кислоты и пропустить ток оксида азота(II). (Раствор соляной кислоты необходимо приливать к кристаллическому сульфиту натрия непосредственно перед контактом с током оксида азота(II)!). Обратите внимание на цвет выделяющегося газа. По окончании реакции исследуйте полученный раствор на содержание катионов аммония и сульфат-ионов (какие реакции являются качественными на эти ионы?). Опираясь на результаты исследований, написать уравнение реакции между сернистой кислотой и оксидом азота(II).

2. Повторить опыт, используя в качестве восстановителя насыщенный раствор хлорида олова(II), сильно подкисленный соляной кислотой. Написать уравнение происходящей реакции.

3. В колбу, наполненную оксидом азота(II), внести щипцами зажженную магниевую ленту. Описать происходящее. Написать уравнение реакции.

*Реакции присоединения оксида азота(II)*

1. Пропустить ток оксида азота(II) через раствор сульфата железа(II). Отметить происходящие эффекты. Нагреть полученный раствор. Что наблюдается? Написать уравнения реакций.

2. Растворить небольшое количество сульфата меди(II) в 2 мл концентрированной серной кислоты. Пропустить через раствор оксид азота(II). Что наблюдается? Нагреть раствор. Написать уравнения реакций.

Привести примеры уравнений реакций, в которых оксид азота(II) является: а) восстановителем; б) окислителем. Пользуясь значениями стандартных окислительно-восстановительных потенциалов, показать, какая из функций – окислительная или восстановительная – преобладает для оксида азота(II) в водных растворах при комнатной температуре.

## Опыт 7. Свойства нитритов

*Восстановительные свойства нитритов*

В две пробирки налить по 1 мл растворов дихромата калия и перманганата калия, подкислить растворы 1 мл 2 н. раствора серной кислоты. Добавить в каждую из пробирок по 1 мл нитрита калия, отметить изменение окраски растворов. Определить продукт окисления нитрита калия, руководствуясь результатами наблюдения. Написать уравнения реакций.

*Окислительные свойства нитритов*

1. К 1 мл раствора иодида калия добавить 1 мл 2 н. раствора серной кислоты и 1 мл раствора нитрита калия. Наблюдать протекание окислительно-восстановительной реакции. Установить продукт восстановления нитрит-иона. Для этого, во-первых, если выделяется газ, обратить внимание на его цвет, во-вторых, провести качественную реакцию на ион аммония, используя реактив Несслера. Написать уравнения реакций.

2. Поместить в пробирку несколько гранул цинка, налить 2 мл 40%-ного раствора гидроксида натрия и затем прилить 1 мл раствора нитрита калия. Нагреть пробирку. Описать происходящее. Установить продукт восстановления нитрита, как это описано выше. Написать уравнение реакции. Какова устойчивость оксида азота(III)? Как получают чистый оксид азота(III)?

Охарактеризуйте окислительные и восстановительные свойства азотистой кислоты и нитритов, продукты их восстановления и окисления. Определите, пользуясь таблицей стандартных электродных потенциалов, какая функция, окислительная или восстановительная, выражена отчетливее с термодинамической точки зрения.

## Опыт 8. Свойства азотной кислоты

### *Взаимодействие азотной кислоты с металлами*

1. В четыре пробирки поместить стружки соответственно магния, цинка, железа и меди. В каждую пробирку налить по 2 мл концентрированной (65%) азотной кислоты. Наблюдать протекание реакций. Установить продукт восстановления нитрат-иона. С этой целью следует: а) учитывать внешний вид выделяющихся газов; б) проводить качественную реакцию на аммиак, для чего отбирать несколько капель реакционной смеси и на часовом стекле осуществлять пробу на реактив Несслера. Написать уравнения реакций.

2. Изучить взаимодействие магния, цинка, железа, меди с 32%-ной и 10%-ной азотной кислотой по методике, описанной в предыдущем опыте. Написать уравнения реакций.

### *Взаимодействие азотной кислоты с неметаллами*

1. В фарфоровую чашку поместить немного (0,2-0,3 г) красного фосфора и прилить 4 мл концентрированной азотной кислоты. На кольцо, закрепленное в штативе, положить асбестовую сетку, поставить на нее чашку с реакционной смесью и нагреть ее пламенем спиртовки. По мере разложения азотной кислоты осторожно добавлять ее небольшими порциями до полного растворения фосфора и прекращения выделения бурых паров. Написать уравнение реакции.

2. Исследовать, как это описано в предыдущем опыте, взаимодействие между концентрированной азотной кислотой и порошкообразной серой. После окончания реакции охладить раствор и доказать наличие в нем сульфат-ионов с помощью раствора хлорида бария. Написать уравнение реакции.

### *Окисление азотной кислотой сложных веществ*

1. К 1 мл раствора сульфата железа(II) добавить 3 мл концентрированной азотной кислоты. Записать результаты наблюдения. Используя описанную выше методику, установить продукт восстановления азотной кислоты. Написать уравнение реакции.

2. В три пробирки налить по 1 мл концентрированных растворов а) соляной кислоты; б) бромида калия; в) иодида калия. К каждому из растворов прибавить по 3 мл концентрированной азотной кислоты. Написать уравнения реакций.

Используя результаты опытов, сравните степень выраженности окислительных свойств азотной кислоты: а) концентрированной (65%), б) средней концентрации (30%); в) разбавленной (10%). Обсудить зависимость продуктов восстановления азотной кислоты от природы восстановителя и концентрации кислоты.

## ФОСФОР

Белый фосфор и его пары ядовиты! Белый фосфор можно брать только пинцетом. Все опыты с белым и красным фосфором, а также с фосфинном проводить только в вытяжном шкафу. Сухой красный фосфор нельзя перетирать в ступке, подвергать ударам и сильному давлению. Загоревшийся фосфор тушат водой.

### Опыт 1. Получение белого фосфора

*(Опыт проводить только под наблюдением преподавателя!)*

Положить на дно пробирки небольшое количество сухого красного фосфора и закрыть отверстие кусочком ваты. Закрепить пробирку в лапке штатива в наклонном положении и осторожно нагреть то место, где лежит фосфор. Наблюдать свечение фосфора в темноте. Каковы условия перехода белого фосфора в красный и наоборот? Какие еще аллотропные модификации фосфора существуют? Как они могут быть получены?

### Опыт 2. Взаимодействие красного фосфора с металлами

*Синтез фосфида кальция (тяга!)*

В сухую пробирку поместить однородную смесь из 2 г мелко измельченного кальция и 2 г сухого красного фосфора. Смесь осторожно распределить тонким слоем по пробирке на длину 3-4 см и закрепить пробирку в штативе почти горизонтально. Заполнить пробирку углекислым газом из аппарата Киппа (с какой целью это делается?). Закрыть отверстие стеклянной ватой. Осторожно нагревать пламенем спиртовки в течение 20-30 минут то место пробирки, в которой располагается смесь. После окончания реакции рассмотреть продукт, не извлекая его из пробирки. Затем стеклянной палочкой осторожно протолкнуть стеклянную вату на дно пробирки, закрыть ее пробкой и оставить для последующих опытов. Написать уравнение реакции получения фосфида кальция.

### Опыт 3. Синтез оксида фосфора (III)

Собрать прибор для получения оксида фосфора (III) (рис. 9).



Рис. 9. Прибор для получения оксида фосфора (III)

U-образную трубку 2 заполнить хлоридом кальция. В фарфоровую лодочку 3 насыпать около 2 г красного фосфора. Поместить лодочку в трубку 4. Присоединить к ал-

лопжку 5 водоструйный насос. С помощью водоструйного насоса создать слабый ток воздуха. Для определения интенсивности его подачи использовать счетчик пузырьков воздуха, представляющий собой промывную

склянку 1, заполненную глицерином. Приемник 6 охлаждать холодной водой. Фосфор нагреть до воспламенения.

Образование оксида фосфора (III) сопровождается светло-зеленым пламенем. Это обстоятельство следует учитывать при регулировке тока воздуха. Реакцию прекратить, когда в лодочке останется небольшое количество фосфора. Наблюдать образование оксида фосфора (III) в приемнике, частично – в трубке. С помощью капельной пипетки промыть соединительную трубку 3-5 мл воды, направляя ее конец в приемник. При необходимости добавить в приемник небольшое количество воды до растворения оксида фосфора (III). Написать уравнение реакции получения оксида фосфора (III).

#### Опыт 4. Синтез оксида фосфора (V) (тяга!)

Собрать прибор (рис. 10). В промывную склянку налить концентри-



Рис. 10. Прибор для получения оксида фосфора (V)

рованную серную кислоту. В большую ложечку для сжигания положить около 2 г красного фосфора, включить водоструйный насос, пропуская сильный ток сухого воздуха. Поджечь фосфор и внести его в трехгорлый сосуд 2. Наблюдать образование оксида фосфора (V), сопровождаемое красным пламенем. Написать уравнение реакции. Образовавшийся оксид фосфора (V) внести в бюкс с притертой крышкой и оставить для последующих опытов.

рованную серную кислоту. В большую ложечку для сжигания положить около 2 г красного фосфора, включить водоструйный насос, пропуская сильный ток сухого

#### Опыт 5. Синтез хлорида фосфора (III)

Взвесить на технических весах сухую коническую колбу с пробкой. Под тягой тщательно измельчить около 50 г хлорида фосфора (V), перенести во взвешенную колбу, закрыть пробкой и взвесить.

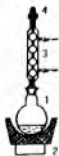


Рис. 11. Прибор для получения хлорида фосфора (III)

Зная точную массу хлорида фосфора (V), рассчитать необходимое для реакции количество красного фосфора и взять точную навеску. Хлорид фосфора (V) и фосфор перенести в сухой стакан (под тягой!), тщательно перемешать с помощью стеклянной палочки, после чего перенести смесь в реакционную колбу 1 (рис. 11). Заполнить хлоркальциевую трубку 4 прокаленным хлоридом кальция, подключить к воде обратный холодильник 3, включить колбонагреватель 2. В начальный момент реакции обогрев следует вести осторожно до появления жидкого



хлорида фосфора (III) и полного смачивания всей реакционной смеси. Затем нагрев можно усилить. Нагревать смесь в течение часа после появления первых признаков реакции. Хранить хлорид фосфора (III) в сосуде с пришлифованной пробкой.

#### ✓ Опыт 6. Получение фосфина и его свойства

Фосфин чрезвычайно ядовитое вещество! Поэтому работа должна проводиться только под хорошо работающей тягой. Отработанные реактивы сливать только в склянку для отходов!

##### *Получение фосфина*

Для синтеза использовать фосфид кальция, полученный в опыте 2. Перед началом синтеза приготовить все реактивы и оборудование для последующих опытов с фосфином.

Поместить в сухую пробирку Вюрца фосфид кальция, закрепить ее вертикально в штативе и вставить небольшую капельную воронку. Приливать к фосфиду кальция из капельной воронки по каплям 2 н. раствор соляной кислоты. Сразу же после начала выделения газа приступить к изучению свойств фосфина.

##### *Свойства фосфина*

Газоотводную трубку прибора для получения фосфина опустить в пробирку с 2-3 мл 0.1 М раствора сульфата никеля (рН=7) и пропускать газ в течение 1-2 минут. Какое вещество образуется в результате реакции?

Повторить опыт, заменив раствор сульфата никеля 0.1 М раствором нитрата серебра. Написать уравнения реакций.

#### ! Опыт 7. Использование восстановительных свойств гипофосфита натрия в процессе химического никелирования (Тяга!)

Очистить поверхность никелируемого предмета (гвоздь или медные монетки достоинством 10 или 50 коп.) от ржавчины, для чего выдержать его в течение 30-45 секунд, в зависимости от степени коррозии, в 24%-ном растворе соляной кислоты. Промыть водой. Тщательно отполировать поверхность вначале тонкой наждачной бумагой, а затем оксидом магния, либо мелом. Промыть водой и обезжирить этиловым спиртом. В химическом стакане приготовить реакционную смесь, состоящую из 3 г хлорида никеля, 1 г гипофосфита натрия, 1 г ацетата натрия и 95 мл воды. На водяной бане медленно нагреть полученный раствор до 95°C и чистыми щипцами (не касаться руками!) опустить никелируемый предмет в раствор, подвесив его с помощью металлической проволоки на палочку, положенную поперек стакана. Процесс никелирования проводить при температуре 95°C в течение часа. По окончании реакции вынуть предмет из стакана, промыть струей воды и высушить фильтровальной бумагой. Написать

уравнение реакции, лежащей в основе протекающего процесса. Какую функцию выполняет ацетат натрия?

### **Опыт 8. Изучение восстановительных свойств гипофосфитов**

*(Тяга!)*

1. К 2-3 мл раствора гипофосфита калия добавить 3-4 капли 0.1 М раствора нитрата серебра. Наблюдается ли взаимодействие веществ? Нагреть раствор. Какое вещество образовалось? Написать уравнение реакции.

2. Прилить к 2-3 каплям раствора гипофосфита калия 2-3 капли 0.01 М раствора перманганата калия. Если взаимодействия не наблюдается, подкислить раствор несколькими каплями 2 М раствора серной кислоты. Написать уравнение реакции.

### **Опыт 9. Синтез фосфористой кислоты и изучение ее свойств**

*(Тяга!)*

*Получение фосфористой кислоты*

**Способ 1.** В фарфоровый стакан емкостью 500 мл налить 250 мл дистиллированной воды и поместить стакан в лед. Прилить в воду из капельной воронки 50 мл хлорида фосфора (III). Реактив необходимо приливать по каплям при непрерывном перемешивании реакционной смеси стеклянной палочкой (работать в перчатках!). Раствор упарить на водяной бане до 1/3 объема (для удаления воды и хлороводорода). Использовать 50 мл полученного раствора для изучения свойств фосфористой кислоты, оставшуюся часть раствора держать в эксикаторе над оксидом фосфора (V). Наблюдать через некоторое время выделение фосфористой кислоты из раствора в виде бесцветной кристаллической массы. Написать уравнение реакции.

**Способ 2.** Оксид фосфора (III), полученный в опыте 3, растворить в небольшом количестве воды. Полученный раствор отфильтровать через бумажный фильтр. Написать уравнение реакции.

*Свойства фосфористой кислоты*

1. Налить в пробирку 2-3 мл раствора фосфористой кислоты и добавить по каплям раствор карбоната натрия до слабокислой среды (рН=5-6). Добавить несколько капель 0.1 М раствора нитрата серебра. Нагреть жидкость с осадком. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

2. К 2-3 мл раствора фосфористой кислоты прилить 3-4 капли 0.1 М раствора нитрата ртути (II). Описать происходящее. Написать уравнение реакции.

3. Прибавить к 2-3 мл раствора фосфористой кислоты несколько капель раствора перманганата калия. Что происходит? Написать уравнение реакции.

4. Раствор фосфористой кислоты поместить в фарфоровую чашку и упарить сначала на водяной бане, затем осторожно прогреть на песчаной бане. Описать происходящее. Написать уравнение реакции.

### **Опыт 10. Получение и свойства метафосфорной кислоты**

*Получение метафосфорной кислоты*

**Способ 1.** Внести в пробирку около 0,5 г оксида фосфора (V) и добавить 5-10 мл воды. Обратит внимание на окраску раствора. Написать уравнение реакции образования метафосфорной кислоты.

**Способ 2.** Поместить в фарфоровую чашечку 1-2 мл 95%-ного раствора ортофосфорной кислоты. Нагреванием на песчаной бане довести ее до сиропообразной консистенции, после чего прокалить при температуре 350° С. Написать уравнение реакции.

*Качественная реакция на метафосфорную кислоту и ее соли*

В две пробирки налить по 1-2 мл раствора метафосфорной кислоты. В одну из них добавить 1 мл водного раствора белка. Наблюдать его свертывание. В другую пробирку добавить 3-4 капли 1 М раствора аммиака до слабокислой реакции (рН=5-6) и несколько капель 0.1 М раствора нитрата серебра. Наблюдать осаждение метафосфата серебра. Отметить цвет осадка. Испытать отношение осадка к разбавленной азотной кислоте.

### **Опыт 11. Получение и свойства ортофосфорной кислоты**

*Получение ортофосфорной кислоты (Тяга!)*

1. Внести в фарфоровую чашку около 0,5 г оксида фосфора (V) и растворить в 10 мл воды. Добавить к раствору 1 мл концентрированной азотной кислоты. Смесь прокипятить в течение 5 минут. В результате получается раствор ортофосфорной кислоты. Написать уравнение реакции. Раствор сохранить для последующих опытов.

2. В фарфоровую чашку внести около 1 г ортофосфата кальция, 5-7 мл 60%-ной серной кислоты. Смесь прокипятить в течение 5 минут. Осадку дать отстояться, затем раствор осторожно слить с осадка и разбавить водой в пропорции 1:2. Написать уравнение реакции. Сохранить раствор для последующих опытов.

*Качественные реакции на ортофосфорную кислоту и ее соли*

В три пробирки налить по 1 мл раствора ортофосфорной кислоты. В одну пробирку налить 5-7 мл молибденовой жидкости и нагреть до осаждения осадка. Каков цвет и состав осадка? В другую пробирку добавить несколько капель 0.1 М раствора нитрата серебра. Нагреть раствор. Записать наблюдения. В третью пробирку добавить 1 мл раствора, содержащего аммиак, хлориды магния и аммония, до осаждения двойной соли фосфата магния и аммония. Каков ее цвет и состав? Написать уравнения реакций. Провести аналогичные опыты с 0.1 М раствором гидрофосфата натрия.

### **Опыт 12. Качественные реакции на пиррофосфорную кислоту и ее соли**

1. К 1-2 мл 0.1 М раствора пиррофосфорной кислоты добавить 1-2 мл водного раствора белка. Отметить, происходит ли свертывание белка. Сравнить с действием белка на мета- и ортофосфат ионы.

2. Добавить к 1-2 мл 0.05 М раствора дигидропиррофосфата натрия несколько капель нитрата серебра. Описать наблюдения. Растворяется ли полученное вещество в разбавленном растворе азотной кислоты? Написать уравнение реакции.

### **Опыт 13. Изучение термического разложения дигидрофосфата натрия и гидрофосфата натрия**

В двух небольших тиглях в муфельной печи при температуре 400-500°C в течение 5 минут прокалить по 0,5 г дигидрофосфата натрия и гидрофосфата натрия. После охлаждения каждую соль растворить в 5 мл воды. Установить продукты разложения солей, используя подходящие реактивы на фосфат-, метафосфат-, пиррофосфат-ионы. Составить уравнения реакций термического разложения исследуемых солей.

### **Опыт 14. Гидролиз солей ортофосфорной кислоты**

В три пробирки налить по 2-3 мл гидрофосфата, дигидрофосфата и фосфата натрия. Определить pH растворов с помощью универсального индикатора. Написать уравнения реакций гидролиза. Объяснить различное значение pH растворов данных солей в воде.

## **УГЛЕРОД**

### **Опыт 1. Получение аморфного углерода**

**Обугливание сахара.** В фарфоровый тигель всыпать около 2 г измельченного сахара, поставить на фарфоровый треугольник и нагреть в пламени горелки. Вначале сахар плавится, обугливается, и масса при этом сильно вспенивается, вследствие образования летучих продуктов, которые обычно загораются. В остатке получается уголь в виде объемной массы. Полученный уголь прокалить (10 мин), затем охладить и сохранить для следующих опытов.

### **Опыт 2. Восстановительные свойства углерода**

*Восстановление оксида свинца (II)*

Поместить в фарфоровый тигель смесь мелко измельченных 4 г оксида свинца (II), 0,5 г угля и 1 г сульфата натрия. Накрывать тигель крышкой и сильно прокалить в пламени спиртовки 15-20 минут. Охладить тигель и высыпать его содержимое на лист бумаги. Отделить образовавшиеся корочки металлического свинца. Написать уравнение реакции восстановле-

ния оксида свинца(II) углеродом, имея в виду, что сульфит натрия добавляется для понижения температуры плавления смеси.

#### *Восстановление оксида меди (II)*

Тщательно перемешать 2 г оксида меди(II) с 0,5 г угля. Смесь поместить в сухую пробирку и закрыть пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опустить в пробирку с раствором гидроксида кальция. Пробирку со смесью закрепить в лапке штатива и сильно нагреть в пламени спиртовки. Когда прекратится выделение пузырьков газа, вынуть отводную трубку из раствора. Только после этого прекратить нагревание. Высыпать содержимое пробирки на белый лист бумаги. Описать происходящее. Написать уравнение реакции.

#### *Восстановление серной кислоты*

В пробирку поместить 2-4 капли концентрированного раствора серной кислоты и маленький кусочек угля. Укрепить ее в штативе и осторожно нагреть на небольшом пламени горелки. Когда начнется выделение пузырьков газа, поднести к отверстию пробирки фильтровальную бумагу, смоченную раствором иода. Отметить наблюдаемые явления. Написать уравнение реакции.

### **Опыт 3. Адсорбционные свойства угля**

#### *Адсорбция красящих веществ из раствора*

В колбе или стакане слегка окрасить воду фуксином или метиловым фиолетовым и разлить ее на две части. Одну оставить для сравнения. В другую внести мелкоизмельченный древесный уголь и сильно встряхивать в течение 2-3 мин. Дать раствору отстояться. Затем уголь отфильтровать. Отметить изменение концентрации красителя.

#### *Адсорбция газообразных веществ (опыт проводить под тягой)*

В сухой пробирке нагреть до разложения несколько кристаллов нитрата свинца(II) (написать уравнение реакции разложения). Сразу же по прекращении нагревания бросить в пробирку несколько кусочков угля. Закрывать пробирку пробкой и встряхнуть. Наблюдать ослабление бурой окраски оксида азота (IV).

### **Опыт 4. Получение оксида углерода(II)**

**(Тяга!)**

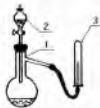


Рис 12. Прибор для получения CO

Собрать прибор (рис. 12). В колбу Вюрца налить 30-50 мл муравьиной кислоты, а в капельную воронку концентрированную серную кислоту. Газоотводную трубку поместить в кристаллизатор с водой. Постепенно добавлять серную кислоту, нагревая колбу через асбестовую сетку на пламени спиртовки. После начала энергичной реакции, убедившись в чистоте выделяющегося оксида углерода (II) (проверяется так

же, как и чистота водорода), собрать его над водой в цилиндр, применяя способ вытеснения воды. Вынуть цилиндр с оксидом углерода (II) из кристаллизатора и, не переворачивая его, поднести к горящей лучине. После загорания оксида углерода (II), поставить цилиндр на стол до полного сгорания газа.

### Опыт 5. Восстановительные свойства оксида углерода(II)

Налить в одну пробирку 2-3 мл подкисленного раствора перманганата калия, а во вторую – такое же количество раствора дихромата калия. Пропустить в обе пробирки ток оксида углерода(II) до изменения окраски. Написать уравнения реакций.

### Опыт 6. Получение оксида углерода(IV) и изучение его свойств

Для получения оксида углерода (IV) (и некоторых других газов, например, водорода) применяется аппарат Киппа (рис. 13). Аппарат Киппа состоит из двух соединенных между собой резервуаров 2 и 3 и шарообразной воронки 1, удлиненный конец которой доходит почти до дна резервуара 3. В верхней части резервуара 2 имеется тубус 5, который закрыт пробкой с газоотводной трубкой, имеющей кран 6. В резервуаре 3 имеется также тубус 4 для выливания жидкости из прибора. Чтобы зарядить аппарат, в средний шар 2 насыпают через тубус 5 кусочки мрамора. Размер кусочков должен быть таким, чтобы они не попадали в нижний резервуар 3 через щель между концом шарообразной воронки и стенкой перетяжки 7, соединяющей резервуары 2 и 3. Для этого в месте перетяжки 7 помещают круглую резиновую прокладку с отверстием посередине для отвода воронки 1 и с несколькими небольшими отверстиями для свободного движения жидкости. При открытом кране 6, в прибор через воронку 1 сверху наливают соляную кислоту (1:1) в таком количестве, чтобы кусочки мрамора в резервуаре 2 были покрыты. Для получения  $\text{CO}_2$  открыть кран 6. Начинается реакция между соляной кислотой и мрамором, в результате чего выделяется оксид углерода (IV). Когда собрано достаточное количество газа, кран 6 закрывают и, если прибор герметичен, кислота вытесняется из среднего шара 2 под давлением выделяющегося при реакции газа. Как только вся жидкость будет вытеснена из шара 2 в шары 3 и 1, реакция прекращается, и газ перестает выделяться. Для повторного отбора газа вновь открывают кран 6, кислота поднимается в резервуар 2, соприкосновение с кусочками мрамора приводит к возобновлению реакции. Далее необходимо:



Рис. 13. Аппарат Киппа

1. наполнить пробирку выделяющимся оксидом углерода (IV) из аппарата Киппа и испытать действие  $\text{CO}_2$  на горящую лучину;

2. налить в пробирку на треть дистиллированной воды и насытить ее оксидом углерода (IV) из аппарата Киппа. Определить рН полученного раствора по универсальному индикатору. Какие равновесия имеют место в водном растворе оксида углерода (IV)? Как можно сдвинуть равновесие вправо и влево? Написать уравнения реакций;

3. наполнить три сухих сосуда оксидом углерода (IV). Убедиться в полноте наполнения (объяснить, каким образом это можно сделать). Зажженную ленту магния внести в первый сосуд. Во второй сосуд с оксидом углерода (IV) внести ложечку с зажженным красным фосфором. Налить в фарфоровую чашку несколько капель бензина и поджечь, затем "вылить" на горящий бензин оксид углерода (IV) из третьего сосуда. Объяснить наблюдаемые явления и написать уравнения реакций. Можно ли использовать углекислотный огнетушитель для тушения горящих магния, фосфора и бензина?

### **Опыт 7. Получение и свойства солей угольной кислоты**

1. Качественная реакция на обнаружение карбонат-ионов. В коническую колбу с насыщенным раствором гидроксида кальция в течение 2-3 мин из аппарата Киппа пропускать оксид углерода (IV). Записать наблюдения и уравнение реакции. Объяснить, что происходит при продолжительном пропускании оксида углерода (IV). Полученный раствор разлить в две пробирки. В одну добавить раствор гидроксида кальция, а другую нагреть. Объяснить происходящие явления. Написать уравнения реакций.

2. К растворам хлоридов кальция, стронция и бария добавить раствор карбоната натрия. Объяснить происходящие явления. Написать уравнения реакций.

### **Опыт 8. Гидролиз солей угольной кислоты**

Налить в две пробирки по 1-2 мл растворов карбоната натрия и гидрокарбоната натрия. Определить рН среды в каждой из пробирок. Написать уравнения реакций гидролиза этих солей. Определить, какая соль в большей степени подвергается гидролизу. Дать объяснение.

### **Опыт 9. Получение карбоната натрия**

В опыте воспроизводятся реакции, лежащие в основе одного из важнейших химических производств – получение карбоната натрия (техническое название – кальцинированная сода). В коническую колбу емкостью 250 мл поместить 50 мл 10%-ного раствора аммиака и добавить гуда 20 г тщательно измельченного в ступке хлорида натрия. Колбу закрыть резиновой пробкой и взбалтывать в течение 5 минут. Затем раствор отфильтровать от нерастворившейся соли на стеклянной воронке. Слянку с фильтратом соединить с аппаратом Киппа и в течение часа пропускать в фильтрат ток оксида углерода(IV) (5-6 пузырьков в секунду). Через некоторое

время после начала пропускания  $\text{CO}_2$  наблюдать выпадение кристаллов  $\text{NaHCO}_3$ .

По окончании пропускания  $\text{CO}_2$  полученный осадок гидрокарбоната натрия отфильтровать на воронке Бюхнера, перенести во взвешенную фарфоровую чашку и нагреть в течение 30 минут в сушильном шкафу при  $120^\circ\text{C}$ . После нагревания чашку с кальцинированной содой охладить в эксикаторе и взвесить. Определить выход продукта и написать уравнения реакций.

## КРЕМНИЙ

### Опыт 1. Получение аморфного кремния и силицида магния

*(Опыт проводить под тягой!)*

Смешать порошок магния и тонко измельченный кварцевый песок (в отношении масс 2:3), тщательно перемешать стеклянной палочкой и пересыпать в пробирку из кварцевого стекла. Пробирку закрепить вертикально в штативе и в середину смеси вставить хорошо очищенную ленту магния (около 3 см). Сначала прогреть всю смесь, а затем сильно нагревать дно пробирки до тех пор, пока смесь не раскалится. Прекратить нагревание и поджечь магний. Наблюдать разогревание смеси до красного каления, которым сопровождается процесс. Составить уравнения реакций, учитывая то, что, кроме кремния и оксида магния, получается также небольшое количество силицида магния.

После охлаждения пробирку с продуктами реакции разбить в ступке, полученный сплав отделить от стекла, разделить на мелкие кусочки и использовать в следующем опыте.

В стакан с соляной кислотой (1:1) небольшими частями бросить полученный сплав. Объяснить наблюдаемое. Написать уравнения реакций получения простейшего силана и его горения.

Слить жидкость с осадка аморфного кремния, добавить еще несколько капель соляной кислоты к осадку и после прекращения вспышек убедиться, что весь силицид магния прореагировал. Промыть осадок водой, отфильтровать и высушить на воздухе. Отметить цвет аморфного кремния.

Небольшое количество аморфного кремния нагреть в пробирке с 2 мл концентрированного раствора щелочи. Записать наблюдения. Написать уравнение реакции.

Испытать отношение аморфного кремния к соляной кислоте и азотной кислоте.

### Опыт 2. Получение кристаллического кремния

*(Опыт проводить под тягой!)*

Смесь, состоящую из оксида кремния (IV), порошков алюминия и серы (в отношении масс 1:1:1), поместить в корундовый тигель, а в середину смеси вставить очищенную ленту магния (2-3 см). Поставить тигель на асбестовую сетку и поджечь магний. Записать наблюдения.



Охладить тигель и разбить. Продукт реакции поместить в фарфоровую чашку и залить водой. Какой газ выделяется? Когда выделение газа прекратится, взболтать в воде и отделить декантацией образовавшийся гидроксид алюминия от кусочков кремния. Отделенные кусочки кремния промыть сначала соляной кислотой, затем водой. Снова залить соляной кислотой и нагревать до тех пор, пока кусочки кремния не распадутся на мелкие черные кристаллики.

Испытать отношение кристаллического кремния к азотной кислоте и концентрированному раствору щелочи. Записать уравнения проведенных реакций.

### Опыт 3. Получение кремниевых кислот

#### *Получение гидрогеля кремниевой кислоты*

В пробирку налить 1-2 мл концентрированного раствора силиката натрия и прибавить равный объем 2 н. раствора соляной кислоты. Хорошо перемешать содержимое пробирки стеклянной палочкой. Описать происходящие явления. Написать уравнение реакции.

#### *Получение гидрозоля кремниевой кислоты*

Налить в пробирку 1-2 мл раствора силиката натрия и добавить к нему при перемешивании равный объем концентрированной соляной кислоты. Наблюдается ли в данном случае образование студенистого осадка? Нагреть содержимое пробирки, а затем охладить. Объяснить наблюдаемое.

### Опыт 4. Получение нерастворимых силикатов

В широкий стакан емкостью 100 мл налить 150 мл 20%-ного раствора силиката натрия. Бросить на дно стакана несколько кристалликов  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  так, чтобы они были удалены друг от друга. Обратит внимание на причудливую форму образовавшихся через 30 минут нерастворимых силикатов. Объяснить образование "химического сада"

### Опыт 5. Изучение свойств силикатов

#### *Гидролиз солей кремниевой кислоты*

а) Определить pH раствора силиката натрия с помощью универсального индикатора. Испытать действие фенолфталеина на раствор силиката натрия. Написать уравнение реакции гидролиза в ионном и молекулярном виде.

б) К 1-2 мл концентрированного раствора силиката натрия прилить при перемешивании 2-3 мл насыщенного раствора хлорида аммония. Наблюдать образование осадка и газа. Написать уравнение реакции гидролиза в ионном и молекулярном виде.

## **Опыт 6. Выщелачивание стекла**

*(Для защиты лица надеть маску!)*

Кусочек стеклянной трубки нагреть в пламени спиртовки и быстро опустить в стакан с холодной водой. Трубка лопается. Кусочек стекла перенести в фарфоровую ступку и, добавив небольшое количество дистиллированной воды, перетереть в мелкий порошок. Добавить несколько капель фенолфталеина. Записать наблюдения. Дать объяснение, учитывая, что состав обыкновенного стекла выражается формулой  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ .

## **Опыт 7. Получение легкоплавкого боро-свинцово-силикатного стекла**

Тщательно перемешать и растереть в ступке 4 г оксида свинца(II), 1 г борной кислоты и 0,25 г чистого кварцевого песка. Полученную смесь небольшими порциями вносить в тигель и нагревать при 500-550°C в муфельной печи. При внесении очередной порции смеси в тигель сначала происходит сильное вспенивание, обусловленное разложением борной кислоты, а затем образуется легкоплавкое стекло (температура плавления 500°C). Следующую порцию нужно вносить только после того, как прекратится вспенивание от предыдущей. После внесения всей смеси продолжать нагревание до прекращения выделения пузырьков газа. Затем, взяв тигель щипцами, вылить полученное стекло на керамическую пластинку и дать остыть.

Можно получить таким же образом и окрашенные стекла. Для придания стеклу синей окраски в процессе его получения следует добавить около 0,01 г оксида кобальта(II). Добавление такого же количества оксида хрома(III) придает стеклу зеленую окраску, оксида марганца(II) – розовую.

## **БОР**

### **Опыт 1. Получение аморфного бора**

Прокаленный борный ангидрид растереть в ступке и смешать с сухим порошком магния в соотношении 1:1. Смесь поместить в корундовый тигель, закрыть крышкой или куском асбеста и прокалить при 650-700°C. Записать наблюдения. Полученную в результате реакции массу после остывания поместить в стакан с водой и небольшими порциями приливать концентрированную соляную кислоту до окончания бурной реакции. Какие компоненты смеси будут взаимодействовать с HCl? Написать соответствующие уравнения реакций. Отмыть бор от соляной кислоты водой и высушить.

## **Опыт 2. Получение ортоборной кислоты и изучение ее свойств**

1. При нагревании растворить в стакане 5 г буры в 10 мл воды. К раствору добавить 26%-ной соляной кислоты в количестве, немного большем, чем требует стехиометрия. При медленном охлаждении раствора выделяются кристаллы. Отделить кристаллы на воронке Бюхнера, промыть холодной водой и просушить между листами фильтровальной бумаги. Испытать растворимость ортоборной кислоты в воде, при комнатной температуре и при нагревании.

2. Измерить pH раствора ортоборной кислоты с помощью pH-метра. Написать уравнения равновесий в водном растворе борной кислоты.

3. *Получение эфира ортоборной кислоты (качественная реакция на соединения бора).* (Работать под тягой! Надеть защитные очки!)

Приготовить насыщенный раствор борной кислоты и испытать на лакмус. Налить раствор борной кислоты в фарфоровую чашку и упарить почти досуха. Добавить 3-4 мл метилового спирта и поджечь. В какой цвет окрашивается пламя?

## **Опыт 3. Получение и свойства солей борных кислот**

### *Получение малорастворимых метаборатов*

В две пробирки налить по 1 мл насыщенного раствора тетрабората натрия. В первую прилить такое же количество раствора соли бария, а во вторую – раствора соли серебра. Отметить цвет и характер осадков метаборатов. Написать уравнения реакций.

### *1. Получение цветных стекол – "перлов буры"*

Получение перла метабората кобальта(II). Накалить упко платиновой проволоки в пламени горелки и прикоснуться к кристаллам буры. Прилипшие к проволоке кристаллы нагреть в пламени горелки до их плавления. Проволоку с образовавшимся прозрачным стекловидным полиметаборатом опустить в пробирку с концентрированным раствором соли кобальта и снова нагреть до плавления и образования однородной массы. Охладить перл и отметить его окраску. Написать уравнение реакции. После опыта проволоку очистить следующим образом: легким постукиванием раздробить перл, промыть проволоку раствором соляной кислоты и прокалить в пламени горелки.

Повторить предыдущий опыт с обезвоженным порошком сульфата хрома(III). Отметить цвет полученного перла. Написать уравнение реакции.

## **Опыт 4. Получение нитрида бора**

1 г мелкоизмельченного борного ангидрида хорошо перемешать с 1,5 г мочевины. Смесь поместить в фарфоровый тигель, накрыть крышкой или листом асбеста и нагревать при 550-600°C. Образовавшуюся спекшуюся массу измельчить и промыть декантацией водой, подкисленной соляной

кислотой. Осадок отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть на фильтре водой и высушить в сушильном шкафу при 50-60°C. Описать внешний вид продукта. Написать уравнение реакции.

### **Опыт 5. Получение тетрабората аммония**

*(Тяга!)*

Поместить в пластмассовую чашку 5 мл воды, 1,5 г  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  и 0,5 г  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Смесь нагреть на водяной бане, перемешивая пластмассовой палочкой до тех пор, пока раствор не станет совершенно прозрачным. Охладить раствор и отметить образование длинных игольчатых кристаллов. Отфильтровать кристаллы на воронке Бюхнера. Написать уравнение реакции.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Дополнительные и демонстрационные опыты

#### ГАЛОГЕНЫ

#### Опыт 1. Синтез безводных хлоридов никеля, кобальта или хрома

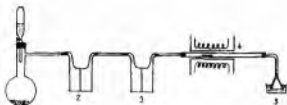


Рис. П1. Прибор для синтеза безводных хлоридов металлов

Собрать прибор (рис. П1). В колбу Вюрца 1 насыпать перманганат калия или оксид марганца (IV), в капельную воронку налить концентрированной соляной кислоты. Промывную склянку 2 оставить пустой, а склянку 3 заполнить концентрированной серной кислотой для осушки хлора.

Порошкообразный металл около 0,5-0,7 г насыпать в кварцевую лодочку и внести в тщательно высушенную кварцевую трубку 4. Трубку поместить в трубчатую печь и присоединить к прибору для получения хлора. На выходе избыточный хлор поглощать концентрированным раствором гидроксида натрия. После пропускания через систему сильного тока хлора в течение 10 минут включить печь. Температуру поддерживать для реакции хлора с никелем или кобальтом 550-600°C, с хромом – около 750-800°C. Хлор интенсивно пропускать в течение 1-1,5 ч. Затем печь отключить и реакционную трубку охладить в токе хлора. Полученное вещество быстро перенести в бюкс с пришлифованной крышкой. Написать уравнение реакции. Отметить цвет полученного продукта. Описать происходящее с продуктом во влажном воздухе.

#### Опыт 2. Получение брома



Рис. П2. Прибор для получения брома

Собрать прибор, изображенный на рис. П2. В пробирку 1 поместить около 3 г оксида марганца (IV) (или перманганата калия), прилить около 10-15 мл концентрированного раствора бромоводородной кислоты, закрыть пробкой с газоотводной трубкой и нагреть. Выделяющиеся пары брома конденсируются в сухой пробирке 2,

охлаждаемой водой со льдом. Отверстие пробирки 2 закрыть ватой. Написать уравнение реакции. Полученный бром использовать для изучения его свойств.

### Опыт 3. Синтез бромоводорода

В пробирку Вюрца 1 (рис. П3) поместить около 1 г красного фосфора, смоченного водой до состояния жидкой кашицы. U-образную трубку 3 заполнить стеклянной ватой, пересыпанной влажным красным фосфором для превращения непрореагировавших паров брома в бромоводород. К U-образной трубке присоединить газоотводную



Рис. П3. Прибор для получения бромоводорода

трубку, которая входит в пробирку – приемник с водой, причем кончик трубки не должен доходить до поверхности воды на несколько миллиметров. В капельную воронку 2 налить жидкий бром и небольшими порциями прибавлять его к фосфору. Написать уравнения реакций.

### Опыт 4. Синтез и изучение свойств иодоводорода

Иодоводород получают способом, описанным в опыте для бромоводорода. Однако в этом случае в пробирку 1 (рис. П3) следует поместить кристаллы иода и красный фосфор, а в капельную воронку 2 налить воды. Отверстие отводной трубки также должно находиться близко к поверхности воды в приемнике, но не касаться ее. Каждую следующую каплю воды из воронки добавлять после того, как закончится бурно протекающая реакция. К концу опыта реакционную пробирку можно подогреть. Полученный раствор иодоводородной кислоты оттитровать. Написать уравнения реакций.

## СЕРА

### Опыт 5. Получение оксида серы (IV) и изучение его свойств

Собрать прибор (рис. П4). В колбу Вюрца 1 емкостью 100 мл насыпать 20 г сульфита натрия и через капельную воронку вводить постепенно 70%-ный раствор серной кислоты. U-образную трубку 2 поместить в охлаждающую смесь с температурой ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . Для приготовления охлаждающей смеси смешать толченый лед или снег с хлоридом аммония в весовом соотношении 2:1. Написать уравнение реакции. Оксид серы (IV), конденсирующийся в U-образной трубке в виде жидкости, сохранить для изучения свойств.



Рис. П4. Прибор для получения жидкого оксида серы (IV)

### Свойства оксида серы (IV)

1. В сухую толстостенную колбу объемом 100 мл налить несколько капель жидкого оксида серы (IV). После его испарения закрыть отверстие колбы пробкой со стеклянной оттянутой трубкой. Перевернуть склянку с газом вверх дном и в таком положении погрузить ее в ванну с водой. Записать наблюдения. Написать уравнение реакции. Определить pH образовавшегося в колбе раствора с помощью универсального индикатора. Какие равновесия устанавливаются в водном растворе оксида серы (IV)?

2. В заполненную оксидом серы (IV) пробирку внести горящую лучину. Поддерживает ли оксид серы (IV) горение?

### Опыт 6. Получение хлорида тионила

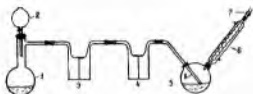


Рис. П5. Прибор для получения хлорида тионила

Собрать прибор, изображенный на рис. П5. В колбу Вюрца 1 насыпать 50 г сульфита натрия, а в делительную воронку 2 налить концентрированную серную кислоту. В промывные склянки 3 и 4 налить концентрированную серную кислоту. В двугорлую колбу 5 поместить 10 г хлорида фосфора (V). В одно отверстие колбы 5 вставить трубку 8, подводющую ток оксида серы (IV), а в другое – обратный холодильник 6 с хлоркальциевой трубкой 7 на конце.

Открыть кран капельной воронки 2 и пропустить ток оксида серы (IV). При этом трубка 8 должна находиться в непосредственной близости от хлорида фосфора (V). По мере вступления в реакцию хлорида фосфора (V) и образования жидкого хлорида тионила вдвигать трубку 8 так, чтобы ее конец был погружен в образующуюся жидкость. Пропускать ток оксида серы (IV) до полного исчезновения твердого хлорида фосфора (V). Написать уравнение реакции.

## АЗОТ

### Опыт 7. Получение оксида азота(IV) и его свойства

#### Получение оксида азота(IV)

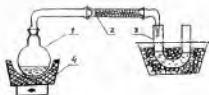


Рис. П6. Прибор для получения оксида азота (IV)

Высушить в сушильном шкафу при  $120^{\circ}\text{C}$  40 г нитрата свинца и 20 г кварцевого песка. После охлаждения нитрат свинца тщательно измельчить и смешать с песком.

Поместить смесь в колбу 1 из тугоплавкого стекла прибора, изображенного на рис. П6. Колонку 2 заполнить фосфорным ангидридом либо прокаленным хлоридом кальция, нанесенным на стеклянную вату. Ловушку-приемник 3 погрузить в охлаждающую смесь, приготовленную из двух весовых частей нитрата аммония, двух весовых частей поваренной соли и пяти весовых частей толченого льда. Колбу со смесью нитрата свинца и песка нагреть до 350–450°C с помощью колбо-нагревателя 4. Оксид азота(IV) получается в виде жидкости, окрашенной в зеленоватый цвет вследствие присутствия в ней примеси оксида азота(III). Использовать полученный оксид азота(IV) для изучения химических свойств и для синтеза оксида азота(III). Написать уравнение реакции.

*Окислительные свойства оксида азота(IV)*

1. Закрепить пробирку в штативе, налить 1-2 мл жидкого оксида азота(IV). Поместить в металлическую ложечку небольшое количество красного фосфора, нагреть в пламени спиртовки и всыпать в оксид азота(IV). Записать наблюдения. Повторить аналогичный опыт, используя в качестве восстановителя серу. Написать уравнения реакций

2. В отдельные пробирки, содержащие по 1-2 мл жидкого оксида азота(IV), прилить растворы иодида калия и сульфата железа(II). Описать происходящее. Какое вещество является продуктом восстановления оксида азота(IV)? Написать уравнения реакций.

*Диспропорционирование оксида азота(IV)*

Налить в одну пробирку 1-2 мл дистиллированной воды, добавить 2-3 капли индикатора метилового оранжевого, в другую – 1-2 мл 40%-ного раствора гидроксида натрия. Прилить к содержимому каждой пробирки немного жидкого оксида азота(IV). Описать происходящее. О чем свидетельствует изменение величины водородного показателя? Написать уравнения реакций.

*Восстановительные свойства оксида азота(IV)*

Небольшое количество оксида азота(IV) прилить к раствору перманганата калия, подкисленному серной кислотой. Написать уравнение реакции. Какая из функций – окислительная или восстановительная – наиболее характерна для оксида азота(IV)? Для ответа на вопрос воспользуйтесь результатом эксперимента. При каких условиях окислительные свойства оксида азота(IV) выражены особенно сильно?

Какие условия способствуют диспропорционированию оксида азота(IV)? Привести экспериментальные доказательства. Попытайтесь дать теоретическое обоснование наблюдаемым явлениям.

### **Опыт 8. Синтез оксида азота(III) (Тяга!)**

Собрать прибор (рис. П7). Промывные склянки 2, 3 заполнить 50%-ным раствором гидроксида калия, а U-образную трубку 4 – гранулированной щелочью. Ловушку 5 с жидким оксидом азота(IV) (полученным



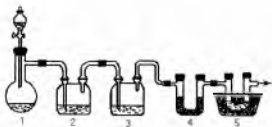


Рис.П7. Прибор для получения оксида азота(III)

ловушке 5 оксида азота(II) оксидом азота(IV) с образованием синей жидкости, которая и представляет собой оксид азота(III).

Растворить по 0,5 мл оксида азота(III) в воде и концентрированном растворе щелочи. Объяснить наблюдаемое различие в поведении оксида азота(III). Написать уравнения реакций.

предыдущем опыте) присоединить к осушительной трубке 4. Пропускать ток оксида азота (II), для получения которого к раствору 15 г нитрита калия и 7,5 г иодида калия в 75 мл воды в колбе 1 по каплям добавлять 50%-ую серную кислоту. Наблюдать поглощение в

## УГЛЕРОД

### Опыт 9. Приготовление активированного угля

В стакан налить 60 мл воды и поместить 5 г древесного угля. Стакан с содержимым нагревать до тех пор, пока уголь полностью не погрузится в воду. После этого вынуть уголь из стакана, обсушить фильтровальной бумагой и взвесить. Вычислить, какое количество воды (в процентах по массе) поглотил уголь. Затем уголь поместить в железный тигель, закрыть крышкой и прокалить в течение 20-30 минут при температуре около 500°C. Охладить тигель в эксикаторе.

### Опыт 10. Адсорбционные свойства активированного угля

#### *Адсорбция газов углем*

Собрать прибор, изображенный на рис. П8. В промывную склянку 1 налить свежеприготовленную хлорную воду, в промывные склянки 6 и 7 такое же количество водного раствора иодида калия с несколькими каплями раствора крахмала. В U-образную трубку 4 поместить активированный уголь, а в U-образную трубку 5 поместить обычную вату. Открыть зажимы 3 (зажимы 2 закрыты) и присоединить прибор к водоструйному насосу. Продувать воздух с увлекаемым хлором через при-

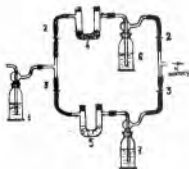


Рис. П8. Прибор для исследования адсорбционных свойств угля

бор в течение 2-3 минут. Что наблюдается? Закрыть зажимы 3 и открыть зажимы 2. Повторить операцию продувания воздуха с хлором через систему. Объяснить окрашивание раствора в сосуде 7 и отсутствие изменения цвета раствора в склянке 6.

## БОР

### Опыт 11. Хлорид бора(III)

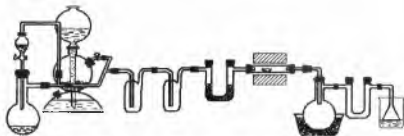


Рис. П9. Прибор для получения хлорида бора (III)

Собрать прибор (рис. П9). В фарфоровую лодочку насыпать 3 г высушенного аморфного бора. Лодочку поместить в трубчатую печь. Тщательно осушить прибор в токе оксида углерода (IV) и нагреть печь до  $100^{\circ}\text{C}$ . Когда прекратится выделение водяных паров, поднять температуру в печи до  $450-500^{\circ}\text{C}$ . Отключить систему с током  $\text{CO}_2$  и присоединить приемник, охлаждаемый льдом. Пропустить через прибор сильный ток хорошо высушенного хлора.

По окончании реакции выключить печь, вытеснить хлор из прибора током оксида углерода (IV). Что собирается в приемнике? Отсоединить приемник и закрыть пробкой. Если полученное соединение окрашено в зеленый цвет, внести в приемник стружку меди. Написать уравнение реакции.

Объяснить появление белого дыма у отверстия приемника с хлоридом бора. Написать уравнение протекающей реакции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева О.И., Иполитова Е.А., Немкова О.Г., Дунаева К.Н., Тамм Н.С. Практикум по неорганической химии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976.
2. Спицын В.Н., Субботина Н.А., Санталова Н.А. Руководство к лекционным демонстрациям по неорганической химии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977.
3. Горичев И.Г., Зайцев Б.Е., Кирпичников Н.Г., Громов Д.Н. Руководство по неорганическому синтезу. М.: Изд-во «Химия», 1997.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Кислород</b> .....	3
<b>Водород</b> .....	4
<b>Галогены</b> .....	6
<b>Сера</b> .....	11
<b>Азот</b> .....	17
<b>Фосфор</b> .....	23
<b>Углерод</b> .....	28
<b>Кремний</b> .....	32
<b>Бор</b> .....	34
<b>Приложение</b> .....	37