

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Институт Химии



# НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## Описание лабораторных работ

Настоящее пособие предназначено для студентов 1 курса Санкт-Петербургского Государственного Университета.  
Основная образовательная программа: **04.03.01** Химия

Санкт-Петербург  
2024

УДК 546  
ББК 24.1  
Н52

*Рекомендовано Учебно-методической комиссией по УГСН 04.00.00 Химия  
Института химии Санкт-Петербургского государственного университета  
(протокол № 05/2.1/04-03-2 от 28.02.2023)*

*Утверждено на заседании кафедры общей и неорганической химии СПбГУ  
(протокол № 43/6/5-02-1 от 31.01.2023)*

Рецензенты:

д-р хим. наук, проф. (С.-Петербург. политехн. ун-т Петра Великого)

И. А. Соколов

д-р хим. наук, доц. (С.-Петербург. гос. ун-т)

Н. Г. Суходолов

*Составители:* доц. Е. И. Давыдова, доц. Т. Н. Севастьянова,  
доц. А. А. Селютин, доц. М. Ю. Скрипкин,  
проф. А. Ю. Тимошкин, доц. В. Д. Хрипун (отв. редактор),  
проф. Н. В. Чежина, доц. С. М. Шугуров,  
доц. О. Н. Пестова, доц. А. В. Федорова

**Н52 Неорганическая химия. Описание лабораторных работ / Сост.**  
Е. И. Давыдова, Т. Н. Севастьянова, А. А. Селютин, М. Ю. Скрипкин, А.  
Ю. Тимошкин, В. Д. Хрипун (отв. редактор), Н. В. Чежина, С. М. Шугу-  
ров, О. Н. Пестова, А. В. Федорова. — СПб.: издательство ВВМ, 2024.  
— 35 с.

ISBN 978-5-9651-1543-6

Настоящее пособие предназначено для студентов 1 курса Санкт-Петербургского Государственного Университета. Основная образовательная программа: **04.03.01** Химия

При составлении настоящего пособия было использовано методическое пособие:  
Е. А. Воеводина, Г. П. Костикова, А. О. Козин, А. В. Суворов. Неорганическая химия  
для студентов I курса химического факультета. Описание лабораторных работ. Отв.  
ред. Суворов А. В. СПб, 2000. 30 с.

ISBN 978-5-9651-1543-6

© Составители, 2024

## Содержание

Рекомендуемая форма отчета по лабораторной работе . . . . .	4
Лабораторная работа № 1. Химия элементов 17 <sup>ой</sup> группы . . . . .	5
Лабораторная работа № 2. Химия элементов 16 <sup>ой</sup> группы . . . . .	9
Лабораторная работа № 3. Химия азота . . . . .	12
Лабораторная работа № 4. Химия элементов 15 <sup>ой</sup> группы (фосфор, сурьма, висмут). . . . .	16
Лабораторная работа № 5. Химия элементов 14 <sup>ой</sup> группы. Часть 1 (углерод, кремний) . . . . .	19
Лабораторная работа № 6. Химия элементов 14 <sup>ой</sup> группы. Часть 2 (олово, свинец) . . . . .	21
Лабораторная работа № 7. Химия элементов 13 <sup>ой</sup> группы . . . . .	24
Лабораторная работа № 8. Химия элементов 1 <sup>ой</sup> и 2 <sup>ой</sup> группы. . . . .	26
Лабораторная работа № 9. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений 3d-элементов. Часть 1 (Ti-Cr) . . . . .	28
Лабораторная работа № 10. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений 3d-элементов. Часть 2 (Mn-Zn). . . . .	31
Лабораторная работа № 11. Химия 4d, 5d-элементов и лантаноидов . . . . .	34

## Рекомендуемая форма отчета по лабораторной работе

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

### Отчёт по лабораторной работе №

### *Название лабораторной работы*

**Каждый пункт работы должен содержать:**

1. Схему установки (при наличии).
2. Молекулярное уравнение реакции (в случае ОВР также указать окислитель и восстановитель).
3. Сокращенное ионно-молекулярное уравнение реакции (в случае ОВР также написать полуреакции).
4. Наблюдаемые явления и эффекты (выпадение осадка, его цвет, выделение газа, поглощение или выделение тепла и т. д.).
5. Вывод (обоснование возможности/невозможности протекания реакции, подтвержденное значениями  $\Delta E^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$ ,  $K_{\text{равн}}$  или, если возможно,  $\Delta E$ ,  $K_d$ ,  $K_s$  и т. д.).
6. Доказательство выделения продукта (если требуется; включая уравнение качественной реакции и наблюдаемых явлений).
7. Ответы на теоретические вопросы (при наличии вопросов).

**ВНИМАНИЕ! ВСЕ ОПЫТЫ НЕОБХОДИМО ВЫПОЛНЯТЬ  
В ЛАБОРАТОРНЫХ ХАЛАТАХ, ПЕРЧАТКАХ И ЗАЩИТНЫХ ОЧКАХ!**

**Лабораторная работа № 1**

*Химия элементов 17<sup>ой</sup> группы*

- 1) Все опыты с хлором обязательно проводить в вытяжном шкафу!
- 2) Все опыты с бромом следует проводить в вытяжном шкафу! Помните, что обращение с бромом требует большой осторожности. Попадая на кожу, жидкий бром причиняет сильные ожоги. Пары брома действуют на слизистые оболочки.
- 3) Растворы, содержащие  $\text{Ag}^+$ , сливать в специальную банку.

**Хлор**

*Способы получения*

1. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** Рассчитайте плотность хлора по воздуху и сделайте вывод о том, как следует держать пробирку, куда Вы будете собирать хлор. Получите хлор взаимодействием перманганата калия с концентрированной соляной кислотой. Для этого соберите установку для получения хлора, состоящую из колбы Вюрца и капельной воронки; насыпьте в колбу немного перманганата калия, налейте в воронку концентрированную соляную кислоту и по каплям добавляйте её к перманганату. Соберите выделяющийся хлор в ловушку, охлаждаемую в сосуде Дьюара с жидким азотом. При помощи фильтровальной бумаги, смоченной раствором иодида или бромида калия, докажите, что выделяющийся газ является хлором. Часть газообразного хлора соберите в индивидуальную сухую пробирку, закройте её пробкой и *сохраните до проведения опыта из пункта 9!* Оставшийся в ловушке хлор используйте в следующем пункте. Какие еще реакции можно предложить для получения хлора в лабораторных условиях? Напишите уравнения этих реакций реакции и объясните, почему предложенный Вам способ оптимален.

## Свойства хлора

### 2. ОБЩИЙ ОПЫТ.

- А) Полученным хлором наполните снабженную газоподводной и газоотводной трубками коническую колбу объёмом 200–250 мл, с насыпанным на дно песком (~ 1 см) и внесите щипцами предварительно нагретые докрасна железную вату (или проволоку) и медную проволоку.
- Б) На керамическую плитку насыпьте немного (на кончике шпателя) красного фосфора и направьте на него ток хлора. Повторите опыт, заменив фосфор сурьмой.
- В) Хлор пропустите в пробирку с водой. *Докажите образование смеси кислот при диспропорционировании хлора.*

### Бром и иод

3. К небольшому количеству (2 мл) раствора бромида калия прилейте 1 мл хлорной воды и перемешайте полученный раствор. Отметьте окраску раствора. Прилейте 1 мл четыреххлористого углерода, закройте пробирку пробкой и встряхните её. Дайте раствору отстояться и сравните окраски водного слоя и  $CCl_4$ . *Объясните наблюдаемые явления.*
4. Повторите предыдущий опыт, заменив бромид калия иодидом (возьмите 1 мл KI и 2–3 мл хлорной воды). Зарегистрировав выпадение иода, добавьте избыток хлорной воды (5 мл). *Объясните наблюдаемые явления.*
5. К раствору иодида калия добавьте небольшое количество бромной воды и четыреххлористый углерод. Закройте пробирку пробкой и встряхните её. Дайте раствору отстояться и сравните окраски водного слоя и  $CCl_4$ . *Объясните наблюдаемые явления.*
6. В пробирку с водой бросьте небольшой кристаллик иода и сильно взболтайте. Часть полученного раствора перелейте в другую пробирку и подействуйте раствором крахмала. Отметьте окраску. К воде с находящимся в ней кристалликом иода прибавьте несколько кристалликов иодида калия. Что происходит?

### Галогеноводороды

7. *Опыт проводить в вытяжном шкафу, надеть перчатки!* Насыпьте в пробирку слой хлорида натрия (около 1 см высотой)

и прилейте не более четверти пробирки концентрированной серной кислоты. Закройте пробирку пробкой с сухой газоотводной трубкой и наполните выделяющимся хлороводородом сухую пробирку, опустив конец трубки до дна пробирки. Когда над отверстием пробирки появится дым, быстро закройте отверстие пробирки пальцем и, перевернув, опустите в кристаллизатор с дистиллированной водой. Уберите палец и, осторожно покачивая пробирку, наблюдайте поглощение хлороводорода водой. Когда подъем воды прекратится, снова закройте пробирку пальцем и выньте её из воды. Исследуйте реакцию среды в пробирке с помощью индикаторной бумаги. Проведите реакцию полученного раствора с порошком магния.

*Изменится ли что-нибудь в этом опыте, если первоначально взятый хлорид натрия заменить хлоридом алюминия, хлоридом кальция, хлоридом хрома(II) или серебра?*

8. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Насыпьте небольшие количества бромида калия в одну пробирку и иодида калия в другую. В обе пробирки пипеткой прилейте по несколько капель концентрированной серной кислоты (**осторожно!**). Отметьте цвет выделяющихся паров. **Осторожно** исследуйте запах выделяющегося газа. Смочите фильтровальную бумагу раствором нитрата серебра или нитрата свинца (несколько капель) и накройте ею вторую пробирку. На основании наблюдений сопоставьте восстановительную способность галогеноводородов. *Изменится ли что-нибудь, если соли калия заменить на соли алюминия, железа(II) или серебра?* Повторите опыт, заменив серную кислоту фосфорной. Объясните различия с результатами предыдущего опыта.
9. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Внесите в пробирку немного красного фосфора и добавьте небольшое количество измельченного иода. Прибавьте одну каплю воды и слегка подогрейте. Испытайте действие выделяющегося газа на влажную индикаторную бумажку. Пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой и пропустите выделяющийся газ через пробирку, заполненную хлором; либо соедините горлышки двух пробирок.
10. В четыре пробирки налейте небольшие объемы растворов иодида, бромида, хлорида и фторида калия. Во все пробирки при-

бавьте немного (2–3 капли) раствора нитрата серебра. Отметьте цвет образующихся осадков. Повторите опыт, предварительно наполнив пробирки на  $\frac{3}{4}$  водой, добавив в каждую пробирку с соответствующими галогенидами калия 2–3 капли нитрата серебра. Можно ли теперь по цвету осадков определить, какой галогенид образуется? *После опытов содержимое пробирок вылейте в специальную банку для серебряных отходов.*

11. Повторите опыт 10, заменив нитрат серебра а) нитратом свинца и б) нитратом кальция. Отметьте образование или отсутствие осадка и цвет образующихся осадков.

### **Кислородсодержащие соединения хлора, брома и иода**

12. Исследуйте окислительное и отбеливающее действие хлорной воды. Для этого:

А) поместите кусочек окрашенной ткани в пробирку с хлорной водой;

Б) добавьте хлорную воду к раствору чернил в воде;

В) налейте в пробирку немного раствора индиго и по каплям прибавляйте хлорную воду.

*Объясните наблюдаемые явления.*

13. **Опыт проводить в вытяжном шкафу! Надеть перчатки. Осторожно (не пролейте на руки)!** Налейте в пробирку 1 мл бромной воды и затем 1 мл раствора гидроксида кальция до перехода красно-бурого цвета в бледно-жёлтый. Исследуйте окислительное действие полученного раствора на чернила, индиго и окрашенную ткань. *Почему нужно подщелачивать раствор брома, а раствор хлора не надо?*

14. В пробирку налейте 1 мл (не больше!) концентрированного раствора щелочи и бросьте в него кристаллик иода. Взболтайте. После того, как весь иод растворится и раствор обесцветится, прибавьте к нему (**осторожно, по каплям**) 30 %-ую соляную кислоту до появления характерного окрашивания. Добавьте 1–2 мл  $\text{CCl}_4$ , заткните пробирку пробкой и взболтайте. Объясните протекающие процессы.



## Лабораторная работа № 2

### Химия элементов 16<sup>ой</sup> группы

1. Налейте в пробирку 2 мл 30 %-го раствора пероксида водорода и нагрейте раствор на водяной бане. После начала выделения газа испытайте его тлеющей лучиной.
2. В пробирку с таким же количеством 10 %-го раствора пероксида водорода бросьте крупинку диоксида марганца. Докажите, что выделяется тот же газ, что и в предыдущем опыте.
3. В пробирке, снабженной пробкой с газоотводной трубкой, получите при небольшом нагревании озон из смеси сухого персульфата калия и концентрированной азотной кислоты. Пропустите выделяющийся газ через растворы иодида калия и сульфида натрия. В последнем случае после пропускания добавьте в пробирку раствор соли бария или свинца.
4. *Получение аллотропных модификаций серы. **Опыты проводить в вытяжном шкафу!***
  - А) Насыпьте в пробирку порошок серы (1 см от дна) и осторожно расплавьте на пламени газовой горелки. Порошок серы должен перейти в подвижную светло-желтую жидкость. Не допускайте перегревания и потемнения расплава! Охладите расплав до начала кристаллизации и слейте оставшийся расплав в фарфоровую чашку. С течением времени наблюдайте медленный переход полученной модификации серы в более стабильную.
  - Б) Насыпьте в пробирку порошок серы (2 см от дна) и расплавьте на пламени газовой горелки. Порошок серы должен перейти в подвижную светло-желтую жидкость, затем расплав потемнеет и загустеет. Продолжайте сильно нагревать пробирку до перехода расплава снова в подвижную жидкость. Резко вылейте её в стакан с холодной водой. Определите полученную аллотропную модификацию. Пробирки с остатками расплава серы сразу залейте водным раствором соды. С течением времени наблюдайте медленный переход полученной модификации серы в более стабильную.
  - В) **Опыт выполнять вдали от огня! Помните об огнеопасности органических растворителей!** Кусочек серы вели-

чиной с горошину поместите в сухую пробирку и прилейте 2 мл растворителя (бензола, гексана или хлороформа). Встряхивайте пробирку до тех пор, пока значительная часть серы не перейдет в раствор. Полученный раствор слейте на часовое стекло и дайте растворителю испариться (в тяге!). Рассмотрите полученные на стекле кристаллы под микроскопом и опишите их форму.

5. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** В колбе Вюрца получите диоксид серы действием концентрированной серной кислоты на твердый сульфит натрия, смоченный водой. Приготовьте насыщенный раствор газа, пропуская ток газа в колбу с водой, охлаждаемую льдом. Полученный раствор перенесите в пробирки. Испытайте полученный в колбе раствор универсальным индикатором и разбавленным раствором фуксина. После реакции с раствором фуксина пробирку прокипятите. *Сделайте вывод об обратимости процесса. Оставшийся в колбе раствор используйте для следующего опыта.*
6. Полученный в опыте 5 раствор сернистого газа разлейте по пяти пробиркам (1–2 мл). В первые три добавьте по одной капле раствора (1:1) соляной кислоты и 1 мл децимолярного раствора хлорида бария. Первую пробирку оставьте для сравнения. Во вторую пробирку прибавьте 2–3 капли концентрированного раствора пероксида водорода, в третью — такое же количество хлорной воды. В четвертую пробирку добавьте иодной воды и затем 3 капли раствора хлорида бария. Сравните полученные осадки. *Зачем потребовалось добавление соляной кислоты?* В раствор сернистого газа, находящийся в пятой пробирке, добавьте сероводородную воду. Что наблюдается?
7. В трёх разных пробирках испытайте действие хлорной, бромной и иодной воды на сероводородную воду. *Как меняется окислительная способность галогенов при переходе от хлора к иоду?*
8. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Исследуйте действие сероводорода на растворы солей различных металлов: меди, кадмия, цинка, свинца, железа(II), марганца. Что наблюдается? Повторите опыт, используя вместо сероводорода раствор сульфида натрия. *Сравните результаты и объясните наблюдаемые различия.*

9. В разных пробирках испытайте действие разбавленной серной кислоты, хлорной и иодной воды на раствор тиосульфата натрия. После реакции тиосульфата натрия с хлорной и иодной водой добавьте в каждую пробирку раствор соли бария. Что наблюдается? *Как можно объяснить произошедшее?*
10. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Подействуйте концентрированной и разбавленной серной кислотой на следующие металлы: медь, цинк, алюминий. В случае медленного протекания реакции следует немного подогреть пробирку.
11. На куске бумаги стеклянной палочкой напишите что-либо разбавленной серной кислотой, затем осторожно просушите бумагу над пламенем горелки. Что наблюдается? *Как можно объяснить произошедшее?*
12. Бросьте кристаллик медного купороса в пробирку, на дно которой налито немного концентрированной серной кислоты. Что наблюдается? *Как можно объяснить произошедшее?*
13. К 1 мл раствора роданида калия или натрия добавьте несколько капель раствора нитрата серебра до выпадения осадка. Затем добавьте в пробирку избыток твёрдого роданида калия или натрия. Что наблюдается?
14. Налейте в пробирку ~0.5 мл раствора соли свинца и добавьте по каплям раствор роданида калия или натрия до выпадения осадка. Раствор с осадком разделите в две пробирки. Первую пробирку **ОСТОРОЖНО** нагрейте в пламени газовой горелки до полного испарения раствора. Что наблюдается? *Почему?* Во вторую пробирку добавьте избыток твёрдого роданида калия или натрия. *Сделайте вывод об устойчивости роданидных комплексов серебра и свинца.*
15. К 2–3 мл раствора хлорида железа(III) добавьте 2–3 мл раствора тиосульфата натрия или калия. Что наблюдается в первый момент времени? *Почему окраска полученного раствора затем изменяется?*

## Лабораторная работа № 3

### Химия азота

#### Азот. Аммиак

- 1. ОБЩИЙ ОПЫТ.** *Получение азота взаимодействием нитрита натрия и хлорида аммония.* Налейте в колбу Вюрца равные количества концентрированных растворов нитрита натрия и хлорида аммония, в сумме не более четверти объема колбы. Укрепите колбу в штативе над асбестовой сеткой и осторожно подогрейте до начала реакции. Как только реакция начнется, нагревание прекратите, горелку отставьте. Испытайте выделяющийся газ тлеющей лучинкой.
- 2. ОБЩИЙ ОПЫТ.** *Получение аммиака. Опыт проводить в вытяжном шкафу!* В фарфоровой ступке хорошо перемешайте равные количества хлорида аммония и гидроксида кальция. Смесь поместите в сухую пробирку или маленькую колбочку Вюрца и, закрыв пробкой с газоотводной трубкой, осторожно нагрейте. Докажите выделение аммиака. Соберите получающийся аммиак в сухие пробирки. *Как и почему следует держать при этом пробирки?* Исследуйте его свойства:
  - А) В заполненную аммиаком пробирку внесите горящую лучинку.
  - Б) Пробирку с аммиаком погрузите отверстием в чашку с водой, куда предварительно добавьте 1–2 капли раствора фенолфталеина. Покачивая пробирку, наблюдайте засасывание воды.
  - В) На дно сухой пробирки поместите небольшое количество прокаленного сульфата меди. Опустите в пробирку газоотводную трубку почти до самой поверхности соли и пропустите аммиак. Что наблюдается?
- 3. Ионное равновесие в растворе аммиака.** Налейте разбавленный раствор аммиака (2 н) в колбочку и прибавьте 1–2 капли раствора фенолфталеина. Разлейте окрашенный раствор в четыре пробирки. Первую пробирку оставьте для сравнения; вторую прокипятите; в третью всыпьте щепотку ацетата аммония и взболтайте; в четвертую добавьте 1–2 капли 2 н раствора HCl. Сравните

окраску во всех пробирках. Объясните изменение окраски.

4. **Отношение солей аммония к нагреванию. Опыт проводить в вытяжном шкафу!**
  - А) Пробирку с хлоридом аммония закрепите в штативе и нагрейте. Объясните появление на стенках пробирки белого налета.
  - Б) Сухую пробирку с дигидрофосфатом аммония нагрейте. Определите, какой при этом выделяется газ.
  - В) Аналогичным образом испытайте отношение к нагреванию кристаллов карбоната аммония. Объясните отсутствие эффекта «возгонки».

### **Оксиды азота, азотистая кислота.**

*Все работы с азотной кислотой, так же, как и опыты, сопровождающиеся выделением оксидов азота, проводить в вытяжном шкафу. Соблюдать осторожность! Помнить о разъедающем действии азотной кислоты на кожу!*

5. В сухую пробирку поместите немного (треть пробирки) кристаллического нитрата аммония. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и нагрейте. После начала разложения соли нагревание следует продолжать очень осторожно, так как реакция может пойти слишком бурно. Когда из пробирки будет вытеснен воздух, соберите выделяющийся газ в пробирку над водой. Исследуйте полученный газ тлеющей лучинкой.
6. В пробирку с газоотводной трубкой поместите медные стружки, добавьте 2 н раствор азотной кислоты (3–4 мл) и слегка нагрейте. Выделившийся газ соберите над водой и проделайте с ним следующий опыт.
7. **Перчатки!** Пробирку, заполненную оксидом азота(II), закройте пальцем, выньте из ванны, переверните отверстием вверх и, поместив на фоне белой бумаги, уберите палец. Что наблюдается? Вновь закройте пробирку, опрокиньте её в ванну и наблюдайте засасывание воды.
8. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Повторите опыт 6, заменив разбавленную кислоту концентрированной. Соберите выделяющийся газ в длинную сухую пробирку (*как держать при этом пробирку?*), закройте пробкой и опустите в стакан со

- льдом. Что наблюдается?
9. Исследуйте отношение выделяющегося в опыте 8 газа к воде. Для этого пропустите собранный  $\text{NO}_2$  в пробирку, наполненную до половины холодной водой. Разделите раствор на две части и выполните следующие опыты:
    - А) С помощью индикатора определите характер среды полученного раствора.
    - Б) Другую часть раствора хорошо прокипятите. Убедитесь, что кислотные свойства раствора не исчезли.
  10. Пропустите  $\text{NO}_2$  через 2 н раствор щелочи в течение 2 минут. Полученный раствор подкислите разбавленной серной кислотой и исследуйте наличие в нем ионов  $\text{NO}_2^-$ :
    - А) К части раствора прилейте маленькими порциями подкисленный разбавленной серной кислотой раствор перманганата калия.
    - Б) К другой части раствора прилейте 1–2 капли раствора иодида калия, крахмала и несколько капель концентрированной серной кислоты.
  11. Налейте в пробирку небольшое количество нитрита натрия, подкислите раствор серной кислотой и добавьте немного раствора соли двухвалентного железа или соли Мора. *Докажите образование  $\text{Fe(III)}$ .*
  12. К концентрированному раствору нитрита натрия или калия добавьте разбавленную серную кислоту. Обратите внимание на цвет жидкости и выделение оксидов азота.

### Азотная кислота

*Все работы с концентрированной азотной кислотой, а также опыты, сопровождающиеся выделением оксидов азота, проводить в вытяжном шкафу. Соблюдать осторожность! Помнить о разъедающем действии азотной кислоты на кожу!*

13. В три пробирки поместите по кусочку цинка и прибавьте в первую пробирку—несколько миллилитров концентрированной азотной кислоты, во вторую—азотную кислоту концентрации (1:1), в третью—2 н азотную кислоту. Вторую пробирку оставьте стоять примерно на 30 мин, третью пробирку—примерно на 10 мин, время от времени взбалтывая их. *Докажите присут-*

*ствие катиона аммония в обеих пробирках.*

14. В пробирку налейте 1–2 мл концентрированной соляной кислоты и прибавьте несколько капель концентрированной азотной кислоты. *Докажите, что при этом выделяется хлор.*
15. В маленькую фарфоровую чашечку положите кусочек серы и налейте концентрированной азотной кислоты. Нагрейте смесь на песчаной бане до кипения. По мере выкипания добавляйте азотную кислоту. Наблюдайте растворение серы. После окончания реакции содержимое разбавьте водой и докажите присутствие серной кислоты в растворе.

### **Соли азотной кислоты**

16. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** *Термическое разложение нитратов.* Приготовьте две сухие пробирки. В одну поместите немного нитрата калия, в другую—нитрата свинца. Пробирки по очереди нагрейте. Испытайте выделяющиеся газы лучинкой. Обратите внимание на цвет получающихся газов и на цвет остатков в пробирках после прокаливания.
17. К небольшому количеству стружек алюминия прилейте 1–2 мл концентрированного раствора щелочи и немного раствора нитрата калия (или натрия). *Докажите присутствие аммиака в продуктах реакции.*

## Лабораторная работа № 4

*Химия элементов 15<sup>ой</sup> группы (фосфор, сурьма, висмут).*

### Фосфор

- 1. ОБЩИЙ ОПЫТ.** *Опыт проводить в вытяжном шкафу!* Небольшое количество красного фосфора (объемом с горошину) положите на огнеупорную пластинку, например, керамическую плитку или кусок асбеста. Подожгите фосфор. Как только фосфор загорится, накройте его большой воронкой, под край которой подложите спичку для доступа воздуха. Наблюдайте горение фосфора и образование белого дыма — фосфорного ангидрида. Когда горение фосфора закончится, осмотрите воронку с осевшим на её стенках твердым фосфорным ангидридом. Вставьте воронку в кольцо штатива и оставьте на некоторое время. Обратите внимание на быстрое расплывание фосфорного ангидрида на стенках воронки.
- 2. ОБЩИЙ ОПЫТ.** Под воронку с расплывшимся фосфорным ангидридом поставьте небольшую колбу. Расплывшийся фосфорный ангидрид смойте с воронки возможно малым количеством воды (10–15 мл). Испытайте реакцию полученного раствора индикатором. ***Оставьте раствор для опыта 3.***
- 3. Превращение оксида фосфора(V) в полифосфорные кислоты.** Для качественного обнаружения фосфат(V)-ионов можно использовать образование осадков солей серебра в нейтральной среде:  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  — желтого цвета,  $\text{AgPO}_3$  — белого. Раствор из опыта 2 разделите на две части. К одной части прилейте несколько капель концентрированного раствора аммиака, а затем докажите наличие в ней метафосфат-ионов (используйте **концентрированный** раствор нитрата серебра). Ко второй части раствора прибавьте дистиллированной воды и несколько капель концентрированной азотной кислоты. Содержимое пробирки прокипятите в течение нескольких минут и охладите до комнатной температуры. Нейтрализуйте раствор аммиачной водой (1 н) и докажите наличие в нем ортофосфат-ионов. *Для чего потребовалось вначале нейтрализовать полученный раствор аммиачной водой?*



4. *Сравнительная растворимость фосфатов кальция.* К насыщенному раствору гидроксида кальция (гашеной извести) прибавьте по каплям при перемешивании 10 %-й раствор фосфорной кислоты. Объясните помутнение раствора и его последующее обесцвечивание при избытке фосфорной кислоты.

### Сурьма, висмут

5. К раствору хлорида сурьмы(III) прилейте по каплям раствор гидроксида натрия до образования осадка. Полученный осадок разделите на две части. Одну часть обработайте соляной кислотой, другую — раствором щелочи.
6. *Гидролиз хлорида сурьмы.* На раствор хлорида сурьмы, налитый в маленький стаканчик так, чтобы было покрыто только его дно, подействуйте небольшим количеством воды. Образующийся осадок растворите в нескольких каплях концентрированной соляной кислоты. После этого можно снова провести осаждение водой и растворение осадка в соляной кислоте. Если объем стаканчика достаточно велик, эту операцию можно проводить несколько раз.
7. Маленький кусочек металлического висмута растворите в возможно меньшем количестве концентрированной азотной кислоты. Несколько капель полученного раствора влейте в стаканчик с водой. Наблюдайте через некоторое время появление белого осадка. В случае отсутствия осадка прибавьте 1–2 капли раствора хлорида натрия.
8. Испытайте отношение висмута к концентрированной и разбавленной азотной кислоте на холоду и при нагревании. С помощью раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  установите, в каком случае образуются ионы  $\text{Bi}^{3+}$ .
9. *Получение и сравнение химической природы сульфидов сурьмы(III) и висмута(III).* **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Получите сульфиды сурьмы и висмута, действуя раствором сульфида натрия на растворы солей сурьмы и висмута. Отметьте их цвет. Осадки разделите на две части и испытайте их отношение к действию соляной кислоты (разбавленной и концентрированной) и раствора сульфида натрия или сульфида аммония. На растворы тиосолей подействуйте избытком соляной кислоты.

*Объясните наблюдаемое.*

- 10.** К раствору нитрата висмута прилейте раствор гидроксида натрия. Исследуйте растворимость осадка в избытке щелочи и в кислоте. *Сравните результат с полученным ранее в аналогичных реакциях с сурьмой.*
- 11.** Поместите в пробирку небольшое количество (с горошину) висмутата натрия, прилейте несколько миллилитров раствора азотной кислоты и **1–2 капли** раствора сульфата марганца. Перемешайте раствор и наблюдайте окисление марганца(II).

## Лабораторная работа № 5

*Химия элементов 14<sup>ой</sup> группы. Часть 1 (углерод, кремний).*

### Углерод

1. В пробирку до половины её объёма налейте светло-розовый раствор фуксина (1–2 капли фуксина, 5–6 мл воды). Внесите в раствор немного растертого активированного угля. Плотно закройте пробирку пробкой и энергично встряхивайте её 2–3 минуты. Дайте раствору отстояться. Что наблюдается?
2. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** Возьмите немного (с горошину) свинцового глета (PbO) и смешайте в ступке с двойным по объёму количеством угля. Затем поместите смесь в фарфоровый тигель и сильно прокалите в течение 25–30 минут в пламени газовой горелки (следите за тем, чтобы дно тигля и сама смесь постоянно были раскалены докрасна). После охлаждения высыпьте содержимое тигля на бумагу и отберите получившиеся корольки свинца.
3. В пробирку насыпьте немного (слой в 1 см) карбоната гидроксомеди  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  и закройте пробкой с газоотводной трубкой. Укрепите пробирку горизонтально в штативе, предварительно встряхнув её. Конец газоотводной трубки опустите в пробирку с известковой водой. Пробирку с солью нагревайте маленьким пламенем горелки или спиртовки. Что наблюдается? Что происходит при длительном пропускании углекислого газа? *Пробирку с раствором гидрокарбоната кальция сохраните для опыта 5.*
4. Прodelайте предыдущий опыт, взяв вместо карбоната гидроксомеди а) карбонат натрия и б) гидрокарбонат натрия. *Отметьте, какая из трёх исследованных солей является наиболее термически устойчивой.*
5. Раствор гидрокарбоната кальция, полученный в опыте 3, разлейте в две пробирки. В одну из них добавьте известковую воду; раствор в другой пробирке прокипятите. Что наблюдается?

### Кремний

6. К порошку кремния прилейте 2–3 мл концентрированной щёлочи. Наблюдайте выделение газа и постепенное растворение кремния.

7. *Гель кремниевой кислоты.* В широкую пробирку налейте примерно 10 мл 10%-го раствора силиката натрия (растворимого стекла), после чего по каплям добавьте раствор соляной кислоты (1:3). Добавляя кислоту, раствор всё время перемешивайте стеклянной палочкой. Как только появится лёгкая опалесценция раствора, добавление кислоты и перемешивание раствора прекратите. Через короткий промежуток времени наблюдайте образование геля (студня) кремниевой кислоты. ***Помойте пробирку сразу по окончании опыта!***
8. Золь кремниевой кислоты. К небольшому объёму раствора силиката натрия прибавьте такой же или несколько меньший объём концентрированной соляной кислоты. Затем содержимое пробирки сильно встряхните. В этом случае получается коллоидный раствор кремниевой кислоты, и осадок не образуется. Нагрейте пробирку до кипения и наблюдайте происходящий при нагревании переход золя кремниевой кислоты в гель. ***Помойте пробирку сразу по окончании опыта!***
9. Исследуйте с помощью универсального индикатора реакцию среды раствора силиката натрия.
10. Добавьте к раствору силиката натрия хлорид аммония.
11. Получите  $\text{CO}_2$  и пропустите его через раствор силиката натрия.
12. **«Силикатный сад».** В стакан налейте раствор силиката натрия и поместите по паре кристалликов следующих солей: хлорида кальция, нитрата кобальта, нитрата свинца, сульфата меди, нитрата железа(II), нитрата железа(III) и сульфата марганца(II). Отметьте изменение цвета некоторых веществ, а также изменение размеров кристаллов.  
*На основании проделанных опытов кратко охарактеризуйте свойства кремниевой кислоты.*

## Лабораторная работа № 6

### *Химия элементов 14<sup>ой</sup> группы. Часть 2 (олово, свинец).*

#### Олово

1. В три пробирки поместите по маленькому кусочку олова (со спичечную головку) и подействуйте на них: разбавленной и концентрированной соляной кислотами и разбавленной азотной кислотой (без нагревания). Через некоторое время (реакция идёт медленно) докажите наличие ионов аммония в последней пробирке.
2. Налейте в пробирку немного раствора дихлорида олова и опустите в него кусочек цинка. Что наблюдается?
3. Налейте в пробирку немного раствора дихлорида олова и по каплям прилейте 2 н раствор гидроксида натрия до появления неисчезающего при взбалтывании белого осадка. Полученный осадок разделите в две пробирки. В одну добавьте избыток щёлочи, в другую — соляную кислоту.
4. ***Опыт проводить в вытяжном шкафу!*** Подействуйте на раствор дихлорида олова сероводородной водой. Наблюдайте выделение осадка. Осадок отделите от раствора, промойте водой и разделите на две пробирки. Прибавьте к осадку в одной пробирке раствор сульфида аммония или сульфида натрия, к осадку в другой — раствор полисульфида аммония или полисульфида натрия. В каком случае происходит растворение осадка? На полученный раствор тиосоли подействуйте соляной кислотой. Наблюдайте выделение осадка дисульфида олова в смеси с серой.
5. *Восстановительные свойства станнитов щелочных металлов используются в химическом анализе, в частности, для обнаружения висмута.*

К небольшому количеству раствора дихлорида олова прилейте по каплям раствор щёлочи до тех пор, пока образовавшийся осадок не растворится (следует избегать избытка щёлочи, чтобы в дальнейшем не образовался гидроксид или нитрат висмута). К полученному раствору прибавьте на холоду немного раствора нитрата висмута и взболтайте. Что наблюдается? Если видимых изменений нет, добавьте ещё немного раствора щелочи.

6. В пробирку с бледно-розовым раствором перманганата калия добавьте для создания кислой среды соляную кислоту (20–25%), а затем раствор хлорида олова(II). Что наблюдается?
7. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Получите осадок  $\beta$ -оловянной кислоты, подействовав на маленькие кусочки олова концентрированной азотной кислотой при нагревании. Промойте осадок 2–3 раза водой (декантация) и разделите на две пробирки. Исследуйте действие концентрированной соляной кислоты и концентрированного раствора щёлочи на  $\beta$ -оловянную кислоту.
8. К небольшому количеству тетрахлорида олова добавьте раствор щёлочи до образования объёмистого осадка  $\alpha$ -оловянной кислоты. Полученный осадок разделите на две пробирки. В одну прилейте избыток концентрированной соляной кислоты, в другую — избыток щёлочи.  
*Сделайте соответствующие выводы о растворимости  $\alpha$ -оловянной кислоты в кислотах и щелочах и сопоставьте растворимость  $\alpha$ -оловянной и  $\beta$ -оловянной кислот.*
9. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** К раствору тетрахлорида олова добавьте сероводородной воды. Осадок отделите от раствора и добавьте к нему раствор сульфида аммония или сульфида натрия. Закройте пробирку пробкой и энергично встряхивайте её до полного растворения осадка. *Сравните свои наблюдения с результатами, полученными при исследовании сульфида олова(II) в опыте 4.* К полученному раствору добавьте концентрированную соляную кислоту. Какое вещество выпало в осадок? Какой газ выделяется?

### Свинец

10. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** На небольшие количества металлического свинца подействуйте в отдельных пробирках разбавленными и концентрированными кислотами: соляной, серной, азотной. Реакции проводите на холоду и при нагревании. При проведении реакции с концентрированной азотной кислотой обратите внимание на появление осадка соли, труднорастворимой в азотной кислоте, но легкорастворимой в воде.
11. Раствор нитрата свинца разлейте в несколько пробирок и подействуйте растворами, содержащими хлорид-, сульфат-, ио-

- дид-, хромат-ионы. Небольшое количество полученного осадка иодида свинца(II) растворите в кипящей воде. При охлаждении раствора наблюдайте выпадение красивых кристалликов, характерных для иодида свинца.
12. К раствору нитрата свинца добавьте по каплям раствор щёлочи. Полученный осадок разделите на две части. Одну обработайте избытком щёлочи, другую — разбавленной азотной кислотой.
  13. Налейте в пробирку раствор ацетата свинца(II), добавьте во избежание гидролиза несколько капель уксусной кислоты и бросьте туда кусочек цинка. Что наблюдается?
  14. Получение диоксида свинца. К 2–3 мл раствора нитрата свинца(II) добавьте ~1 мл раствора аммиака и 2–3 мл пероксида водорода. Пробирку с образовавшимся жёлто-коричневым осадком слегка подогрейте и добавьте 1 мл концентрированной азотной кислоты. Что наблюдается? Слейте раствор с осадка, промойте его несколько раз горячей водой (декантация) и отфильтруйте.
  15. Полученный в предыдущем опыте диоксид свинца разделите на две части. На одну подействуйте концентрированной соляной кислотой (*какой газ выделяется при реакции?*). К другой части добавьте концентрированный раствор щёлочи и нагрейте. Наблюдайте постепенное растворение диоксида свинца.
  16. В пробирку внесите небольшое количество диоксида свинца, 3–5 капель 2 н серной кислоты и 5–6 капель иодида калия. Нагрейте пробирку на газовой горелке. Отметьте изменение цвета раствора. Перенесите стеклянной палочкой каплю этого раствора в пробирку с 8–10 каплями раствора крахмала. Отметьте появление синей окраски раствора. На образование какого вещества указывает появление этой окраски раствора крахмала?
  17. В пробирку поместите оксид свинца(IV) на кончике микрошпателя, добавьте 6–8 капель 2 н азотной кислоты и одну каплю раствора сульфата марганца(II). Содержимое пробирки прокипятите, дайте раствору отстояться. Отметьте окраску полученного раствора.
  18. На небольшое количество свинцового сурика ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ) подействуйте разбавленной азотной кислотой. Что наблюдается? Осадок отфильтруйте. *На фильтрат* подействуйте раствором иодида калия.

## Лабораторная работа № 7

### Химия элементов 13<sup>ой</sup> группы

1. *Получение борной кислоты.* К концентрированному раствору буры в пробирке осторожно прилейте концентрированной серной кислоты. Раствор охладите. Наблюдайте выпадение кристаллов борной кислоты. Рассмотрите кристаллы под микроскопом.
2. Испытайте реакцию раствора борной кислоты и её соли на лакмус. *В чем заключается особенность диссоциации борной кислоты?*
3. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** Качественная реакция на борную кислоту. В качественном анализе для обнаружения бора используется способность его летучих соединений окрашивать пламя в зелёный цвет. В фарфоровый тигель поместите немного буры, налейте 2–3 мл этилового спирта и столько же концентрированной серной кислоты. Перемешайте смесь в тигле и зажгите спирт. *Какое летучее соединение бора образуется в данной реакции? Какова его структурная формула?*
4. Насыпьте в пробирку небольшое количество алюминиевых стружек и подействуйте на них дистиллированной водой. Происходит ли реакция? В ту же пробирку по каплям постепенно добавьте 25 %-ую соляную кислоту до начала реакции.
5. В двух пробирках подействуйте на алюминий 2 н и концентрированной серной кислотой. Что наблюдается в каждом случае?
6. **Опыт проводить в вытяжном шкафу!** Подействуйте на алюминий концентрированной азотной кислотой на холоду и при нагревании (**осторожно!**).
7. Подействуйте на алюминиевые стружки 2 н раствором гидроксида натрия. Если реакция будет малоинтенсивной, осторожно нагрейте. Если после этого будет происходить сильное вспенивание, охладите пробирку водопроводной водой. Подождите выделяющийся газ. (**Осторожно! Следите, чтобы брызги раствора гидроксида натрия не попали в глаза!**).
8. К раствору соли алюминия добавьте по каплям 2 н раствор гидроксида натрия до образования густого осадка. Разделите полученный осадок на две части. К одной прибавьте избыток



раствора гидроксида натрия до растворения осадка. К другой прилейте раствор сильной минеральной кислоты. К раствору, полученному в первой пробирке, добавьте раствор хлорида алюминия. Если осадок не выпадает сразу, следует осторожно подогреть пробирку.

9. *Гидролиз солей алюминия.*

- А) Докажите наличие гидролиза в растворах хлорида или сульфата алюминия.
- Б) Подействуйте раствором соли уксусной кислоты на раствор соли алюминия. Полученный прозрачный раствор прокипятите. Что наблюдается?
- В) К раствору сульфата алюминия прилейте 2 н раствор соды. Что наблюдается?
- Г) К раствору сульфата алюминия прибавьте по каплям раствор сульфида аммония. Нагрейте смесь до кипения и отфильтруйте осадок. Промойте осадок несколько раз горячей водой. Каков состав осадка? *Как доказать, что он не является солью сероводородной кислоты?*

*Объясните различную степень гидролиза солей алюминия во всех сделанных опытах.*

## Лабораторная работа № 8

### Химия элементов 1<sup>ой</sup> и 2<sup>ой</sup> группы

1. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** Прокалите нихромовую проволочку в пламени газовой горелки, пока цвет пламени не перестанет изменяться. На очищенной проволочке внесите в пламя по капле растворов (*соблюдая указанную последовательность!*) хлоридов магния, кальция, стронция, бария, лития, калия, рубидия, цезия<sup>1</sup>, натрия.

Запишите результаты наблюдений в таблицу:

Катион металла	Окраска пламени

*Почему соль натрия вносят в пламя последней?*

*Для каких целей используется свойство солей металлов окрашивать пламя в разные цвета?*

2. **Образование малорастворимых солей натрия.** К 2 мл 1 М раствора хлорида натрия добавьте 2 мл насыщенного раствора гексагидроксоантимоната калия. Охладите пробирку в ледяной бане и наблюдайте выпадение осадка. Если осадок не выпадает, потрите стеклянной палочкой о стенку пробирки.
3. **Осаждение  $Ba^{2+}$  в виде сульфата и перевод его в раствор.** К раствору хлорида бария добавьте раствор сульфата натрия. Отфильтруйте осадок на стеклянном фильтре. Добавьте в пробирку с осадком пятикратное количество кристаллической соды и прилейте немного воды. Нагрейте пробирку в течение нескольких минут в пламени газовой горелки, затем добавьте ещё воды, недолго нагрейте и после охлаждения отделите осадок декантацией. Подействуйте на осадок соляной кислотой. Докажите присутствие ионов  $Ba^{2+}$  в полученном растворе.
4. **Получение перекиси кальция.** Подействуйте на суспензию гидроксида кальция 30 %-ой перекисью водорода. Полученный осадок отделите декантацией. *Докажите образование октагидрата перекиси кальция.*

<sup>1</sup> При наличии реактивов

5. На металлический магний подействуйте водой, 2 н соляной и 2 н азотной кислотой. Опишите происходящие процессы.
6. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** рН-метром определите рН растворов нитратов лития и магния. Чем обусловлена реакция среды? На основе полученных *экспериментальных данных* оцените степень гидролиза солей лития и магния.
7. *Окислительно-восстановительные свойства пероксида натрия.*
- А) К подкисленному раствору иодида калия добавьте твердый пероксид натрия. Докажите выделение иода.
- Б) Разотрите в ступке сухие сульфид свинца(II) и пероксид натрия и нагрейте в фарфоровой чашечке на газовой горелке. Наблюдайте изменение цвета смеси.
- В) В раствор перманганата калия добавьте несколько крупинок пероксида натрия.
- Г) **ОБЩИЙ ОПЫТ.** «Неорганический фотосинтез». Получите углекислый газ из мрамора и соляной кислоты. Докажите выделение газа с помощью тлеющей лучинки. Затем пропустите  $\text{CO}_2$  через предварительно растертый сухой пероксид натрия, помещенный в стеклянную трубочку. Выходящий после взаимодействия с  $\text{Na}_2\text{O}_2$  газ пропустите в пробирку со смесью раствора соли Мора и роданида калия. *Объясните происходящие эффекты.*
- После завершения опыта, порошок из стеклянной трубочки высыпьте в стаканчик и растворите в небольшом количестве дистиллированной воды. Затем в стаканчик добавьте раствор соли бария.

## Лабораторная работа № 9

### *Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений 3d-элементов. Часть 1 (Ti-Cr).*

1. Насыпьте в три пробирки немного порошка титана. Прилейте к металлу по 2–3 мл разбавленных серной, соляной и уксусной кислот. Что наблюдается? Подогрейте пробирки. Что изменилось? В пробирку с уксусной кислотой добавьте немного фторида аммония. Что при этом наблюдается? Объясните наблюдаемые явления.
2. Налейте в пробирку 3 мл подкисленного раствора сульфата титанила, добавьте 1–2 мл 10 %-го раствора серной кислоты и положите 1–2 кусочка цинка. Как меняется окраска раствора?
3. К 2–3 мл 10 %-ного раствора гидроксида натрия добавьте несколько капель раствора соли  $Ti(III)$ . Раствор разделите на три пробирки. Одну оставьте на воздухе, в двух других исследуйте, какие свойства (кислотные или основные) характерны для образующегося осадка гидроксида.
4. К насыщенному раствору сульфата титанила ( $TiOSO_4$ ) прибавьте немного 2 н раствора гидроксида натрия. Полученный студенистый осадок разлейте в три пробирки: в одну из них добавьте избыток раствора щелочи, в другую — 2 н раствора серной кислоты. Какие свойства (*кислотные или основные*) более характерны для  $\alpha$ -титановой кислоты? В третью пробирку добавьте несколько капель 30 %-го пероксида водорода. Что наблюдается? Какое вещество при этом образуется?
5. Поместите в четыре пробирки небольшое количество оксида ванадия(V). В первую пробирку добавьте 1–2 мл воды, перемешайте и определите pH полученного раствора с помощью индикаторной бумаги. В пробирках 2–4 испытайте действие 10 %-го раствора соляной кислоты, концентрированной соляной кислоты и щелочи на  $V_2O_5$  на холоду и при нагревании. Что происходит в каждом опыте?
6. Небольшое количество твердого ванадата натрия растворите в 3–4 мл воды при нагревании. К полученному раствору прибавьте по каплям при перемешивании 10 %-ый раствор серной кислоты до окончания изменения окраски. Какие цветовые пе-

- реходы раствора при этом наблюдаются? Какими реакциями это обусловлено? Полученный кислый раствор подогрейте и по каплям добавьте 2 н раствор гидроксида натрия. Сделайте вывод об обратимости протекающих в системе процессов.
7. На раствор сульфата ванадила ( $\text{VOSO}_4$ ) подействуйте раствором щелочи. Докажите амфотерность осадка.
  8. В три пробирки налейте по 1–2 мл раствора сульфата ванадила и сразу добавьте в первую пробирку раствор соли железа(II), во вторую — порошок иодида калия, в третью — свежий раствор сульфита натрия. Отметьте изменение цвета раствора и объясните наблюдаемые явления.
  9. Пробирку заполните на  $1/5$  гранулированным цинком, налейте 2–3 мл раствора трихлорида хрома и добавьте 2–3 мл 20 %-го раствора соляной кислоты. Пробирку тут же закройте пробкой с газоотводной трубкой и клапаном Бунзена. Как меняется окраска раствора со временем? *Полученный раствор используйте в следующем опыте.*
  10. Налейте в три пробирки несколько миллилитров полученного раствора дихлорида хрома. Одну оставьте на воздухе. Как меняется цвет раствора? В другую добавьте 2–3 мл 10 %-го раствора гидроксида натрия. Что наблюдается? В третью пробирку добавьте ацетат натрия.
  11. На раствор трихлорида хрома подействуйте раствором соды. Полученный осадок отфильтруйте и хорошо промойте на фильтре. На половину осадка подействуйте разбавленной соляной кислотой; на вторую половину — раствором гидроксида натрия или калия. *На основании сделанных реакций решите, является ли исследуемый осадок солью угольной кислоты или нет.*
  12. Пробирку с раствором трихлорида хрома охладите в стакане с холодной водой и подействуйте на раствор избытком раствора гидроксида натрия до полного растворения осадка. Затем прилейте бромную воду. Что наблюдается?
  13. К растворам хромата и дихромата калия прилейте раствор соли бария. Каков состав выпавших осадков? Испытайте отношение этих осадков к растворам минеральных кислот.
  14. На раствор хромата калия подействуйте раствором разбавленной кислоты (соляной или серной). Отметьте изменение окра-

ски раствора. Добавьте к полученному раствору концентрированную серную кислоту. Что наблюдается? В другой пробирке на раствор дихромата калия подействуйте раствором щелочи. *Сопоставьте наблюдаемые явления с переходами в системе ванадата (опыт б).*

- 15.** Возьмите четыре пробирки. В первую налейте немного раствора нитрита натрия, во вторую — сульфита натрия, в третью — этилового спирта, в четвертую — раствор иодида калия. В каждую из пробирок прилейте немного раствора дихромата калия, предварительно подкисленного несколькими каплями концентрированной серной кислоты. Нагрейте растворы в пробирках. Отметьте изменение окраски; в пробирке со спиртом, кроме того, отметьте появление запаха уксусного альдегида.
- 16.** *Образование и распад надхромовой кислоты.* Налейте в пробирку 2–3 мл разбавленной серной кислоты, добавив такое же количество пероксида водорода (3%-ый раствор). Затем прибавьте несколько капель хромата или дихромата калия и хорошо перемешайте жидкость. Как меняется окраска раствора? *Как и почему меняется цвет раствора через некоторое время?*

## Лабораторная работа № 10

### *Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений 3d-элементов. Часть 2 (Mn-Zn).*

1. На раствор соли двухвалентного марганца подействуйте раствором гидроксида натрия. Обратите внимание на цвет полученного осадка. Почему осадок быстро буреет на воздухе? Исследуйте, растворяется ли осадок в разбавленных растворах кислоты и щелочи. Повторите опыт, подействовав на раствор соли двухвалентного марганца раствором соды.
  2. Подействуйте на раствор соли Mn(II) бромной водой в присутствии щелочи.
  3. *Получение марганца(III)*. Приготовьте раствор пирофосфата натрия в воде. К 3–4 мл раствора сульфата марганца, подкисленного серной кислотой, добавьте раствор пирофосфата натрия. Затем по каплям прилейте концентрированный раствор перманганата калия. Что наблюдается при добавлении каждой новой капли?
  4. Поместите в пробирку небольшое (около 0.5 г) количество тонкоизмельченного перманганата калия и добавьте 5 мл концентрированного раствора гидроксида натрия. Пробирку нагрейте. Как изменилась окраска раствора? С полученным раствором проделайте следующие опыты:
    - А) К нескольким каплям раствора добавьте 5 мл воды и подкислите раствором серной кислоты.
    - Б) К 1–2 мл раствора добавьте концентрированный раствор хлорида бария.
- Что наблюдается в каждом случае?*
5. *Восстановление Mn(VII) в нейтральной среде*. На раствор перманганата калия подействуйте этиловым спиртом при нагревании; исследуйте запах раствора; обратите внимание на изменение окраски раствора и на выпадение осадка.
  6. Растворите несколько кристалликов соли железа(II) в воде и подействуйте на полученный раствор раствором щелочи (или аммиака). Обратите внимание на изменение окраски осадка при стоянии на воздухе.
  7. К раствору хлорида железа(III) прилейте раствор гидроксида

натрия или аммиака. *Сравните образовавшийся осадок с аналогичным, полученным в предыдущем опыте.*

8. Проведите реакцию окисления Fe(II) в Fe(III). Свежеприготовленный раствор соли Fe(II) подкислите и прилейте хлорной воды. Раствор исследуйте на присутствие иона Fe<sup>3+</sup>.
9. К 1–2 мл насыщенного раствора нитрата железа(III) добавьте 10 %-ый раствор гидроксида натрия. Декантируйте осадок от маточного раствора, добавьте небольшой избыток насыщенного щелочного раствора гипохлорита натрия и нагрейте смесь на водяной бане (в стакане с кипящей водой) до полного растворения осадка. Что наблюдается?
10. К раствору хлорида кобальта(II) добавьте по каплям раствор гидроксида натрия: сначала немного, затем избыток. Что наблюдается? Разделите полученный осадок вместе с раствором в две пробирки. В первую пробирку добавьте концентрированный раствор аммиака, во вторую — раствор соляной кислоты.
11. К раствору соли никеля прилейте раствор гидроксида натрия. Часть осадка гидроксида никеля(II) обработайте бромной водой. На другую часть подействуйте избытком раствора аммиака.
12. К раствору любой соли меди(II):
  - А) прибавьте **по каплям** разбавленный раствор гидроксида натрия. Отметьте наблюдаемые изменения цвета. После окончания изменений цвета нагрейте пробирку с осадком;
  - Б) снова получите тем же способом осадок гидроксида меди(II); слейте, по возможности, жидкость с густого осадка и подействуйте на него концентрированным раствором гидроксида натрия (40 %-ым);
  - В) вновь приготовьте гидроксид меди и подействуйте на него глицерином в присутствии щелочи;
  - Г) подействуйте на осадок гидроксида меди избытком раствора аммиака.
13. В пробирку налейте 3–5 мл 10 %-го раствора сульфата меди и добавьте к нему в небольшом избытке 20 %-ый раствор гидроксида натрия. К раствору с осадком добавьте избыток глюкозы и перемешайте. Смесь прокипятите до образования осадка. Полученный оксид меди(I) промойте методом декантации, разделите на четыре пробирки и исследуйте действие на него:



- А) серной кислоты (разбавленной и концентрированной, на холоду и при нагревании);
- Б) концентрированного раствора аммиака (полученный раствор оставьте на воздухе, отметьте изменение окраски);
- В) концентрированного раствора соляной кислоты (кислоту добавляйте *по каплям* до полного растворения осадка);
- Г) 20 %-го раствора щелочи, который *по каплям* добавляйте к солянокислому раствору, полученному в предыдущем опыте. Раствор с осадком нагрейте. Отметьте цвет осадков.

**14.** Внесите в пробирку немного цинковой пыли или цинковых опилок, прилейте немного раствора нитрата калия, прибавьте избыток концентрированного раствора щелочи и прокипятите. *Докажите выделение аммиака.*

## Лабораторная работа № 11

### *Химия 4d, 5d-элементов и лантаноидов*

1. Подействуйте раствором серной кислоты на растворы дихромата, молибдата и вольфрамата аммония. В случае раствора молибдата подействуйте избытком серной кислоты. Повторите опыт, заменив серную кислоту монохлоруксусной. *Сделайте вывод об изменении силы кислот в ряду Cr-Mo-W.*
2. *Изменение окислительных свойств высших кислот в ряду Cr-Mo-W.*
  - А) В отдельных пробирках смешайте небольшие количества **твердого** дихромата калия с **твердыми** хлоридом, бромидом и иодидом калия. Добавьте в каждую пробирку несколько капель разбавленной кислоты и докажите выделение галогенов.
  - Б) К растворам молибдата и вольфрамата аммония добавьте раствор иодида калия (не подкислять). Повторите опыт, взяв твердые молибдат и вольфрамат и добавив к ним несколько капель разбавленной серной кислоты.
  - В) К растворам дихромата калия, молибдата аммония и вольфрамата аммония добавьте приготовленную суспензию хлорида олова(II) в 2 н соляной кислоте. Объясните происходящие процессы.  
*Сравните результаты и сделайте вывод об изменении окислительных свойств высших кислот в ряду Cr-Mo-W.*
3. К раствору гидрофосфата натрия добавьте раствор молибдата аммония и подкислите азотной кислотой. Полученную смесь нагрейте. Каков состав образующегося осадка?
4. К одной порции раствора нитрата кадмия добавьте раствор щелочи. К другой порции раствора добавьте свежеприготовленный насыщенный раствор сульфита натрия; образующийся осадок растворите в избытке сульфита при нагревании. ***Раствор сохраните для опыта 5.***
5. Полученный в опыте 4 раствор (при необходимости отделить от нерастворившейся части осадка декантацией) разделите на две пробирки. В первую добавьте раствор щелочи, во вторую—раствор сульфида натрия. Сделайте вывод об устойчивости комплекса.

6. Повторите опыты 4 и 5, заменив нитрат кадмия нитратом ртути(II).
7. Нитраты цинка, кадмия и ртути(II) обработайте сначала **небольшим** количеством водного раствора аммиака, а затем к образовавшимся осадкам добавьте избыток аммиака. *Сравните результаты и сделайте вывод об устойчивости аммиачных комплексов этих металлов.*
8. К раствору нитрата ртути(II) добавьте избыток раствора иодида калия до растворения осадка. К полученному раствору добавьте 1 мл 1 н раствора щелочи, затем каплю раствора аммиака. Объясните наблюдаемые явления.
9. К подкисленному раствору сульфата церия(IV) добавьте раствор сульфата ванадила. *Сделайте вывод об окислительной способности церия (IV).*
10. К раствору соли церия(III) добавьте раствор щелочи. Образовавшийся осадок разделите на три части. Первую часть обработайте избытком концентрированного раствора щелочи, вторую — раствором соляной кислоты, третью — пероксидом водорода. Сделайте вывод об амфотерности соединений церия(III) и их восстановительной способности.
11. Повторите опыт 10, заменив соль церия(III) на соль церия(IV).
12. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** К подкисленному раствору нитрата европия(III) добавьте гранулированный цинк. Закройте пробирку клапаном Бунзена и нагрейте на водяной бане в течение ~20 минут. Затем раствор охладите до комнатной температуры и разделите на 2 части. К первой добавьте сульфат натрия и 3–5 капель спирта, ко второй — подкисленный раствор перманганата калия. *Сделайте вывод о свойствах соединений европия(II).*
13. **ОБЩИЙ ОПЫТ.** *Колебательная реакция Белоусова-Жаботинского.* В химическом стакане растворите навеску лимонной кислоты массой 40 г в 160 мл воды. Раствор нагрейте до 40–50 °С и добавьте 16 г бромата калия и 7 мл концентрированной серной кислоты. Установите стакан на магнитную мешалку, включите перемешивание и внесите 3–3.5 г  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ . Наблюдайте периодические во времени реакционные колебания — изменение цвета реакционной смеси. *Отметьте число колебаний и напишите механизм реакции.*

Учебное издание

**НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**  
**Описание лабораторных работ**

Подписано к печати 11.02.2024 Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ .  
Бумага офсетная. Печать цифровая. Гарнитуры Calibri..  
Печ. л. 2,03. Тираж 150 экз. Заказ 2225.

---

Отпечатано в Издательстве ВВМ  
198095, Санкт-Петербург, ул. Швецова, 41