

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АГРОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**ХИМИЯ**  
**ПРАКТИКУМ**

**Новосибирск 2020**

УДК 546 (075)

ББК 24.1

X 467

Кафедра химии

Составители:

*Ю.В. Соловьева*, канд. хим. наук, доцент

*Ю.И. Коваль*, канд. биол. наук, доцент

*Н.П. Полякова*, ст. преподаватель

*А.К. Дмитриенко*, преподаватель

*И.В. Васильева*, канд. техн. наук, доцент

Рецензент:

доцент кафедры химии НГПУ, канд. хим. наук

*А.С. Хомченко*

**Химия:** практикум / Новосибирский государственный аграрный университет; Агрономический факультет; составители: Н.П. Полякова, Ю.В. Соловьева, Ю.И. Коваль, А.К. Дмитриенко. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – 91 с.

Практикум содержит задания для выполнения лабораторных работ, индивидуальных самостоятельных заданий студентов по основным темам дисциплины «Химия».

Предназначен для студентов 1-го курса агрономического факультета очной формы обучения по направлениям подготовки:

20.03.02 – Природообустройство и водопользование;

35.03.01 – Лесное дело;

35.03.10 – Ландшафтная архитектура.

Утвержден и рекомендован к изданию учебно-методическим советом агрономического факультета (протокол № 3 от 13 марта 2020 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2020

## ВВЕДЕНИЕ

---

Изучение курса «Химия» складывается из лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов, успех которой определяется умением внимательно слушать и конспектировать лекции и объяснения преподавателя, а также пользоваться справочниками и научной литературой.

На лабораторных занятиях студенты углубляют теоретические знания и овладевают навыками и техникой химического эксперимента. Это умение не является природным даром, а вырабатывается практикой.

Практикум составлен в соответствии с государственным стандартом и рабочими программами по химии для студентов очной формы обучения. Направления подготовки:

20.03.02 – Природообустройство и водопользование;

35.03.01 – Лесное дело (исключая тему 15);

35.03.10 – Ландшафтная архитектура (исключая темы 12–15).

Практикум предназначен для проведения лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов по основным разделам дисциплины «Химия».

В приложениях приведены основные физические и химические величины, а также перечень химических понятий, необходимых для изучения дисциплины.

### **Краткие указания к проведению лабораторных работ**

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, внимательно изучите предложенный материал.

Работайте аккуратно, спокойно, чтобы получить хорошие результаты и выработать навыки, необходимые для проведения любой экспериментальной работы.

По окончании работы вымойте посуду, поставьте ее на место, приведите рабочее место в порядок.

Отчет составляется по следующему плану:

1. Цель работы.
2. Краткое изложение материала соответственно поставленной цели.
3. Порядок работы, краткое изложение хода работы.
4. При необходимости составление таблиц и выполнение графиков на миллиметровой бумаге.
5. Выводы, в которых формулируются итоги проделанной работы.
6. После приводятся контрольные вопросы с четкими ответами, уравнениями соответствующих реакций.

### **Техника безопасности при проведении лабораторных работ**

1. Во время работы в химической лаборатории соблюдайте тишину, порядок, чистоту, рационально стройте свою работу, ведите ее точно, аккуратно, быстро, но без спешки.
2. Не приступайте к работе без разрешения преподавателя.
3. Запрещается работать в лаборатории одному.
4. Содержите рабочий стол и стол вытяжного шкафа в чистоте, не загромождайте рабочее место.
5. Экономьте электричество, воду, реактивы.
6. Работайте в химической лаборатории в халате.
7. Аккуратно и осторожно обращайтесь с химической посудой, реактивами и приборами. Во избежание несчастных случаев из-за возможности выброса реакционной смеси не заглядывайте в пробирку или колбу сверху.
8. Не работайте с грязной посудой, не оставляйте ее невымытой.
9. Перед началом работы производите предварительный осмотр прибора. Не оставляйте действующий прибор без присмотра.
10. При работе следите, чтобы прибор всегда имел свободное сообщение с атмосферой.
11. Не выносите из лаборатории приборы, посуду и реактивы.

12. Работу с ядовитыми веществами проводите только в вытяжном шкафу.

13. Соблюдайте меры предосторожности при работе с взрывоопасными и легковоспламеняющимися веществами.

14. Не выливайте в раковины остатки кислот, щелочей, огнеопасных жидкостей и т.д. Сливайте эти вещества в специальные склянки, помещенные в вытяжной шкаф. Не бросайте в раковину бумагу, песок и другие твердые вещества.

15. Не оставляйте никаких веществ в посуде без этикеток.

16. Не ставьте склянки с кислотами и щелочами на рабочий стол без подставок.

17. Не путайте пробки от склянок, содержащих разные реактивы, во избежание их загрязнения.

18. Запрещается принимать пищу в лаборатории.

19. Уходя из лаборатории, проверьте, выключены ли приборы, вода, электричество.

### **Краткие указания для подготовки к теоретическим занятиям**

1. Ознакомьтесь с вопросами, предложенными для обсуждения.

2. Изучите соответствующие разделы лекционного курса.

3. Составьте план ответа на вопросы.

4. Дополните материал информацией из рекомендуемых литературных или электронных источников.

## Раздел 1 . ХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

---

### ТЕМА 1. Основные классы неорганических соединений

#### Вопросы для самостоятельной работы

1. Назовите важнейшие классы сложных неорганических веществ.
2. Оксиды. Примеры и химические свойства.
3. Основания. Примеры и химические свойства.
4. Кислоты. Примеры и химические свойства.
5. Амфотерные гидроксиды. Примеры и химические свойства.
6. Соли. Примеры и химические свойства.

#### Задания для самостоятельной работы

1. Определите, к какому классу относятся соединения, назовите их. Укажите степени окисления.

1. BaO, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Al(OH)<sub>3</sub>
2. CaO, NaOH, H<sub>2</sub>S, CuSO<sub>4</sub>
3. SiO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, Zn(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
4. Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>
5. N<sub>2</sub>O, HCl, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Cr(OH)<sub>3</sub>
6. SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, NaOH, KCl
7. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ni(OH)<sub>2</sub>, HCl, KHCO<sub>3</sub>
8. ZnO, Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>
9. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HCl, CuOHCl, Ba(OH)<sub>2</sub>
10. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, LiOH, CuS, SO<sub>2</sub>
11. Na<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, KOH
12. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, HNO<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Fe(OH)<sub>2</sub>
13. Cl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Cu(OH)<sub>2</sub>
14. FeO, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (CuOH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Cr(OH)<sub>3</sub>
15. MnO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, AgBr, Co(OH)<sub>2</sub>
16. Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, HCl, NiSO<sub>4</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>
17. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HF, BaSO<sub>4</sub>, Zn(OH)<sub>2</sub>

18.  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$
19.  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaJ}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
20.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$
21.  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
22.  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_2$
23.  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{LiOH}$
24.  $\text{SrO}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{NaOH}$

**2.** Напишите уравнения реакций, доказывающие свойства веществ, указанных в разделе 1.

**3.** Назовите следующие соединения и укажите степень окисления элементов:

1.  $\text{Na}_2\text{BeO}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$ ,  $\text{MnSO}_4$
2.  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
3.  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaMnO}_4$
4.  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KHCrO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$
5.  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$
6.  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HS})_2$
7.  $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{HCl}$
8.  $\text{Cr}_2\text{S}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_2$
9.  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{CaCrO}_4$ ,  $\text{CuOHCl}$
10.  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$
11.  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$
12.  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{MgSO}_3$ ,  $(\text{PbOH})_2\text{CrO}_4$
13.  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CsOH}$
14.  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})\text{NO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$
15.  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
16.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{MgOHCl}$ ,  $\text{CaJ}_2$
17.  $\text{BaHPO}_4$ ,  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
18.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
19.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
20.  $\text{SrHPO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ,  $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$
21.  $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{SbCl}_3$ ,  $\text{SrOHJ}$
22.  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ,  $(\text{NiOH})_2\text{CO}_3$

23.  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{HgSO}_4$ ,  $\text{CoJ}_2$
24.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{CuJ}$

#### 4. Напишите эмпирические формулы соединений.

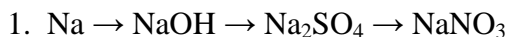
1. Нитрат лития, фосфат натрия, гидрокарбонат кальция
2. Нитрат натрия, карбонат натрия, гидроксонитрат цинка
3. Карбонат лития, сульфид кальция, дигидрофосфат калия
4. Сульфат лития, хлорид натрия, гидросульфат меди (II)
5. Гидрокарбонат натрия, сульфат кальция, фосфат бария
6. Хлорид бария (II), сульфит натрия, дигидроксонитрат хрома (III)
7. Силикат натрия, карбонат кальция, гидросульфид бария
8. Гидросульфид натрия, нитрат магния, сульфат натрия
9. Хромат калия, гидросульфит магния, хлорид алюминия
10. Фторид бериллия, сульфат хрома, дигидрокосульфат алюминия
11. Дихромат натрия, фосфат магния, гидрокосульфат цинка
12. Нитрат алюминия, сульфат кобальта (II), гидроксохлорид хрома (III)
13. Фосфат кальция, нитрат серебра (I), гидросульфит магния
14. Хлорид калия, нитрат кобальта (II), дигидрофосфат кальция
15. Дигидрокосульфат железа (III), карбонат кадмия, хлорид бария
16. Хромат серебра (I), гидросульфат олова (II), нитрит кальция
17. Йодид серебра (I), сульфат бария, гидроксокарбонат меди (II)
18. Сульфат свинца (II), дигидрофосфат калия, сульфид алюминия
19. Нитрат ртути (II), сульфат висмута (III), гидросульфид бария
20. Дигидроксонитрат алюминия, бромид калия, фосфат кальция
21. Хромат стронция, хлорид олова (II), гидрокосульфат меди (II)

22. Сульфит магния, нитрат бария, гидрокарбонат кальция
23. Дигидроксохлорид алюминия, сульфид цинка, фосфат серебра (I)
24. Хромат калия, гидрофосфат калия, сульфит калия

5. Напишите уравнения реакций между веществами, в результате которых образуются средние, кислые и основные соли. Назовите их.

1. Фосфорная кислота и гидроксид кальция
2. Серная кислота и гидроксид бария
3. Фосфорная кислота и гидроксид алюминия
4. Серная кислота и гидроксид алюминия
5. Серная кислота и гидроксид меди (II)
6. Фосфорная кислота и гидроксид меди (II)
7. Гидроксохлорид алюминия и гидроксид натрия
8. Дигидрофосфат калия и гидроксид калия
9. Фосфат натрия и хлороводородная кислота
10. Хлорид меди (II) и гидроксид натрия
11. Нитрат алюминия и гидроксид калия
12. Угольная кислота и гидроксид бария
13. Сульфат алюминия и гидроксид натрия
14. Гидроксид алюминия и азотная кислота
15. Гидроксид алюминия и серная кислота
16. Гидроксид хрома (III) и хлороводородная кислота
17. Гидроксид хрома (III) и азотная кислота
18. Гидроксид хрома (III) и серная кислота
19. Гидроксид хрома (III) и фосфорная кислота
20. Хлорид хрома (III) и гидроксид натрия
21. Хлорид меди (II) и гидроксид калия
22. Нитрат хрома (III) и гидроксид калия
23. Фосфорная кислота и гидроксид бария
24. Фосфорная кислота и гидроксид стронция

6. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



2.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}$
3.  $\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
4.  $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO}$
5.  $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$
6.  $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
7.  $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
8.  $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
9.  $\text{Mg} \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO}$
10.  $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
11.  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
12.  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO}$
13.  $\text{K} \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl} \rightarrow \text{KNO}_3$
14.  $\text{Ba} \rightarrow \text{BaO} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$
15.  $\text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO}$
16.  $\text{Mg} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$
17.  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}$
18.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
19.  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{FeCl}_3$
20.  $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
21.  $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4$
22.  $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$
23.  $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2$
24.  $\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl}$
25.  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Al}(\text{OH})_4]$

## ТЕМА 2. Основные законы и понятия химии

### Вопросы для самостоятельной работы

1. Что такое количество вещества (моль)? Приведите формулы для расчета.
2. Что такое молярный объем газа?
3. Что такое эквивалент? Приведите примеры расчета для различных классов неорганических веществ.

### Задания для самостоятельной работы

1. Для порции вещества X массой  $m(X)$  рассчитайте:  
 а) количество вещества; б) число молекул; в) массу одной молекулы в граммах.

№ п/п	Вещество (X)	$m(X)$ , г
1	Оксид серы (IV)	60
2	Сероводород	37
3	Оксид азота (I)	95
4	Фторид фосфора (III)	64
5	Аммиак	51
6	Фторид серы (IV)	260
7	Хлороводород	49
8	Оксид азота (IV)	120
9	Фторид фосфора (V)	116
10	Оксид азота (II)	255
11	Фторид серы (VI)	184
12	Селеноводород	160
13	Водород	73
14	Оксид азота (III)	80
15	Бромоводород	300
16	Оксид углерода (IV)	96
17	Фторид кремния (IV)	53
18	Йодоводород	190
19	Оксид углерода (II)	60
20	Фторид селена (VI)	105
21	Кислород	120
22	Сероводород	235
23	Фторид фосфора (III)	285
24	Оксид азота (I)	29

2. Рассчитайте объем и массу порции газа X количеством вещества  $n(X)$  при нормальных условиях. Определите число частиц (молекул или атомов) в данной порции газа.

№ п/п	Газ (X)	n (X), моль
1	Бромоводород	2,0
2	Оксид азота (I)	2,5
3	Оксид серы (IV)	0,4
4	Аммиак	1,5
5	Оксид углерода (II)	6,2
6	Аргон	2,3
7	Оксид азота (II)	1,5
8	Оксид углерода (IV)	3,1
9	Гелий	2,7
10	Хлор	3,8
11	Йодоводород	1,3
12	Фторид серы (VI)	0,6
13	Неон	2,1
14	Фтор	1,7
15	Сероводород	5,2
16	Метан	5,5
17	Оксид азота (IV)	3,4
18	Хлороводород	2,9
19	Азот	2,0
20	Кислород	1,4
21	Селеноводород	0,6
22	Оксид азота (III)	3,0
23	Водород	2,3
24	Оксид серы (IV)	4,1

3. Рассчитайте молярную массу газа, заданный объем которого при нормальных условиях имеет соответствующую массу. Сколько молекул содержится в данном объеме газа?

№ п/п	V, дм <sup>3</sup>	m, г	№ п/п	V, дм <sup>3</sup>	m, г
1	2,8	2,70	13	1,3	0,99
2	1,3	1,86	14	7,6	0,68
3	1,4	1,06	15	2,7	2,05

4	2,4	3,00	16	4,0	3,04
5	3,2	4,00	17	4,6	16,43
6	4,8	9,43	18	1,5	2,01
7	2,0	7,14	19	3,3	9,43
8	7,3	11,08	20	6,0	7,50
9	1,0	0,71	21	7,0	0,63
10	5,6	9,13	22	7,4	12,06
11	5,6	4,25	23	8,4	12,00
12	3,2	4,57	24	3,0	9,51

4. Определите факторы эквивалентности и рассчитайте молярные массы эквивалентов подчеркнутых веществ в реакциях, протекающих по уравнениям а и б (прил. 1).

№ п/п	Уравнения	
	а	б
1	$S + 2F_2 = SF_4$	$H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$
2	$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$	$Ca(OH)_2 + HCl = CaOHCl + H_2O$
3	$C + O_2 = CO_2$	$2NaOH + H_3PO_4 = Na_2HPO_4 + H_2O$
4	$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$	$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2[Zn(OH)_4]$
5	$S + O_2 = SO_2$	$Al(OH)_3 + HCl = Al(OH)_2Cl + H_2O$
6	$S + 3F_2 = SF_6$	$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$
7	$Cu + Cl_2 = CuCl_2$	$Cr(OH)_3 + 3NaOH = Na_3[Cr(OH)_6]$
8	$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$	$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$
9	$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$	$Al(OH)_3 + 2HCl = AlOHCl_2 + 2H_2O$
10	$Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2$	$Cr(OH)_3 + H_2SO_4 = CrOHSO_4 + H_2O$
11	$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$	$H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + H_2O$
12	$2B + 3Cl_2 = 2BCl_3$	$H_2CrO_4 + KOH = KHCrO_4 + H_2O$
13	$2Ba + O_2 = 2BaO$	$H_3PO_4 + Ba(OH)_2 = BaHPO_4 + H_2O$
14	$Si + O_2 = SiO_2$	$Mg(OH)_2 + H_2SO_4 = MgSO_4 + 2H_2O$
15	$Si + 2F_2 = SiF_4$	$Cu(OH)_2 + HNO_3 = CuOHNO_3 + H_2O$
16	$S + H_2 = H_2S$	$Ba(OH)_2 + HCl = BaOHCl + H_2O$
17	$4B + 3O_2 = 2B_2O_3$	$Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$

18	$2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$	$\text{Sn}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 = \text{SnOHNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
19	$2\text{B} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{BCl}_3$	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
20	$\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$	$\text{H}_2\text{S} + \text{NaOH} = \text{NaHS} + \text{H}_2\text{O}$
21	$\text{S} + 3\text{F}_2 = \text{SF}_6$	$\text{Sr}(\text{OH})_2 + \text{HCl} = \text{SrOHCl} + \text{H}_2\text{O}$
22	$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{HCl} = \text{FeOHCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
23	$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
24	$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$

## **ТЕМА 3. Строение атома.**

### **Периодический закон Д.И. Менделеева**

#### **Вопросы для подготовки к семинару**

1. Основные положения современной квантово-механической теории строения атома.
2. Строение электронной оболочки атома. Квантовые числа, их определение, буквенные обозначения и числовые значения.
3. Принцип Паули и вытекающие из него следствия.
4. Правило Гунда. Пример.
5. Условная запись распределения электронов по двум квантовым числам.
6. Порядок заполнения электронами уровней и подуровней в атоме (принцип наименьшей энергии, правила Клечковского).
7. Понятия «полных», «неполных» электронных аналогов. Примеры.
8. Явление проскока электронов. Примеры.
9. Чему равно максимальное количество электронов на последнем энергетическом уровне?
10. Классическая и современная формулировки периодического закона Д.И. Менделеева.
11. Закон Мозли. Физический смысл порядкового номера элемента.
12. Определение периода. Формулы подсчета длины четного и нечетного периодов.
13. Семейства s-, p-, d-, f-элементов, их определение и подсчет количества в системе Менделеева.
14. Валентность элементов в нормальном и возбужденном состояниях. Максимальная валентность. У каких элементов она не достигает номера группы? Примеры.
15. Металлы и неметаллы. Их положение в системе Д.И. Менделеева.
16. Энергия ионизации. Какие свойства она характеризует?
17. Энергия сродства к электрону. Какие свойства элементов она характеризует?

18. Понятие об электроотрицательности. Какие свойства элементов характеризует?

19. Периодичность изменения свойств элементов в периодах и группах Периодической системы Д.И. Менделеева. Причина периодичности химических свойств элементов.



Взаимосвязь между основными понятиями по теме: «Строение атома. Периодически закон Д.И. Менделеева»

## Задания для самостоятельной работы

1. Напишите электронные формулы атомов элементов, укажите их валентные электроны. К какому семейству относятся элементы. Для подчеркнутых элементов напишите электронно-графические формулы валентного уровня атомов в основном и в возбужденном состоянии.

- |  |  |
|--|--|
| 1. <u>Алюминий</u> , азот, <u>хлор</u>     | 13. <u>Сера</u> , цинк, <u>мышьяк</u>        |
| 2. <u>Магний</u> , <u>сера</u> , кобальт   | 14. <u>Фосфор</u> , <u>йод</u> , цинк        |
| 3. Натрий, <u>хлор</u> , <u>барий</u>      | 15. <u>Олово</u> , галлий, <u>хлор</u>       |
| 4. <u>Неон</u> , <u>барий</u> , железо     | 16. <u>Франций</u> , <u>селен</u> , медь     |
| 5. <u>Хлор</u> , <u>кальций</u> , кадмий   | 17. <u>Стронций</u> , <u>сурьма</u> , фосфор |
| 6. <u>Кислород</u> , цезий, <u>олово</u>   | 18. <u>Висмут</u> , кадмий, <u>кремний</u>   |
| 7. <u>Кальций</u> , аргон, <u>бром</u>     | 19. <u>Сера</u> , <u>мышьяк</u> , серебро    |
| 8. <u>Углерод</u> , стронций, <u>йод</u>   | 20. <u>Висмут</u> , индий, <u>кислород</u>   |
| 9. <u>Сера</u> , <u>барий</u> , никель     | 21. <u>Свинец</u> , <u>барий</u> , железо    |
| 10. <u>Бор</u> , рублидий, <u>йод</u>      | 22. <u>Литий</u> , кобальт, <u>селен</u>     |
| 11. <u>Алюминий</u> , франций, <u>сера</u> | 23. <u>Свинец</u> , молибден, <u>мышьяк</u>  |
| 12. Барий, <u>фосфор</u> , <u>углерод</u>  | 24. Ртуть, <u>хлор</u> , <u>алюминий</u>     |

2. По представленным конфигурациям валентных электронов атомов элементов определите положение элементов в периодической системе, указав период, группу и подгруппу. Составьте полные электронные формулы атомов данных элементов. Определите число неспаренных электронов атома, конфигурация которого подчеркнута, в основном состоянии.

- |                           |                        |                        |
|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 1. $7s^2$                 | $\underline{6s^2}6p^5$ | $5s^24d^2$             |
| 2. $3s^23p^5$             | $5s^24d^5$             | $6s^1$                 |
| 3. $5s^14d^{10}$          | $7s^1$                 | $\underline{3s^2}3p^3$ |
| 4. $6s^2$                 | $\underline{5s^2}5p^2$ | $4s^23d^8$             |
| 5. $\underline{5s^2}5p^4$ | $6s^25d^4$             | $4s^2$                 |
| 6. $6s^15d^{10}$          | $4s^1$                 | $\underline{6s^2}6p^4$ |

7.	$7s^2$	$5s^2 4d^{10}$	$\frac{6s^2 6p^3}{5s^2}$
8.	$\frac{6s^2 6p^4}{4s^2 3d^8}$	$4s^2 3d^3$	$\frac{6s^2 6p^3}{4s^1 3d^{10}}$
9.	$4s^2 3d^8$	$5s^1$	$\frac{6s^2 6p^3}{7s^2}$
10.	$6s^2$	$\frac{5s^2 5p^5}{4s^2 3d^8}$	$\frac{4s^2 4p^4}{5s^2 4d^5}$
11.	$\frac{5s^2 5p^2}{5s^2 4d^{10}}$	$6s^1$	$5s^2$
12.	$5s^2 4d^{10}$	$\frac{6s^2 6p^4}{6s^1 5d^{10}}$	$\frac{3s^2 3p^1}{6s^2 5d^2}$
13.	$4s^2$	$4s^1$	$3s^2$
14.	$\frac{4s^2 4p^4}{6s^2 5d^6}$	$4s^1$	$\frac{3s^2 3p^3}{4s^2 3d^7}$
15.	$6s^2 5d^6$	$4s^1$	$3s^2$
16.	$7s^2$	$\frac{4s^2 4p^1}{7s^2 6d^4}$	$\frac{3s^2 3p^3}{4s^2 3d^7}$
17.	$\frac{4s^2 4p^2}{5s^1 4d^{10}}$	$4s^2$	$3s^2$
18.	$5s^1 4d^{10}$	$4s^2$	$\frac{3s^2 3p^3}{4s^2 3d^7}$
19.	$2s^2$	$\frac{5s^2 5p^1}{6s^2 6p^2}$	$3s^1$
20.	$5s^2 4d^1$	$\frac{6s^2 6p^2}{5s^2}$	$7s^2 6d^5$
21.	$\frac{4s^2 4p^2}{6s^1}$	$5s^2$	$4s^2 3d^3$
22.	$6s^1$	$\frac{5s^2 5p^2}{5s^2 4d^5}$	$4s^1$
23.	$\frac{6s^2 6p^1}{5s^1 4d^{10}}$	$5s^2 4d^5$	$\frac{4s^1}{5s^2 5p^5}$
24.	$5s^1 4d^{10}$	$7s^2$	$5s^2 5p^5$

## ТЕМА 4. Химическая связь

### Задания для самостоятельной работы

1. Приведите конфигурации валентных электронов атомов перечисленных элементов. Определите, какой из указанных элементов обладает:

- 1) наибольшим значением атомного радиуса;
- 2) наибольшим значением энергии ионизации атома;
- 3) наименьшим значением энергии сродства к электрону;
- 4) наименьшей относительной электроотрицательностью.

Объясните свой ответ.

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Калий, рубидий, цезий.   | 13. Бор, углерод, кислород. |
| 2. Кремний, сера, хлор.     | 14. Кислород, сера, селен.  |
| 3. Хлор, бром, йод.         | 15. Индий, олово, теллур.   |
| 4. Алюминий, кремний, сера. | 16. Свинец, полоний, астат. |

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 5. Сера, селен, теллур.        | 17. Индий, олово, йод.         |
| 6. Олово, теллур, йод.         | 18. Бор, кислород, фтор.       |
| 7. Кремний, германий, олово.   | 19. Алюминий, галлий, индий.   |
| 8. Галлий, германий, селен.    | 20. Бериллий, магний, кальций. |
| 9. Углерод, кремний, германий. | 21. Селен, теллур, полоний.    |
| 10. Германий, селен, бром.     | 22. Рубидий, цезий, франций.   |
| 11. Магний, кальций, стронций. | 23. Натрий, кремний, хлор.     |
| 12. Стронций, барий, радий.    | 24. Бериллий, кальций, барий.  |

**2.** На основе метода валентных связей определите для каждой из указанных частиц: а) число  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей, б) тип гибридизации валентных орбиталей центрального атома, в) геометрическую форму частицы.

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , $\text{SO}_3$ , $\text{SO}_2$  | 13. $\text{BF}_3$ , $\text{SeCl}_2$ , $\text{PCl}_3$          |
| 2. $\text{NH}_3$ , $\text{BCl}_3$ , $\text{CO}_2$            | 14. $\text{SiO}_2$ , $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , $\text{NH}_3$ |
| 3. $\text{COCl}_2$ , $\text{PF}_5$ , $\text{PCl}_3$          | 15. $\text{COF}_2$ , $\text{PH}_3$ , $\text{MgF}_2$           |
| 4. $\text{CH}_4$ , $\text{SO}_2\text{F}_2$ , $\text{AlCl}_3$ | 16. $\text{SO}_2$ , $\text{AlI}_3$ , $\text{CF}_4$            |
| 5. $\text{CH}_3\text{Cl}$ , $\text{BeF}_2$ , $\text{SF}_6$   | 17. $\text{SF}_6$ , $\text{SO}_3$ , $\text{CFCl}_3$           |
| 6. $\text{MgCl}_2$ , $\text{CSCl}_2$ , $\text{NF}_3$         | 18. $\text{SeO}_2$ , $\text{CO}_2$ , $\text{BH}_3$            |
| 7. $\text{SiH}_4$ , $\text{POF}_3$ , $\text{H}_2\text{O}$    | 19. $\text{HCN}$ , $\text{C}_2\text{H}_2$ , $\text{NH}_3$     |
| 8. $\text{COS}$ , $\text{SeO}_3$ , $\text{BrF}_5$            | 20. $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{SeO}_3$ , $\text{PCl}_5$    |
| 9. $\text{CCl}_4$ , $\text{CS}_2$ , $\text{PH}_3$            | 21. $\text{CSCl}_2$ , $\text{SnCl}_4$ , $\text{AsH}_3$        |
| 10. $\text{SO}_3$ , $\text{SnCl}_2$ , $\text{SeO}_2$         | 22. $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , $\text{CS}_2$ , $\text{NF}_3$  |
| 11. $\text{SiO}_2$ , $\text{PCl}_5$ , $\text{CHCl}_3$        | 23. $\text{PF}_3$ , $\text{SiH}_4$ , $\text{SnCl}_2$          |
| 12. $\text{SiF}_4$ , $\text{CO}_2$ , $\text{TeO}_2$          | 24. $\text{BrF}_5$ , $\text{SF}_6$ , $\text{COS}$             |

**3.** Исходя из метода ковалентных связей, сделайте вывод о возможных валентностях марганца, кобальта в нормальном и возбужденном состояниях.

4. Образование ковалентной связи по донорно-акцепторному механизму. Приведите примеры соединений, объясните механизм их образования.

5. Приведите примеры молекул, в атомах которых наблюдается  $sp^2$ -гибридизация. Какова структура этих молекул?

6. Приведите примеры молекул, в атомах которых наблюдается  $sp^3$ -гибридизация. Какова структура этих молекул?

7. Что называется электрическим моментом диполя молекулы? Какая из молекул  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$  имеет наибольший дипольный момент?

8. Как с помощью электроотрицательности объяснить последовательность в изменении дипольных моментов молекул  $HF$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HI$ ?

9. В каком направлении будет меняться характер химической связи по ряду  $NaCl \rightarrow MgCl_2 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow SiCl_4 \rightarrow PCl_5 \rightarrow SCl_2 \rightarrow Cl_2$ ?

10. В каких фторидах связь элемент – фтор будет носить ионный характер:  $NaF$ ,  $AlF_3$ ,  $CF_4$ ,  $BaF_2$ ,  $NF_3$ ,  $F_2O$ ?

11. Какая из связей  $Ca-H$ ,  $C-S$ ,  $I-Cl$  является наиболее полярной? К какому из атомов смещено молекулярное электронное облако?

12. Какую форму могут иметь трехатомные молекулы типа  $AB_2$ ? Рассмотрите на примерах молекул  $BeCl_2$ ,  $ZnBr_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ .

## Раздел 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА

---

### ТЕМА 5. Энергетика химических процессов

#### Задания для самостоятельной работы

1. Вычислите тепловой эффект  $\Delta H^0_{298}$  (кДж) химических реакций. Укажите, эндо- или экзотермическим является данный процесс (прил. 2).

1.  $3\text{CuO}_{(к)} + 2\text{Fe}_{(к)} = 3\text{Cu}_{(к)} + \text{Fe}_2\text{O}_{3(к)}$
2.  $2\text{CuO}_{(к)} + \text{C}_{(к)} = 2\text{Cu}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)}$
3.  $\text{C}_{(к)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{CO}_{(г)} + \text{H}_{2(г)}$
4.  $\text{C}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)} = 2\text{CO}_{(г)}$
5.  $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_{2(г)}$
6.  $2\text{CO}_{(г)} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_{2(г)}$
7.  $\text{CuO}_{(к)} + \text{H}_{2(г)} = \text{Cu}_{(к)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$
8.  $\text{FeO}_{(к)} + \text{H}_{2(г)} = \text{Fe}_{(к)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$
9.  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 3\text{H}_{2(г)} = 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)}$
10.  $\text{CuO}_{(к)} + \text{CO}_{(г)} = \text{CO}_{2(г)} + \text{Cu}_{(к)}$
11.  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 3\text{CO}_{(г)} = 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{CO}_{2(г)}$
12.  $\text{Fe}_3\text{O}_{4(к)} + 4\text{H}_{2(г)} = 3\text{Fe}_{(к)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(г)}$
13.  $3\text{Fe}_{(к)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{Fe}_3\text{O}_{4(к)} + 4\text{H}_{2(г)}$
14.  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 3\text{H}_{2(г)} = 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)}$
15.  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 2\text{Al}_{(к)} = 2\text{Fe}_{(к)} + \text{Al}_2\text{O}_{3(к)}$
16.  $3\text{Fe}_3\text{O}_{4(к)} + 8\text{Al}_{(к)} = 9\text{Fe}_{(к)} + 4\text{Al}_2\text{O}_{3(к)}$
17.  $3\text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + \text{CO}_{(г)} = 2\text{Fe}_3\text{O}_{4(к)} + \text{CO}_{2(г)}$
18.  $\text{FeO}_{(к)} + \text{CO}_{(г)} = \text{Fe}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)}$
19.  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(к)} + 3\text{CO}_{(г)} = 2\text{Fe}_{(к)} + 3\text{CO}_{2(г)}$
20.  $4\text{NH}_{3(г)} + 3\text{O}_{2(г)} = 2\text{N}_{2(г)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(г)}$
21.  $3\text{CuO}_{(к)} + 2\text{NH}_{3(г)} = \text{N}_{2(г)} + 3\text{Cu}_{(к)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)}$
22.  $\text{SiH}_{4(г)} + 2\text{O}_{2(г)} = \text{SiO}_{2(к)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(г)}$
23.  $4\text{HBr}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{Br}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(г)}$
24.  $2\text{NaOH}_{(к)} + \text{C}_{(к)} = 2\text{Na}_{(к)} + \text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$

2. Вычислите тепловой эффект химической реакции  $\Delta H^0_{298}$  (кДж) образования  $m$ , г сложного вещества из простых:

№ п/п	Вещество	$m$ , г	№ п/п	Вещество	$m$ , г
1	Сульфид свинца (II)	47,8	13	Оксид алюминия	5,6
2	Оксид меди (II)	15,9	14	Бромид алюминия	0,27
3	Оксид хрома (III)	3,04	15	Хлорид бериллия	24
4	Сульфид меди (II)	47,8	16	Оксид титана (IV)	8
5	Оксид олова (IV)	105,5	17	Оксид теллура (IV)	70,8

6	Хлорид фосфора (III)	6,2	18	Оксид алюминия	20
7	Сульфат свинца (II)	19	19	Сульфид алюминия	45
8	Сероводород	30	20	Сульфид ртути (II)	127
9	Сульфид кальция	3,6	21	Оксид свинца (II)	44,6
10	Оксид кремния	18	22	Карбонат кальция	60
11	Сульфид бария	96	23	Фторид серы (VI)	73
12	Оксид марганца (II)	7,1	24	Сульфид цинка	17

3. Определите, возможен ли процесс при стандартных условиях, используя значения стандартных энергий Гиббса (КДж/моль).

- $6\text{HCl}_{(r)} + \text{O}_{3(r)} = 3\text{Cl}_{3(r)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(ж)}$
- $2\text{HF}_{(r)} + 0,5\text{O}_{2(r)} = \text{F}_{2(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$
- $\text{CH}_{4(r)} + 3\text{CO}_{2(r)} = 4\text{CO}_{(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$
- $\text{SO}_{3(r)} = \text{SO}_{2(r)} + 0,5\text{O}_{2(r)}$
- $\text{CuO}_{(k)} = 0,5\text{O}_{2(r)} + \text{Cu}_{(k)}$
- $\text{Al}_2\text{O}_{3(k)} + 3\text{C}_{(k)} = 2\text{Al}_{(k)} + 3\text{CO}_{(r)}$
- $\text{Fe}_3\text{O}_{4(k)} + 4\text{H}_{2(r)} = 3\text{Fe}_{(k)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(r)}$
- $3\text{H}_{2(r)} + \text{N}_{2(r)} = 2\text{NH}_{3(r)}$
- $\text{Fe}_3\text{O}_{4(k)} + 4\text{CO}_{(r)} = 3\text{Fe}_{(k)} + 4\text{CO}_{2(r)}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_{3(k)} + 3\text{H}_{2(r)} = 2\text{Fe}_{(k)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_{3(k)} + 3\text{CO}_{(r)} = 2\text{Fe}_{(k)} + 3\text{CO}_{2(r)}$
- $4\text{NO}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2\text{N}_2\text{O}_{5(r)}$
- $\text{Al}_2\text{O}_{3(k)} + 3\text{H}_{2(r)} = 2\text{Al}_{(k)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)}$
- $3\text{Fe}_3\text{O}_{4(k)} + \text{CO}_{(r)} = 3\text{Fe}_2\text{O}_{3(k)} + \text{CO}_{(r)}$
- $\text{MgO}_{(k)} + \text{CO}_{(r)} = \text{Mg}_{(k)} + \text{CO}_{2(r)}$
- $3\text{NO}_{(r)} = \text{N}_2\text{O}_{(r)} + \text{NO}_{2(r)}$
- $\text{Cu}_{(k)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)} = \text{CuO}_{(k)} + \text{H}_2_{(r)}$
- $2\text{Fe}_{(k)} + 3\text{CO}_{2(r)} = 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(k)} + 3\text{CO}_{(r)}$
- $2\text{HF}_{(r)} + \text{O}_{3(r)} = \text{H}_2\text{O}_{(ж)} + \text{F}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)}$
- $\text{MgO}_{(k)} + \text{H}_2_{(r)} = \text{Mg}_{(k)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$
- $\text{N}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2\text{NO}_{(r)}$
- $\text{CaCO}_{3(k)} = \text{CaO}_{(k)} + \text{CO}_{2(r)}$
- $\text{CaO}_{(k)} + \text{H}_2_{(r)} = \text{Ca}_{(k)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$
- $\text{CaO}_{(k)} + \text{C}_{(k)} = \text{Ca}_{(k)} + \text{CO}_{(r)}$

4. На основании стандартных энтальпий образования ( $\Delta H_{f, 298}^0$  кДж/моль) и стандартных энтропий ( $S_{298}^0$  Дж/моль К) соответствующих веществ, вычислите  $\Delta G_{298}^0$  (кДж) реакций, указанных в задании 3. Определите, при каких условиях наступит равновесие в системе.

5. Вычислите изменение энергии Гиббса (кДж) реакций при указанной температуре T, (K):

№п/п	Химическая реакция	T, K
1	$\text{CO}_{(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)} = \text{CO}_{2(r)} + \text{H}_{2(r)}$	100
2	$2\text{H}_2\text{O}_{(r)} = 2\text{H}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)}$	1500
3	$\text{MgO}_{(k)} + \text{CO}_{(r)} = \text{Mg}_{(k)} + \text{CO}_{2(r)}$	800
4	$\text{CaCO}_{3(k)} = \text{CaO}_{(k)} + \text{CO}_{2(r)}$	1000
5	$4\text{HCl}_{(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2\text{Cl}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$	800
6	$4\text{HBr}_{(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2\text{Br}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$	700
7	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(k)} + 3\text{H}_{2(r)} = 2\text{Fe}_{(k)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)}$	800
8	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(k)} + 3\text{CO}_{(r)} = 2\text{Fe}_{(k)} + 3\text{CO}_{2(r)}$	800
9	$\text{Fe}_3\text{O}_{4(k)} + 4\text{CO}_{(r)} = 3\text{Fe}_{(k)} + 4\text{CO}_{2(r)}$	800
10	$3\text{H}_{2(r)} + \text{N}_{2(r)} = 2\text{NH}_{3(r)}$	700
11	$2\text{NO}_{2(r)} = \text{O}_{2(r)} + 2\text{NO}_{(r)}$	500
12	$\text{FeO}_{(k)} + \text{CO}_{(r)} = \text{Fe}_{(k)} + \text{CO}_{2(r)}$	700
13	$\text{H}_2\text{O}_{(r)} + \text{Fe}_{(k)} = \text{FeO}_{(k)} + \text{H}_{2(r)}$	700
14	$2\text{SO}_3(r) = 2\text{SO}_2(r) + \text{O}_2(r)$	800
15	$2\text{NO}_{(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2\text{NO}_2(r)$	300
16	$\text{C}_{(k)} + \text{CO}_2(r) = 2\text{CO}_{(r)}$	100
17	$2\text{H}_2\text{S}_{(r)} + \text{O}_2(r) = 2\text{S}_{(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$	500
18	$2\text{SO}_2(r) + \text{O}_2(r) = 2\text{SO}_3(r)$	700
19	$4\text{CO}_{(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)} = 3\text{CO}_2(r) + \text{CH}_4(r)$	800
20	$2\text{Al}_{(k)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)} = \text{Al}_2\text{O}_3(k) + 3\text{H}_{2(r)}$	800
21	$3\text{CuO}_{(k)} + 2\text{NH}_3(r) = \text{N}_2(r) + 3\text{Cu}_{(k)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(r)}$	500
22	$2\text{H}_2\text{S}_{(r)} + \text{O}_2(r) = 2\text{S}_{(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$	298
23	$\text{SiH}_4(r) + 2\text{O}_2(r) = \text{SiO}_2(k) + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	298
24	$\text{CH}_4(r) + 3\text{CO}_2(r) = 4\text{CO}_{(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$	800

25	$\text{Al}_2\text{O}_{3(\text{k})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} = 2\text{Al}_{(\text{k})} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	800
----	--	-----

## ТЕМА 6. Скорость химических реакций и химическое равновесие

### Лабораторная работа № 1 *Кинетика*

*Цель:* изучение влияния различных факторов на скорости химических реакций.

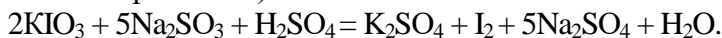
*Опыт 1.* Влияние концентрации исходных веществ на скорость реакции в гомогенной системе.

Для проведения опыта заранее приготовлены 2 раствора, каждый из которых наливается в отдельную бюретку для взятия точного объема (в третьей бюретке – вода для изменения исходной концентрации):

1-й раствор – смесь сульфита натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и крахмала;

2-й раствор – раствор йодата калия  $\text{KIO}_3$ .

При взаимодействии йодата калия с сульфитом натрия в кислой среде протекает реакция с образованием свободного йода (обнаруживается крахмалом):



Опыт заключается в практическом определении зависимости времени протекания реакции ( $\Delta \tau$ ) от изменения концентрации йодата калия ( $\text{СКIO}_3$ ) при постоянной концентрации сульфита натрия.

*Порядок проведения опыта:*

1. В 4 пробирки налейте по 3 мл 1-го раствора ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ).
2. В 4 других пробирках приготовьте растворы  $\text{KIO}_3$  различных относительных концентраций (табл. 1).
3. Практически определите отрезки времени ( $\Delta \tau$ ) от момента сливания 1-го и 2-го растворов ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и  $\text{KIO}_3$ ) до появления синего окрашивания крахмала (уже добавлен в раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) йодом.
4. Результаты наблюдений занесите в табл. 1.

*Таблица 1*

## Влияние концентрации йодата калия на условную скорость реакции

№ п/п	Объем, мл			Относительная концентрация йодата калия, С	Время про- текания ре- акции $\Delta\tau$ , с	Условная скорость реакции $V = \frac{1}{\Delta\tau}$
	1-й раствор	2-й раствор				
	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	KIO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O			
1	3	2	6	0,25		
2	3	4	4	0,50		
3	3	6	2	0,75		
4	3	8	—	1,00		

На миллиметровой бумаге постройте график зависимости  $V$  (ось ординат) от  $C$  (ось абсцисс).

Масштаб следует выбирать таким образом, чтобы наибольшие значения величин по оси ординат и абсцисс находились на расстоянии не менее 8 см от начала координат.

*Опыт 2.* Влияние температуры на скорость реакции в гомогенной системе.

В 3 пробирки из мерного цилиндра налейте по 5 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты, а в 3 другие – 5 см<sup>3</sup> раствора тиосульфата натрия. Первую пару пробирок поместите в стакан с водопроводной водой и через 3–4 минуты, измерив температуру в стакане, слейте содержимое пробирок и отсчитывайте время до появления заметной опалесценции.

Вторую пару пробирок поместите на 3–4 минуты в стакан с водой на 11–12 °С выше комнатной. Растворы слейте и определите время до появления опалесценции.

Эксперимент с последней парой пробирок проведите при температуре на 21–22 °С выше комнатной.

Полученные данные занесите в табл. 2.

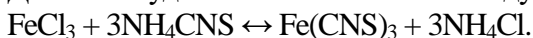
*Таблица 2*

**Влияние температуры на условную скорость реакции**

№ эксперимента	Температура	Время протекания реакции $\Delta\tau, \text{с}$	Условная скорость реакции $V = \frac{1}{\Delta\tau}$
1			
2			
3			

*Опыт 3.* Смещение химического равновесия при изменениях концентраций реагирующих веществ.

Для опыта удобно воспользоваться следующей реакцией:



Из веществ этой системы  $\text{Fe}(\text{CNS})_3$  интенсивно окрашен в красный цвет, в то время как разбавленные растворы  $\text{FeCl}_3$  окрашены в желтый цвет, а растворы  $\text{NH}_4\text{CNS}$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  бесцветны. Поэтому всякое изменение концентрации  $\text{Fe}(\text{CNS})_3$  сказывается на окраске. Это позволяет наблюдать, в каком направлении сдвигается равновесие при изменении концентрации реагирующих веществ.

Для проведения опыта налейте в стакан около 30–40 мл воды и добавьте точно по одной или по две капли  $\text{NH}_4\text{CNS}$  и  $\text{FeCl}_3$ , раствор должен иметь светло-красный цвет (если раствор темно-красный, можно разбавить водой).

Разлейте полученный раствор в пробирки (их 4). В 1-ю добавьте 2 капли  $\text{FeCl}_3$ , во 2-ю – 2 капли  $\text{NH}_4\text{CNS}$ , в 3-ю насыпьте сухой соли  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Перемешайте содержимое стеклянной палочкой.

Наблюдения занесите в табл. 3.

Таблица 3

### Химическое равновесие

№ пробирки	Добавка	Наблюдения
1	–	

(контрольная)		
2	+ FeCl <sub>3</sub>	
3	+ NH <sub>4</sub> CNS	
4	+ NH <sub>4</sub> Cl	

### *Контрольные вопросы и задания к опыту*

1. Составьте уравнение обратимой реакции и уравнение константы равновесия.

2. Как изменится интенсивность окраски в этих пробирках по сравнению с контрольной? Дайте объяснения, исходя из уравнения константы равновесия. В какую сторону сместилось равновесие?

### **Задания для самостоятельной работы**

1. Равновесная концентрация 2-го исходного вещества равна 2 моль/дм<sup>3</sup>, продукта – 5 моль/дм<sup>3</sup>. Константа равновесия равна 4. Определите начальные концентрации исходных веществ и равновесную концентрацию 1-го вещества в гомогенной системе.

1.  $O_2 + 2SO_2 \rightleftharpoons 2SO_3$
2.  $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$
3.  $A + B \rightleftharpoons AB$
4.  $2NO + Cl_2 \rightleftharpoons 2NOCl$
5.  $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$
6.  $A + B \rightleftharpoons 2C$
7.  $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl$
8.  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$
9.  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$
10.  $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$
11.  $C_2H_2 + 2H_2 \rightleftharpoons C_2H_6$
12.  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$
13.  $C_2H_2 + H_2 \rightleftharpoons C_2H_4$
14.  $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
15.  $3A + B \rightleftharpoons A_3B$
16.  $A + 2B \rightleftharpoons AB_2$

17.  $C_2H_4 + Cl_2 \rightleftharpoons C_2H_4Cl_2$
18.  $O_2 + 2H_2 \rightleftharpoons 2H_2O$
19.  $F_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HF$
20.  $CO + Br_2 \rightleftharpoons COBr_2$
21.  $2F_2 + O_2 \rightleftharpoons 2OF_2$
22.  $H_2 + J_2 \rightleftharpoons 2HJ$
23.  $C_2H_4 + Br_2 \rightleftharpoons C_2H_4Br_2$
24.  $2A + B \rightleftharpoons A_2B$

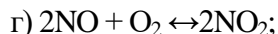
2. Напишите выражения констант химического равновесия для систем:

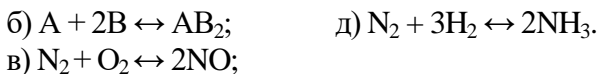
1.  $4HCl_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2Cl_{2(r)} + 2H_2O_{(ж)}$
2.  $3Fe_{(k)} + 4H_2O_{(r)} \rightleftharpoons Fe_3O_{4(k)} + 4H_{2(r)}$
3.  $H_{2(r)} + Cl_{2(r)} \rightleftharpoons 2HCl_{(r)}$
4.  $Fe_2O_{3(k)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2Fe_{(k)} + 3H_2O_{(r)}$
5.  $BaO_{(k)} + C_{(k)} \rightleftharpoons Ba_{(k)} + CO_{(r)}$
6.  $CaCO_{3(k)} \rightleftharpoons CaO_{(k)} + CO_{2(r)}$
7.  $S_{(k)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons SO_{2(r)}$
8.  $CO_{2(r)} \rightleftharpoons C_{(k)} + O_{2(r)}$
9.  $CO_{2(r)} + H_{2(r)} \rightleftharpoons CO_{(r)} + H_2O_{(ж)}$
10.  $2COF_{2(r)} \rightleftharpoons CO_{2(r)} + CF_{4(r)}$
11.  $2NO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2NO_{2(r)}$
12.  $F_{2(r)} + ClO_{2(r)} \rightleftharpoons 2FCIO_{2(r)}$
13.  $Fe_2O_{3(k)} + H_{2(r)} \rightleftharpoons 2FeO_{(k)} + H_2O_{(r)}$
14.  $3H_{2(r)} + N_{2(r)} \rightleftharpoons 2NH_{3(r)}$
15.  $FeO_{(k)} + CO_{(r)} \rightleftharpoons Fe_{(k)} + CO_{2(r)}$
16.  $2H_{2(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(r)}$
17.  $2NaHCO_{3(k)} \rightleftharpoons 2Na_2CO_{3(k)} + CO_{(r)} + H_2O_{(ж)}$
18.  $Al_2O_{3(k)} + 3H_{2(r)} \rightleftharpoons 2Al_{(k)} + 3H_2O_{(ж)}$
19.  $CH_{4(r)} \rightleftharpoons C_{(k)} + 2H_{2(r)}$
20.  $2CO_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{(r)} + O_{2(r)}$
21.  $C_{(k)} + CO_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{(r)}$
22.  $SO_{2(r)} + NO_{2(r)} \rightleftharpoons SO_{3(r)} + NO_{(r)}$
23.  $2NO_{2(r)} \rightleftharpoons N_2O_{4(r)}$
24.  $2N_2O_{(r)} \rightleftharpoons 2N_{2(r)} + O_{2(r)}$

3. Как изменить: а) температуру, б) давление, в) концентрацию, чтобы сместить равновесие в сторону прямой реакции в гомогенных системах:

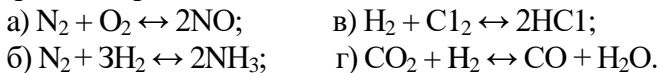
№п/п	Система	$\Delta H^0_{298}$ (кДж)
1	$\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$	+92,59
2	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$	-41,2
3	$4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$	-114,5
4	$\text{H}_2 + \text{J}_2 \rightleftharpoons 2\text{HJ}$	+51,9
5	$2\text{NO} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{O}_2$	-180,7
6	$2\text{NO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{NOCl}$	-73,6
7	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$	-196,6
8	$3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}_3$	+184,6
9	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	-483,7
10	$\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$	+112,5
11	$\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$	+58,4
12	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$	-92,4
13	$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$	-113,0
14	$\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}$	+193,3
15	$2\text{HBr} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{Br}_2$	+72,5
16	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 4\text{HCl} + \text{O}_2$	+114,5
17	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	+247,4
18	$2\text{H}_2 + \text{F}_2 \rightleftharpoons 2\text{HF}$	-535,0
19	$2\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$	+180,7
20	$\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$	-112,5
21	$2\text{NOCl} \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{Cl}_2$	+73,6
22	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 4\text{HCl} + \text{O}_2$	+114,5
23	$2\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{Cl}_2$	+184,5
24	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	+41,2
25	$2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	+483,7

4. Выразите математически скорость следующих реакций, протекающих в гомогенной среде:

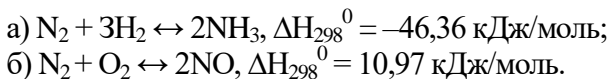




**5.** Напишите выражения констант равновесия для следующих обратимых реакций:



**6.** Как повлияет изменение температуры и давления на системы:



**7.** Реакция протекает по уравнению  $A_2 + B_2 \leftrightarrow 2AB$ . Определите константу равновесия, если равновесные концентрации равны:  $[A_2] = 0,2$  моль/л,  $[B_2] = 0,3$  моль/л,  $[AB] = 0,25$  моль/л.

**8.** Реакция протекает по уравнению  $A + B = 2C$ . Константа равновесия равна 4. Определите равновесные концентрации веществ, если исходные концентрации равны (моль/л):  $C_A = 5$ ;  $C_B = 4$ .

**9.** Как изменится скорость реакции  $2NO + O_2 \leftrightarrow 2NO_2$ , если увеличить концентрацию NO в 2 раза; одновременно увеличить в 3 раза концентрации NO и  $O_2$ ?

**10.** Во сколько раз увеличится скорость реакции, если увеличить температуру на  $30^\circ C$ , а температурный коэффициент скорости равен 2?

**11.** Во сколько раз реакция горения в чистом кислороде протекает быстрее, чем в воздухе?

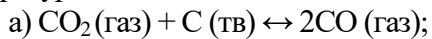
**12.** Во сколько раз возрастает скорость реакции при повышении температуры от  $10$  до  $100^\circ C$ , если температурный коэффициент равен 2?

**13.** Как изменится скорость реакции между сернистым ангидридом и кислородом  $2SO_2 + O_2 \leftrightarrow 2SO_3$ , если уменьшить объем газовой смеси в 3 раза?

**14.** Температурный коэффициент равен 2. Как и во сколько

раз изменится скорость данной реакции при охлаждении системы от 100 до 60 °С?

**15.** Куда сместится равновесие реакции при повышении температуры и давления:



## Раздел 3. ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ

---

### ТЕМА 7. Способы выражения состава растворов. Коллигативные свойства растворов

#### Вопросы для самостоятельной работы

1. Растворы, их место среди других многокомпонентных систем.
2. Физическая и химическая теории растворов.
3. Коллигативные свойства растворов. Закон Рауля. Эбулиоскопическая и криоскопическая константы.
4. Осмотическое давление. Роль осмотического давления в биологических системах.
5. Роль водных растворов в биологических системах.
6. Способы выражения процентной, моляльной и молярной концентрации эквивалента растворов (нормальной). Титр раствора.

#### Лабораторная работа № 2

#### *Приготовление раствора поваренной соли (NaCl) заданной концентрации*

*Цель:* приготовить раствор заданной концентрации из имеющегося раствора с известной концентрацией и плотностью.

*Ход работы:*

1. Получите у преподавателя задание – приготовить из 24%-го раствора поваренной соли определенное количество (250 мл) раствора с заданной меньшей концентрацией.
2. Произведите необходимые расчеты, используя предложенный пример решения задачи и таблицу (прил. 3).
3. Полученный объем раствора NaCl (24%-го) замерьте маленьким цилиндром и перенесите в большой цилиндр, доведите объем водой до 250 мл. Раствор хорошо перемешайте.
4. Замерьте плотность полученного раствора ареометром и рассчитайте соответствующее значение массовой доли методом

экстраполяции:

$$\omega_{\text{э}} = \omega_1 + \frac{(\omega_2 - \omega_1)(\rho - \rho_1)}{\rho_2 - \rho_1}.$$

5. Рассчитайте относительную погрешность эксперимента по формуле

$$\Pi = \frac{\omega_{\text{T}} - \omega_{\text{э}}}{\omega_{\text{T}}} \cdot 100\%.$$

*Пример.* Сколько мл 24%-го раствора NaCl ( $\rho = 1,184$  г/мл) нужно взять, чтобы приготовить 250 мл 8%-го раствора ( $\rho = 1,059$  г/мл)?

*Решение.* 1. Находим массу NaCl, которая будет содержаться в 250 мл 8 %-го раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = V \cdot \rho = 250 \text{ мл} \cdot 1,059 \text{ г/мл} = 264,75 \text{ г}.$$

8 г NaCl содержится в 100 г р-ра,

$x$  г NaCl – 264,75 г р-ра:

$$x = \frac{8 \cdot 264,75}{100} = 21,18 \text{ г (NaCl)}.$$

2. Рассчитаем сколько граммов 24%-го р-ра NaCl потребуется для приготовления 250 мл 8%-го р-ра.

24 г NaCl содержится в 100 г р-ра,

21,18 г NaCl –  $y$  г р-ра:

$$x = \frac{21,18 \cdot 100}{24} = 88,25 \text{ г (р-ра)}.$$

3. Найдем объем 24%-го р-ра NaCl делением массы раствора на плотность:

$$V_{\text{р}} = \frac{m_{\text{р}}}{\rho_{\text{р}}} = \frac{88,25}{1,184} = 74,54 \text{ (мл)}.$$

*Вывод:* (последовательно укажите процентную концентрацию приготовленного раствора, его практическую плотность и ошибку приготовления).

## Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Для полученного в ходе работы раствора определите молярную, эквивалентную концентрации и титр.

2. Рассчитайте, при какой температуре будет замерзать этот раствор, если  $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,86$  град·кг/моль. Сколько растворителя необходимо добавить, чтобы повысить температуру замерзания на 0,2 градуса?

### **Задания для самостоятельной работы**

1. Что означает: а) децимолярный раствор; б) санинормальный раствор?

2. Сколько воды нужно для приготовления 20%-го раствора, если имеется 200 г сухой соли?

3. Сколько граммов  $\text{CuSO}_4$  содержится в 500 мл 4 М раствора?

4. Раствор КОН с концентрацией 15% имеет плотность 1,12 г/мл. Сколько граммов щелочи содержится в 200 мл этого раствора?

5. Определите молярность, молярную концентрацию эквивалента и титр раствора, 2 л которого содержат 9,8 г  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

6. Сколько граммов  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нужно для приготовления 300 мл 1,5 М раствора?

7. Сколько граммов 20%-го раствора  $\text{HCl}$  нужно для приготовления 3 л 3 н раствора кислоты?

8. Плотность раствора соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) с концентрацией 2 М – 1,14 г/мл. Определите процентную концентрацию этого раствора.

9. В 0,5 л раствора содержится 0,053 кг  $\text{KCl}$ , плотность раствора  $\rho = 1,063$  г/мл. Определите процентную концентрацию раствора хлорида калия.

10. Сколько граммов медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  нужно взять для приготовления 1 кг 8%-го раствора, считая на безводную соль?

11. Раствор, содержащий 1,22 г бензойной кислоты  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  в 100 г сероуглерода, кипит при 46,8 °С. Температура

кипения сероуглерода  $-46,53\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вычислите эбулиоскопическую константу сероуглерода.

**12.** Раствор, содержащий 11,04 г глицерина и 800 г воды, кристаллизуется при температуре  $-0,28^{\circ}\text{C}$ . Вычислите молярную массу глицерина, если для воды значение криоскопической константы равно 1,86.

**13.** Сколько граммов  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  растворено в 1600 г воды, если раствор закипает при температуре  $100,04\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $K_s = 0,52\text{ }^{\circ}\text{C}$ )?

**14.** Вычислите температуру кристаллизации 5%-го водного раствора этиленгликоля  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  ( $K_k = 1,86\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**15.** Температура кипения раствора, содержащего 3,05 г бензойной кислоты  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  в 125 г хлороформа, равна  $61,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура кипения хлороформа –  $61,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вычислите эбулиоскопическую константу хлороформа. (прил.4).

**16.** Вычислите массовую долю  $W(B)$ , % в растворе, полученном растворением  $n(B)$ , моль вещества в  $V_{\text{воды}}$ ,  $\text{дм}^3$ :

№ п/п	$n(B)$ , моль	Вещество	$V(\text{H}_2\text{O})$ , $\text{дм}^3$
1	0,4	Хлорид аммония	0,1
2	0,6	Сульфат калия	0,1
3	1,3	Карбонат натрия	0,5
4	0,5	Хлорид калия	0,2
5	1,25	Нитрат меди (II)	1,2
6	1,4	Хлорид натрия	1,0
7	1,1	Сульфат меди (II)	0,4
8	2,0	Хлорид магния	0,9
9	4,2	Серная кислота	0,8
10	1,6	Уксусная кислота	0,75
11	1,65	Сульфат калия	0,6
12	1,75	Бромид натрия	0,95
13	2,1	Нитрат кальция	1,1
14	0,25	Йодид калия	0,25
15	3,2	Сульфат меди (II)	1,5
16	1,5	Хлорид олова (II)	0,5

17	2,1	Хлорид цинка	0,85
18	2,25	Хлороводородная кислота	0,45
19	3,25	Нитрит натрия	1,25
20	1,9	Гидрокарбонат натрия	1,6
21	4,2	Серная кислота	2,0
22	1,8	Хлорид алюминия	1,9
23	3,1	Хромат калия	1,85
24	3,5	Карбонат аммония	2,2

**17.** Рассчитайте, какой объем воды необходимо прибавить к раствору объемом  $V$ ,  $\text{см}^3$  с массовой долей  $\omega$  (В), % и плотностью  $\rho$ ,  $\text{г}/\text{см}^3$ , чтобы получить раствор с массовой долей растворенного вещества  $\omega_1$  (В) %:

№ п/п	$V$ , $\text{см}^3$	$\omega$ (В), %	$\rho$ , $\text{г}/\text{см}^3$	Вещество	$\omega_1$ (В), %
1	50	8	1,072	Сульфат натрия	3
2	150	23	1,229	Фосфорная кислота	5
3	250	4	1,033	Сульфат железа	3
4	100	20	1,194	Нитрат серебра	17
5	400	50	1,525	Гидроксид натрия	26
6	300	8	1,072	Хлорид аммония	6
7	150	12	1,045	Гидроксид калия	9
8	300	20	1,226	Сульфат алюминия	12
9	400	50	1,668	Нитрат серебра	35
10	200	40	1,374	Бромид калия	6
11	250	50	1,540	Карбонат калия	34
12	500	12	1,045	Гидроксид натрия	8
13	400	4	1,526	Дихромат калия	1
14	300	8	1,071	Хлорид цинка	5
15	250	4	1,047	Сульфат кадмия	1
16	300	8	1,084	Сульфат меди (II)	7
17	200	50	1,545	Йодид калия	4

18	350	4	1,034	Хлорид бария	3
19	300	27	1,165	Азотная кислота	10
20	200	35	1,220	Фосфорная кислота	15
21	300	50	1,525	Гидроксид натрия	23
22	250	8	1,010	Уксусная кислота	6
23	300	8	1,071	Хлорид аммония	5
24	200	8	1,072	Сульфат натрия	3

**18.** Рассчитайте, какое количество вещества  $n(B)$ , моль необходимо добавить к раствору объемом  $V$ ,  $\text{дм}^3$  с массовой долей  $\omega_1(B)$ , % и плотностью  $\rho$ ,  $\text{г/см}^3$ , чтобы получить раствор с массовой долей  $\omega_2(B)$ , %. Какова моляльность полученного раствора?

№ п/п	$V$ , $\text{дм}^3$	$\omega_1$ , % (B)	$\rho$ , $\text{г/см}^3$	$\omega_2$ , % (B)	Вещество
1	0,075	8	1,072	15	Сульфат натрия
2	0,4	35,5	1,229	41	Фосфорная кислота
3	0,25	4	1,033	14	Сульфат железа (II)
4	0,1	20	1,194	25	Нитрат серебра
5	0,4	50	1,525	60	Гидроксид натрия
6	0,3	8	1,071	15	Хлорид аммония
7	0,3	12	1,045	20	Гидроксид калия
8	0,3	20	1,226	40	Сульфат алюминия
9	0,4	50	1,668	60	Нитрат серебра
10	0,2	40	1,374	60	Бромид калия
11	0,5	50	1,540	70	Карбонат калия
12	0,55	12	1,045	30	Гидроксид натрия
13	0,2	4	1,526	12	Дихромат калия
14	0,35	8	1,071	20	Хлорид цинка
15	0,25	4	1,547	10	Сульфат кадмия
16	0,3	8	1,084	14	Сульфат меди (II)
17	0,2	50	1,545	60	Йодид калия
18	0,35	4	1,034	15	Хлорид бария
19	0,4	27	1,165	40	Азотная кислота

20	0,4	35	1,220	45	Фосфорная кислота
21	0,3	50	1,525	65	Гидроксид натрия
22	0,25	8	1,010	30	Уксусная кислота
23	0,3	8	1,071	15	Хлорид аммония
24	0,2	8	1,072	20	Сульфат натрия

**19.** Вычислите  $m$  (В) и объем воды, необходимые для приготовления  $V$ ,  $\text{дм}^3$  раствора заданной  $C_M$  (В) или  $C_{\text{ЭКВ}}$  (В), если плотность раствора  $\rho$ ,  $\text{г/см}^3$ . Определите  $\omega$  (В), %,  $C_M$  (В) полученного раствора.

№ п/п	Концентрация, моль/ $\text{дм}^3$	$V$ , $\text{дм}^3$	$\rho$ , $\text{г/см}^3$	Вещество
1	$C_M$ (В) = 2,5	0,75	1,1	Гидроксид натрия
2	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 1,4	1,2	1,043	Сульфат калия
3	$C_M$ (В) = 0,5	2,4	1,012	Нитрит натрия
4	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 1,15	0,5	1,016	Хлорид хрома (III)
5	$C_M$ (В) = 0,45	0,24	1,032	Карбонат калия
6	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 4,6	1,3	1,14	Серная кислота
7	$C_M$ (В) = 1,25	0,6	1,019	Хлорид олова (II)
8	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 2,3	1,25	1,013	Нитрат алюминия
9	$C_M$ (В) = 2,3	2,7	1,109	Сульфит калия
10	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 1,05	3,0	1,017	Фосфорная кислота
11	$C_M$ (В) = 2,1	1,4	1,164	Нитрат свинца (II)
12	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 2,0	0,6	1,105	Сульфат алюминия
13	$C_M$ (В) = 1,1	1,5	1,009	Карбонат аммония
14	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 2,15	3,4	1,094	Сульфат цинка
15	$C_M$ (В) = 2,15	0,95	1,113	Нитрат калия
16	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 3,0	1,6	1,087	Сульфид калия
17	$C_M$ (В) = 4,2	2,1	1,196	Хлорид алюминия
18	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 4,0	0,25	1,206	Нитрат цинка
19	$C_M$ (В) = 2,8	1,15	1,092	Азотная кислота
20	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 1,75	2,0	1,115	Хлорид бария
21	$C_M$ (В) = 1,75	1,7	1,143	Нитрат кальция
22	$C_{\text{ЭКВ}}$ (В) = 1,9	2,2	1,095	Карбонат натрия

23	$C_M (B) = 2,4$	3,1	1,175	Сульфат натрия
24	$C_{\text{ЭКВ}} (B) = 6,0$	1,175	1,245	Ацетат натрия

**20.** Вычислите массовую долю  $\omega (B)$ , %, молярную концентрацию  $C_M (B)$ , молярную концентрацию эквивалентов  $C_{\text{ЭКВ}} (B)$ , моляльность  $C_m (B)$  раствора, полученного растворением  $m$ , г вещества в  $V_{\text{воды}}$ ,  $\text{дм}^3$ , плотность раствора  $\rho$ ,  $\text{г/см}^3$ .

№ п/п	$m$ , г	Вещество	$V (H_2O)$ , $\text{дм}^3$	$\rho$ , $\text{г/см}^3$
1	8	Хлорид калия	0,092	1,050
2	6	Карбонат калия	0,094	1,053
3	4	Хлорид натрия	0,096	1,027
4	12	Нитрат аммония	0,088	1,048
5	2	Сульфат натрия	0,098	1,016
6	14	Хлорид калия	0,086	1,091
7	18	Хлорид натрия	0,082	1,132
8	24	Карбонат калия	0,076	1,232
9	16	Сульфат натрия	0,084	1,151
10	20	Нитрат аммония	0,080	1,083
11	7	Серная кислота	0,093	1,045
12	9	Хлороводородная кислота	0,091	1,043
13	35	Азотная кислота	0,065	1,214
14	40	Фосфорная кислота	0,060	1,254
15	30	Аммиак	0,070	0,892
16	45	Гидроксид калия	0,055	1,452
17	3	Гидроксид натрия	0,097	1,032
18	5	Уксусная кислота	0,095	1,006
19	10	Серная кислота	0,090	1,066
20	22	Аммиак	0,078	0,916
21	26	Азотная кислота	0,074	1,153
22	7	Уксусная кислота	0,930	1,008
23	28	Гидроксид натрия	0,072	1,306
24	50	Нитрат аммония	0,050	1,226

**21.** Рассчитайте объем  $V_1$  раствора с массовой долей  $\omega_1$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), % и плотностью  $\rho_1$ , г/см<sup>3</sup>, необходимый для приготовления объема  $V_2$ , см<sup>3</sup> раствора этой кислоты с массовой долей  $\omega_2$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), % и плотностью  $\rho_2$ , г/см<sup>3</sup>.

№ п/п	$\omega_1$ (В), %	$\rho_1$ , г/см <sup>3</sup>	$V_2$ , см <sup>3</sup>	$\omega_2$ (В), %	$\rho_2$ , г/см <sup>3</sup>
1	38	1,290	150	12	1,083
2	40	1,307	100	16	1,112
3	42	1,324	120	24	1,174
4	48	1,380	200	22	1,158
5	46	1,361	150	26	1,190
6	44	1,342	140	20	1,143
7	36	1,273	100	16	1,112
8	34	1,255	160	14	1,098
9	32	1,238	120	18	1,127
10	30	1,224	140	10	1,069
11	50	1,399	100	20	1,143
12	28	1,205	200	10	1,069
13	26	1,190	120	12	1,083
14	24	1,174	100	8	1,055
15	22	1,158	150	6	1,040
16	20	1,143	140	12	1,083
17	18	1,127	200	10	1,069
18	16	1,112	180	4	1,027
19	52	1,419	160	38	1,290
20	60	1,503	100	40	1,307
21	58	1,482	120	24	1,174
22	64	1,547	140	34	1,255
23	70	1,617	150	48	1,380
24	54	1,439	200	30	1,224

22. Определите объем газа (н.у.), выделившегося при взаимодействии металла с  $V$ ,  $\text{дм}^3$  раствора кислоты заданной концентрации:

№ п/п	Металл	$V$ , $\text{дм}^3$	Концентрация кислоты
1	Al	4,0	$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 88\%$ , $\rho = 1,8 \text{ г/см}^3$
2	Cu	0,5	$\omega(\text{HNO}_3) = 36\%$ , $\rho = 1,225 \text{ г/см}^3$
3	Mg	1,5	$C_{\text{эКВ}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 \text{ моль/дм}^3$
4	Zn	1,8	$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 71\%$ , $\rho = 1,43 \text{ г/см}^3$
5	Zn	3,0	$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 8\%$ , $\rho = 1,052 \text{ г/см}^3$
6	Ca	2,5	$C_{\text{М}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$
7	Mg	6,5	$C_{\text{М}}(\text{HCl}) = 2 \text{ моль/дм}^3$
8	Fe	5,2	$C_{\text{М}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ моль/дм}^3$
9	Fe	2,0	$C_{\text{М}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,5 \text{ моль/дм}^3$
10	K	3,5	$C_{\text{М}}(\text{HCl}) = 4,5 \text{ моль/дм}^3$
11	Na	0,8	$C_{\text{М}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,5 \text{ моль/дм}^3$
12	Ca	3,3	$\omega(\text{HNO}_3) = 5\%$ , $\rho = 1,025 \text{ г/см}^3$
13	Al	1,5	$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 35\%$ , $\rho = 1,22 \text{ г/см}^3$
14	Fe	2,5	$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 49\%$ , $\rho = 1,33 \text{ г/см}^3$
15	Cu	2,0	$\omega(\text{HNO}_3) = 21\%$ , $\rho = 1,13 \text{ г/см}^3$
16	Al	2,5	$C_{\text{М}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,5 \text{ моль/дм}^3$
17	Ca	1,5	$C_{\text{эКВ}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,5 \text{ моль/дм}^3$
18	Sr	1,5	$C_{\text{М}}(\text{HCl}) = 3 \text{ моль/дм}^3$
19	Ba	2,5	$C_{\text{эКВ}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4 \text{ моль/дм}^3$
20	Pb	1,5	$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 8\%$ , $\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$
21	Cr	1,5	$C_{\text{М}}(\text{HCl}) = 3 \text{ моль/дм}^3$
22	Ni	2,5	$C_{\text{М}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4 \text{ моль/дм}^3$
23	Cu	0,5	$\omega(\text{HNO}_3) = 27\%$ , $\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$
24	Cd	6,5	$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 88\%$ , $\rho = 1,80 \text{ г/см}^3$

23. Вычислите осмотическое давление раствора, содержащего  $m$ , г вещества в  $V$ ,  $\text{дм}^3$  раствора при заданной температуре  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ :

№ п/п	m, г	Вещество	V, дм <sup>3</sup>	t, °C
1	90,5	Глюкоза	4,0	27
2	16,0	Сахароза	0,5	20
3	12,4	Глицерин	1,5	15
4	18,0	Глицерин	2,0	0
5	18,0	Анилин	3,0	12
6	27,0	Сахароза	2,5	27
7	30,0	Глюкоза	6,5	13
8	35,0	Анилин	5,2	8
9	140,0	Глюкоза	2,0	17
10	78,0	Глицерин	3,5	14
11	15,0	Анилин	0,7	24
12	120,0	Глюкоза	3,5	10
13	275,0	Сахароза	1,5	30
14	45,0	Глюкоза	2,5	17
15	20,0	Сахароза	2,0	13
16	25,0	Глицерин	2,5	27
17	10,0	Анилин	1,5	17
18	30,0	Глюкоза	1,5	37
19	39,0	Глицерин	2,5	27
20	80,0	Этиловый спирт	0,5	20
21	40,0	Анилин	6,5	27
22	70,0	Глюкоза	2,5	27
23	30,0	Анилин	1,5	27
24	70,0	Мочевина	2,5	17

\* Глюкоза  $C_6H_{12}O_6$   
Сахароза  $C_{12}H_{22}O_{11}$   
Глицерин  $C_3H_5(OH)_3$   
Анилин  $C_6H_5NH_2$   
Этиловый спирт  $C_2H_5OH$   
Мочевина  $(NH_2)_2CO$

24. Вычислите молярную массу неэлектролита,  $m$ , г которого содержится в  $V$ ,  $\text{дм}^3$  раствора, имеющего осмотическое давление  $\pi$  при температуре  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ :

№ п/п	$m$ , г	$V$ , $\text{дм}^3$	$\pi$ , кПа	$t$ , $^{\circ}\text{C}$
1	5,96	1,0	242	20
2	58,96	3,0	284	40
3	18,40	1,0	454	0
4	45,04	2,0	312	27
5	53,52	1,0	350	0
6	23,04	1,0	950	20
7	2,02	0,5	51	0
8	1,29	0,5	109	33
9	3,39	0,2	214	0
10	2,32	0,1	618	25
11	91,70	1,0	1270	27
12	74,00	1,0	530	22
13	34,40	1,0	245	20
14	12,65	1,0	171	20
15	30,60	1,0	810	20
16	66,83	2,0	452	20
17	84,78	1,5	412	27
18	11,44	0,5	620	27
19	31,80	1,5	287	20
20	7,61	0,5	206	25
21	7,30	1,5	240	0
22	11,64	2,0	220	0
23	21,41	1,0	570	25
24	32,06	1,0	234	27

25. Определите давление водяного пара над раствором, содержащим  $m$ , г вещества в  $X$ , г воды при температуре  $65^{\circ}\text{C}$  (давление насыщенного водяного пара при этой температуре равно  $25003 \text{ Па}$ ):

№ п/п	m, г	Растворенное вещество	X, г	№ п/п	m, г	Растворенное вещество	X, г
1	32,4	Сахароза	90	13	4	Мочевина	96
2	20,0	Сахароза	160	14	10	Сахароза	180
3	16	Анилин	180	15	15	Мочевина	75
4	30	Мочевина	150	16	25	Глюкоза	150
5	27	Глюкоза	220	17	12	Глицерин	120
6	23	Глицерин	108	18	18	Анилин	180
7	17	Мочевина	90	19	22	Глюкоза	200
8	12	Глюкоза	120	20	25	Мочевина	200
9	46	Глицерин	900	21	30	Сахароза	150
10	27	Мочевина	120	22	40	Мочевина	250
11	9	Глицерин	100	23	35	Глюкоза	150
12	17	Сахароза	200	24	25	Сахароза	120

\* Формулы соединений даны в задании 23.

**26.** Вычислите молярную массу растворенного вещества, если раствор, содержащий m, г этого вещества в X, г воды, кипит при температуре t, °C:

№ п/п	m, г	t, °C	X, г	№ п/п	m, г	t, °C	X, г
1	2,7	100,08	100	13	13,2	100,41	280
2	15,0	100,51	85	14	7,2	100,25	250
3	7,5	100,26	250	15	7,9	100,60	150
4	9,0	100,26	100	16	5,2	100,15	100
5	25,0	100,51	75	17	4,1	100,06	125
6	4,6	100,13	100	18	13,4	100,34	95
7	14,6	100,21	200	19	4,9	100,81	80
8	36,0	100,65	160	20	8,3	100,45	160
9	5,0	100,15	95	21	12,5	100,83	130
10	23,5	100,34	200	22	10,8	100,75	125
11	20,1	100,58	100	23	8,4	100,55	85
12	43,3	101,32	95	24	3,5	100,26	75

27. Вычислите молярную массу неэлектролита, если раствор, содержащий  $m$ , г этого вещества в  $X$ , г воды, замерзает при температуре  $t$ , °C:

№ п/п	$m$ , г	$t$ , °C	$X$ , г	№ п/п	$m$ , г	$t$ , °C	$X$ , г
1	25,7	-0,466	300	13	14,6	-7,07	83,5
2	2,3	-0,28	250	14	2,3	-0,372	125
3	1,1	-0,74	30	15	0,4	-0,124	100
4	20,0	-0,27	400	16	2,4	-0,248	100
5	506,8	-27,65	100	17	7,3	-2,263	100
6	11,4	-7,60	30	18	19,6	-2,025	100
7	5,0	-3,875	40	19	0,2	-0,081	100
8	99,0	-2,69	200	20	0,9	-0,182	100
9	16,2	-1,05	84	21	9,1	-1,84	100
10	5,2	-0,36	150	22	48,2	-9,74	100
11	2,1	-0,85	50	23	3,6	-0,196	100
12	1,7	-1,16	45	24	57,5	-3,127	100

## ТЕМА 8. Реакции в растворах электролитов. Гидролиз солей

### Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие вещества называются электролитами, неэлектролитами? Приведите примеры.
2. Основы теории электролитической диссоциации.
3. Константа диссоциации, степень диссоциации.
4. Сильные и слабые электролиты (прил. 5, 6).
5. Кислоты, основания, соли в свете теории электролитической диссоциации.
6. Какие гидроксиды называются амфотерными? Диссоциация амфолита в кислой и щелочной средах.
7. Ионные уравнения.
8. Условия образования и растворения осадков. Произведе-

ние растворимости.

9. Ионное произведение воды. Водородный показатель.

10. Гидролиз солей. Степень и константа гидролиза.

### **Лабораторная работа № 3** **Реакции в растворах электролитов**

*Цель:* изучить процессы, происходящие в растворах электролитов.

*Опыт 1.* Окраска индикаторов под действием растворов кислот и щелочей.

Все кислоты в водных растворах диссоциируют на ионы водорода и кислотные остатки. Все гидроксиды в водных растворах диссоциируют на ионы гидроксидов и металла. Водородные и гидроксильные ионы обнаруживаются индикаторами.

В 4 пробирки налейте по 2 мл дистиллированной воды. В 1-ю внесите 3 капли раствора лакмуса, во 2-ю – 3 капли фенолфталеина, в 3-ю – 3 капли метилоранжа, последнюю пробирку анализируйте индикаторной бумагой.

Наблюдайте окраску индикаторов в воде. Запишите наблюдения в табл. 1.

В 4 пробирки налейте по 2 мл хлороводородной кислоты. В 1-ю пробирку внесите 3 капли раствора лакмуса, во 2-ю – 3 капли фенолфталеина, а в 3-ю – три капли метилоранжа, последнюю пробирку анализируйте индикаторной бумагой.

Наблюдайте окраску индикаторов в воде. Запишите наблюдения в табл. 1.

В 4 пробирки налейте по 2 мл щелочи, в 1-ую внесите 3 капли лакмуса, во 2-ую – 3 капли фенолфталеина, в 3-ю – 3 капли метилоранжа, последнюю пробирку анализируйте индикаторной бумагой.

Наблюдайте окраску индикаторов в воде. Запишите наблюдения в табл. 1.

*Таблица 1*

**Окраска индикаторов в зависимости от среды**

Индикатор	Цвет индикатора		
	В дистиллированной воде	В кислоте	В щелочи
Лакмус			
Фенолфталеин			
Метилоранж			
Универсальная индикаторная бумага			

*Опыт 2.* Зависимость степени диссоциации от природы электролита.

Об относительной силе электролита можно судить по электропроводности его растворов или по химической активности в реакциях.

В 1-ю пробирку налейте 2 мл 0,1 н раствора уксусной кислоты, во 2-ю – 2 мл 0,1 н раствора соляной кислоты. В каждую пробирку опустите по одинаковому кусочку цинка. Обе пробирки поместите в стакан с горячей водой.

Наблюдайте выделение водорода. С какой кислотой реакция идет более энергично? Объясните это явление. Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах.

*Опыт 3.* Ионные реакции.

В 4 пробирки налейте по 1 мл растворов сульфатов натрия, магния, цинка, алюминия. Прибавьте в каждую пробирку по 1 мл раствора хлорида бария.

Наблюдайте образование осадков. Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах. Напишите общую ионную реакцию обнаружения сульфат-иона.

*Опыт 4.* Смещение химического равновесия в растворах электролитов.

1. Налейте в 2 пробирки по 2 мл раствора уксусной кислоты и по 3 капли метилоранжа. Добавьте в одну пробирку немного

кристаллического  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Хорошо перемешайте. Сравните цвет растворов в пробирках.

Почему изменился цвет раствора? Объясните, исходя из закона действия масс. Что надо ввести в раствор кислоты для смещения равновесия в сторону образования малодиссоциированных молекул?

2. В 2 пробирки налейте по 2 мл раствора гидроксида аммония и по 3 капли фенолфталеина. Добавьте в одну пробирку немного кристаллического хлорида аммония. Хорошо перемешайте содержимое пробирок. Сравните цвет растворов в пробирках.

Объясните наблюдаемое изменение окраски. Что надо ввести в раствор основания для смещения равновесия в сторону образования малодиссоциированных молекул? Какие вещества относятся к слабым электролитам?

*Опыт 5.* Определение характера гидролиза (влияние природы соли на реакцию среды).

Возьмите 4 пробирки. В 1-ю налейте 1 мл дистиллированной воды, во 2-ю – 1 мл раствора карбоната натрия, в 3-ю – 1 мл хлорида натрия, в 4-ю пробирку – раствор сульфата алюминия. Используя универсальную индикаторную бумагу, определите pH представленных веществ.

Какие из этих солей подвергаются гидролизу? Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах.

*Опыт 6.* Влияние температуры на степень гидролиза.

1. В пробирку налейте 2 мл раствора ацетата натрия и добавьте 2 капли фенолфталеина. Пробирку нагрейте до кипения и наблюдайте усиление окраски раствора.

Напишите уравнение реакции гидролиза ацетата натрия в молекулярной и ионной формах. Объясните, почему окраска при нагревании усиливается, а при охлаждении – исчезает.

2. Смешайте в пробирке 1 мл раствора хлорного железа и 2 мл раствора ацетата натрия, прибавьте 3 мл дистиллированной воды. Нагрейте жидкость до кипения и несколько минут кипятите. Наблюдайте выпадение бурого осадка основных солей железа.

Напишите уравнения реакций между хлоридом железа (III) и карбонатом натрия с учетом гидролиза продукта реакции. Объясните, почему при нагревании выпадает осадок.

*Опыт 7.* Необратимый гидролиз (гидролиз соли слабого основания и слабой кислоты).

Налейте в пробирку 1 мл раствора сульфата алюминия и 1 мл раствора карбоната натрия. Наблюдайте выделение пузырьков углекислого газа и образование осадка.

Напишите в молекулярной и ионно-молекулярной формах уравнения реакций: а) образования карбоната алюминия; б) гидролиза карбоната алюминия. Почему гидролиз карбоната алюминия практически идет до конца?

### Задания для самостоятельной работы

1. Напишите уравнение электролитической диссоциации следующих электролитов. Сильные электролиты подчеркните. Напишите выражение общих констант диссоциации для слабых электролитов.

- |  |   |                                 |                                 |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. NaOH  | NH <sub>4</sub> OH                              | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | HF                              |
| 2. CH <sub>3</sub> COOH                            | HNO <sub>3</sub>                                | KOH                             | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>  |
| 3. Ca(OH) <sub>2</sub>                             | HNO <sub>2</sub>                                | NaHSeO <sub>4</sub>             | HF                              |
| 4. Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                | HBr   | RbOH                            | HCN                             |
| 5. HNO <sub>3</sub>                                | Sr(OH) <sub>2</sub>                             | H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub> | NH <sub>4</sub> OH              |
| 6. Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | HI  | H <sub>2</sub> Te               | CH <sub>3</sub> COOH            |
| 7. H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>   | HClO  | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | HNO <sub>2</sub>                |
| 8. NaHSO <sub>4</sub>                              | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | CsOH                            |
| 9. NaHCO <sub>3</sub>                              | H <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>                 | H <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> | NH <sub>4</sub> OH              |
| 10. NaBr   | LiOH  | H <sub>2</sub> S                | HBrO                            |
| 11. H <sub>2</sub> Se                              | HClO <sub>4</sub>                               | KHS                             | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  |
| 12. H <sub>2</sub> Te                              | KMnO <sub>4</sub>                               | HNO <sub>3</sub>                | Ba(OH) <sub>2</sub>             |
| 13. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                 | Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | HF                              | H <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> |
| 14. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                | H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>   | HCN                             | NH <sub>4</sub> OH              |
| 15. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                | H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>   | H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>  | H <sub>2</sub> Te               |
| 16. HIO <sub>3</sub>                               | HClO  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | Ba(OH) <sub>2</sub>             |

17.	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{HClO}_4$	$\text{H}_2\text{SeO}_3$	$\text{HF}$
18.	$\text{NH}_4\text{OH}$	$\text{CsOH}$	$\text{H}_2\text{SeO}_4$	$\text{HCN}$
19.	$\text{HNO}_2$	$\text{HNO}_3$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{H}_2\text{CO}_3$
20.	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$\text{LiOH}$	$\text{NH}_4\text{OH}$
21.	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{HMnO}_4$	$\text{H}_2\text{Te}$	$\text{H}_2\text{TeO}_4$
22.	$\text{HClO}_4$	$\text{KOH}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
23.	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
24.	$\text{H}_2\text{Se}$	$\text{HF}$	$\text{NH}_4\text{OH}$	$\text{K}_3\text{PO}_4$

2. Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакций, протекающих при сливании водных растворов следующих соединений.

1. Фосфат натрия и хлорид лития
2. Гидроксид калия и серная кислотой
3. Хлорид железа (III) и гидроксид натрия
4. Йодид калия и нитрат серебра
5. Сульфат меди(II) и гидроксид калия
6. Серной кислота и хлорид бария
7. Карбонат натрия и хлороводородная кислота
8. Хлорид аммония и гидроксид лития
9. Сульфат калия и нитрат серебра
10. Серная кислота и гидроксид натрия
11. Хлорид цинка и нитрат свинца (II)
12. Ацетат свинца (II) и серная кислота
13. Сульфид натрия и хлороводородная кислота
14. Карбонат натрия и нитрат кальция
15. Метасиликат натрия и хлороводородная кислота
16. Ацетат натрия и серная кислота
17. Сульфит калия и серная кислота
18. Нитрат алюминия и гидроксид натрия
19. Гидроксид калия и хлороводородная кислота
20. Хлорид хрома (III) и гидроксид натрия
21. Нитрат свинца (II) и хлорид натрия
22. Нитратом лития и фосфат калия
23. Бромидом калия и нитрат серебра

## 24. Сульфит натрия и хлороводородная кислота

3. Назовите вещества. Напишите уравнения диссоциации. Для амфотерных гидроксидов докажите амфотерность.

1. NaOH	Be(OH) <sub>2</sub>	Cr(OH)
2. Fe(OH) <sub>2</sub>	KOH	Al(OH)
3. Sn(OH) <sub>2</sub>	Sr(OH) <sub>2</sub>	KOH
4. Ca(OH) <sub>2</sub>	Pb(OH) <sub>4</sub>	Mg(O
5. Cr(OH) <sub>3</sub>	KOH	Ba(OH)
6. Fe(OH) <sub>2</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub>	CsOH
7. Sn(OH) <sub>4</sub>	NaOH	Mg(O
8. Cu(OH) <sub>2</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub>	NaOH
9. KOH	Pb(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH)
10. Al(OH) <sub>3</sub>	KOH	Ba(OH)
11. Fe(OH) <sub>2</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	LiOH
12. NaOH	Al(OH) <sub>3</sub>	Ba(OH)
13. Ca(OH) <sub>2</sub>	Sn(OH) <sub>2</sub>	KOH
14. Zn(OH) <sub>2</sub>	NaOH	Sr(OH)
15. Ba(OH) <sub>2</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	NaOH
16. KOH	Sn(OH) <sub>4</sub>	Ca(OH)
17. Pb(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	KOH
18. Zn(OH) <sub>2</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>	NaOH
19. Cr(OH) <sub>3</sub>	Sr(OH) <sub>2</sub>	LiOH
20. KOH	Pb(OH) <sub>4</sub>	Ca(OH)
21. Mn(OH) <sub>4</sub>	Sr(OH) <sub>2</sub>	LiOH
22. Al(OH) <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Cu(OH)
23. Be(OH) <sub>2</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH)
24. Sr(OH) <sub>2</sub>	Mn(OH) <sub>4</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>

4. Вычислите pH раствора заданной C (B) или C<sub>экв</sub> (B). Коэффициенты активности H<sup>+</sup> и OH<sup>-</sup> принять равными единице.

№ п/п	Концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	Растворимое вещество
----------	------------------------------------	----------------------

№ п/п	Концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	Растворимое вещество
1	C (B) = 0,005	Гидроксид бария
2	Cэкв (B) = 0,004	Гидроксид калия
3	C (B) = 0,006	Азотная кислота
4	Cэкв (B) = 0,001	Серная кислота
5	C (B) = 0,002	Хлороводородная кислота
6	C (B) = 0,005	Серная кислота
7	Cэкв (B) = 0,15	Азотная кислота
8	C (B) = 0,002	Хлорная кислота
9	C (B) = 0,005	Гидроксид цезия
10	Cэкв (B) = 0,006	Йодоводородная кислота
11	C (B) = 0,001	Гидроксид натрия
12	Cэкв (B) = 0,002	Гидроксид стронция
13	C (B) = 0,003	Азотная кислота
14	Cэкв (B) = 0,002	Серная кислота
15	C (B) = 0,025	Гидроксид бария
16	C (B) = 0,015	Азотная кислота
17	Cэкв (B) = 0,004	Гидроксид бария
18	Cэкв (B) = 0,002	Гидроксид натрия
19	Cэкв (B) = 0,006	Гидроксид стронция
20	Cэкв (B) = 0,001	Гидроксид натрия
21	C (B) = 0,025	Серная кислота
22	C (B) = 0,025	Гидроксид калия
23	Cэкв (B) = 0,003	Хлороводородная кислота
24	Cэкв (B) = 0,005	Азотная кислота

5. Вычислите pH растворов с массовой долей растворенного вещества  $\omega(B)$ , %. Плотность раствора и коэффициенты активности  $H^+$  и  $OH^-$  следует считать равными единице:

№ п/п	$\omega$ , %	Вещество	№ п/п	$\omega$ , %	Вещество
1	0,020	Хлороводородная кислота	13	0,050	Серная кислота

№ п/п	$\omega, \%$	Вещество	№ п/п	$\omega, \%$	Вещество
2	0,001	Азотная кислота	14	0,010	Гидроксид натрия
3	0,050	Гидроксид бария	15	0,001	Гидроксид стронция
4	0,025	Гидроксид кальция	16	0,006	Азотная кислота
5	0,003	Йодоводородная кислота	17	0,002	Бромоводородная кислота
6	0,250	Гидроксид бария	18	0,005	Серная кислота
7	0,040	Азотная кислота	19	0,030	Азотная кислота
8	0,007	Гидроксид калия	20	0,008	Гидроксид цезия
9	0,350	Гидроксид стронция	21	0,035	Хлорная кислота
10	0,025	Серная кислота	22	0,040	Гидроксид рубидия
11	0,010	Бромоводородная кислота	23	0,070	Хлороводородная кислота
12	0,500	Азотная кислота	24	0,020	Гидроксид кальция

6. Вычислите рН в растворе с молярной концентрацией или молярной концентрацией эквивалентов вещества при заданной  $\alpha_d$ :

№ п/п	Концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	Вещество	Степень диссоциации $\alpha_d$ , %
1	$C(B) = 0,01$	Азотистая кислота	22,6
2	$C_{\text{экр}}(B) = 0,03$	Бромноватистая кислота	0,29
3	$C(B) = 0,03$	Фтороводородная кислота	15,1
4	$C(B) = 0,04$	Уксусная кислота	2,12
5	$C(B) = 0,035$	Циановодородная кислота	0,18
6	$C_{\text{экр}}(B) = 0,05$	Хлорноватистая кислота	0,11
7	$C(B) = 0,015$	Азотистая кислота	18,4

№ п/п	Концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	Вещество	Степень диссоциации $\alpha_d$ , %
8	$C(B) = 0,06$	Йодноватистая кислота	0,19
9	$C_{\text{ЭКВ}}(B) = 0,08$	Фосфорная кислота	5,51
10	$C(B) = 0,08$	Селеноводородная кислота	4,7
11	$C(B) = 0,05$	Уксусная кислота	1,9
12	$C_{\text{ЭКВ}}(B) = 0,1$	Сероводородная кислота	0,14
13	$C(B) = 0,025$	Муравьиная кислота	8,5
14	$C(B) = 0,03$	Гидроксид аммония	2,45
15	$C(B) = 0,02$	Фтороводородная кислота	18,4
16	$C(B) = 0,01$	Хлорноватистая кислота	0,22
17	$C(B) = 0,02$	Бромноватистая кислота	0,04
18	$C_{\text{ЭКВ}}(B) = 0,02$	Сероводородная кислота	0,32
19	$C_{\text{ЭКВ}}(B) = 0,06$	Сероводородная кислота	0,18
20	$C(B) = 0,02$	Азотистая кислота	16
21	$C(B) = 0,01$	Угольная кислота	0,67
22	$C_{\text{ЭКВ}}(B) = 0,01$	Уксусная кислота	0,424
23	$C(B) = 0,02$	Сероводородная кислота	0,22
24	$C(B) = 0,01$	Гидроксид аммония	4,24

7. Определите pH в растворе с массовой долей растворенного вещества  $\omega(B)$ , %, плотность раствора  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>:

№ п/п	Вещество	$\omega(B)$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
1	Гидроксид аммония	5	0,977

2	Уксусная кислота	7	1,008
3	Фосфорная кислота	8	1,042
4	Сероводородная кислота	1,5	0,85
5	Муравьиная кислота	4	1,009
6	Фтороводородная кислота	6	1,021
7	Фосфорная кислота	14	1,076
8	Уксусная кислота	12	1,015
9	Муравьиная кислота	6	1,0142
10	Гидроксид аммония	12	0,950
11	Фтороводородная кислота	4	1,012
12	Уксусная кислота	5	1,006
13	Гидроксид аммония	7	1,969
14	Гидроксид аммония	3	0,985
15	Фосфорная кислота	6	1,031
16	Уксусная кислота	9	1,011
17	Фтороводородная кислота	8	1,028
18	Муравьиная кислота	10	1,025
19	Гидроксид аммония	8	1,965
20	Борная кислота	2	1,005
21	Циановодородная кислота	80	0,759
22	Фтороводородная кислота	10	1,036
23	Щавелевая кислота	2	1,008
24	Борная кислота	4	1,013
25	Муравьиная кислота	10	1,0247

**8.** Вычислите pH ацетатного буферного раствора, в котором С кислоты/С соли составляет:

№ п/п	С кислоты/С соли	№	С кислоты/С соли
1	2,0	13	1,0
2	0,2	14	2,0
3	0,3	15	3,0
4	0,4	16	4,0
5	3,0	17	5,0

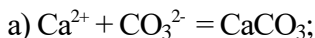
6	4,0	18	6,0
7	0,5	19	7,0
8	0,6	20	8,0
9	0,7	21	9,0
10	0,8	22	0,5
11	0,9	23	0,6
12	1,0	24	0,1

9. Укажите, какие соли подвергаются гидролизу. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза, определив pH среды растворов ( $\text{pH} > 7$ ;  $\text{pH} < 7$ ;  $\text{pH} = 7$ ).

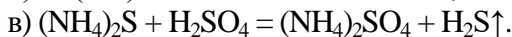
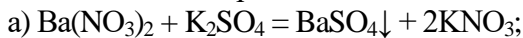
- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1. NaCN   | CuCl <sub>2</sub>                               | KNO <sub>3</sub>                                | NH <sub>4</sub> F                               |
| 2. NaNO <sub>2</sub>                                | KNO <sub>3</sub>                                | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S               | Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>               |
| 3. KClO   | Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>                  | CrCl <sub>3</sub>                               |
| 4. ZnSO <sub>4</sub>                                | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                 | KCl   | CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>              |
| 5. CuCl <sub>2</sub>                                | NaHCO <sub>3</sub>                              | NH <sub>4</sub> Cl                              | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  |
| 6. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | CuSO <sub>4</sub>                               | Na <sub>2</sub> S                               | Fe <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> |
| 7. NaF  | Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> | KNO <sub>3</sub>                                |
| 8. Be(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                | K <sub>2</sub> S                                | Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>                  | LiCl  |
| 9. LiNO <sub>3</sub>                                | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                 | CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>              |
| 10. NaF   | Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | Fe(NO   |
| 11. Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                 | LiCl  | Cu(NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>               | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               |
| 12. KClO  | KBr   | Na <sub>2</sub> Te                              | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> |
| 13. Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>               | Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                 | KNO <sub>3</sub>                                | Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>               |
| 14. KNO <sub>2</sub>                                | CuSO <sub>4</sub>                               | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | NaHS  |
| 15. NaClO   | NH <sub>4</sub> Cl                              | Be(NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>               | LiNO <sub>3</sub>                               |
| 16. NaF   | Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | LiCl  | Cr(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>               |
| 17. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Ba(NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>               | NH <sub>4</sub> F                               | Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>                |
| 18. Na <sub>2</sub> Te                              | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | Cr(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>               |
| 19. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                 | NaClO   | BeCl <sub>2</sub>                               | NaCl  |
| 20. KNO <sub>3</sub>                                | FeCl <sub>3</sub>                               | Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                 | Cr(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>               |
| 21. SnCl <sub>2</sub>                               | NaHSe   | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                 | Cr <sub>2</sub> (SO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> |
| 22. Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>                  | MnCl <sub>2</sub>                               | NaHCO <sub>3</sub>                              | NaNO <sub>3</sub>                               |
| 23. MgTe  | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                 | CrCl <sub>3</sub>                               |
| 24. Cr <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> | NaBrO   | Be(NO <sub>3</sub> )                            | KNO <sub>3</sub>                                |

**10.** В каких случаях реакции в растворах электролитов протекают до конца? Составьте молекулярные и ионные уравнения реакций, протекающих в растворах между веществами:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

**11.** Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:



**12.** Почему реакции, выраженные следующими уравнениями, протекают слева направо?



Составьте соответствующие ионные уравнения.

**13.** Какие из перечисленных ионов:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{FeOH}^+$  – преобладают при диссоциации гидрокосульфита железа (II)?

**14.** На какие ионы диссоциируют следующие соли:  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{ZnOHCl}$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ? Составьте уравнения диссоциации этих солей и запишите соответствующие константы диссоциации.

**15.** Чему равна концентрация ионов  $[\text{H}^+]$ , если  $\text{pH} = 7$ ;  $\text{pH} = 10$ ?

**16.** Чему равен  $\text{pH}$  0,001 н раствора соляной кислоты (степень диссоциации равна 100 %)?

**17.** Во сколько раз надо изменить концентрацию ионов водорода в растворе, чтобы его  $\text{pH}$  изменить на единицу?

**18.** Вычислите  $\text{pH}$  раствора, в котором  $[\text{OH}^-] = 10^{-5}$  моль/литр.

**19.** Величина  $\text{pH}$  трех различных растворов соответственно

равна 3, 7, 12. Чему равны концентрации ионов водорода и гидроксила в каждом растворе? Какой раствор кислый, щелочной, нейтральный?

**20.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы солей  $MnCl_2$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $Ni(NO_3)_2$ ? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

**21.** Какие из солей  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $K_2S$ ,  $KCl$  подвергаются гидролизу? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей.

**22.** При смешивании растворов  $Al_2(SO_4)_3$  и  $Na_2S$  образуются  $Al(OH)_3$  и  $H_2S$ . Выразите этот гидролиз ионным и молекулярным уравнениями.

**23.** Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $FeSO_4$ ,  $NaCN$ ,  $Pb(NO_3)_2$ .

**24.** Какие из солей подвергаются гидролизу:  $K_2SiO_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $K_2SO_4$ ,  $NaNO_3$ ,  $ZnSO_4$ ? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

## ТЕМА 9. Комплексные соединения

### Лабораторная работа № 4 Комплексные соединения

*Цель:* изучить особенности реакций комплексообразования.

*Опыт 1.* Диссоциация двойной соли.

В 3 пробирки налейте по 2 мл железоаммонийных квасцов  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4$ . В 1 пробирку влейте 2–3 мл  $NaOH$  или  $KOH$ . Содержимое пробирки нагрейте. Обнаружьте выделение  $NH_3$  (по запаху и по посинению влажной красной лакмусовой бумажки). Эта реакция свидетельствует о наличии иона  $NH_4^+$ .

Во 2-ю пробирку добавьте раствор  $NH_4CNS$ . Появление кроваво-красной окраски указывает на присутствие иона  $Fe^{3+}$ .

В 3-й пробирке сделайте пробу на ион  $SO_4^{2-}$ , добавляя рас-

твор  $\text{BaCl}_2$ . Образуется осадок  $\text{BaSO}_4$ , не растворимый в кислотах и щелочах. Составьте уравнение электролитической диссоциации раствора железоаммонийных квасцов. Напишите молекулярные и ионные уравнения проделанных реакций.

*Опыт 2.* Различие между простыми и комплексными ионами.

1. К 2 мл раствора  $\text{FeCl}_3$  прибавьте раствор  $\text{NH}_4\text{CNS}$ . Наблюдайте появление кроваво-красной окраски вследствие образования роданового железа. Напишите уравнение реакции в молекулярной и ионной формах. Эта реакция характерна для иона  $\text{Fe}^{3+}$ .

2. Проведите аналогичный опыт, взяв вместо  $\text{FeCl}_3$  железосинеродистый калий  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Содержит ли раствор этой соли ионы  $\text{Fe}^{3+}$ ?

*Опыт 3.* Получение комплексных катионов. Образование аммиаката серебра.

Налейте в пробирку 2 мл раствора  $\text{AgNO}_3$  и 2 мл раствора  $\text{HCl}$ . Наблюдайте образование белого осадка  $\text{AgCl}$ . К части полученного осадка прибавьте концентрированный раствор аммиака. При этом образуется комплексное соединение  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ . Наблюдайте, что происходит с осадком. К полученному раствору прибавьте раствор  $\text{HNO}_3$  до кислой реакции (определить по лакмусу при перемешивании). Что образуется? Напишите уравнения реакций. Все остатки серебра слейте в специальную колбу.

*Опыт 4.* Окисление и восстановление комплексных соединений.

К 2 мл раствора перманганата калия добавьте несколько капель серной кислоты и несколько капель желтой кровяной соли  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Затем добавьте несколько кристалликов сульфата железа (II)  $\text{FeSO}_4$ . Что образуется? Напишите уравнения реакций.

К 2 мл раствора  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  добавьте несколько капель  $\text{FeCl}_3$ . Наблюдайте за окраской раствора. Затем добавьте несколько капель  $\text{H}_2\text{O}_2$  и 2 мл раствора  $\text{KOH}$ . Что образуется? На-

пишите уравнения реакций.

### Задания для самостоятельной работы

1. Определите заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях:

№ п/п	Химические соединения		
	а	б	в
1	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$	$\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_4\text{Br}]\text{SO}_4$
2	$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_3$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$
3	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$	$\text{Na}_2[\text{PbBr}_4]$	$\text{K}[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)(\text{CN})_4]$
4	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{SO}_4$	$\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$	$[\text{Pd}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]\text{Cl}$
5	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$	$\text{H}[\text{AuCl}_4]$	$\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{NH}_3)(\text{CN})_5]$
6	$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{SO}_4$	$\text{K}_2[\text{BeF}_4]$	$[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_3\text{Br}_2]\text{Br}_2$
7	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$[\text{Pd}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_2]\text{I}$
8	$[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_2$	$\text{Na}_4[\text{CdCl}_6]$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Br}(\text{NO}_2)_2]\text{Br}$
9	$[\text{Pd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$	$\text{K}_3[\text{BiCl}_6]$	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_4(\text{CN})]\text{Br}_2$
10	$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Br}_2$	$\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$	$[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_3)_2\text{Br}_2]\text{SO}_4$
11	$[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$	$\text{K}_3[\text{Cu}(\text{CN})_4]$	$\text{K}[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$
12	$[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	$\text{K}_4[\text{PbCl}_6]$	$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]\text{Cl}$
13	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	$\text{K}_2[\text{PbI}_4]$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4 \text{ I} (\text{OH})](\text{NO}_3)_2$
14	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$	$\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$	$\text{K}_2[\text{Pt Br Cl}(\text{NO}_2)_4]$
15	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$	$\text{K}_2[\text{HgI}_4]$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2](\text{NO}_3)_3$
16	$[\text{Be}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4$	$\text{Na}_3[\text{FeF}_6]$	$\text{K}_2[\text{Pt Br}_2\text{Cl}_2(\text{NO}_2)_2]$
17	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{ClO}_4$	$\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$	$[\text{Rh}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_5]\text{Br}_3$
18	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$	$\text{Na}_2[\text{SnCl}_6]$	$\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]$
19	$[\text{Pd}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6]$	$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{NH}_3)_3]\text{Cl}_3$
20	$[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Br}_2$	$\text{Na}_3[\text{BiI}_6]$	$(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_4(\text{OH})_2]$
21	$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$	$\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_5]\text{SO}_4$
22	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{SO}_4$	$\text{Na}[\text{Ag}(\text{OH})_2]$	$\text{K}_2[\text{PdCl}_2(\text{NO}_2)_2]$
23	$[\text{Mn}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$	$\text{K}_2[\text{HgBr}_4]$	$[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_4\text{Cl}]\text{Cl}$
24	$[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}_2$	$\text{K}_4[\text{Co}(\text{CN})_6]$	$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_3\text{Br}_2]\text{Br}$

2. Назовите комплексные соединения, указанные в задании 1. По знаку электрического заряда внутренней сферы определите

лите тип комплексных соединений.

3. Составьте уравнения диссоциации соединений, указанных в задании 1, (в водных растворах). Составьте выражения общих констант нестойкости комплексных ионов и приведите их значения. Какой из этих ионов является наиболее устойчивым?

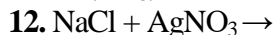
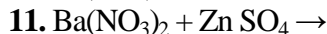
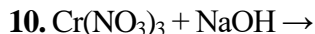
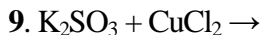
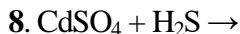
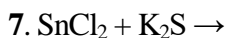
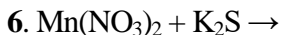
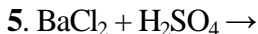
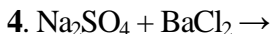
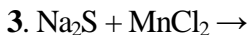
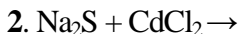
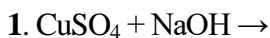
4. Напишите формулы следующих комплексных соединений:

1. Хлорид гексааквахрома (III)
2. Хлорид тетраамминцинка (II)
3. Нитрат гексаакваникеля (II)
4. Гексахлороплатинат (IV) калия
5. Сульфат бромопентаамминкобальта (III)
6. Тетрацианоурат (III) калия
7. Сульфат гексааквамарганца (II)
8. Гексацианоферрат (III) калия
9. Нитрат гексаакважелеза (III)
10. Бромид пентаамминаквакобальта (III)
11. Тетрахлоропалладат (II) калия
12. Гексафтороалюминат (III) натрия
13. Гексахлороплатинат (IV) калия
14. Хлорид хлоротриамминплатины (II)
15. Хлорид пентаамминаквахрома (III)
16. Гексагидроксоплюмбат (IV) натрия
17. Хлорид дихлоротетраамминплатины (IV)
18. Нитрат диаамминсеребра (I)
19. Тетраиодомеркурат (II) калия
20. Гексагидроксохромат (III) калия
21. Тетрацианоплатинат (II) калия
22. Тетрахлорокупрат (II) натрия
23. Хлорид дибромотетраамминплатины (IV)
24. Гексаиодоплатинат (IV) калия

## ТЕМА 10. Дисперсные системы

### Задания для самостоятельной работы

В заданиях 1–12 напишите строение мицеллы золя, образованного в результате взаимодействия указанных веществ (избытка одного, затем другого вещества). Назовите составляющие компоненты мицеллы, а также условия устойчивости и разрушения полученного золя. Укажите, к какому электроду будут перемещаться гранулы этого золя в электрическом поле.



## ТЕМА 11. Окислительно-восстановительные реакции

### Лабораторная работа № 5

#### Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)

*Цель:* практически наблюдать ОВР и овладеть методом электронного баланса для составления химических уравнений.

#### *Порядок проведения опытов*

1. Запишите схему реакции (схемы приведены ниже).
2. Осуществите реакцию практически (см. описание каждой реакции).
3. Уравняйте ОВР методом электронного баланса.
4. Получите сокращенное ионное уравнение и запишите наблюдения.

*Опыт 1.* Влияние среды раствора на окислительные способности перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ).

В зависимости от среды перманганат-ион (ион  $\text{MnO}_4^-$ ), ок-

рашивающий раствор в фиолетовый цвет, восстанавливается до:

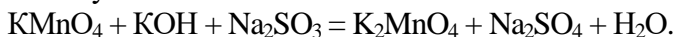
а) в щелочной среде –  $\text{MnO}_4^{2-}$ , окрашивающего раствор в зеленый цвет;

б) в нейтральной среде –  $\text{MnO}_2$ , бурого осадка;

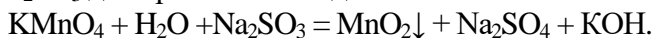
в) в кислой среде –  $\text{Mn}^{2+}$ , не окрашивающего водный раствор, т. е. изменение заряда иона можно увидеть по изменению окраски раствора  $\text{Mn}^{+7}$  (входит в состав иона  $\text{MnO}_4^-$ ).

### *Последовательность проведения реакций*

1. В пробирку налейте 1–2 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ , 1–2 мл концентрированного раствора  $\text{KOH}$  и по каплям добавьте свежеприготовленный раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  до перехода малиновой окраски раствора в зеленую:



2. В пробирку налейте 1–2 мл  $\text{KMnO}_4$ , 1–2 мл  $\text{H}_2\text{O}$  и раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  до образования осадка:



3. В пробирку налейте 1–2 мл  $\text{KMnO}_4$ , 1–2 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  до обесцвечивания раствора:



*Опыт 2.* Окислительно-восстановительные способности перекиси водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

**Внимание!** Перекись водорода при обращении требует повышенной осторожности, так как вспенивает растворы.

В составе  $\text{H}_2\text{O}_2$  кислородный атом находится в промежуточной степени окисления (–1). Этим обусловлена окислительная или восстановительная способность  $\text{H}_2\text{O}_2$  в зависимости от реагента-партнера.

*Опыт 2, а.* Окисление перекиси водорода перманганатом калия.

В пробирку налейте 1–2 мл  $\text{KMnO}_4$ , 1–2 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и добавляйте по каплям перекись водорода до обесцвечивания раствора.

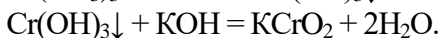
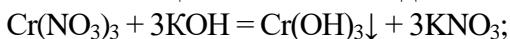


*Опыт 2, б.* Восстановление перекиси водорода хромит-ионом.

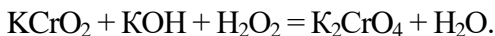
В опыте используется способность ионов хрома по-разному окрашивать раствор в зависимости от степени окисления.  $\text{Cr}^{+3}$  (входит в состав хромит-иона  $\text{CrO}_2^-$ ) окрашивает раствор в сине-зеленый цвет, а  $\text{Cr}^{+6}$  (входит в состав хромат-иона  $\text{CrO}_4^{2-}$  или бихромат-иона  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) соответственно окрашивает раствор в желтый или оранжевый цвет.

### *Последовательность выполнения опыта*

1. Получите раствор хромита, используя амфотерность  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , для чего в пробирку налейте 1–2 мл раствора нитрата хрома (III) и добавьте концентрированный раствор  $\text{KOH}$  до растворения появляющегося сначала осадка.



2. Проведите ОВР, для чего к полученному раствору хромита калия добавьте 4–5 капель перекиси водорода и нагрейте раствор до кипения.



Запишите наблюдения и все реакции опыта в ионном виде.

### **Задания для самостоятельной работы**

1. В каком из перечисленных соединений степень окисления марганца равна +4:  $\text{H}_2\text{MnO}_4$ ;  $\text{HMnO}_4$ ;  $\text{H}_2\text{MnO}_3$ ;  $\text{MnO}_3$ .

2. В каком из указанных процессов происходит понижение степени окисления элементов:  $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$ ;  $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$ ;  $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^-$ ;  $2\text{HBr} \rightarrow \text{Br}_2$ ;  $\text{CuS} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{As}_2\text{S}_3 \rightarrow 2\text{H}_3\text{AsO}_4$ ;  $\text{CaH}_2 \rightarrow \text{H}_2$ ;  $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{ClO}_3^-$ .

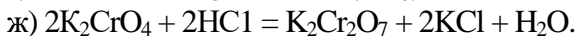
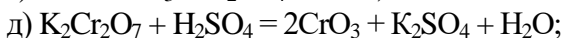
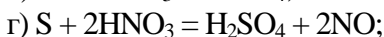
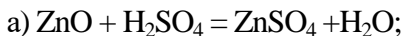
3. В каком из указанных процессов происходит повышение степени окисления элементов:  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ ;  $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ ;  $\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ ;  $2\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ;  $\text{Cl}^- \rightarrow \text{ClO}_3^-$ ;  $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ ;  $2\text{IO}_3^- \rightarrow \text{I}_2$ .

4. Какие из перечисленных ионов могут играть роль окислителей и почему:  $\text{Cu}^{2+}$ ;  $\text{S}^{2-}$ ;  $\text{Br}^-$ ;  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Al}^{3+}$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{ClO}_4^-$ ;  $\text{MnO}_4^-$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ;  $\text{CrO}_4^{2-}$ ;  $\text{NO}_3^-$ .

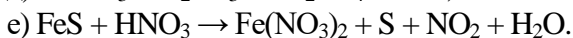
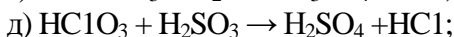
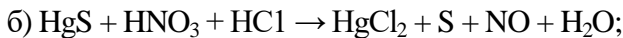
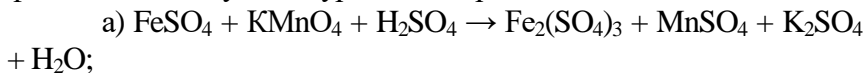
5. Какие из перечисленных соединений могут быть восстановителями и почему:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{PbO}_2$ .

6. Какие из перечисленных соединений могут быть окислителями и почему:  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

7. Какие из перечисленных уравнений реакций являются окислительно-восстановительными и почему?



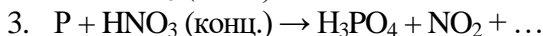
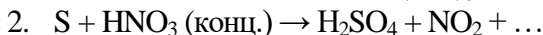
8. Пользуясь электронными уравнениями, подберите коэффициенты в следующих уравнениях реакций:



Определите молярные массы эквивалентов окислителей, восстановителей в данных реакциях.

9. Расставьте коэффициенты, используя метод ионно-электронных уравнений.

А. Реакции в кислой среде:



4.  $C + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow CO_2 + NO_2 + \dots$
5.  $MnO_2 + HCl \text{ (конц.)} \rightarrow Cl_2 + MnCl_2 + \dots$
6.  $KMnO_4 + H_3PO_3 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + H_3PO_4 + \dots$
7.  $KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + \dots$
8.  $H_2S + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow H_2SO_4 + NO_2 + \dots$
9.  $Sb + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow HSbO_3 + NO_2 + \dots$
10.  $KMnO_4 + HI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + MnSO_4 + \dots$
11.  $H_3AsO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_3AsO_4 + MnSO_4 + \dots$
12.  $HCl \text{ (конц.)} + KMnO_4 \rightarrow Cl_2 + MnCl_2 + \dots$
13.  $Co + HNO_3 \text{ (разб.)} \rightarrow Co(NO_3)_2 + N_2 + \dots$
14.  $K_2MnO_4 + K_2S + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + S + \dots$
15.  $K_2MnO_4 + KI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + MnSO_4 + \dots$
16.  $Hg + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow Hg(NO_3)_2 + NO_2 + \dots$
17.  $Ag + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow AgNO_3 + NO_2 + \dots$
18.  $K_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + \dots$
19.  $Au + HNO_3 + HCl \rightarrow H[AuCl_4] + NO + \dots$
20.  $MnO_2 + KI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + MnSO_4 + \dots$
21.  $Sn + HNO_3 \text{ (конц.)} \rightarrow H_2SnO_3 + NO_2 + \dots$
22.  $HBr + H_2SO_4 \text{ (конц.)} \rightarrow Br_2 + SO_2 + \dots$
23.  $Cu + H_2SO_4 \text{ (конц.)} \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + \dots$
24.  $MnO_2 + KBr + H_2SO_4 \rightarrow Br_2 + MnSO_4 + \dots$

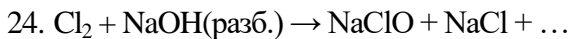
**Б. Реакции в нейтральной среде:**

1.  $KMnO_4 + K_2SO_3 + H_2O \rightarrow K_2SO_4 + MnO_2 + \dots$
2.  $KMnO_4 + NO_2 + H_2O \rightarrow MnO_2 + KNO_3 + \dots$
3.  $KMnO_4 + SO_2 + H_2O \rightarrow K_2SO_4 + MnO_2 + \dots$
4.  $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + \dots$
5.  $S + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + \dots$
6.  $H_2S + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + \dots$
7.  $SO_2 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O \rightarrow FeSO_4 + \dots$
8.  $K_2SO_3 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr + \dots$
9.  $NaH + H_2O \rightarrow H_2 + \dots$
10.  $Se + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SeO_4 + \dots$
11.  $KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + O_2 + \dots$
12.  $KMnO_4 + MnCl_2 + H_2O \rightarrow MnO_2 + HCl + \dots$
13.  $KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + H_2SO_4 + \dots$

14.  $\text{KI} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HIO}_3 + \dots$
15.  $\text{Na}_2\text{S} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{S} + \dots$
16.  $\text{SO}_2 + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots$
17.  $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \dots$
18.  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots$
19.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI} \rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2 + \dots$
20.  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HBr} + \dots$
21.  $\text{Se} + \text{AuCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Au} + \text{H}_2\text{SeO}_3 + \dots$
22.  $\text{ReO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HReO}_4 + \dots$
23.  $\text{AgNO}_3 + \text{AsH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag} + \text{H}_3\text{AsO}_4 + \dots$
24.  $\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \dots$

**В. Реакции в щелочной среде:**

1.  $\text{CrCl}_3 + \text{NaClO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \dots$
2.  $\text{FeSO}_4 + \text{NaClO} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{NaCl} + \dots$
3.  $\text{MnCl}_2 + \text{KBrO} + \text{KOH} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KBr} + \dots$
4.  $\text{Be} + \text{KClO} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \dots$
5.  $\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + \dots$
6.  $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_3 + \dots$
7.  $\text{NO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \dots$
8.  $\text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4] + \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + \text{Bi} + \dots$
9.  $\text{NaNO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaNO}_3 + \dots$
10.  $\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_3 + \dots$
11.  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{BrO}_3)_2 + \text{CaBr}_2 + \dots$
12.  $\text{S} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{S} + \dots$
13.  $\text{P} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KH}_2\text{PO}_2 + \text{PH}_3$
14.  $\text{ClO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{ClO}_2)_2 + \text{Ba}(\text{ClO}_3)_2 + \dots$
15.  $\text{CsOH} (\text{конц.}) + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CsBr} + \text{CsBrO}_3 + \dots$
16.  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{O}_2 + \dots$
17.  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \dots$
18.  $\text{Br}_2 + \text{KOH} (\text{конц.}) \rightarrow \text{KBrO}_3 + \text{KBr} + \dots$
19.  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KCl} + \dots$
20.  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \dots$
21.  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4] + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + \dots$
22.  $\text{Be} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \dots$
23.  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{KBr} + \dots$



## ТЕМА 12. Гальванический элемент

### Задания для самостоятельной работы

1. Используя значения стандартных электродных потенциалов, определите возможность протекания реакции между металлом и водным раствором электролита. Закончите уравнения возможных реакций и расставьте коэффициенты в них с помощью метода электронных уравнений (прил. 7)

- |   |   |
|---|---|
| 1. Fe + HCl (разб.)                             | Au + AgNO <sub>3</sub>                      |
| 2. Ag + Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>       | Be + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) |
| 3. Cu + HCl (разб.)                             | Mn + FeSO <sub>4</sub>                      |
| 4. Zn + MgSO <sub>4</sub>                       | Fe + HNO <sub>3</sub> (разб.)               |
| 5. Mg + NiCl <sub>2</sub>                       | Bi + HCl (конц.)                            |
| 6. Ni + NaCl                                    | Co + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.) |
| 7. Pb + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>       | Zn + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) |
| 8. Mg + CuSO <sub>4</sub>                       | Hg + HCl (конц.)                            |
| 9. Cu + AgNO <sub>3</sub>                       | Ni + HCl (разб.)                            |
| 10. Zn + FeSO <sub>4</sub>                      | Ag + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) |
| 11. Ag + Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>      | Cu + HNO <sub>3</sub> (разб.)               |
| 12. Ni + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) | Bi + FeCl <sub>3</sub>                      |
| 13. Cu + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) | Zn + NiSO <sub>4</sub>                      |
| 14. Al + MgCl <sub>2</sub>                      | Mg + HCl (конц.)                            |
| 15. Fe + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) | Sn + CoCl <sub>2</sub>                      |
| 16. Zn + Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>   | Sn + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) |
| 17. Fe + ZnCl <sub>2</sub>                      | Hg + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.) |
| 18. Zn + CuSO <sub>4</sub>                      | Ag + HCl (разб.)                            |
| 19. Pt + HCl (разб.)                            | Cd + Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>      |
| 20. Cr + AgNO <sub>3</sub>                      | Cu + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) |
| 21. Ag + Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>      | Cr + HCl (разб.)                            |
| 22. Al + NiSO <sub>4</sub>                      | Au + HNO <sub>3</sub> (конц.)               |
| 23. Co + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (разб.) | Hg + SnSO <sub>4</sub>                      |
| 24. Cu + AuCl <sub>3</sub>                      | Pt + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.) |

2. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых указанный металл является катодом, а в другом – анодом. Укажите для каждого элемента электродные процессы и рассчитайте ЭДС в стандартных условиях.

- |              |              |
|--------------|--------------|
| 1. Цинк      | 13. Палладий |
| 2. Никель    | 14. Магний   |
| 3. Медь      | 15. Висмут   |
| 4. Железо    | 16. Бериллий |
| 5. Олово     | 17. Титан    |
| 6. Свинец    | 18. Молибден |
| 7. Кобальт   | 19. Технеций |
| 8. Алюминий  | 20. Галлий   |
| 9. Серебро   | 21. Ванадий  |
| 10. Скандий  | 22. Таллий   |
| 11. Хром     | 23. Кадмий   |
| 12. Марганец | 24. Индий    |

3. Составьте схему гальванического элемента из пластин металлов  $M_1$  и  $M_2$ , опущенных в водные растворы солей с одноименными ионами.

Вычислите ЭДС этого элемента при 298 К, если:

- а) молярные концентрации ионов солей равны  $1 \text{ моль/дм}^3$ ;  
б) молярная концентрация ионов ( $M_1$ ) =  $0,1 \text{ моль/дм}^3$  и ( $M_2$ ) =  $0,001 \text{ моль/дм}^3$ .

- | $M_1$      | $M_2$    |
|------------|----------|
| 1. Кобальт | Серебро  |
| 2. Олово   | Палладий |
| 3. Медь    | Свинец   |
| 4. Железо  | Алюминий |
| 5. Никель  | Олово    |
| 6. Хром    | Кадмий   |
| 7. Магний  | Цинк     |
| 8. Цинк    | Кобальт  |

9. Свинец	Никель
10. Алюминий	Цинк
11. Олово	Хром
12. Висмут	Серебро
13. Железо	Магний
14. Серебро	Свинец
15. Цинк	Марганец
16. Медь	Никель
17. Платина	Медь
18. Кобальт	Свинец
19. Никель	Алюминий
20. Марганец	Хром
21. Олово	Медь
22. Медь	Серебро
23. Алюминий	Висмут
24. Кобальт	Магний

### ТЕМА 13. Электролиз

#### Задания для самостоятельной работы

1. Напишите уравнения катодного и анодного процессов, протекающих при электролизе водных растворов указанных веществ на графитовых электродах.

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Бромид натрия       | 25. Перманганат калия    |
| 2. Хлорид меди (II)    | 26. Нитрат олова (II)    |
| 3. Нитрат свинца (II)  | 27. Хлорид хрома (III)   |
| 4. Хлорид бария        | 28. Нитрат бериллия      |
| 5. Нитрат кальция      | 29. Йодид калия          |
| 6. Сульфат хрома (III) | 30. Нитрат платины (II)  |
| 7. Бромид магния       | 31. Ортофосфат натрия    |
| 8. Сульфат калия       | 32. Бромид марганца (II) |
| 9. Нитрат магния       | 33. Йодид кобальта (II)  |
| 10. Нитрат цинка       | 34. Йодид кальция        |
| 11. Нитрат серебра (I) | 35. Сульфат лития        |

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 12. Хлорид натрия       | 36. Нитрат марганца (II) |
| 13. Гидроксид натрия    | 37. Сульфат никеля (II)  |
| 14. Хлорид цинка        | 38. Ортофосфат калия     |
| 15. Сульфид калия       | 39. Перхлорат натрия     |
| 16. Гидроксид калия     | 40. Сульфат железа (III) |
| 17. Сульфат меди (II)   | 41. Бромид калия         |
| 18. Хлорид ртути (II)   | 42. Сульфат бериллия     |
| 19. Сульфат никеля (II) | 43. Хлорид золота (III)  |
| 20. Йодид натрия        | 44. Нитрат меди (II)     |
| 21. Хлорид железа (III) | 45. Карбонат калия       |
| 22. Сульфат алюминия    | 46. Бромид лития         |
| 23. Нитрат свинца (II)  | 47. Дихромат калия       |
| 24. Йодид цинка         | 48. Хлорид никеля (II)   |

2. Напишите уравнения электродных процессов, протекающих при электролизе водных растворов солей с указанным анодом.

1. Сульфат меди (II) (анод медный)
2. Хлорид цинка (анод цинковый)
3. Сульфат алюминия (анод алюминиевый)
4. Нитрат серебра (I) (анод серебряный)
5. Сульфат никеля (II) (анод никелевый)
6. Хлорид железа (III) (анод железный)
7. Нитрат свинца (II) (анод свинцовый)
8. Хлорид хрома (III) (анод хромовый)
9. Нитрат олова (II) (анод оловянный)
10. Хлорид кадмия (II) (анод кадмиевый)
11. Йодид цинка (анод цинковый).
12. Ацетат свинца (II) (анод свинцовый).
13. Бромид алюминия (анод алюминиевый).
14. Нитрат марганца (II) (анод марганцевый).
15. Нитрат кобальта (II) (анод кобальтовый).
16. Сульфат хрома (III) (анод хромовый).
17. Хлорид олова (II) (анод оловянный).
18. Йодид кобальта (II) (анод кобальтовый).

19. Сульфат цинка (анод цинковый).
20. Хлорид золота (III) (анод золотой).
21. Хлорид меди (II) (анод медный).
22. Нитрат никеля (II) (анод никелевый).
23. Сульфат железа (III) (анод железный).
24. Хлорид платины (IV) (анод платиновый).

**3.** Определите массу и объем газообразных продуктов (н. у.), выделяющихся при электролизе водных растворов веществ, указанных в задании 1, если через раствор в течение 1 часа проходит электрический ток силой 5 А.

## **ТЕМА 14. Коррозия металлов**

### **Задания для самостоятельной работы**

**1.** Рассмотрите электрохимическую коррозию при контакте приведенных металлов во влажном воздухе и в водных растворах кислот.

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1. Fe/Cu  | 13. Cr/Sn |
| 2. Cu/Ag  | 14. Ni/Cu |
| 3. Pb/Zn  | 15. Co/Zn |
| 4. Cr/Cu  | 16. Cd/Hg |
| 5. Fe/Mn  | 17. Mg/Cr |
| 6. Fe/Zn  | 18. Zn/Cu |
| 7. Mn/Pt  | 19. Fe/Mo |
| 8. Fe/Cr  | 20. Zn/Bi |
| 9. Be/Cu  | 21. Cu/Pb |
| 10. Sn/Hg | 22. W/Fe  |
| 11. Be/Sn | 23. Pt/Zn |
| 1.2 Ni/Pt | 24. Mg/Fe |

**2.** Приведите не менее трех способов защиты от коррозии подчеркнутого металла в указанных условиях (1). Ответ обоснуйте.

## ТЕМА 15. Водоподготовка

### Задание для самостоятельной работы

Рассчитайте временную, постоянную и общую жесткость воды, содержащей в объеме  $V(\text{H}_2\text{O})$  указанные примеси.

Определите пригодность этой воды для технологических процессов и предложите методы ее умягчения. Ответ мотивируйте уравнениями реакций.

$V(\text{H}_2\text{O})$	Примеси:	
1. $5 \text{ м}^3$	2 кг $\text{CaCl}_2$	50 г $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
2. $2,5 \text{ м}^3$	0,9 кг $\text{CaSO}_4$	200 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
3. $3 \text{ м}^3$	1,1 кг $\text{MgCl}_2$	0,2 кг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
4. $100 \text{ дм}^3$	20 г $\text{MgCl}_2$	10 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
5. $0,4 \text{ м}^3$	0,1 кг $\text{CaSO}_4$	0,1 кг $\text{MgCl}_2$
6. $30 \text{ м}^3$	3,0 кг $\text{CaSO}_4$	1,2 кг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
7. $10 \text{ м}^3$	0,7 кг $\text{MgSO}_4$	,5 кг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
8. $50 \text{ м}^3$	6 кг $\text{CaSO}_4$	10 кг $\text{MgSO}_4$
9. $100 \text{ дм}^3$	20 г $\text{MgCl}_2$	42 г $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
10. $10 \text{ м}^3$	1,7 кг $\text{CaSO}_4$	1,6 кг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
11. $100 \text{ м}^3$	13,6 кг $\text{CaSO}_4$	24 кг $\text{MgSO}_4$
12. $0,5 \text{ м}^3$	0,13 кг $\text{MgCl}_2$	0,2 кг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
13. $500 \text{ дм}^3$	170 г $\text{CaSO}_4$	0,3 кг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
14. $1 \text{ м}^3$	0,27 кг $\text{CaSO}_4$	0,5 кг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
15. $200 \text{ дм}^3$	90 г $\text{CaCl}_2$	50 г $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
16. $20 \text{ м}^3$	3,4 кг $\text{CaSO}_4$	2,2 кг $\text{MgCl}_2$
17. $1,5 \text{ м}^3$	0,6 кг $\text{MgCl}_2$	0,4 кг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
18. $1 \text{ м}^3$	0,25 кг $\text{MgSO}_4$	0,3 кг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
19. $100 \text{ дм}^3$	12 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	30 г $\text{MgSO}_4$
20. $5 \text{ м}^3$	1,3 кг $\text{CaSO}_4$	2,4 кг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
21. $100 \text{ м}^3$	30,1 кг $\text{CaSO}_4$	15,2 кг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
22. $1,2 \text{ м}^3$	0,16 кг $\text{MgCl}_2$	300 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

23. 100 дм<sup>3</sup>

65 г CaCl<sub>2</sub>

12 г Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

24. 20 м<sup>3</sup>

3,5 кг CaSO<sub>4</sub>

3,3 кг Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

---

## Раздел 5. ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

---

### ТЕМА 16. Качественный анализ

#### Вопросы для самостоятельной работы

1. Дайте определения понятиям «групповой реактив» и «мешающие ионы».
2. Напишите уравнение реакции действия гидротартрата натрия на соли, содержащие ионы калия, аммония.
3. Дайте название соединению Na<sub>3</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации.
4. На какой из ионов первой аналитической группы действует Na<sub>3</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]? Напишите уравнение в молекулярной, ионной форме.
5. Почему открывать ион Na<sup>+</sup> реактивом KH<sub>2</sub>SbO<sub>4</sub> можно только в нейтральной или слабощелочной среде?
6. Почему перед открытием иона K<sup>+</sup> необходимо удалить ион NH<sub>4</sub><sup>+</sup>?
7. Укажите характерные реакции на ион NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Составьте уравнения этих реакций.
8. Почему карбонаты ионов второй аналитической группы в процессе анализа растворяют в уксусной кислоте?
9. Почему соляная кислота и ее соли являются групповым реактивом на ионы второй аналитической группы?
10. Специфическая реакция «золотой дождь», условия ее проведения.
11. Напишите уравнение реакции образования комплекса аммиаката серебра.

12. Почему аммиачный комплекс разрушается в кислой среде? Составьте уравнение реакции.

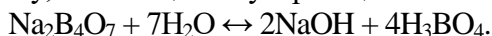
13. Как разделить осадки  $PbCl_2$ ,  $AgCl$ ,  $Hg_2Cl_2$ ?

## ТЕМА 17. Количественный анализ

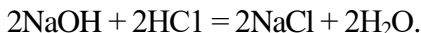
### Лабораторная работа № 6

#### *Определение молярной концентрации эквивалента и титра соляной кислоты по буре*

Исходным веществом, наиболее удобным для установления эквивалентной концентрации и титра соляной кислоты, считают тетраборат натрия (буру)  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ . Водные растворы его, благодаря гидролизу, имеют щелочную реакцию



Образующиеся 2 моль  $NaOH$  оттитровывают соляной кислотой:



В ходе титрования равновесие гидролиза тетрабората натрия смещается вправо, и все новые количества щелочи поступают в раствор до тех пор, пока соль полностью не прореагирует.

Из суммарного уравнения



видно, что в результате реакции накапливается слабая ортоборная кислота, следовательно рН раствора в точке эквивалентности будет меньше 7, значит для титрования следует взять метиловый оранжевый (или метиловый красный) индикатор.

1. *Приготовление 100 мл исходного раствора тетрабората натрия (буры).*

$$M(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = 381,4 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{эKB}}(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{M}{2} = 190,7 \text{ г/моль-эKB}.$$

Для приготовления 100 мл 0,1 н раствора требуется  $190,7 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 1,907$  г буры. Но отвесить точно вычисленное количество трудно. Поэтому в маленькой пробирке или на часовом стекле берут навеску свежеперекристаллизованной (не выветрившейся) буры около 2 г, с точностью до 0,0002 г, переносят при помощи воронки в мерную колбу емкостью 100 мл, обмывая воронку, приливают немного *горячей воды*, так как в *холодной бура растворяется плохо*. Добившись полного растворения, охлаждают колбу водой под краном и доводят объем раствора дистиллированной водой до метки. Приготовленный раствор тщательно перемешивают, закрыв колбу пробкой.

Титр буры вычисляют, как обычно, делением навески на объем раствора. Положим, что навеска буры составляла 1,8764 г, тогда:

$$T = \frac{1,8764}{100} = 0,01876 \text{ г/мл.}$$

Эквивалентную концентрацию раствора вычисляют по формуле

$$C_{\text{эkv}} = \frac{T \cdot 1000}{M_{\text{эkv}}} = \frac{0,01876 \cdot 1000}{190,7} = 0,09837 \text{ моль-эkv/л.}$$

Величины титра и эквивалентной концентрации раствора всегда должны иметь 4 значащих цифры.

*2. Установка эквивалентной концентрации раствора соляной кислоты по буре.*

Титрование проводят с метиловым оранжевым путем приливания соляной кислоты из бюретки к раствору буры.

#### *Порядок проведения работы*

1. Тщательно вымытую бюретку дважды ополасните небольшими порциями раствора НС1 для удаления остатков воды. Пользуясь воронкой, наполните бюретку раствором соляной кислоты так, чтобы мениск его был несколько выше нулевого деления. Заполните раствором оттянутую трубку, вытеснив из нее пузырьки воздуха, уберите воронку (так как с нее может капать раствор) и, выпуская лишнюю кислоту, установите нижний край

мениска на нулевом делении. В таком состоянии бюретка подготовлена к работе.

2. Чистую пипетку емкостью 10 мл ополосните раствором буры и отмерьте 10 мл его в коническую колбу для титрования. Последнюю каплю жидкости из пипетки не следует выдувать, а только касаться ее концом к стенке колбы. К раствору буры добавьте 1 каплю метилового оранжевого (раствор буры должен окраситься в желтый цвет).

3. Для удобства титрования в другой конической колбе приготовьте раствор «свидетеля»: отмерьте в нее 20 мл дистиллированной воды, прибавьте одну каплю метилового оранжевого и несколько капель соляной кислоты. Раствор «свидетеля» должен быть слабо-розовым.

4. На плоскость штатива положите лист белой бумаги (экран), поставьте на него колбу с раствором «свидетеля» и колбу с исходным раствором буры. Титруйте желтый раствор буры раствором соляной кислоты до тех пор, пока цвет раствора «свидетеля» и цвет раствора буры не станет одинаковым. Титрование следует проводить 3–4 раза до получения сходящихся результатов (т. е. результаты должны отличаться друг от друга не более чем на 0,1 мл).

Серию результатов титрования запишите в лабораторный журнал.

Допустим, что на 10 мл 0,1 н раствора буры при 4 титрованиях было израсходовано 9,5; 9,7; 9,8 и 9,8 мл соляной кислоты. Первое из этих чисел отбрасываем как сильно отклонившуюся величину. Из остальных 3 отсчетов берем среднее (цифры приведены для примера).

$$V_{\text{ср}} = \frac{9,7 + 9,8 + 9,8}{3} = 9,77 \text{ мл} = 0,00977 \text{ л};$$

$$V_{\text{ср}}(\text{HCl}) = 0,00977 \text{ л.}$$

По закону эквивалентов для реагирующих растворов следует вычислить эквивалентную концентрацию раствора соляной кислоты:

$$C_{\text{эkv1}} \cdot V_1 = C_{\text{эkv2}} \cdot V_2;$$

$$C_{\text{экв}}(\text{HCl}) \cdot 0,00977 = 0,1 \cdot 0,01;$$

$$C_{\text{экв}}(\text{HCl}) = 0,1024 \text{ н.}$$

Рабочий титрованный раствор соляной кислоты используют для последующих определений.

Зная  $C_{\text{экв}}(\text{HCl})$ , вычисляем титр этого раствора:

$$T(\text{HCl}) = \frac{C_{\text{экв}} \cdot M_{\text{экв}}}{1000} = \frac{0,1024 \cdot 36,5}{1000} = 0,003737 \text{ г/мл},$$

$$M_{\text{экв}}(\text{HCl}) = \frac{M}{1} = 36,5 \text{ г/моль-экв.}$$

### Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Какие условия необходимы для успешного проведения объемного (титриметрического) анализа?

2. Какой закон лежит в основе всех методов объемного анализа? Как он формулируется? Напишите его математическое выражение.

3. Что такое титр, эквивалентная концентрация, точка эквивалентности? Какая формула связывает титр и эквивалентную концентрацию?

4. В чем суть метода нейтрализации? Как практически определить момент окончания реакции в методе нейтрализации?

5. Какие вещества называются индикаторами? Что такое область перехода индикатора? Области перехода каких индикаторов вы знаете?

6. Почему в методе нейтрализации необходимо использовать индикаторы? От чего зависит выбор индикатора в методе нейтрализации? Сформулируйте правило подбора индикатора.

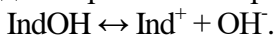
7. Какие индикаторы можно использовать при титровании:

- а) сильной кислоты сильным основанием (или наоборот);
- б) слабой кислоты сильным основанием (или наоборот);
- в) слабого основания сильной кислотой (или наоборот)?

8. Укажите, какую из перечисленных солей можно использовать в методе нейтрализации:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Объясните правильность выбора.

Напишите уравнение гидролиза этой соли.

9. Диссоциацию индикатора можно выразить уравнением



синий                      желтый

Определите окраску индикатора в нейтральной, кислой и щелочной среде.

10. Рассчитайте молярные массы эквивалентов  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в реакциях полной нейтрализации и в реакциях неполной нейтрализации.

11. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  содержится в 400 мл 0,1 н р-ра? Рассчитайте титр этого раствора.

Ответ: 7,628 г; 0,01907 г/мл.

12. Определите эквивалентную концентрацию раствора ортофосфорной кислоты, если в 3 л раствора содержится 19,6 г  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

Ответ: 0,2 н.

13. Сколько граммов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  требуется для нейтрализации 0,5 моль-экв. кислоты?

Ответ: 18,5 г

14. Определите эквивалентную концентрацию раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , если известно, что на нейтрализацию 0,09 моль-экв. щелочи необходимо 20 мл раствора этой кислоты.

Ответ: 4,5 н.

15. Сколько граммов гидроксида натрия было в растворе, если на нейтрализацию этого раствора израсходовано 25 мл 0,8 н раствора соляной кислоты?

Ответ: 0,8 г

16. Какой объем 0,03 н раствора уксусной кислоты требуется для нейтрализации раствора, содержащего 0,0855 г  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ?

Ответ: 33 мл.

17. Сколько граммов КОН содержится в 1 л 25%-го раствора ( $\rho=1,24$  г/мл)? Рассчитайте титр и эквивалентную концентрацию этого раствора.

Ответ: 310 г; 0,31 г/мл; 5,54 н.

18. На нейтрализацию 12 мл раствора  $\text{HNO}_3$  с титром 0,008505 г/мл израсходовано 36 мл раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Рассчитайте  $C_{\text{экв}}$  раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Ответ: 0,045 н.

19. В чем сущность перманганатометрии? Почему не нужен индикатор для перманганатометрических определений?

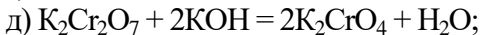
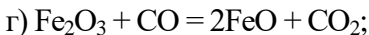
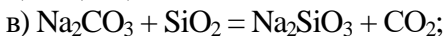
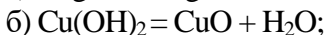
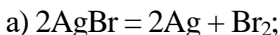
20. Какие реакции называются окислительно-восстановительными, чем они отличаются от других химических реакций?

21. В чем сущность процессов окисления и восстановления?

22. Какие элементы периодической системы Д.И. Менделеева обладают наиболее сильными окислительными и восстановительными свойствами?

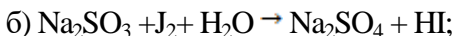
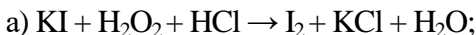
23. Назовите наиболее распространенные окислители и восстановители.

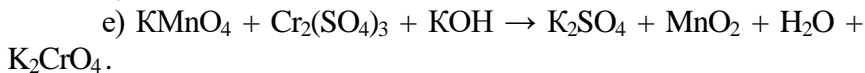
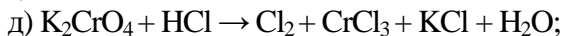
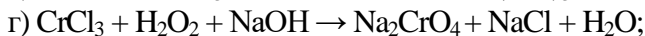
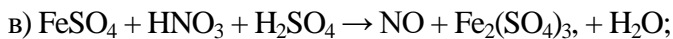
24. Какие из приведенных ниже реакций являются окислительно-восстановительными:



25. Как определить  $M_{\text{экв}}$  окислителя и восстановителя?

26. Рассчитайте  $M_{\text{экв}}$  окислителей и восстановителей в следующих реакциях. Расставьте коэффициенты, используя метод электронного баланса:





**27.** Какое действие оказывает свет на раствор перманганата калия при его хранении?

**28.** Сколько граммов перманганата калия нужно взять для приготовления 1 л его раствора, если  $T = 0,008348$  г/мл? Среда кислая.

Ответ: 8,35 г.

**29.** Навеску  $\text{KMnO}_4$  в 1,875 г растворили и довели объем раствора водой до 500 мл. Вычислите  $C_{\text{экв}}$  раствора для реакции: а) в кислой среде; б) в щелочной среде.

Ответ: а) 0,1187 н; б) 0,02373 н.

**30.** На окисление 25 мл 0,02 н раствора соли Мора требуется 40 мл  $\text{KMnO}_4$  раствора. Определите  $C_{\text{экв}}$  и титр раствора  $\text{KMnO}_4$ .

Ответ: 0,0125 н; 0,0003951 г/мл.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов В.Г.* Основы химии: учебник / В.Г. Иванов, О.Н. Гева. – Москва: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 560 с.
2. *Глинка И.Л.* Общая химия / И.Л. Глинка. – Москва: Юрайт, 2012. – 898 с.
3. *Иванов В.Г.* Неорганическая химия. Краткий курс / В.Г. Иванов, О.Н. Гева. – Москва: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 256 с.
4. *Елфимов В.И.* Основы общей химии: учебное пособие / В.И. Елфимов. – 2-е изд. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 256 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### Расчет эквивалентных масс классов неорганических соединений

№ п/п	Тип соединения	Формула для расчета	Пример
1.	Кислоты	$M_{\text{экв}} = \frac{M}{n\text{H}}$	$M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{98}{3} = 32,67$ <p>г/МОЛЬ-ЭКВ</p>
2.	Гидроксиды	$M_{\text{экв}} = \frac{M}{n\text{OH}}$	$M_{\text{экв}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{74}{2} = 37$ <p>г/МОЛЬ-ЭКВ</p>
3.	Оксиды	$M_{\text{экв}} = \frac{M}{n_{\text{эл}} \cdot \text{вал}_{\text{эл}}}$	$M_{\text{экв}}(\text{CO}_2) = \frac{44}{1 \cdot 4} = 11$ <p>г/МОЛЬ-ЭКВ</p>
4.	Соли	$M_{\text{экв}} = \frac{M}{n_{\text{Me}} \cdot \text{вал}_{\text{Me}}}$	$M_{\text{экв}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{92}{2 \cdot 1} = 46$ <p>г/МОЛЬ-ЭКВ</p>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Термодинамические характеристики некоторых веществ (стандартные условия)

Вещество	$\Delta H^0$ образования, кДж/моль	$S^0$ , Дж/К·моль
H <sub>2</sub>	0	130,52
O <sub>2</sub>	0	205,18
N <sub>2</sub>	0	–
С (графит)	0	5,21
H <sub>2</sub> O (жидк.)	–285,00	70,08
H <sub>2</sub> O (пар)	–241,82	188,78
CO <sub>2</sub>	–393,51	213,65
CO	–110,53	195,57
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	226,75	200,08
CH <sub>4</sub>	–74,85	186,19
CH <sub>3</sub> COOH	–484,20	160,44
CH <sub>3</sub> OH	–201,17	126,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–1676,80	50,92
CaO	–635,50	–
Ca(OH) <sub>2</sub>	–1368,36	–
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–822,10	84,96
SO <sub>3</sub>	–396,10	256,65
NH <sub>3</sub>	–46,10	192,70
NO	90,25	210,66
NO <sub>2</sub>	33,18	239,95
Cl <sub>2</sub>	0	222,95
Br <sub>2</sub>	0	152,21
J <sub>2</sub>	0	116,15
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	–2820,1	–

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Плотность водных растворов хлорида натрия при 20 °С

Плотность $\rho$ , г/мл	Концентрация		
	% (масс.)	моль/л	г/л
1,005	1	0,1720	10,05
1,012	2	0,3464	20,24
1,027	4	0,7026	41,06
1,041	6	1,060	62,48
1,056	8	1,445	84,47
1,071	10	1,831	107,00
1,086	12	2,228	130,20
1,100	14	2,636	154,10
1,116	16	3,055	178,50
1,132	18	3,485	203,70
1,148	20	3,927	229,50
1,164	22	4,380	256,00
1,180	24	4,846	283,20
1,197	26	5,325	311,20

### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

#### Криоскопические и эбулиоскопические константы

Растворитель	$K_k$	$t^{\circ}_{\text{зам}} \text{ C}$	$K_e$	$t^{\circ}_{\text{кип}} \text{ C}$
Анилин	5,87	-5,96	3,22	+184,40
Ацетон	2,40	-94,60	1,48	+56,00
Бензол	5,10	+5,40	2,57	+80,20
Вода	1,85	0	0,52	+100,00
Диоксан	4,63	+11,70	3,27	+100,30

Кислота муравьиная	2,77	+8,40	2,40	+100,80
Кислота уксусная	3,90	+16,50	3,07	+118,50
Пиридин	4,97	-40,00	2,69	+115,80
Сероуглерод	—	—	2,29	+46,30
Хлороформ	4,90	-63,20	3,88	+61,20
Четыреххлористый углерод	2,98	-23,00	5,30	+76,70
Этилацетат	—	—	2,79	+75,50

*Примечания:*

$K_k$  – криоскопическая константа;

$K_3$  – эбулиоскопическая константа;

$t^\circ_{\text{зам}}$  – температура замерзания чистого растворителя;

$t^\circ_{\text{кип}}$  – температура кипения чистого растворителя.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Деление электролитов по силе

Сильные $\alpha \geq 30\%$	Средней силы $3\% < \alpha < 30\%$	Слабые $\alpha < 3\%$
		H <sub>2</sub> O
<i>Кислоты</i>		
HCl, HBr, HI, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HClO <sub>3</sub> , HClO <sub>4</sub> , HMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	HF, HClO <sub>2</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , HCN, HNO <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> COOH, HClO, H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
<i>Основания</i>		
NaOH, KOH, RbOH, Ca(OH) <sub>2</sub> , Sr(OH) <sub>2</sub> , Ba(OH) <sub>2</sub> , CsOH	LiOH, Mg(OH) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> OH, Cu(OH) <sub>2</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> и все остальные гидроксиды
<i>Соли</i>		
NaCl, Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> и мно- гие другие с ионной кристаллической ре- шеткой	Различные соли в зависимости от разбавле- ния раствора	Mg(CN) <sub>2</sub> , ZnCl <sub>2</sub> , HgCl <sub>2</sub> , Fe(SNC) <sub>3</sub> и другие соли многозарядных ионов

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Растворимость солей, кислот и гидроксидов (оснований) в воде

Катионы	Анионы											
	OH <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
H <sup>+</sup>		р	р	р	р	р	р	р	р	н	р	р
Na <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	—	р	р
Ba <sup>2+</sup>	р	р	р	р	н	н	н	н	н	н	р	р
Ca <sup>2+</sup>	м	р	р	р	м	н	м	н	н	н	р	р
Mg <sup>2+</sup>	н	р	р	р	м	н	р	н	н	—	р	р
Al <sup>3+</sup>	н	р	р	р	—	—	р	н	—	—	р	м
Mn <sup>2+</sup>	н	р	р	р	н	н	р	н	н	—	р	р
Zn <sup>2+</sup>	н	р	р	р	н	н	р	н	н	—	р	р
Cr <sup>2+</sup>	н	р	р	р	—	—	р	н	—	—	р	р
Fe <sup>2+</sup>	н	р	р	р	н	н	р	и	н	—	р	р
Fe <sup>3+</sup>	н	р	р	р	н	—	р	н	—	—	р	р
Co <sup>2+</sup>	н	р	р	р	н	н	р	н	н	—	р	р
Ni <sup>2+</sup>	н	р	р	р	н	н	р	н	н	—	р	р
Sn <sup>2+</sup>	н	р	р	н	н	—	р	н	—	—	р	р
Pb <sup>2+</sup>	н	м	м	н	н	н	н	н	н	—	р	р
Cu <sup>2+</sup>	н	р	р	—	н	н	р	н	—	—	р	р
Ag <sup>+</sup>	—	н	н	н	н	н	м	н	н	—	р	р
Hg <sup>+</sup>	—	н	н	н	н	—	м	н	н	—	р	м
Hg <sup>2+</sup>	—	р	н	н	н	—	р	н	—	—	р	р

*Обозначения:* р – растворимое вещество; н – нерастворимое; м – малорастворимое; «—» не существует в растворе вследствие гидролиза или не получено.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

**Электродные потенциалы в водных растворах при 25 °С  
и при парциальном давлении газов, равном нормальному  
атмосферному давлению**

Электродный процесс	Значение стандартного электродного потенциала ( $E^\circ$ ), В
$\text{Li}^+ + e = \text{Li}$	-3,045
$\text{K}^+ + e = \text{K}$	- 2,925
$\text{Ca}^{2+} + 2e = \text{Ca}$	-2,866
$\text{Na}^+ + e = \text{Na}$	-2,714
$\text{Mg}^{2+} + 2e = \text{Mg}$	-2,363
$\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}$	- 1,662
$\text{Ti}^{2+} + 2e = \text{Ti}$	- 1,628
$\text{Mn}^{2+} + 2e = \text{Mn}$	-1,180
$\text{Zn}^{2+} + 2e = \text{Zn}$	-0,763
$\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}$	-0,744
$\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}$	- 0,44
$\text{Cd}^{2+} + 2e = \text{Cd}$	-0,40
$\text{Co}^{2+} + 2e = \text{Co}$	- 0,28
$\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}$	- 0,25
$\text{Sn}^{2+} + 2e = \text{Sn}$	- 0,14
$\text{Pb}^{2+} + 2e = \text{Pb}$	- 0,13
$\text{Fe}^{3+} + 3e = \text{Fe}$	-0,036
$2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$	0,00
$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$	0,34
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e = 2\text{Hg}$	0,79
$\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$	0,80
$\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}$	0,85
$\text{Pt}^{2+} + 2e = \text{Pt}$	1,20
$\text{A}_4 + 3e = \text{A}_4$	1,50

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>Раздел 1. Химические системы</b>	4
Тема 1. Основные классы неорганических веществ.....	4
Тема 2. Основные законы и понятия химии.....	7
Тема 3. Строение атома. Периодический закон Д.И. Менделеева.....	12
Тема 4. Химическая связь.....	16
<b>Раздел 2. Химическая термодинамика и кинетика</b>	20
Тема 5. Энергетика химических процессов.....	20
Тема 6. Скорость химических реакций и химическое равновесие.....	23
<b>Раздел 3. Основы общей химии</b>	27
Тема 7. Способы выражения состава растворов. Коллигативные свойства растворов.....	27
Тема 8. Реакции в растворах электролитов. Гидролиз солей.....	35
Тема 9. Комплексные соединения.....	49
<b>Раздел 4. Основы физической и коллоидной химии</b>	63
Тема 10. Дисперсные системы.....	63
Тема 11. Окислительно-восстановительные реакции.....	67
Тема 12. Гальванический элемент.....	67
Тема 13. Электролиз.....	73
Тема 14. Коррозия металлов.....	76
Тема 15. Водоподготовка.....	78
<b>Раздел 5. Основы аналитической химии</b>	79
Тема 16. Качественный анализ.....	79
Тема 17. Количественный анализ.....	81
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	83
<b>Приложения</b> .....	83

Соловьева Юлия Викторовна  
Полякова Наталья Павловна  
Коваль Юлия Ивановна  
Дмитриенко Александра Константиновна  
Васильева Ирина Валерьевна

**ХИМИЯ**  
**ПРАКТИКУМ**

Редактор *М. Г Девещенко*  
Копьютерная вёрстка *В.Н. Зенина*

Подписано в печать  
Формат 60 X 84 1/16. Объем уч.- изд. л., усл. печ. л.  
Тираж 100 экз.  
Изд. №. . Заказ №\_\_.

---

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб.106  
Тел. (383) 267-09-10, E-mail: 2134539@mail.ru