

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

Московский государственный университет леса

---

А.Д. Неклюдов, Ю.Н. Жилин, А.Н. Иванкин

# **ХИМИЯ**

## **ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ**

**(ДЛЯ ЗАОЧНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ)**

**Учебно-методическое пособие**

Для студентов дистанционной и заочной форм обучения  
всех технических специальностей



ЦДО Московского государственного университета леса  
Москва – 2004

УДК 54

6Л2 Неклюдов А.Д., Жилин Ю.Н., Иванкин А.Н. Химия. Вопросы и задачи (для заочного и дистанционного образования). Учебно-методическое пособие для студентов всех технических спец. дистанционной и заочной форм обучения. – М.: МГУЛ. 2004.

*В данном учебно-методическом пособии изложен порядок сдачи экзамена по общей химии и приведены вопросы и задачи для самостоятельной и контрольных работ*

Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. для направления подготовки 655000 по всем указанным техническим специальностям на основе примерной программы дисциплины «Общая химия».

Кафедра химии и биотехнологии лесного комплекса

Авторы – Андрей Дмитриевич Неклюдов, профессор;  
Юрий Николаевич Жилин, доцент;  
Андрей Николаевич Иванкин

© Неклюдов А.Д., Жилин Ю.Н., Иванкин А.Н., 2004  
© ЦДО Московского государственного университета леса, 2008

## Оглавление

<b>1. Предисловие</b> .....	4
<b>2. Контрольная работа 1</b> .....	5
2.1. МОЛЬ. ЭКВИВАЛЕНТ. МОЛЯРНАЯ МАССА. ЗАКОН КЛАПЕЙРОНА – МЕНДЕЛЕЕВА.....	5
2.2. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ.....	11
2.3. СТРОЕНИЕ АТОМА.....	13
2.4. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА.....	17
2.5. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ.....	20
2.6. ЭНЕРГЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	24
2.7. НАПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.....	28
2.8. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И РАВНОВЕСИЕ.....	32
2.9. РАСТВОРЫ. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ.....	35
<b>3. Контрольная работа 2</b> .....	39
3.1. РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ.....	46
3.2. ВОДА КАК СЛАБЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ.....	48
3.3. ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ.....	50
3.4. ОБМЕННЫЕ РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ.....	52
3.5. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ.....	54
3.6. ОКИСЛИТЕЛЬНО–ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ.....	56
3.7. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ.....	59
3.8. ЭЛЕКТРОЛИЗ.....	61
3.9. ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ И МЕТОДЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ.....	63
<b>4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b> .....	67
<b>5. Приложения</b> .....	68
Таблица 1.....	68
Таблица 2.....	68
Таблица 3.....	69
Таблица 4.....	70
Таблица 5.....	71
Таблица 6.....	72
Таблица 7.....	73
Таблица 8.....	79
Таблица 9.....	80
Таблица 10.....	81
Таблица 11.....	82
Таблица 12.....	85

## 1. Предисловие

В круг предметов, которые студент первого курса изучает самостоятельно в режиме дистанционного обучения, входит и курс общей химии. При этом обязательной составной частью является выполнение двух контрольных работ, которые студент представляет преподавателю в конце семестра перед сдачей экзамена. Задания на контрольные работы приведены ниже.

Обе контрольные работы содержат по 9 задач. Студент выбирает их в соответствии с вариантом, выданным преподавателем. Каждая задача имеет четырехзначный номер (выделен жирным шрифтом). Первые две цифры номера задачи соответствуют номеру варианта. Вторые две цифры указывают порядковый номер темы, откуда берется задача. Оформление контрольных работ допускается произвольным (например, в ученической тетради), однако необходимо сохранять нумерацию задач. Решенные задачи должны содержать краткие пояснения.

Равномерная и систематическая работа над контрольными заданиями и по всему предмету в целом в течение семестра – залог успешной сдачи экзамена. В экзаменационный билет входят два теоретических вопроса и одна задача. Время подготовки по билету – один час.

В целях облегчения проработки материала выпущено пособие:

**Жилин Ю.Н. Избранные главы общей химии с примерами решения задач. Учебное пособие для студентов дистанционной формы обучения всех технических спец. М.: МГУЛ, 2004. – 124 с.**

В нем в сжатом, но достаточном для студента дистанционной формы обучения объеме изложена необходимая теоретическая информация, разобраны примеры решения задач, приведены вопросы для самоконтроля, по которым можно составить представление о содержании экзаменационных билетов. В конце пособия приведены справочные сведения, необходимые при решении отдельных контрольных задач.

В качестве дополнительной рекомендуется следующая литература:

1. Глинка Н.Л. Общая химия. – М.: Интеграл-Пресс, 2002. – 728 с.
2. Коровин Н.В. Общая химия. – М.: Высшая школа, 1998. – 559 с.
3. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. – М.: Интеграл-Пресс, 2003. – 240 с.
4. Дьяченко Л.А., Лосев В.П., Олиференко Г.Л. Химия. Учебное пособие для студентов заочного отделения. – М.: МГУЛ, 1997. – 93 с.
5. Иванкин А.Н., Неклюдов А.Д. Практикум по общей и неорганической химии: Учебное пособие для студентов специальности 260300 – М.: МГУЛ, 2004. – 157 с.

При составлении ниже перечисленных контрольных задач и вопросов, в основном, использовались материалы работ [3] и [4].

## 2. Контрольная работа 1

### 2.1. МОЛЬ. ЭКВИВАЛЕНТ. МОЛЯРНАЯ МАССА. ЗАКОН КЛАПЕЙРОНА – МЕНДЕЛЕЕВА.

#### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1.1. При взаимодействии 150 г натрия с избытком хлора образовалось 381 г хлорида натрия. Найти молярную массу эквивалентов натрия, его эквивалент и число эквивалентов в образце в молях, если эквивалентная масса хлора равна 35,5 г/моль.

Решение. Звания формулы вещества. В реакции участвует  $381 - 150 = 231$  г хлора.

Поскольку вещества реагируют пропорционально эквивалентам, можно составить пропорцию:

$$m_{\text{Na}} : m_{\text{Cl}} = M_{\text{m}}(\text{Na}) : M_{\text{m}}(\text{Cl}), \quad 150 : 231 = x : 35,5,$$

откуда искомая молярная масса эквивалента натрия  $M_{\text{m}}(\text{Na})$  равна:

$$x = M_{\text{m}}(\text{Na}) = 150 \cdot 35,5 / 231 = 23 \text{ г/моль.}$$

Эквивалент натрия  $\mathcal{E}(\text{Na}) = M_{\text{m}}(\text{Na}) : M(\text{Na}) = 23 / 23 = 1,0$ .

Количество молей эквивалентов в образце равно:  $m / M_{\text{m}}(\text{Na}) = 150 / 23 = 6,5$  моль.

Задача 1.2. Определить эквивалент и эквивалентные массы (молярные массы эквивалентов) элементов в соединениях HBr, H<sub>2</sub>O и NH<sub>3</sub>.

Решение. В указанных соединениях с 1 моль атомов водорода соединяется 1 моль атомов брома,  $\frac{1}{2}$  моль атомов кислорода  $\frac{1}{3}$  моль атомов азота. Следовательно, согласно определению, эквиваленты брома, кислорода и азота равны соответственно 1 моль,  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{1}{3}$  моль. Исходя из молярных масс атомов этих элементов, эквивалентная масса брома равна 79,9 г/моль, кислорода –  $16 \cdot \frac{1}{2} = 8$  г/моль, азота –  $14 \cdot \frac{1}{3} = 4,67$  г/моль.

Для определения эквивалента (эквивалентной массы) элемента необязательно исходить из его соединения с водородом. Эквивалент (эквивалентную массу) можно вычислить по составу соединения данного элемента с любым другим, эквивалент которого известен.

Задача 1.3. При соединении 5,6 г железа с серой образовалось 9,8 г сульфида железа. Найти эквивалентную массу (молярную массу эквивалента) железа  $M_{\text{m}}(\text{Fe})$  и его эквивалент, если известно, что эквивалентная масса серы равна 16 г/моль.

Решение. По условиям задачи в сульфиде железа на 5,6 г железа приходится  $8,8 - 5,6 = 3,2$  г серы. Согласно закону эквивалентов, массы взаимодействующих веществ пропорциональны их эквивалентным массам. Следовательно:

$$\begin{array}{l} 5,6 \text{ г} \quad \text{железа эквивалентны} \quad 3,2 \text{ г} \quad \text{серы} \\ M_m(\text{Fe}) \text{ г/моль} \quad \text{железа эквивалентны} \quad 16 \text{ г/моль} \quad \text{серы} \end{array}$$

Откуда  $M_m(\text{Fe}) = 5,6 \cdot 16 / 3,2 = 28$  г/моль.

Молярная масса железа, численно совпадающая с его относительной молекулярной массой, равна 56 г/моль. Поскольку эквивалентная масса железа (28 г/моль) в два раза меньше молярной массы его атомов, то в 1 моль железа содержится 2 эквивалента. Следовательно эквивалент железа равен  $\frac{1}{2}$ .

Задача 1.4. Найти молярную массу эквивалентов железа, его эквивалент и число эквивалентов, приходящихся на формульную единицу в  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Решение. В этой задаче известна формула соединения. Из нее следует, что 1 моль данного оксида содержит 2 моль атомов железа, или  $56 \text{ г/моль} \cdot 2 \text{ моль} = 112 \text{ г}$  железа и, соответственно, 3 моль атомов кислорода, или  $16 \text{ г/моль} \cdot 3 \text{ моль} = 48 \text{ г}$  кислорода.

Поскольку по закону эквивалентов  $m(\text{Fe}) : m(\text{O}) = M_m(\text{Fe}) : M_m(\text{O})$ , а  $M_m(\text{O}) = M(\text{O}) / 2 = 16 / 2 = 8$  г/моль, то подстановка в закон эквивалентов позволяет записать:  $M_m(\text{Fe}) = 8 \cdot 112 / 48 = 18,7$  г/моль.

Этот же результат можно получить делением молярной массы элемента на его валентность:  $M_m(\text{Fe}) = 56 / 3 = 18,7$  г/моль.

Эквивалент железа:  $\mathcal{E}_{\text{Fe}} = 18,7 / 56 = 0,33$ .

Количество эквивалентов, приходящихся на формульную единицу (то есть, на один атом железа) равно:  $z(\text{Fe}) = 1 / 3 = 3$  экв/атом Fe.

Задача 1.5. Напишите реакции взаимодействия вещества А ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ )

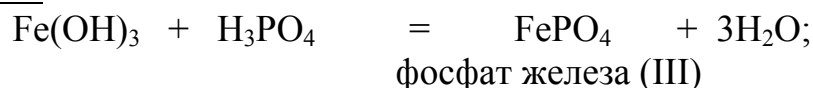
с: а) эквивалентным количеством вещества В ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ );

б) избытком вещества В;

в) недостатком вещества В.

Дайте названия полученным солям и напишите графические формулы. Составьте уравнения реакции перевода основных и кислых солей в средние соли.

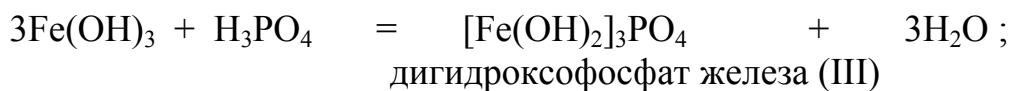
Решение. Эквивалентное количество кислоты:



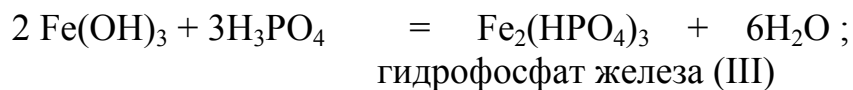
Недостаток кислоты:



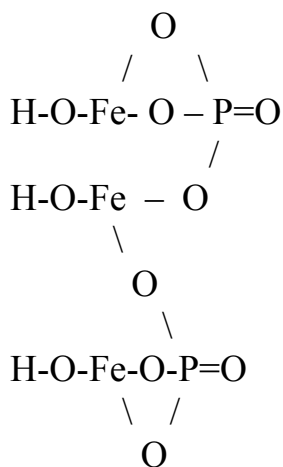
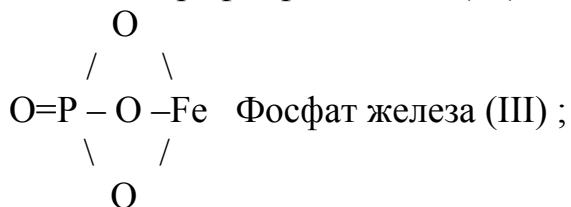
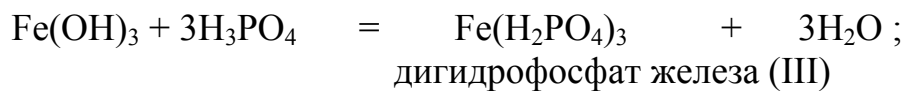
Недостаток кислоты:



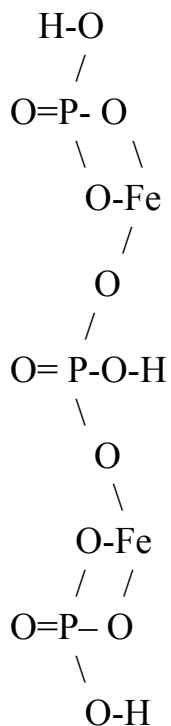
Избыток кислоты:



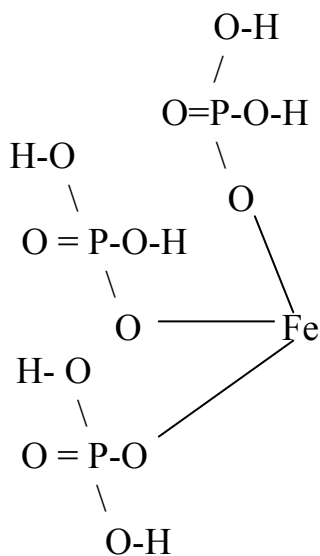
Избыток кислоты:



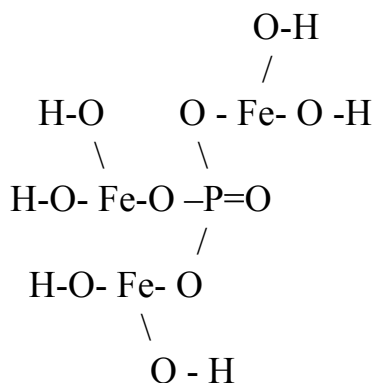
Основной фосфат железа (III)  
или гидроксофосфат железа (III);



Гидрофосфат железа (III)



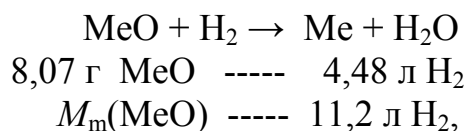
Дигидрофосфат железа (III)



Двуосновой фосфат железа (III)  
или дигидроксофосфат железа (III);



Задача 1.6. При восстановлении 8,07 г оксида элемента требуется 4,48 л водорода, измеренного при н.у. (нормальные условия). Вычислите молярную массу эквивалента элемента и его оксида.

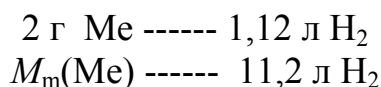
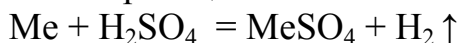


где 11,2 л – молярный объем эквивалента водорода.

$$\begin{aligned}
 M_m(\text{MeO}) &= 20,175 \text{ (г/моль)} \\
 M_m(\text{Me}) &= M_m(\text{MeO}) - M_m(\text{O}) = 20,175 - 8 = 12,175 \text{ (г/моль)}.
 \end{aligned}$$

Задача 1.7. 2 г двухвалентного элемента вытесняют из кислоты 1,12 л водорода при 0°C и 101,3 кПа. Вычислите молярную массу эквивалента элемента.

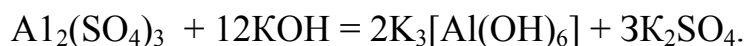
Решение. По уравнению реакции:



$$M_m(\text{Me}) = (2 \cdot 11,2 / 1,12) = 20 \text{ (г/моль)}.$$



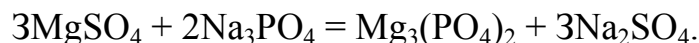
**Задача 1.8.** Определить величины химических эквивалентов реагентов, участвующих в следующей химической реакции:



Число эквивалентов реагирующих веществ равно:

$Z_{\text{Э}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 12$ ;  $Z_{\text{Э}}(\text{KOH}) = 1$ . Соответственно, величины эквивалентов будут равны: для  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 1 : 12 = 1/12$ ; для  $\text{KOH} = 1 : 1 = 1$ .

**Задача 1.9.** Вычислить величины химических эквивалентов и молярные массы эквивалентов реагентов, участвующих в следующей химической реакции:



Число эквивалентов реагентов: для  $\text{MgSO}_4$  равно 2, для  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  равно 3.

Соответственно, величины эквивалентов обратны числу эквивалентов:

для  $\text{MgSO}_4 = 1 : 2 = 0,5$ ; для  $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 1 : 3 = 0,33$ .

Молярные массы эквивалентов реагентов равны:

$M_{\text{м}}(\text{MgSO}_4) = 120 / 2 = 60 \text{ г/моль}$ ;  $M_{\text{м}}(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 / 3 = 54,7 \text{ г/моль}$

**0101.** При восстановлении водородом 10,17 г оксида двухвалентного металла образовалось 2,25 г воды, молярная масса эквивалентов которой 9 г/моль. Вычислить эквивалент металла и эквивалент оксида. Чему равна атомная масса металла?

**0201.** Молярная масса эквивалентов трехвалентного металла равна 9 г/моль. Вычислить атомную массу металла, эквивалент оксида и процентное содержание кислорода в оксиде.

**0301.** Из 1,35 г оксида металла получается 3,15 г его нитрата. Вычислить молярную массу эквивалентов металла.

**0401.** Из 1,3 г гидроксида металла получается 2,85 г сульфата этого же металла. Вычислить молярную массу эквивалентов металла.

**0501.** Оксид трехвалентного элемента содержит 31,6% кислорода. Вычислить эквивалент и атомную массу этого элемента.

**0601.** Один оксид марганца содержит 22,6% кислорода, другой – 50,5%. Вычислить эквиваленты марганца в этих оксидах и составить их химические формулы.

**0701.** При сгорании серы в кислороде образовалось 12,8 г  $\text{SO}_2$ . Сколько эквивалентов кислорода требуется на эту реакцию? Чему равны эквиваленты серы и ее оксида?

**0801.** Вычислить эквиваленты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в реакциях образования а) гидрофосфата, б) дигидрофосфата и в) ортофосфата.

**0901.** Чему равна молярная масса эквивалентов воды при взаимодействии ее с а) натрием, б) оксидом натрия?

**1001.** В 2,48 г оксида одновалентного металла содержится 1,84 г металла. Вычислить эквиваленты металла и его оксида.

**1101.** При восстановлении 1,2 г оксида металла водородом образовалось 0,27 г воды. Вычислить эквивалент оксида и эквивалент металла.

**201.** Написать уравнение реакции  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  с соляной кислотой, при которой образуются следующие соединения железа: а) дигидроксохлорид, б) гидроксохлорид, в) трихлорид. Вычислить эквивалент  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  в каждой из этих реакций.

**1301.** Избытком едкого кали подействовали на растворы: а) дигидрофосфата калия, б) дигидроксонитрата висмута (+3). Написать уравнения реакций этих веществ с  $\text{KOH}$  и определить их эквиваленты.

**1401.** Вещество содержит 39% серы, молярная масса эквивалентов которой 16 г/моль, и мышьяк. Вычислить молярную массу эквивалентов и валентность мышьяка, составить химическую формулу этого вещества.

**1501.** Избытком соляной кислоты подействовали на растворы: а) гидрокарбоната кальция, б) гидроксодихлорида алюминия. Напишите уравнения реакций этих веществ с  $\text{KOH}$  и определите их эквиваленты.

**1601.** При окислении 16,74 г двухвалентного металла образовалось 21,54 г оксида. Вычислите эквиваленты металла и его оксида. Чему равна атомная масса металла?

**1701.** При взаимодействии 3,24 г трехвалентного металла с кислотой выделяется 4,03 л водорода, измеренного при нормальных условиях. Вычислите эквивалент и атомную массу металла.

**1801.** В оксидах азота на два атома приходится: а) пять, б) четыре, в) один атом кислорода. Вычислите эквиваленты азота в оксидах и эквиваленты оксидов.

**1901.** Одна и та же масса металла соединяется с 1,591 г галогена и с 70,2 см<sup>3</sup> кислорода, измеренного при нормальных условиях. Вычислите молярную массу эквивалентов галогена.

**2001.** На нейтрализацию 0,943 г фосфористой кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_3$  израсходовано 1,291 г  $\text{KOH}$ . Вычислите эквивалентную массу кислоты и ее основность.

**2101.** Сопоставить количество молекул, содержащееся в 1 г  $\text{NH}_3$  и в 1 г  $\text{N}_2$ . В каком случае и во сколько раз число молекул больше?

**2201.** Выразить в граммах массу одной молекулы диоксида серы.

**2301.** Одинаково ли число молекул в 0,001 кг  $\text{H}_2$  и в 0,001 кг  $\text{O}_2$ , в 1 моле  $\text{O}_2$  и в 1 моле  $\text{H}_2$ , в 1 л  $\text{H}_2$  и 1 л  $\text{O}_2$  при одинаковых условиях?

**2401.** Сколько молекул содержится в 1,00 мл водорода при

нормальных условиях?

**2501.** Какой объем при нормальных условиях занимают  $27 \cdot 10^{21}$  молекул газа?

**2601.** Каково соотношение объемов, занимаемых 1 молем  $O_2$  и 1 молем  $O_3$  (условия одинаковые)?

**2701.** Взятые равные массы кислорода, водорода и метана при одинаковых условиях. Найти отношение объемов взятых газов.

**2801.** На вопрос, какой объем займет 1 моль воды при нормальных условиях был получен ответ 22,4 л. Правильный ли это ответ?

**2901.** Сколько молекул диоксида углерода находится в 1 л воздуха, если объемное содержание  $CO_2$  составляет 0,03% об. (условия нормальные)?

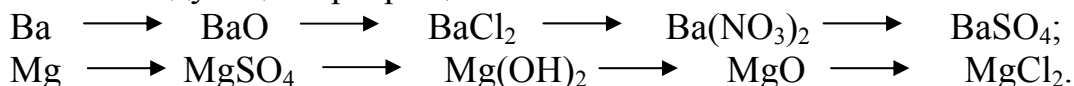
**3001.** Вычислить массу: а) 2 л  $H_2$  при 15 °С и давлении 100,7 кПа (755 мм рт.ст.), б)  $1 м^3 N_2$  при 10 °С и давлении 102,9 кПа (772 мм рт. ст.), в)  $0,5 м^3 Cl_2$  при 20 °С и давлении 99,9 кПа (749,3 мм рт. ст.).

## 2.2. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

**0102.** Написать формулы ангидридов указанных кислот:  $H_2SO_4$ ;  $H_3BO_3$ ;  $H_4P_2O_7$ ;  $HClO$ ;  $HMnO_4$ .

**0202.** Написать формулы оксидов, соответствующих указанным кислотам и гидроксидам:  $H_2SiO_3$ ;  $Cu(OH)_2$ ;  $H_3AsO_4$ ;  $H_2WO_4$ ;  $Fe(OH)_3$ .

**0302.** Составить уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**0402.** Написать уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**0502.** Какие из указанных ниже газов вступают в химическое взаимодействие с раствором щелочи:  $HCl$ ;  $H_2S$ ;  $NO_2$ ;  $N_2$ ;  $Cl_2$ ;  $CH_4$ ;  $SO_2$ ;  $NH_3$ ? Написать уравнения соответствующих реакций.

**0602.** Какие соли можно получить, имея в своем распоряжении  $AgNO_3$ ;  $CuSO_4$ ;  $K_3PO_4$  и  $BaCl_2$ ? Написать уравнения реакций и назвать полученные соли.

**0702.** Назвать следующие соединения:  $K_2O_2$ ;  $MnO_2$ ;  $BaO_2$ ;  $MnO$ ;  $CrO_3$ ;  $V_2O_5$ .

**0802.** Как доказать амфотерный характер  $ZnO$ ;  $Al_2O_3$ ;  $Sn(OH)_2$ ;  $Cr(OH)_3$ ?

**0902.** Можно ли получить раствор, содержащий одновременно:

а)  $Ba(OH)_2$  и  $HCl$ ; б)  $CaCl_2$  и  $Na_2CO_3$ ; в)  $NaCl$  и  $AgNO_3$ ; г)  $KCl$  и  $NaNO_3$ ? Указать, какие комбинации невозможны и почему.

**1002.** Какие из перечисленных кислот образуют кислые соли:  $\text{HI}$ ;  $\text{H}_2\text{Se}$ ;  $\text{H}_2\text{SeO}_3$ ;  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ?

**1102.** Какие кислоты могут быть получены непосредственным взаимодействием с водой оксидов:  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{CO}_2$ ;  $\text{N}_2\text{O}_5$ ;  $\text{NO}_2$ ;  $\text{SO}_2$ ?

**1202.** С какими из перечисленных ниже веществ будет реагировать соляная кислота:  $\text{N}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{AgNO}_3$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ? Составить уравнения реакций.

**1302.** Какие из указанных ниже веществ реагируют с гидроксидом натрия:  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{CO}_2$ ;  $\text{CuSO}_4$ ;  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ? Составить уравнения реакций.

**402.** Написать уравнения реакций, свидетельствующих об основных свойствах оксидов:  $\text{FeO}$ ;  $\text{Cs}_2\text{O}$ ;  $\text{HgO}$ ;  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

**1502.** Написать уравнения реакций, доказывающих кислотный характер оксидов:  $\text{SeO}_2$ ;  $\text{SO}_3$ ;  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{CrO}_3$ .

**1602.** Составить уравнения реакций получения хлорида магния: а) действием кислоты на металл; б) действием кислоты на основание; в) действием соли на соль.

**1702.** Составить уравнения реакций между кислотами и основаниями, приводящих к образованию солей:  $\text{NaNO}_3$ ;  $\text{NaHSO}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;  $\text{K}_2\text{S}$ ;  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

**1802.** Какие вещества могут быть получены при взаимодействии кислоты с солью? Кислоты с основанием? Соли с солью? Привести примеры реакций.

**1902.** Составить формулы нормальных и кислых солей калия и кальция, образованных: а) угольной кислотой; б) мышьяковистой кислотой.

**2002.** Назвать соли:  $\text{SbONO}_3$ ;  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]_2\text{CrO}_4$ ;  $(\text{AlOH})\text{SO}_4$ ;  $\text{Cd}(\text{HS})_2$ ;  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .

**2102.** При взаимодействии каких веществ можно получить дигидроортоантимонит натрия, метахромит натрия, гидроортоарсенат калия, сульфат гидроксиалюминия? Составить уравнения реакций.

**2202.** Написать уравнения реакций образования  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ ;  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  в результате взаимодействия: а) основного и кислотного оксидов; б) кислоты и основания; в) основания и кислотного оксида; г) основного оксида и кислоты.

**2302.** Написать уравнения реакций, с помощью которых можно получить в лаборатории следующие вещества: а) хлороводород; б) сульфид свинца; в) сульфид бария; г) ортофосфат серебра; д) гидроксид железа (III); е) нитрат меди (II).

**2402.** Назвать соли:  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{NaH}_2\text{SbO}_4$ ;  $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ;  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ ;  $\text{CrOH}\text{SO}_4$ ;  $\text{CaCrO}_4$ ;  $\text{K}_3\text{AsO}_4$ ;  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ;  $\text{NaHS}$ ;  $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$ .

**2502.** Какие из указанных гидроксидов могут образовать основные соли:  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\text{LiOH}$ ;  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;  $\text{KOH}$ ?

**2602.** Ангидридом какой кислоты является  $P_2O_5$ : а) фосфорной; б) дифосфорной; в) ортофосфорной?

**2702.** Ангидридом какой кислоты можно считать  $Cl_2O_7$ : а) хлорной; б) хлорноватой; в) хлорноватистой?

**2802.** Какие из приведенных соединений относятся к пероксидам: а)  $NO_2$ ; б)  $K_2O_2$ ; в)  $BaO_2$ ; г)  $MnO_2$ ?

**2902.** В реакции нейтрализации гидроксида калия ортомышьяковой кислотой молярная масса эквивалентов последней оказалась равной 142 г/моль. Какая соль при этом образовалась: а) ортоарсенат калия; б) гидроортоарсенат калия; в) дигидроортоарсенат калия?

**3002.** Какая формула соответствует марганцевистой кислоте: а)  $HMnO_4$ ; б)  $H_4MnO_4$ ; в)  $H_2MnO_4$ ?

### 2.3. СТРОЕНИЕ АТОМА

#### ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ

Задача 3.1. Дана пара химических элементов А и В: А – Si, В – Н.

1. Каков состав ядра наиболее распространенного изотопа элемента А?

2. Сколько электронов у атомов этого элемента? Дайте распределение электронов атомов элемента А по уровням, подуровням и орбиталям в нормальном и возбужденном состояниях.

3. Укажите максимальную валентность элемента А и сопоставьте ее с положением элемента в периодической системе.

4. К какому семейству относится этот элемент? Является ли элемент А металлом или неметаллом?

5. Напишите формулы оксидов и гидроксидов этого элемента в разных степенях окисления и охарактеризуйте их свойства.

6. Приведите примеры соединений, наиболее типичных для данного элемента. Какие типы связей при этом образуются?

7. Какой тип связи реализуется при взаимодействии атомов элемента А с атомами элемента В? Как поляризованы атомы А и В в молекуле?

8. Какими свойствами будет обладать молекула (молекулы), образованная при взаимодействии атомов элемента А с атомами элемента В (полярность, стереохимия)?

9. Какие типы межмолекулярных взаимодействий реализуются между молекулами, образованными атомами элементов А и В?

10. Какими химическими свойствами они обладают? Напишите уравнения соответствующих реакций.

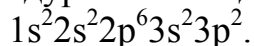
#### Решение.

1. Наиболее распространенным изотопом элемента кремния является изотоп с атомной массой 28. В состав ядра этого изотопа входят 28 нуклонов (14 протонов и 14 нейтронов).

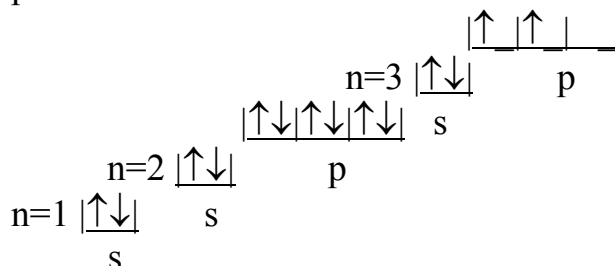
2. У атома кремния 14 электронов. Эти электроны распределены по трем энергетическим уровням, так как кремний находится в третьем периоде периодической системы.

+14 2) 8) 4)

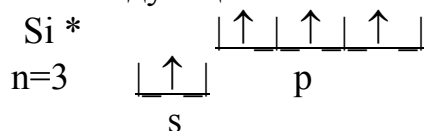
Распределены электроны по подуровням следующим образом:



Распределение электронов по орбиталям:



В возбужденном состоянии распределение электронов по орбиталям у атома кремния следующее:



3. Максимальная валентность кремния – IV, и она соответствует номеру группы периодической системы, в которой расположен кремний.

4. Кремний относится к р–элементам. Это типичный неметалл.

5. Кремний образует оксид  $\text{SiO}_2$ , который является ангидридом кремниевой кислоты. Гидроксид оксида кремния – кремниевая кислота  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  – обладает всеми свойствами кислот.

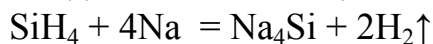
6. Наиболее типичными соединениями являются  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiCl}_4$ , при этом реализуется полярная ковалентная химическая связь.

7. При взаимодействии атомов кремния с атомами водорода реализуется полярная ковалентная  $\sigma$ –химическая связь. В соединении  $\text{SiH}_4$  атом кремния поляризован положительно, а атом водорода – отрицательно, так как электроотрицательность атома водорода – 2,1, а электроотрицательность кремния – 1,8.

8. При образовании молекулы  $\text{SiH}_4$  у атома кремния реализуется  $sp^3$ –гибридизация, так как Si предоставляет для образования связи одно s- и три p–электронных облака, в результате чего образуется молекула, имеющая пространственную (тетраэдрическую) форму. Молекула  $\text{SiH}_4$  неполярная, хотя связь Si–H – полярная, неполярность молекулы объясняется равномерным распределением химических связей в пространстве (к вершинам тетраэдра).

9. Так как молекула неполярна, то между молекулами возникает электростатическое (дисперсионное) взаимодействие.

10. SiH<sub>4</sub> может взаимодействовать со щелочными металлами:



Na<sub>4</sub>Si – силицид натрия.

**0103.** Напишите электронные конфигурации атомов элементов с порядковыми номерами 9 и 28. К какому электронному семейству относится каждый из них?

**0203.** Напишите электронные конфигурации атомов фосфора и ванадия. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

**0303.** Какое максимальное число электронов может находиться в s-, p-, d- и f- орбиталях данного слоя. Почему?

**0403.** Напишите электронные конфигурации атомов марганца и селена. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

**0503.** Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4s или 3d; 5s или 4p? Почему? Составьте электронную конфигурацию атома элемента с порядковым номером 21.

**0603.** Составьте электронные конфигурации атомов элементов с порядковым номером 17 и 29. Учтите, что у последнего происходит провал одного 4s- электрона на 3d- орбиталь. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

**0703.** Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4d или 5s; 6s или 5p? Почему? Составьте электронную конфигурацию атома элемента с порядковым номером 43.

**0803.** Что такое изотопы? Чем можно объяснить дробность атомных масс большинства элементов периодической системы? Могут ли атомы разных элементов иметь одинаковую массу? Как называются подобные атомы?

**0903.** Составьте электронные конфигурации атомов элементов с порядковыми номерами 14 и 40. Какие электроны этих атомов являются валентными?

**1003.** Назовите элементы, имеющие следующие электронные конфигурации: [Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup>, [Ar]4s<sup>1</sup>. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов и какие электроны их атомов являются валентными?

**1103.** Пользуясь периодической системой Д.И. Менделеева, написать электронные конфигурации элементов Cs и Au. Указать их сходство и различие.

**1203.** Написать электронные конфигурации элементов № 23 и 33. Определить семейство, подчеркнуть валентные электроны. Для последнего электрона написать значения 4-х квантовых чисел.

**303.** Составьте электронные конфигурации атомов элементов с порядковыми номерами 16 и 28. К какому электронному семейству

относится каждый из этих элементов и какие электроны их атомов являются валентными?

**1403.** Назовите элементы, имеющие следующие электронные конфигурации:  $[\text{Kr}]4d^{10}5s^25p^2$ ,  $[\text{Ar}]3d^24s^2$ . К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов и какие электроны их атомов являются валентными?

**1503.** Сколько и какие значения может принимать магнитное число  $m_l$  при орбитальном квантовом числе  $l = 0, 1, 2$  и  $3$ ? Какие элементы в периодической системе носят название s-, p-, d-, f- элементов? Приведите примеры.

**1603.** Какие значения могут принимать квантовые числа  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  и  $m_s$ , характеризующие состояние электронов в атоме. Какие значения принимают они для внешних электронов атома магния?

**1703.** Чем отличается последовательность в заполнении орбиталей у атомов d-элементов от последовательности заполнения их у атомов s- и p-элементов? Составьте электронную конфигурацию атома элемента с порядковым номером 46, учитывая, что, находясь в пятом периоде, атомы этого элемента в пятом слое не содержат ни одного электрона.

**1803.** Составьте электронные конфигурации атомов элементов с порядковыми номерами 24 и 33, учитывая, что у первого происходит провал одного 4s-электрона на 3d-подуровень. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов и какие электроны их атомов являются валентными?

**1903.** Значения какого квантового числа определяют число s-, p-, d- и f-орбиталей в слое? Сколько всего s-, p-, и d-электронов в атоме кобальта?

**2003.** В чем заключается принцип запрета Паули? Может ли быть в каком-нибудь подслое атома  $p^7$  или  $d^{12}$  - электронов? Почему? Составьте электронную конфигурацию атома элемента с порядковым номером 22 и укажите его валентные электроны.

**2103.** Напишите электронные конфигурации атомов элементов с порядковыми номерами 9 и 28. К какому электронному семейству относится каждый из них?

**2203.** Напишите электронные конфигурации атомов фосфора и ванадия. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

**2303.** Какое максимальное число электронов может находиться в s-, p-, d- и f- орбиталях данного слоя. Почему?

**2403.** Напишите электронные конфигурации атомов марганца и селена. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

**2503.** Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4s или 3d; 5s или 4p? Почему? Составьте электронную конфигурацию атома элемента с порядковым номером 21.



**2603.** Составьте электронные конфигурации атомов элементов с порядковым номером 17 и 29. Учтите, что у последнего происходит провал одного 4s- электрона на 3d- орбиталь. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

**2703.** Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4d или 5s; 6s или 5p? Почему? Составьте электронную конфигурацию атома элемента с порядковым номером 43.

**2803.** Что такое изотопы? Чем можно объяснить дробность атомных масс большинства элементов периодической системы? Могут ли атомы разных элементов иметь одинаковую массу? Как называются подобные атомы?

**2903.** Составьте электронные конфигурации атомов элементов с порядковыми номерами 14 и 40. Какие электроны этих атомов являются валентными?

**3003.** Назовите элементы, имеющие следующие электронные конфигурации:  $[\text{Ne}]3s^23p^5$ ,  $[\text{Ar}]4s^1$ . К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов и какие электроны их атомов являются валентными?

## 2.4. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

**0104.** Исходя из положения германия, цезия и технеция в периодической системе, составьте формулы следующих соединений: мета- и ортогерманиевой кислот, дигидрофосфата цезия и оксида технеция, отвечающего его высшей степени окисления. Изобразите графически формулы этих соединений.

**0204.** Что такое энергия ионизации? В каких единицах она выражается. Как изменяется восстановительная активность s- и p-элементов в группах периодической системы с увеличением порядкового номера? Почему?

**0304.** Что такое электроотрицательность? Как изменяется электроотрицательность p-элементов в периоде и в группе периодической системы с увеличением порядкового номера?

**0404.** Исходя из положения германия, молибдена и рения в периодической системе, составьте формулы следующих соединений: водородного соединения германия, рениевой кислоты и оксида молибдена, отвечающего его высшей степени окисления. Изобразите графически формулы этих соединений.

**0504.** Что такое сродство к электрону? В каких единицах оно выражается? Как изменяется окислительная активность неметаллов в периоде и в группе периодической системы с увеличением порядкового номера? Ответ мотивируйте строением атомов соответствующих элементов.

**0604.** Составьте формулы оксидов и гидроксидов элементов третьего периода периодической системы, отвечающих их высшей степени окисления. Как изменяется химический характер этих соединений при переходе от натрия к хлору?

**0704.** Какой из элементов четвертого периода – ванадий или мышьяк – обладает более выраженными металлическими свойствами? Какой из этих элементов образует газообразное соединение с водородом? Ответ мотивируйте, исходя из строения атомов данных элементов.

**0804.** Какие элементы образуют газообразные соединения с водородом? В каких группах периодической системы находятся эти элементы? Составьте формулы водородных и кислородных соединений хлора, теллура и сурьмы, отвечающих их низшей и высшей степеням окисления.

**0904.** У какого элемента четвертого периода – хрома или селена сильнее выражены металлические свойства? Какой из этих элементов образует газообразное соединение с водородом? Ответ мотивируйте строением атомов хрома и селена.

**1004.** Какую низшую степень окисления проявляют хлор, сера, азот и углерод? Почему? Составьте формулы соединений алюминия с данными элементами в этой их степени окисления. Как называются соответствующие соединения?

**1104.** У какого из р-элементов пятой группы периодической системы – фосфора или сурьмы — сильнее выражены неметаллические свойства? Какое из водородных соединений данных элементов является более сильным восстановителем? Ответ мотивируйте строением атома этих элементов.

**1204.** Исходя из положения металла в периодической системе, определите, какой из двух гидроксидов более сильное основание:  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  или  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ? Ответ мотивируйте.

**1304.** Почему марганец проявляет металлические свойства, а хлор – неметаллические? Ответ мотивируйте строением атома этих элементов. Напишите формулы оксидов и гидроксидов хлора и марганца.

**1404.** Какую низшую степень окисления проявляют водород, фтор, сера и азот? Почему? Составьте формулы соединений кальция с данными элементами в этой их степени окисления. Как называются соответствующие соединения?

**1504.** Какую низшую и высшую степень окисления проявляют кремний, мышьяк, селен и хлор? Почему? Составьте формулы соединений данных элементов, отвечающих этим степеням окисления.

**1604.** К какому семейству относятся элементы, в атомах которых последний электрон поступает на 4f- и 5f-орбитали? Сколько элементов включает каждое из этих семейств? Как отражается на свойствах этих

элементов электронное строение их атомов?

**1704.** Атомные массы элементов в периодической системе непрерывно увеличиваются, тогда как свойства простых тел изменяются периодически. Чем это можно объяснить?

**1804.** Какова современная формулировка периодического закона? Объясните, почему в периодической системе элементов аргон, кобальт, теллур и торий помещены соответственно перед калием, никелем, йодом и протактинием, хотя и имеют большую атомную массу?

**1904.** Какую низшую и высшую степень окисления проявляют углерод, фосфор, сера и йод? Почему? Составьте формулы соединений данных элементов, отвечающих этим степеням окисления.

**2004.** Какую высшую степень окисления могут проявлять германий, ванадий, марганец и ксенон? Почему? Составьте формулы оксидов данных элементов, отвечающих этой степени окисления.

**2104.** Исходя из положения германия, цезия и технеция в периодической системе, составьте формулы следующих соединений: мета- и ортогерманиевой кислот, дигидрофосфата цезия и оксида технеция, отвечающего его высшей степени окисления. Изобразите графически формулы этих соединений.

**2204.** Что такое энергия ионизации? В каких единицах она выражается. Как изменяется восстановительная активность s- и p-элементов в группах периодической системы с увеличением порядкового номера? Почему?

**2304.** Что такое электроотрицательность? Как изменяется электроотрицательность p-элементов в периоде и в группе периодической системы с увеличением порядкового номера?

**2404.** Исходя из положения германия, молибдена и рения в периодической системе, составьте формулы следующих соединений: водородного соединения германия, рениевой кислоты и оксида молибдена, отвечающего его высшей степени окисления. Изобразите графически формулы этих соединений.

**2504.** Что такое сродство к электрону? В каких единицах оно выражается? Как изменяется окислительная активность неметаллов в периоде и в группе периодической системы с увеличением порядкового номера? Ответ мотивируйте строением атомов соответствующих элементов.

**2604.** Составьте формулы оксидов и гидроксидов элементов третьего периода периодической системы, отвечающих их высшей степени окисления. Как изменяется химический характер этих соединений при переходе от натрия к хлору?

**2704.** Какой из элементов четвертого периода – ванадий или мышьяк – обладает более выраженными металлическими свойствами? Какой из этих элементов образует газообразное соединение с водородом?

Ответ мотивируйте, исходя из строения атомов данных элементов.

**2804.** Какие элементы образуют газообразные соединения с водородом? В каких группах периодической системы находятся эти элементы? Составьте формулы водородных и кислородных соединений хлора, теллура и сурьмы, отвечающих их низшей и высшей степеням окисления.

**2904.** У какого элемента четвертого периода – хрома или селена сильнее выражены металлические свойства? Какой из этих элементов образует газообразное соединение с водородом? Ответ мотивируйте строением атомов хрома и селена.

**3004.** Какую низшую степень окисления проявляют хлор, сера, азот и углерод? Почему? Составьте формулы соединений алюминия с данными элементами в этой их степени окисления. Как называются соответствующие соединения?

## 2.5. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Таблица 5.1. Относительные электроотрицательности атомов (по Полингу)

Li	Be	B	C	N	O	F
0,98	1,5	2,0	2,5	3,07	3,5	4,0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0,93	1,2	1,6	1,9	2,2	2,6	3,0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
0,91	1,04	1,8	2,0	2,1	2,5	2,8
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
0,89	0,99	1,5	1,7	1,8	2,1	2,6

**Задача 5.1.** Вычислить разность относительных электроотрицательностей атомов для связей Н—О и О—Э в соединениях Э(ОН)<sub>2</sub>, где Э = Mg, Ca или Sr, и определить: а) какая из связей, Н—О или О—Э характеризуется в каждой молекуле большей степенью ионности; б) каков характер диссоциации этих молекул в водном растворе?

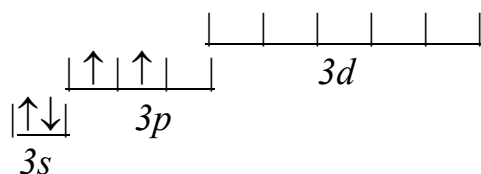
**Решение.** По данным табл. 5.1 вычисляем разность электроотрицательностей для связей О—Э:  $\Delta\chi(\text{Mg-O}) = 3,5 - 1,2 = 2,3$ ;  $\Delta\chi(\text{Ca-O}) = 3,5 - 1,04 = 2,46$ ;  $\Delta\chi(\text{Sr-O}) = 3,5 - 0,99 = 2,51$ . Разность электроотрицательностей для связи О—Н составляет 1,4.

Таким образом: а) во всех рассмотренных молекулах связь Э—О более полярна, т. е. характеризуется большей степенью ионности; б)

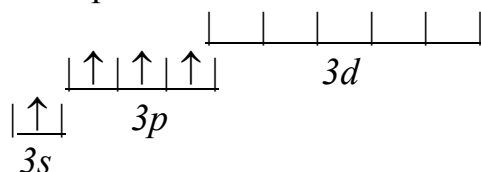
диссоциация на ионы в водных растворах будет осуществляться по наиболее ионной связи в соответствии со схемой:  $\text{Э}(\text{OH})_2 = \text{Э}^{2+} + 2\text{OH}^-$ , следовательно, все рассматриваемые соединения будут диссоциировать по типу оснований.

**Пример 5.2.** Объяснить механизм образования молекулы  $\text{SiF}_4$  и иона  $\text{SiF}_6^{2-}$ . Может ли существовать ион  $\text{CF}_6^{2-}$ ?

**Решение.** Электронная конфигурация атома кремния –  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ . Электронное строение его валентных орбиталей на последнем уровне в обычном (невозбужденном) состоянии может быть представлено по схеме:



В возбужденном состоянии (в соединениях) атом кремния переходит в состояние  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3$  и строение его валентных орбиталей может быть представлено по схеме:



Четыре образовавшихся неспаренных электрона возбужденного атома кремния могут участвовать в образовании четырех ковалентных связей по обычному механизму с атомами фтора (у каждого из которых конфигурация –  $1s^2 2s^2 2p^5$ ), имеющими по одному неспаренному электрону, с образованием молекулы  $\text{SiF}_4$ .

Для образования иона  $\text{SiF}_6^{2-}$  к молекуле  $\text{SiF}_4$  должны присоединиться два фторидных аниона  $\text{F}^-$  ( $1s^2 2s^2 2p^6$ ), все валентные электроны у которых спарены. В этом случае связь осуществляется по донорно-акцепторному механизму за счет пары электронов каждого из фторид-ионов и двух вакантных  $3d$ -орбиталей атома кремния.

Углерод ( $1s^2 2s^2 2p^2$ ) может образовать, подобно кремнию, соединение  $\text{CF}_4$ , но при этом валентные возможности углерода будут полностью исчерпаны (нет неспаренных электронов, неподеленных пар электронов и вакантных орбиталей на валентном уровне). Ион  $\text{CF}_6^{2-}$  образоваться не может.

**0105.** Какую химическую связь называют ковалентной? Чем можно объяснить направленность ковалентной связи? Как метод валентных связей (ВС) объясняет строение молекулы воды?

**0205.** Какая ковалентная связь называется неполярной и какая полярной? Что служит количественной мерой полярности ковалентной связи? Составьте электронные формулы строения молекул  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HI}$ .

Какие из них являются диполями?

**0305.** Какой способ образования ковалентной связи называется донорно-акцепторным? Какие химические связи имеются в ионах  $\text{VF}_4^-$  и  $\text{NH}_4^+$ ? Укажите донор и акцептор.

**0405.** Как метод валентных связей (ВС) объясняет линейное строение молекулы  $\text{BaCl}_2$  и тетраэдрическое  $\text{CH}_4$ ?

**0505.** Какая ковалентная связь называется  $\sigma$ -связью и какая  $\pi$ -связью? Разберитесь на примере строения молекулы азота.

**0605.** Сколько неспаренных электронов имеет атом хлора в нормальном и возбужденном состояниях? Распределите эти электроны по квантовым ячейкам. Чему равна валентность хлора, обусловленная неспаренными электронами?

**0705.** Распределите электроны атома серы по квантовым ячейкам. Сколько неспаренных электронов имеют ее атомы в нормальном и возбужденном состояниях? Чему равна валентность серы, обусловленная неспаренными электронами?

**0805.** Что называется дипольным моментом? Какая из молекул:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  или  $\text{HI}$  имеет наибольший дипольный момент? Почему? Составьте электронную формулу строения молекулы  $\text{NH}_3$

**0905.** Какие кристаллические структуры называются ионными, атомными, молекулярными и металлическими? Кристаллы каких из веществ: алмаз, хлорид натрия, диоксид углерода, цинк – имеют указанные структуры?

**1005.** Составьте электронные формулы строения молекул  $\text{Cl}_2$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{CCl}_4$ . В каких молекулах ковалентная связь является полярной? Как метод валентных связей (ВС) объясняет угловое строение молекулы  $\text{H}_2\text{S}$ ?

**1105.** Чем отличается структура кристаллов  $\text{NaCl}$  от структуры кристаллов натрия? Какой вид связи осуществляется в этих кристаллах?

**1205.** Какая химическая связь называется водородной? Между молекулами каких веществ она образуется? Почему  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{HF}$ , имея меньшую молекулярную массу, плавятся и кипят при более высоких температурах, чем их аналоги?

**1305.** Какая химическая связь называется ионной? Каков механизм ее образования? Какие свойства ионной связи отличают ее от ковалентной? Приведите два примера типичных ионных соединений. Напишите уравнения превращения соответствующих ионов в нейтральные атомы.

**1405.** Что понимают под степенью окисления и валентностью атома? Определите степень окисления и валентность атома углерода в соединениях  $\text{CH}_4$ ;  $\text{CH}_3\text{OH}$ ;  $\text{HCOOH}$ ;  $\text{CO}_2$ ;  $\text{CO}$ .

**1505.** Какие силы межмолекулярного взаимодействия называются ориентационными, индукционными и дисперсионными? Когда они возникают и какова природа этих сил?

**1605.** Какая химическая связь называется координационной или донорно-акцепторной? Разберите строение комплекса  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Укажите донор и акцептор. Как метод валентных связей (ВС) объясняет тетраэдрическое строение этого иона?

**1705.** Какие электроны атома бора участвуют в образовании ковалентных связей? Как метод валентных связей (ВС) объясняет симметрическую треугольную форму молекулы  $\text{BF}_3$ ?

**1805.** Ион гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$  имеет донорно-акцепторную связь. Разберите его строение, указав донор и акцептор. Как объясняется тетраэдрическая форма этого иона?

**1905.** Напишите электронные формулы следующих ионных соединений: фторид калия, оксид магния, хлорид кальция, сульфид натрия.

**2005.** Напишите электронные формулы соединений с ковалентной связью: хлор, метан, сероводород, формальдегид (метаналь).

**2105.** Какую химическую связь называют ковалентной? Чем можно объяснить направленность ковалентной связи? Как метод валентных связей (ВС) объясняет строение молекулы воды?

**2205.** Какая ковалентная связь называется неполярной и какая полярной? Что служит количественной мерой полярности ковалентной связи? Составьте электронные формулы строения молекул  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HI}$ . Какие из них являются диполями?

**2305.** Какой способ образования ковалентной связи называется донорно-акцепторным? Какие химические связи имеются в ионах  $\text{BF}_4^-$  и  $\text{NH}_4^+$ ? Укажите донор и акцептор.

**2405.** Как метод валентных связей (ВС) объясняет линейное строение молекулы  $\text{BaCl}_2$  и тетраэдрическое  $\text{CH}_4$ ?

**2505.** Какая ковалентная связь называется  $\sigma$ -связью и какая  $\pi$ -связью? Разберите на примере строения молекулы азота.

**2605.** Сколько неспаренных электронов имеет атом хлора в нормальном и возбужденном состояниях? Распределите эти электроны по квантовым ячейкам. Чему равна валентность хлора, обусловленная неспаренными электронами?

**2705.** Распределите электроны атома серы по квантовым ячейкам. Сколько неспаренных электронов имеют ее атомы в нормальном и возбужденном состояниях? Чему равна валентность серы, обусловленная неспаренными электронами?

**2805.** Что называется дипольным моментом? Какая из молекул:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  или  $\text{HI}$  имеет наибольший дипольный момент? Почему? Составьте электронную формулу строения молекулы  $\text{NH}_3$

**2905.** Какие кристаллические структуры называются ионными, атомными, молекулярными и металлическими? Кристаллы каких из веществ: алмаз, хлорид натрия, диоксид углерода, цинк – имеют указанные структуры?

**3005.** Составьте электронные формулы строения молекул  $\text{Cl}_2$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{CCl}_4$ . В каких молекулах ковалентная связь является полярной? Как метод валентных связей (ВС) объясняет угловое строение молекулы  $\text{H}_2\text{S}$ ?

## 2.6. ЭНЕРГЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 3.1. Написать термохимическое уравнение реакции сгорания толуола ( $\Delta H^\circ_{\text{сгор.}} = 3910,3$  кДж/моль). По написанному уравнению вычислить стандартную теплоту образования толуола.

Решение.  $\text{C}_7\text{H}_8(\text{ж}) + 9\text{O}_2(\text{г}) = 7\text{CO}_2(\text{г}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ ,

$$\Delta H^\circ_{\text{сгор.}} = 3910,3 \text{ кДж/моль.}$$

Из следствия закона Гесса

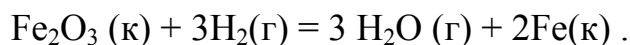
$$\Delta H^\circ_{\text{х.р.}} = \sum \Delta H^\circ_{\text{прод. реакц.}} - \sum \Delta H^\circ_{\text{исх. веществ.}} ;$$

$$\Delta H^\circ_{\text{х.р.}} = 7\Delta H^\circ \text{CO}_2 + 4 \Delta H^\circ \text{H}_2\text{O} - \Delta H^\circ \text{C}_7\text{H}_8 ;$$

$$-3910,3 = 7(-393,3) + 4(-236) - \Delta H^\circ \text{C}_7\text{H}_8 ;$$

$$\Delta H^\circ \text{C}_7\text{H}_8 = -3897,1 + 3910,3 = +13,2 \text{ кДж/моль.}$$

Задача 3.2. Пользуясь таблицей стандартных термодинамических величин, определить возможность осуществления при стандартных условиях процесса восстановления водородом оксида железа (III) до металлического железа:



Направление изобарно-изотермических процессов определяется знаком  $\Delta G$  (изобарно-изотермического потенциала или энергии Гиббса) рассчитанного по уравнению  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  в стандартных условиях, а также  $\Delta G^\circ_{\text{х.р.}} = \sum \Delta G^\circ_{\text{прод. р-ции.}} - \sum \Delta G^\circ_{\text{исх. в-в.}}$

Если  $\Delta G^\circ < 0$ , то процесс осуществим, если  $\Delta G^\circ > 0$  – процесс при данных условиях неосуществим.

$$\Delta G^\circ_{\text{х.р.}} = 3 \Delta G^\circ_{\text{H}_2\text{O}(\text{г})} + 2\Delta G^\circ_{\text{Fe}} - \Delta G^\circ_{\text{Fe}_2\text{O}_3} - 3\Delta G^\circ_{\text{H}_2}$$

Так как  $\Delta G^\circ_{\text{Fe}}$  и  $\Delta G^\circ_{\text{H}_2}$  равны нулю, то



$$\Delta G_{x.p.}^{\circ} = 3(-228) - (740) = + 56 \text{ кДж.}$$

В стандартных условиях процесс неосуществим.

**Задача 3.3.** Рассчитать, при какой температуре будет осуществим процесс.

**Решение.** Для этого необходимо рассчитать для реакции  $\text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{к}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 3 \text{H}_2\text{O} (\text{г}) + 2\text{Fe}(\text{к})$ :

1. Изменение энтальпии реакции

$$\Delta H^{\circ}_p = 3\Delta H^{\circ} \text{H}_2\text{O} (\text{г}) - \Delta H^{\circ} \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{к}) = 3(-242) - (-822) = 96 \text{ кДж/моль} = 96000 \text{ Дж/моль.}$$

2. Изменение энтропии реакции

$$\begin{aligned} \Delta S^{\circ}_p &= (3\Delta S^{\circ} \text{H}_2\text{O} (\text{г}) + 2\Delta S^{\circ} \text{Fe} (\text{к})) - (\Delta S^{\circ} \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{к}) + 3\Delta S^{\circ} \text{H}_2(\text{г})) = \\ &= 3(188,9) + 2(27,2) - 87,5 - 3(130,7) = 566,7 + 54,4 - 87,5 - 392,1 = \\ &111,5 \text{ Дж/моль град.} \end{aligned}$$

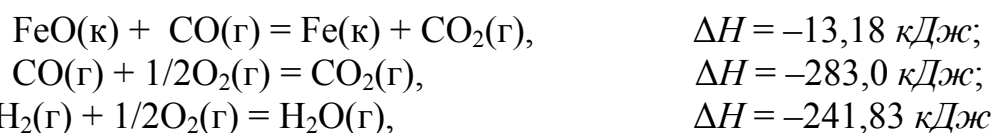
3. Температуру, при которой  $\Delta G < 0$ , то есть  $\Delta H - T\Delta S < 0$  или  $T > \Delta H/\Delta G$ ;

$$T > 96000/111,5 > 860,9 \text{ К или } t > 587,9^{\circ}\text{C.}$$

**0106.** Вычислите тепловой эффект реакции восстановления одного моля  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  металлическим алюминием.

**0206.** Газообразный этиловый спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  можно получить при взаимодействии этилена  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{г})$  и водяных паров. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.

**0306.** Вычислите тепловой эффект реакции восстановления оксида железа (+2) водородом, исходя из следующих термохимических уравнений:



**0406.** При взаимодействии газообразных сероводорода и диоксида углерода образуются пары воды и сероуглерода  $\text{CS}_2(\text{г})$ . Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.

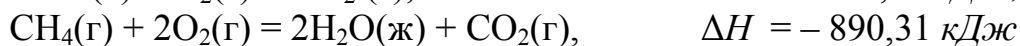
**0506.** Напишите термохимические уравнения реакции образования одного моля метана  $\text{CH}_4(\text{г})$  из оксида углерода  $\text{CO}(\text{г})$  и водорода. Сколько теплоты выделится в результате этой реакции?

**0606.** При взаимодействии газообразных метана и сероводорода образуются сероуглерод  $\text{CS}_2(\text{г})$  и водород. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.

**0706.** Кристаллический хлорид аммония образуется при взаимодействии газообразных аммиака и хлорида водорода. Напишите термохимическое уравнение этой реакции. Сколько теплоты выделится,

если в реакции было израсходовано 10 л аммиака в пересчете на нормальные условия?

**0806.** Вычислите теплоту образования метана, исходя из следующих термохимических уравнений:



**0906.** Вычислите теплоту образования гидроксида кальция, исходя из следующих термохимических уравнений:

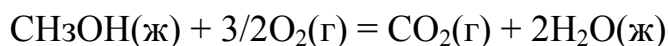


**1006.** Тепловой эффект реакции сгорания жидкого бензола с образованием паров воды и диоксида углерода равен  $-3135,58 \text{ кДж}$ . Составьте термохимическое уравнение этой реакции и вычислите теплоту образования  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж})$ .

**1106.** При взаимодействии трех молей гемиоксида азота  $\text{N}_2\text{O}$  с аммиаком образуются азот и пары воды. Тепловой эффект реакции равен  $-877,6 \text{ кДж}$ . Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите теплоту образования  $\text{N}_2\text{O}(\text{г})$ .

**1206.** При сгорании газообразного аммиака образуются пары воды и оксид азота  $\text{NO}(\text{г})$ . Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект в расчете на один моль  $\text{NH}_3(\text{г})$ .

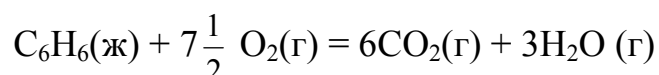
**1306.** Реакция горения метилового спирта выражается термохимическим уравнением



Вычислите тепловой эффект этой реакции,  $\Delta H$ ,  $\text{кДж}$ , если известно, что мольная теплота парообразования  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{ж})$  равна  $+37,4 \text{ кДж/моль}$ .

**1406.** Напишите термохимическое уравнение реакции горения одного моля этилового спирта, в результате которой образуются пары воды и диоксид углерода. Вычислите теплоту образования  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж})$ , если известно, что при сгорании  $11,5 \text{ г}$  его выделилось  $308,71 \text{ кДж}$  теплоты.

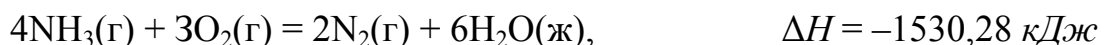
**1506.** Реакция горения бензола выражается термохимическим уравнением



Вычислите тепловой эффект этой реакции,  $\Delta H$ ,  $\text{кДж}$ , если известно, что мольная теплота парообразования бензола равна  $+33,9 \text{ кДж/моль}$ .

**1606.** Напишите термохимическое уравнение реакции горения одного моля этана  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{г})$ , в результате которой образуются пары воды и диоксид углерода. Сколько теплоты выделится при сгорании  $1 \text{ м}^3$  этана в пересчете на нормальные условия?

**1706.** Реакция горения аммиака выражается термохимическим уравнением:



Вычислите теплоту образования  $\text{NH}_3(\text{г})$ .

**1806.** Теплота растворения безводного хлорида стронция  $\text{SrCl}_2$  равна  $-47,70 \text{ кДж}$ , а теплота растворения кристаллогидрата  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  равна  $+30,96 \text{ кДж}$ . Вычислите теплоту гидратации  $\text{SrCl}_2$ .

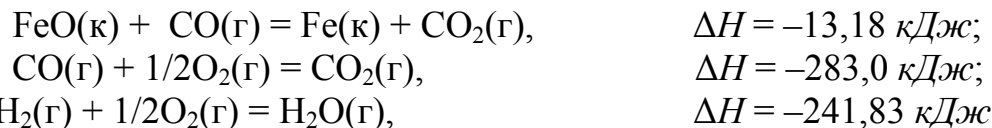
**1906.** Теплоты растворения сульфата меди  $\text{CuSO}_4$  и медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  соответственно равны  $-66,11$  и  $+11,72 \text{ кДж}$ . Вычислите теплоту гидратации  $\text{CuSO}_4$ .

**2006.** При получении одного моля эквивалентов гидроксида кальция из  $\text{CaO}(\text{к})$  и  $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$  выделяется  $32,53 \text{ кДж}$  теплоты. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите теплоту образования оксида кальция.

**2106.** Вычислите тепловой эффект реакции восстановления одного моля  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  металлическим алюминием.

**2206.** Газообразный этиловый спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  можно получить при взаимодействии этилена  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{г})$  и водяных паров. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.

**2306.** Вычислите тепловой эффект реакции восстановления оксида железа (+2) водородом, исходя из следующих термохимических уравнений:



**2406.** При взаимодействии газообразных сероводорода и диоксида углерода образуются пары воды и сероуглерода  $\text{CS}_2(\text{г})$ . Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.

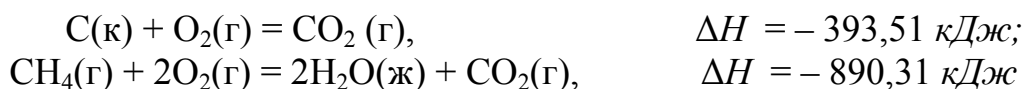
**2506.** Напишите термохимические уравнения реакции образования одного моля метана  $\text{CH}_4(\text{г})$  из оксида углерода  $\text{CO}(\text{г})$  и водорода. Сколько теплоты выделится в результате этой реакции?

**2606.** При взаимодействии газообразных метана и сероводорода образуются сероуглерод  $\text{CS}_2(\text{г})$  и водород. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите ее тепловой эффект.

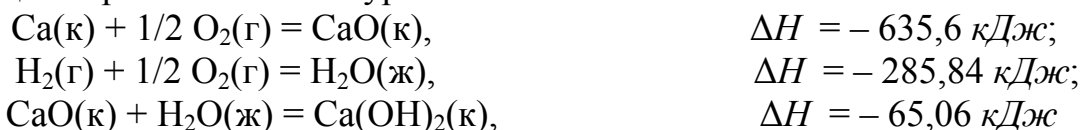
**2706.** Кристаллический хлорид аммония образуется при взаимодействии газообразных аммиака и хлорида водорода. Напишите термохимическое уравнение этой реакции. Сколько теплоты выделится, если в реакции было израсходовано  $10 \text{ л}$  аммиака в пересчете на нормальные условия?

**2806.** Вычислите теплоту образования метана, исходя из следующих термохимических уравнений:





**2906.** Вычислите теплоту образования гидроксида кальция, исходя из следующих термохимических уравнений:



**3006.** Тепловой эффект реакции сгорания жидкого бензола с образованием паров воды и диоксида углерода равен  $-3135,58 \text{ кДж}$ . Составьте термохимическое уравнение этой реакции и вычислите теплоту образования  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж})$ .

## 2.7. НАПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**Задача 7.1.** Используя стандартные значения теплот образования и энтропий (приложения), вычислить энергию Гиббса для реакции, протекающей по уравнению  $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$ .

**Решение.** Ответ находится по формуле определения изменения энтальпии реакции по разнице теплот образования веществ:

$$\begin{aligned} \Delta H^0 &= \Delta H^0(\text{CO}_{2(\text{г})}) + \Delta H^0(\text{H}_{2(\text{г})}) - \Delta H^0(\text{CO}_{(\text{г})}) - \Delta H^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) = \\ &= -393,5 + 0 - (-110,5) - (-285,8) = +2,8 \text{ кДж} \quad \text{— реакция} \end{aligned}$$

эндотермическая.

Формула для поиска изменения энтропии в ходе реакции имеет структуру, аналогичную энтальпийной — из суммы энтропий продуктов вычитают сумму энтальпий реагентов:

$$\begin{aligned} \Delta S^0 &= \Delta S^0(\text{CO}_{2(\text{г})}) + \Delta S^0(\text{H}_{2(\text{г})}) - \Delta S^0(\text{CO}_{(\text{г})}) - \Delta S^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) = 213,6 + \\ &+ 130,6 - 197,9 - 69,9 = 76,4 \text{ Дж/К} = 0,0764 \text{ кДж/К} \end{aligned}$$

Окончательно имеем

$$\Delta G^0 = +2,8 - 298 \cdot 0,0764 = -19,9 \text{ кДж}$$

**Задача 7.2.** В каком направлении в стандартных условиях протекает реакция  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ ?

**Решение.** В Приложениях имеются данные по значениям энергии Гиббса образования указанных в реакции веществ, поэтому мы можем их использовать в расчете непосредственно. Как и для энтальпии, изменение энергии Гиббса в реакции равно сумме энергий образования продуктов за вычетом суммы их в реагентах, а для простого вещества  $\Delta G^0 = 0$ . Запишем это для прямой реакции:

$$\begin{aligned} \Delta G^0 &= 2 \Delta G^0(\text{CO}) + 2 \Delta G^0(\text{H}_2) - \Delta G^0(\text{CH}_4) - \Delta G^0(\text{CO}_2) = \\ &= 2 \cdot (-137,3) + 2 \cdot 0 - (-50,8) - (-394,4) = +170,6 \text{ кДж} > 0 \end{aligned}$$

Получено положительное изменение энергии Гиббса. Это говорит о том, что протекание реакции в прямом направлении при стандартных

условиях (298 К и 101300 Па  $\approx$  1 атм) невозможно. Значит, реакция протекает в обратном направлении – справа налево.

**Задача 7.3.** Восстановление  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  водородом протекает по уравнению  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{H}_2 = 2\text{Fe}(\text{к}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ ;  $\Delta H^0 = +96 \text{ кДж}$

Возможна ли эта реакция при стандартных условиях, если изменение энтропии в реакции  $\Delta S^0 = 0,11 \text{ кДж/К}$ ?

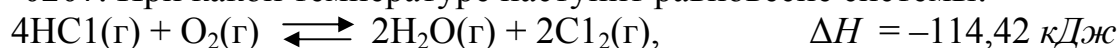
**Решение.** Для ответа вычислим  $\Delta G^0$  реакции:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \cdot \Delta S^0 = 96 - 298 \cdot 0,11 \approx 66 \text{ кДж} > 0$$

То есть, эта реакция при стандартных условиях неосуществима, наоборот, при этих условиях идет обратная реакция окисления (коррозия) железа.

**0107.** Стандартные теплоты образования оксида и диоксида азота равны, соответственно, +90,37 и +33,85 кДж. Определить  $\Delta S^0$  и  $\Delta G^0$  для реакций получения NO и NO<sub>2</sub> из простых веществ. Можно ли получить эти оксиды при стандартных условиях? Какой из оксидов образуется при высокой температуре? Почему?

**0207.** При какой температуре наступит равновесие системы:



Что является более сильным окислителем, хлор или кислород в этой системе и при каких температурах?

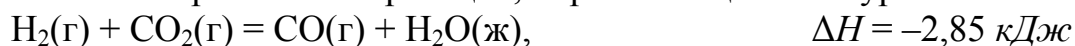
**0307.** Восстановление  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  оксидом углерода идет по уравнению  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к}) + \text{CO}(\text{г}) = 3\text{FeO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$ . Вычислите  $\Delta G^0$  и сделайте вывод о возможности самопроизвольного протекания этой реакции при стандартных условиях. Чему равно  $\Delta S^0$  в этом процессе?

**0407.** Реакция горения ацетилена протекает по уравнению

$\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 5/2\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ . Вычислите  $\Delta G^0$  и  $\Delta S^0$  и объясните уменьшение энтропии в результате этой реакции.

**0507.** Уменьшается или увеличивается энтропия при переходах: а) воды в пар; б) графита в алмаз? Почему? Вычислите  $\Delta S^0$  для каждого превращения. Сделайте вывод о количественном изменении энтропии при фазовых и аллотропических превращениях.

**0607.** Чем можно объяснить, что при стандартных условиях невозможна экзотермическая реакция, протекающая по уравнению



Зная тепловой эффект реакции и абсолютные стандартные энтропии соответствующих веществ, определите  $\Delta G^0$  этой реакции.

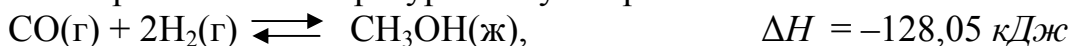
**0707.** Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе:  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{г})$

Ответ мотивируйте, вычислив  $\Delta G^0$  прямой реакции.

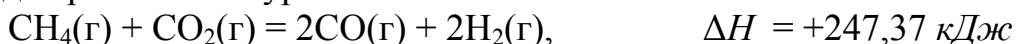
**0807.** Исходя из значений стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ, вычислите  $\Delta G^0$  реакции, протекающей по уравнению:  $\text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{к})$

Может ли эта реакция при стандартных условиях идти самопроизвольно?

**0907.** При какой температуре наступит равновесие системы



**1007.** Эндотермическая реакция взаимодействия метана с диоксидом углерода протекает по уравнению



При какой температуре начнется эта реакция?

**1107.** Определите  $\Delta G^0$  реакции, протекающей по уравнению

$4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г}) = 4\text{NO}(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ . Вычисления сделайте на основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ. Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

**1207.** На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите  $\Delta G^0$  реакции, протекающей по уравнению:  $\text{CO}_2(\text{г}) + 4\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ . Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

**1307.** Вычислите изменение энтропии в реакции образования аммиака из водорода и азота. При расчете можно исходить из  $\Delta S^0$  соответствующих газов, так как энтропия с изменением температуры меняется незначительно. Чем можно объяснить отрицательные значения  $\Delta S^0$ ?

**1407.** Какие из карбонатов:  $\text{BeCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  или  $\text{BaCO}_3$  можно получить по реакции взаимодействия соответствующих оксидов с  $\text{CO}_2$ ? Какая реакция идет наиболее энергично? Вывод сделайте, вычислив  $\Delta G^0$  реакций.

**1507.** На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите  $\Delta G^0$  реакции, протекающей по уравнению:  $\text{CO}(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ . Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

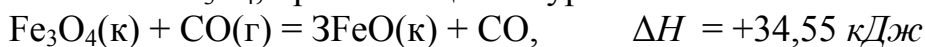
**1607.** Образование сероводорода из простых веществ протекает по уравнению



Исходя из значений энтропий соответствующих веществ, определите  $\Delta S^0$  и  $\Delta G^0$  для этой реакции.

**1707.** На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите  $\Delta G^0$  реакции, протекающей по уравнению  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ . Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

**1807.** Определите, при какой температуре начнется реакция восстановления  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , протекающая по уравнению:



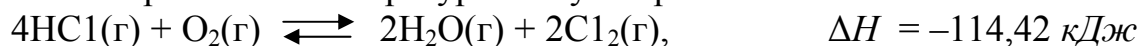
**1907.** Вычислите, при какой температуре начнется диссоциация пентахлорида фосфора, протекающая по уравнению



**2007.** Вычислите изменение энтропии для реакций, протекающих по уравнениям:  $2\text{CH}_4(\text{г}) = \text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г})$ ,  $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = 2\text{NH}_3(\text{г})$ ,  $\text{C}(\text{графит}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г})$ . Почему в этих реакциях  $\Delta S^0 > 0$ ;  $< 0$ ;  $\approx 0$ ?

**2107.** Стандартные теплоты образования оксида и диоксида азота равны, соответственно, +90,37 и +33,85 кДж. Определить  $\Delta S^0$  и  $\Delta G^0$  для реакций получения NO и NO<sub>2</sub> из простых веществ. Можно ли получить эти оксиды при стандартных условиях? Какой из оксидов образуется при высокой температуре? Почему?

**2207.** При какой температуре наступит равновесие системы:



Что является более сильным окислителем, хлор или кислород в этой системе и при каких температурах?

**2307.** Восстановление Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> оксидом углерода идет по уравнению:

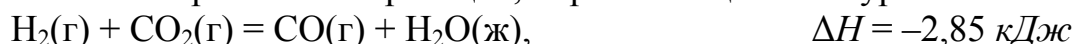
$\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к}) + \text{CO}(\text{г}) = 3\text{FeO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$ . Вычислите  $\Delta G^0$  и сделайте вывод о возможности самопроизвольного протекания этой реакции при стандартных условиях. Чему равна  $\Delta S^0$  в этом процессе?

**2407.** Реакция горения ацетилен протекает по уравнению

$\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 5/2\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ . Вычислите  $\Delta G^0$  и  $\Delta S^0$  и объясните уменьшение энтропии в результате этой реакции.

**2507.** Уменьшается или увеличивается энтропия при переходах: а) воды в пар; б) графита в алмаз? Почему? Вычислите  $\Delta S^0$  для каждого превращения. Сделайте вывод о количественном изменении энтропии при фазовых и аллотропических превращениях.

**2607.** Чем можно объяснить, что при стандартных условиях невозможна экзотермическая реакция, протекающая по уравнению:



Зная тепловой эффект реакции и абсолютные стандартные энтропии соответствующих веществ, определите  $\Delta G^0$  этой реакции.

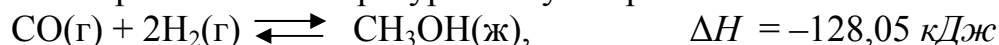
**2707.** Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе:  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{г})$ .

Ответ мотивируйте, вычислив  $\Delta G^0$  прямой реакции.

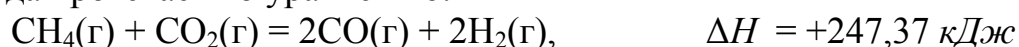
**2807.** Исходя из значений стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ, вычислите  $\Delta G^0$  реакции, протекающей по уравнению:  $\text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{к})$

Может ли эта реакция при стандартных условиях идти самопроизвольно?

**2907.** При какой температуре наступит равновесие системы:



**3007.** Эндотермическая реакция взаимодействия метана с диоксидом углерода протекает по уравнению:



При какой температуре начнется эта реакция?

## 2.8. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И РАВНОВЕСИЕ

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 8.1. Для реакции  $A(г) + 2B(г) = C(г)$  :

1. Написать математическое выражение для скорости реакции.
2. Найти начальную скорость реакции при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  исходя из следующих данных:  $C_A = 0,3$  моль/л,  $C_B = 0,5$  моль/л.
3. Как изменится скорость реакции при увеличении концентрации В на 0,1 моль?
4. Во сколько раз возрастет скорость реакции при повышении температуры на  $30^{\circ}\text{C}$  (температурный коэффициент  $\gamma = 2$ )?

Решение.

1.  $A(г) + 2B(г) \rightarrow C(г)$ ;  
 $V = K C_A C_B^2$ .
2. Начальная скорость реакции при  $100^{\circ}\text{C}$   
 $V_1 = K C_A C_B^2 = 0,4 (0,3) (0,5)^2 = 0,03$ .
3. При увеличении концентрации В на 0,1 моль, скорость реакции равна  $V_2 = 0,4 \cdot 0,3 \cdot (0,5 + 0,1)^2 = 0,0432$ ,  
то есть происходит изменение скорости  
 $\frac{0,4 \cdot 0,3 \cdot 0,6^2}{0,4 \cdot 0,3 \cdot 0,5^2} = \frac{0,36}{0,25} = 1,44$  (увеличение в 1,44 раза).
4.  $V_{t_2} = V_{t_1} \cdot \gamma \cdot \exp(t_2 - t_1) / 10 = V_{t_1} \cdot 2^{(130 - 100) / 10} = V_{t_1} \cdot 2^3 = 8$ .  
При повышении температуры на  $30^{\circ}\text{C}$  скорость реакции увеличилась в 8 раз.

Задача 8.2.

Вычислить состав равновесной смеси и константу равновесия ( $K_p$ ) реакции  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$ , если исходные концентрации  $\text{CO} = 0,03$  моль/л,  $\text{Cl}_2 = 0,02$  моль/л, равновесная концентрация  $[\text{CO}] = 0,021$  моль/л.

Решение.

1. Равновесные концентрации компонентов в системе  $[\text{CO}] = 0,021$ , то есть прореагировало  $\text{CO} - 0,009$  моль/л ( $0,03 - 0,021$ ).

Такое же количество  $\text{Cl}_2$  вступило в реакцию и, следовательно, равновесная концентрация  $\text{Cl}_2$  будет  $0,02 - 0,009 = 0,011$  моль/л; образовалось  $\text{COCl}_2 - 0,009$  моль/л.

2. Константа равновесия реакции

$$K = [\text{COCl}_2] / [\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2], \quad K = 0,009 / 0,021 \cdot 0,011 = 39.$$

**0108.** Окисление серы и ее диоксида протекают по уравнениям:  
а)  $\text{S}(к) + \text{O}_2(г) = \text{SO}_2(г)$ ; б)  $2\text{SO}_2(г) + \text{O}_2(г) = 2\text{SO}_3(г)$ . Как изменятся скорости этих реакций, если объемы каждой из систем уменьшить в четыре раза?

**0208.** Напишите выражение для константы равновесия гомогенной





системы:  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ . Как изменится скорость прямой реакции – образования аммиака, если увеличить концентрацию водорода в 3 раза?

**0308.** Реакция идет по уравнению  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ . Концентрации исходных веществ до начала реакции были:  $C_M(N_2) = 0,049$  моль/л,  $C_M(O_2) = 0,01$  моль/л. Вычислите концентрацию этих веществ в момент, когда концентрация NO стала равной 0,005 моль/л.

**0408.** Реакция идет по уравнению  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ . Концентрации участвующих в ней веществ были:  $C_M(N_2) = 0,80$  моль/л,  $C_M(H_2) = 1,5$  моль/л,  $C_M(NH_3) = 0,10$  моль/л. Вычислите концентрацию водорода и аммиака, когда концентрация азота стала равной 0,50 моль/л.

**0508.** Реакция идет по уравнению  $H_2 + I_2 = 2HI$ . Константа скорости этой реакции при 508°C равна 0,16. Исходные концентрации реагирующих веществ были:  $C_M(H_2) = 0,04$  моль/л,  $C_M(I_2) = 0,05$  моль/л. Вычислите начальную скорость реакции и скорость ее, когда концентрация водорода стала равной 0,03 моль/л.

**0608.** Вычислите, во сколько раз уменьшится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, если понизить температуру от 120 °C до 80 °C. Температурный коэффициент скорости реакции равен трем.

**0708.** Как изменится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при повышении температуры на 60°, если температурный коэффициент скорости данной реакции равен двум?

**0808.** Как изменится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при понижении температуры на 30°, если температурный коэффициент скорости данной реакции равен трем?

**0908.** Напишите выражение для константы равновесия гомогенной системы:  $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ . Как изменится скорость прямой реакции – образования серного ангидрида, если увеличить концентрацию  $SO_3$  в 3 раза?

**1008.** Напишите выражение для константы равновесия гомогенной системы:  $CH_4 + CO_2 \rightleftharpoons 2CO + 2H_2$ . Как следует изменить температуру и давление, чтобы повысить выход водорода? Прямая реакция – образование водорода – эндотермическая.

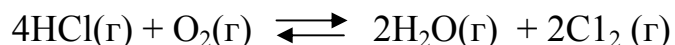
**1108.** Реакция идет по уравнению  $2NO + O_2 = 2NO_2$ . Концентрации исходных веществ были:  $C_M(NO) = 0,03$  моль/л,  $C_M(O_2) = 0,05$  моль/л. Как изменится скорость реакции, если увеличить концентрацию кислорода до 0,10 моль/л и концентрацию NO до 0,06 моль/л?

**1208.** Напишите выражение для константы равновесия гетерогенной системы:  $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$ . Как изменится скорость прямой реакции – образования CO, если концентрацию  $CO_2$  уменьшить в четыре раза? Как следует изменить давление, чтобы повысить выход CO?

**1308.** Напишите выражение для константы равновесия гетерогенной системы  $C + H_2O(g) \rightleftharpoons CO + H_2$ . Как следует изменить концентрацию и давление, чтобы сместить равновесие в сторону обратной

реакции – образования водяных паров?

**1408.** Равновесие гомогенной системы



установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0,14 \text{ моль/л}, \quad [\text{Cl}_2] = 0,14 \text{ моль/л}, \quad [\text{HCl}] = 0,20 \text{ моль/л},$$

$[\text{O}_2] = 0,32 \text{ моль/л}$ . Вычислите исходные концентрации хлористого водорода и кислорода.

**1508.** Вычислите константу равновесия для гомогенной системы

$\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$ , если равновесные концентрации реагирующих веществ  $[\text{CO}] = 0,004 \text{ моль/л}$ ,  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,064 \text{ моль/л}$ ,  $[\text{CO}_2] = 0,016 \text{ моль/л}$ ,  $[\text{H}_2] = 0,016 \text{ моль/л}$ .

**1608.** Константа равновесия гомогенной системы

$\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$  при некоторой температуре равна 1. Вычислите равновесные концентрации всех реагирующих веществ, если исходные концентрации  $C_M(\text{CO}) = 0,10 \text{ моль/л}$ ,  $C_M(\text{H}_2\text{O}) = 0,40 \text{ моль/л}$ .

**1708.** Константа равновесия гомогенной системы  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  при температуре  $400^\circ$  равна 0,1. Равновесные концентрации водорода и аммиака соответственно равны 0,2 моль/л и 0,08 моль/л. Вычислите равновесную и начальную концентрацию азота.

**1808.** При некоторой температуре равновесие гомогенной системы

$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:  $[\text{NO}] = 0,2 \text{ моль/л}$ ,  $[\text{O}_2] = 0,1 \text{ моль/л}$ ,  $[\text{NO}_2] = 0,1 \text{ моль/л}$ . Вычислите константу равновесия реакции и исходную концентрацию NO и  $\text{O}_2$ .

**1908.** Почему при изменении давления смещается равновесие системы  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  и не смещается равновесие системы  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ ? Напишите выражения для констант равновесия каждой из данных систем.

**2008.** Исходные концентрации NO и  $\text{Cl}_2$  в гомогенной системе

$2\text{NO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{NOCl}$  составляют соответственно 0,5 и 0,2 моль/л. Вычислите константу равновесия, если к моменту наступления равновесия прореагировало 20 % NO.

**2108.** Окисление серы и ее диоксида протекают по уравнениям:

а)  $\text{S}(\text{к}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{SO}_2(\text{г})$ , б)  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г})$ . Как изменятся скорости этих реакций, если объемы каждой из систем уменьшить в четыре раза?

**2208.** Напишите выражение для константы равновесия гомогенной системы:  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ . Как изменится скорость прямой реакции – образования аммиака, если увеличить концентрацию водорода в 3 раза?

**2308.** Реакция идет по уравнению  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ . Концентрации исходных веществ до начала реакции были:  $C_M(\text{N}_2) = 0,049 \text{ моль/л}$ ,  $C_M(\text{O}_2) = 0,01 \text{ моль/л}$ . Вычислите концентрацию этих веществ в момент, когда концентрация NO стала равной 0,005 моль/л.

**2408.** Реакция идет по уравнению  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ . Концентрации участвующих в ней веществ были:  $C_M(N_2) = 0,80$  моль/л,  $C_M(H_2) = 1,5$  моль/л,  $C_M(NH_3) = 0,10$  моль/л. Вычислите концентрацию водорода и аммиака, когда концентрация азота стала равной  $0,50$  моль/л.

**2508.** Реакция идет по уравнению  $H_2 + I_2 = 2HI$ . Константа скорости этой реакции при  $508^\circ C$  равна  $0,16$ . Исходные концентрации реагирующих веществ были:  $C_M(H_2) = 0,04$  моль/л,  $C_M(I_2) = 0,05$  моль/л. Вычислите начальную скорость реакции и скорость ее, когда концентрация водорода стала равной  $0,03$  моль/л.

**2608.** Вычислите, во сколько раз уменьшится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, если понизить температуру от  $120^\circ C$  до  $80^\circ C$ . Температурный коэффициент скорости реакции равен трем.

**2708.** Как изменится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при повышении температуры на  $60^\circ$ , если температурный коэффициент скорости данной реакции равен двум?

**2808.** Как изменится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при понижении температуры на  $30^\circ$ , если температурный коэффициент скорости данной реакции равен трем?

**2908.** Напишите выражение для константы равновесия гомогенной системы  $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ . Как изменится скорость прямой реакции – образования серного ангидрида, если увеличить концентрацию  $SO_3$  в 3 раза?

**3008.** Напишите выражение для константы равновесия гомогенной системы:  $CH_4 + CO_2 \rightleftharpoons 2CO + 2H_2$ . Как следует изменить температуру и давление, чтобы повысить выход водорода? Прямая реакция – образование водорода – эндотермическая.

## 2.9. РАСТВОРЫ. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 9.1. Вычислить массовую долю ( $W, \%$ ), молярную ( $M$ ), нормальную ( $n$ ), моляльную ( $M$ ) концентрации и титр водного раствора  $CuSO_4$  ( $\rho=1,107$ ), полученного при растворении  $10$  г соли в  $90$  мл воды.

Решение.

Массовая доля растворимого вещества  $W, \% = (m / P) \cdot 100$ , где  $m$  – масса растворенного вещества, г;  $P$  – масса раствора, г.

Масса раствора  $P = 90 + 10 = 100$ ,  $W \% = (10 / 100) \cdot 100 = 10 \%$ .

Молярная концентрация – число молей растворенного вещества в  $1$  л раствора.

В  $1$  литре раствора содержится  $CuSO_4$ :

$100$  г раствора

содержит  $10$  г  $CuSO_4$ ,

1000 · 1,107 г (1 л раствора) содержит X г CuSO<sub>4</sub>.

$$X = \frac{1000 \cdot 1,107 \cdot 10}{100} = 110,7 \text{ г.}$$

Молярная масса CuSO<sub>4</sub> равна 159,5 г/моль.

Молярность раствора M = (110,7 / 159,5) = 0,68 моль/л.

Нормальная концентрация – число эквивалентов растворенного вещества в 1 литре раствора.

Молярная масса эквивалента CuSO<sub>4</sub> равна ЭCuSO<sub>4</sub>=M/2,  
Нормальность N = (110,7 · 2 / 159,5) = 0,68 · 2 = 1,36 н.

Молярная концентрация (M) – число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя.

Количество г вещества в 1000 г растворителя будет:

10 г CuSO<sub>4</sub> растворено в 90 г H<sub>2</sub>O,

X г CuSO<sub>4</sub> растворено в 1000 г H<sub>2</sub>O.

$$X = (10 \cdot 1000 / 90) = 111,1 \text{ г CuSO}_4,$$

$$M = (111,1 / 159,5) = 0,61 \text{ моль.}$$

Титр – количество граммов вещества в 1 мл раствора.

T = ( количество граммов вещества в V мл раствора) = г/мл.

$$T = (110,7 / 1000) = 0,107 \text{ г/мл.}$$

Задача 9.2. Рассчитать объемы (мл) воды и раствора серной кислоты (96 %, ρ=1,84), которые необходимы для приготовления 10 л 2 н. раствора.

Решение.

Для нахождения объема раствора 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ρ=1,84) для приготовления 10 л 2 н. раствора можно воспользоваться соотношением N<sub>1</sub>·V<sub>1</sub> = N<sub>2</sub>·V<sub>2</sub>, где N<sub>1</sub> и V<sub>1</sub> – нормальность и объем раствора, который надо приготовить; N<sub>2</sub> и V<sub>2</sub> – нормальность и объем исходного раствора.

Определяем нормальную концентрацию исходного раствора N = (96·1,84·10 / 49) = 35,6 н.

Рассчитываем объем 96 % раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, который необходим для приготовления 10 л 2 н. раствора.

$$35,6 \cdot V_1 = 2 \cdot 10; \quad V_1 = (2 \cdot 10 / 35,6) = 0,56 \text{ л.}$$

Определяем объем воды, необходимый для приготовления 10 л 2 н. раствора серной кислоты.

$$10 - 0,56 = 9,4 \text{ л.}$$

Задача 9.3. Вычислить молярную массу неэлектролита (мочевина), если в 500 мл раствора содержится 1,35 г мочевины и осмотическое давление раствора равно 836 мм. рт. ст. (t = 27 °C).

Решение. Задача решается исходя из закона Вант-Гоффа, математическое выражение которого представлено формулой: π=C·R·T, где π – осмотическое давление;

C – молярная концентрация раствора, равная m/M (m – количество г вещества в 1 л раствора, M – молярная масса вещества);

$R$  – универсальная газовая постоянная,  $R = 8,314$  Дж/моль·К;

$T$  – температура, К ( $T = 273+t$ ).

Исходя из сказанного, можно записать:

$$\pi = m \cdot R \cdot T / M; \text{ молекулярная масса } M = m \cdot R \cdot T / \pi.$$

Осмотическое давление будет равно  $836 \cdot 101325 / 760 = 111458$  Па.

$$M = 1,32 \cdot 2 \cdot 8,314 \cdot 300 / 111458 = 0,0604 \text{ кг/моль.}$$

Ответ: молярная масса мочевины равна 60,4.

**Задача 9.4.** Определить молярную массу этилового спирта, если его водный раствор, содержащий 0,175 г в 40 г воды, замерзает при температуре  $t = -1,177^\circ\text{C}$ . Криоскопическая константа воды  $K = 1,86^\circ$ .

**Решение.** По закону Рауля  $\Delta t_{\text{зам.}} = K \cdot \mu$ , где  $\mu$  – моляльная концентрация;  $K$  – криоскопическая константа растворителя;  $\Delta t_{\text{зам.}}$  – уменьшение температуры замерзания раствора по сравнению с чистым растворителем.

$\mu = (m \cdot 100 / m_0 \cdot M)$ , где  $m$  – масса растворенного вещества, г;  $m_0$  – масса растворителя, г;  $M$  – молярная масса растворенного вещества.

$$\Delta t_{\text{зам.}} = K \cdot m \cdot 1000 / m_0 \cdot M; \quad M = K \cdot m \cdot 1000 / m_0 \cdot \Delta t_{\text{зам.}}$$

$$M = 1,86 \cdot 0,175 \cdot 1000 / 40 \cdot 0,177 = 46.$$

Ответ: молярная масса этилового спирта равна 46.

**0109.** Вычислите молярную и нормальную концентрацию 20% -ного раствора хлорида кальция, плотность которого  $1,178 \text{ г/см}^3$ .

**0209.** Чему равна нормальность 30% -ого раствора NaOH, плотность которого  $1,328 \text{ г/см}^3$ ? К 1 л этого раствора прибавили 5 л воды. Вычислите процентное содержание полученного раствора.

**0309.** К 3 л 10% -ного раствора  $\text{HNO}_3$ , плотность которого  $1,054 \text{ г/см}^3$ , добавили 5 л 2% -ного раствора той же кислоты с плотностью  $1,009 \text{ г/см}^3$ . Вычислите процентное содержание и молярную концентрацию полученного раствора, если считать, что его объем равен 8 л.

**0409.** Вычислите нормальную и моляльную концентрации 20% -ного раствора  $\text{HNO}_3$ , плотность которого  $1,12 \text{ г/см}^3$ , сколько граммов кислоты содержится в 4 л этого раствора?

**0509.** Вычислите молярную, нормальную, моляльную концентрации 16% -ного раствора хлорида аммония плотностью  $1,149 \text{ г/см}^3$ .

**0609.** Сколько и какого вещества останется в избытке, если к  $75 \text{ см}^3$  0,3 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  прибавить  $125 \text{ см}^3$  0,2 н раствора KOH?

**0709.** Для осаждения в виде AgCl всего серебра, содержащегося в  $100 \text{ см}^3$  раствора  $\text{AgNO}_3$  потребовалось  $50 \text{ см}^3$  0,2 н раствора HCl. Чему равна нормальность раствора  $\text{AgNO}_3$ ? Сколько граммов AgCl выпало в осадок?

**0809.** Какой объем 20,01% -ного раствора HCl (плотность  $1,1 \text{ г/см}^3$ )

требуется для приготовления 1 л 10,17% -ного раствора (плотность 1,05 г/см<sup>3</sup>)?

**0909.** Смешали 10 см<sup>3</sup> 10% -ного раствора HNO<sub>3</sub> (плотность 1,065 г/см<sup>3</sup>) и 100 см<sup>3</sup> 30% -ного раствора HNO<sub>3</sub> (плотность 1,185 г/см<sup>3</sup>). Вычислите массовую концентрацию полученного раствора.

**1009.** Какой объем 50% -ного раствора KOH (плотность 1,538 г/см<sup>3</sup>) требуется для приготовления 3 л 6% -ного раствора (плотность 1,048 г/см<sup>3</sup>)?

**1109.** Какой объем 10%-ного раствора карбоната натрия Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (плотность 1,105 г/см<sup>3</sup>) требуется для приготовления 5 л 2% -ного раствора (плотность 1,02 г/см<sup>3</sup>)?

**1209.** На нейтрализацию 31 см<sup>3</sup> 0,16 н раствора щелочи требуется 217 см<sup>3</sup> раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Чему равны нормальность и титр раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>?

**1309.** Какой объем 0,3 н раствора кислоты требуется для нейтрализации раствора, содержащего 0,32 г NaOH в 40 см<sup>3</sup>.

**1409.** На нейтрализацию 1 л раствора, содержащего 1,4 г KOH требуется 50 см<sup>3</sup> раствора кислоты. Вычислите нормальность раствора кислоты.

**1509.** Сколько граммов HNO<sub>3</sub> содержалось в растворе, если на нейтрализацию его потребовалось 35 см<sup>3</sup> 0,4 н раствора NaOH? Чему равен титр раствора NaOH?

**1609.** Сколько граммов NaNO<sub>3</sub> нужно растворить в 400 г воды, чтобы приготовить 20% -ный раствор?

**1709.** Смешали 300 г 20% -ного раствора и 500 г 40% -ного раствора NaCl. Чему равно процентное содержание полученного раствора?

**1809.** Смешали 247 г 62% -ного и 145 г 18% -ного раствора серной кислоты. Каково процентное содержание раствора после смешения?

**1909.** Из 700 г 60% -ной серной кислоты выпариванием удалили 200 г воды. Чему равна массовая доля кислоты в оставшемся растворе?

**2009.** Из 10 кг 20% -ного раствора при охлаждении выделилось 400 г соли. Чему равно процентное содержание соли в охлажденном растворе?

**2109.** Вычислите молярную и нормальную концентрацию 20% -ного раствора хлорида кальция, плотность которого 1,178 г/см<sup>3</sup>.

**2209.** Чему равна нормальность 30% -ного раствора NaOH, плотность которого 1,328 г/см<sup>3</sup>? К 1 л этого раствора прибавили 5 л воды. Вычислите процентное содержание полученного раствора.

**2309.** К 3 л 10% -ного раствора HNO<sub>3</sub>, плотность которого 1,054 г/см<sup>3</sup>, добавили 5 л 2% -ного раствора той же кислоты с плотностью 1,009 г/см<sup>3</sup>. Вычислите процентное содержание и молярную концентрацию полученного раствора, если считать, что его объем равен 8 л.

**2409.** Вычислите нормальную и молярную концентрации 20% -ного раствора HNO<sub>3</sub>, плотность которого 1,12 г/см<sup>3</sup>, сколько граммов кислоты содержится в 4 л этого раствора?

**2509.** Вычислите молярную, нормальную, моляльную концентрации 16% -ного раствора хлорида аммония плотностью 1,149 г/см<sup>3</sup>.

**2609.** Сколько и какого вещества останется в избытке, если к 75 см<sup>3</sup> 0,3 н раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> прибавить 125 см<sup>3</sup> 0,2 н раствора KOH?

**2709.** Для осаждения в виде AgCl всего серебра, содержащегося в 100 см<sup>3</sup> раствора AgNO<sub>3</sub> потребовалось 50 см<sup>3</sup> 0,2 н раствора HCl. Чему равна нормальность раствора AgNO<sub>3</sub>? Сколько граммов AgCl выпало в осадок?

**2809.** Какой объем 20,01% -ного раствора HCl (плотность 1.1 г/см<sup>3</sup>) требуется для приготовления 1 л 10,17% -ного раствора (плотность 1,05 г/см<sup>3</sup>)?

**2909.** Смешали 10 см<sup>3</sup> 10% -ного раствора HNO<sub>3</sub> (плотность 1,065 г/см<sup>3</sup>) и 100 см<sup>3</sup> 30% -ного раствора HNO<sub>3</sub> (плотность 1,185 г/см<sup>3</sup>). Вычислите массовую концентрацию полученного раствора.

**3009.** Какой объем 50%-ного раствора KOH (плотность 1,538 г/см<sup>3</sup>) требуется для приготовления 3 л 6% -ного раствора (плотность 1,048 г/см<sup>3</sup>)?

### 3. Контрольная работа 2

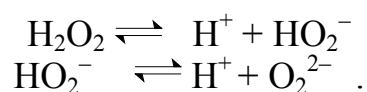
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ (по разделам контрольной работы 2)

Задача К2.1. Вещество пероксид водорода.

1. Напишите уравнение диссоциации (ионизации) электролита.
2. Вычислить концентрации ионов в моль/л и в г/л.
3. Вычислить степень диссоциации электролита.
4. Что надо добавить к раствору данного электролита, чтобы понизить степень его диссоциации?

Решение.

1. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> диссоциирует по двум ступеням:



2. Чтобы рассчитать концентрацию ионов H<sup>+</sup> и HO<sub>2</sub><sup>-</sup> в растворе (диссоциация идет преимущественно по первой ступени), надо написать математическое выражение константы диссоциации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> :

$$K_{\text{H}_2\text{O}_2(1)} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HO}_2^-]}{[\text{H}_2\text{O}_2]} = 2,0 \cdot 10^{-12},$$

$$[\text{H}^+] = [\text{HO}_2^-] = C \text{ ионов.}$$

Концентрация H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 0,2 молей.

Концентрация диссоциированной  $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{C}\alpha$ , так как  $\alpha$  – малая величина, то ею можно пренебречь.

Тогда  $K = \text{C}^2 \text{ ионов} / \text{C}_{\text{H}_2\text{O}_2}$ ;  $\text{C ионов} = \sqrt{K \cdot \text{C}_{\text{H}_2\text{O}_2}}$ .  
Следовательно,

$$[\text{H}^+] = [\text{HO}_2^-] = \sqrt{2,0 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2} = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

3. Степень диссоциации  $\text{H}_2\text{O}_2$

$$\alpha = (6,2 \cdot 10^{-7} / 0,2) \cdot 100 = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ \%}.$$

4. Для понижения степени диссоциации к  $\text{H}_2\text{O}_2$  надо добавить растворимый электролит с одноименным ионом. Это может быть кислота (добавляем  $\text{H}^+$  ионы), растворимая соль  $\text{H}_2\text{O}_2$ , например,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  или  $\text{NaHO}_2$  (гидропероксид натрия).

Задача К2.2. Напишите диссоциацию в строго нейтральной среде малорастворимого амфотерного гидроксида  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ . Как будет проходить диссоциация в: а) кислой среде; б) щелочной среде при действии на гидроксид? Уравнения реакции с кислотой и щелочью напишите в молекулярном и сокращенном виде.

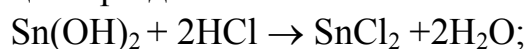
Решение.

Диссоциация  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  в строго нейтральной среде может быть выражена уравнением  $\text{Sn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SnO}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SnO}_2^{-2}$ .

В кислой среде равновесие смещается влево, то есть  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  будет диссоциировать как основание:  $\text{Sn}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + 2\text{OH}^-$ .

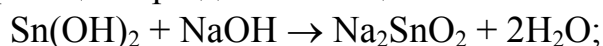
В щелочной среде равновесие смещается вправо, то есть  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  диссоциирует как кислота:  $\text{Sn}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SnO}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SnO}_2^{-2}$ .

Уравнение реакции при действии кислоты в молекулярном виде:



в ионном виде:  $\text{Sn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Уравнение реакции при действии щелочи в молекулярном виде:



в ионном виде:  $\text{Sn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{SnO}_2^{-2} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Задача К2.3. Дано произведение растворимости (ПР) малорастворимого электролита при  $t = 20^\circ\text{C}$  ( $\text{ПР}_{\text{PbSO}_4} = 2,2 \cdot 10^{-8}$ ).

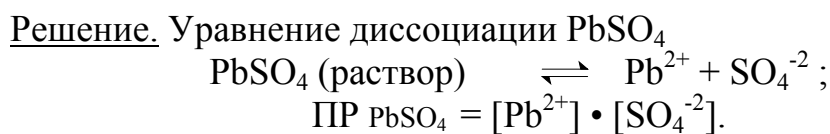
Рассчитать:

а) концентрацию ионов в моль/л, в г/л;

б) растворимость соли, г/л;

в) сколько грамм вещества можно растворить в 500 мл воды при той же температуре?





Обозначим молярную концентрацию насыщенного раствора  $\text{PbSO}_4$  через  $X$ . Так как растворенная часть соли нацело диссоциирована, то  $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{SO}_4^{-2}]$ , подставляем  $X$  в уравнение ПР.

$$X^2 = 2,2 \cdot 10^{-8};$$

$$X = \sqrt{2,2 \cdot 10^{-8}} = 1,55 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Следовательно,  $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{SO}_4^{-2}] = 1,55 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$

Вычислить растворимость в граммах на 100 г .

$$M_{\text{PbSO}_4} = 303 .$$

В 1000 г раствора содержится  $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 303 \text{ г,}$

В 100 г раствора содержится  $X \text{ г.}$

$$X = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 303 \cdot 100 / 1000 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$$

В 500 мл раствора содержится  $4,5 \cdot 10^{-3} / 2 = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$

Задача 6.4.

Образуется ли осадок  $\text{CaSO}_4$  при смешивании равных объемов 0,02М растворов хлорида кальция и серной кислоты?

$$\text{ПР } \text{CaSO}_4 = 5,1 \cdot 10^{-5}.$$

Решение.

Объем смеси в 2 раза больше, а концентрация каждого из ионов в 2 раза меньше, чем в исходных растворах.

Следовательно,

$$[\text{CaCl}_2] = [\text{Ca}^{2+}] = 0,02 \cdot 0,5 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л;}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = [\text{SO}_4^{-2}] = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Откуда  $[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{-2}] = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 1,0 \cdot 10^{-4} = \text{ПК.}$

Осадок образуется, так как  $\text{ПР} < \text{ПК}; 5,1 \cdot 10^{-5} < 1,0 \cdot 10^{-4}.$

Ионное произведение воды. рН раствора. Гидролиз солей

Задача К2.5. Вычислить рН 0,28%-ного раствора соляной кислоты (плотность раствора равна 1).

Решение.

1. Определяем молярную концентрацию раствора

$$C_{\text{HCl}} = 0,28 \cdot 10 / 36,5 = 7,7 \cdot 10^{-2}.$$

2. В растворе такой концентрации коэффициент активности практически равен 1, а так как степень диссоциации – 100%, то концентрация  $\text{H}^+$ -ионов равна концентрации, то есть  $[\text{H}^+] = [\text{HCl}] = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$

3.  $pH = -\lg[H^+]$ ;  $pH = -\lg 7,7 \cdot 10^{-2} = -\lg 7,7 - \lg 10^{-2} = 2 - \lg 7,7 = 2 - 0,89 = 1,11$ .

При определении pH обычно более двух цифр после запятой не вычисляют.

Задача К2.6. Вычислить pH 0,017%-ного раствора муравьиной кислоты ( $K = 2 \cdot 10^{-4}$ ).

Решение.  $[HCOOH] = 0,017 = 1,7 \cdot 10^{-2}$ ,  
 $HCOOH \rightleftharpoons H^+ + COOH^-$ .

$$K = \frac{[H^+] \cdot [COOH^-]}{[HCOOH]}$$

$$[H^+] = [COOH^-] = X \quad K = \frac{(H^+)^2}{[HCOOH]} = \frac{X^2}{[HCOOH]}$$

$$2 \cdot 10^{-4} = [H^+]^2 / 0,017$$

$$[H^+] = \sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 1,7 \cdot 10^{-2}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

$$pH = -\lg 1,8 \cdot 10^{-3} = -\lg 1,8 - \lg 10^{-3} = 3 - 0,27 = 2,73.$$

Ответ: pH = 2,73.

Задача К2.7. Вычислить концентрацию ионов водорода и гидроксид ионов, если pH = 10,3.

Решение.

$$pH = -\lg[H^+]; \quad \lg[H^+] = -10,3.$$

$$[H^+] = 5,02 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л;}$$

$$[OH^-] = 10^{-14} / 5 \cdot 10^{-11} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л;}$$

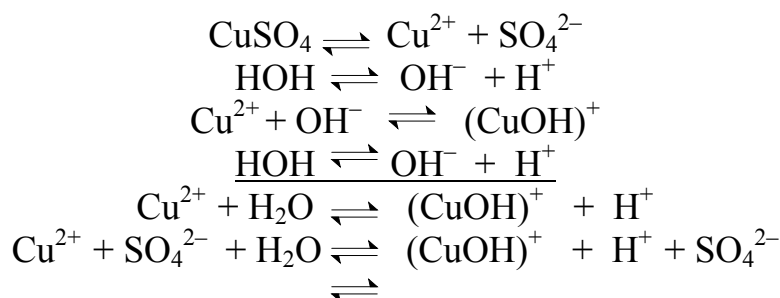
$$\text{Ответ: } [H^+] = 5,02 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л;}$$

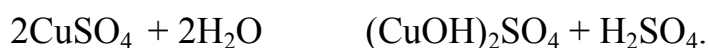
$$[OH^-] = 2 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Задача К2.8. Написать уравнения реакций гидролиза в сокращенной ионной, полной ионной и молекулярной формах и указать, как изменилась в результате гидролиза реакция среды (pH) в растворах соли – сульфата меди. Как влияет на гидролиз соли нагревание, разбавление раствора, добавление кислоты и щелочи.

Решение.

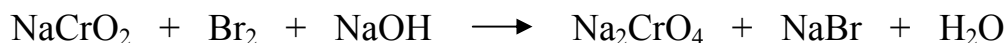
Сульфат меди (II)  $CuSO_4$  – соль сильной кислоты и слабого основания, при растворении в воде гидролизуется:



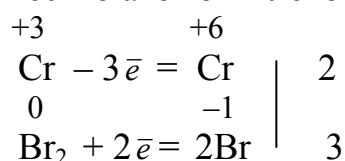


В результате гидролиза соли в растворе накапливаются ионы водорода и реакция среды становится кислой ( $\text{pH} < 7$ ). При разбавлении и нагревании степень гидролиза увеличивается.

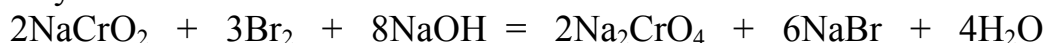
Задача К2.9. Уравнять межмолекулярную реакцию методом электронного баланса:



Решение. Составим уравнения электронных переходов для восстановителя – хрома и окислителя – брома с учетом того, что в молекуле исходного вещества находятся два атома брома, а в продукте – один, то есть, уравняем количество атомов в левой и правой частях:



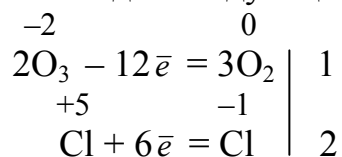
У восстановителя  $\text{NaCrO}_2$  должен стоять коэффициент 2, а у окислителя  $\text{Br}_2$  – коэффициент 3, дальнейшее уравнивание происходит обычным путем. Окончательно имеем:



Задача К2.10. Уравнять внутримолекулярную реакцию разложения хлората калия (бертолетовой соли) методом электронного баланса:



Решение. Уравнения электронных переходов для восстановителя – кислорода и окислителя – хлора выглядят следующим образом:



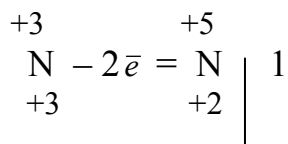
Таким образом, перед хлоратом должен стоять коэффициент  $2 \cdot 1 = 2$ , перед хлоридом 2 и перед кислородом  $3 \cdot 1 = 3$ :

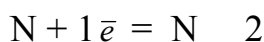


Задача К2.11. Уравнять реакцию диспропорционирования азотистой кислоты:

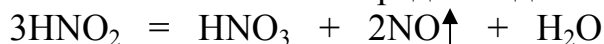


Решение. Здесь в роли и восстановителя, и окислителя выступает азот, поэтому уравнения электронных переходов приобретают следующий вид:



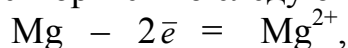


Таким образом, перед азотистой кислотой необходимо поставить коэффициент 3 (одна молекула работает как восстановитель и две – как окислитель), перед азотной кислотой – 1 и перед оксидом азота – 2:

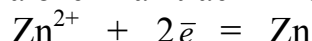


**Задача K2.12** Написать уравнение реакции и составить схему гальванического элемента, в котором электродами являются магниевая и цинковая пластинки, опущенные в растворы их ионов концентрацией 1 моль /л. Вычислить разность потенциалов этого элемента.

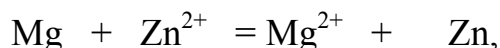
**Решение.** В электрохимическом ряду напряжений магний стоит левее цинка, поэтому его стандартный потенциал меньше, он будет отдавать электроны цинку, растворяясь по следующей полуреакции:



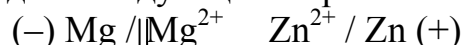
а ионы цинка восстанавливаются на пластинке до металла:



Сложив эти две полуреакции, получим уравнение ионной окислительно-восстановительной реакции, на основе которой работает элемент:



а схема элемента будет выглядеть следующим образом:



Разность потенциалов элемента:

$$E = \varphi(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) - \varphi(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}),$$

где потенциалы электродов ищем по уравнению Нернста :

$$\varphi(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = \varphi^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) + \frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$$

$\varphi^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76\text{В}$  (см. Приложения). Судя по полуреакции для цинка  $[\text{Ox}] = [\text{Zn}^{2+}] = 1$  моль /л,  $[\text{Red}] = 1$ , поскольку Zn – твердое вещество. Подставим все это в последнее уравнение, получим:

$$\varphi(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{1}{1} = -0,76 + 0 = -0,76\text{В}$$

Аналогично рассуждая, вычислим потенциал магниевое электрода:

$$\varphi(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = \varphi^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) + \frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} = -2,36 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{1}{1} = -2,36 + 0 = -2,36\text{В}$$

Разность потенциалов элемента равна:

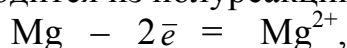
$$E = -0,76 - (-2,36) = 1,60\text{В}$$

**Задача K2.13** Вычислить мольную концентрацию ионов магния в растворе, если опущенная туда магниевая пластинка показывает потенциал  $-2,40\text{В}$  при  $25^0$ .

**Решение.** По уравнению Нернста

$$\varphi(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = \varphi^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) + \frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]};$$

где искомая концентрация находится из полуреакции:



согласно которой  $z = 2$ ,  $[\text{Ox}] = [\text{Zn}^{2+}]$  и  $[\text{Red}] = 1$ , поскольку Mg – твердое вещество. Зная  $\varphi^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,36\text{В}$  (см. Приложения) и, подставив все известные величины в уравнение Нернста, получим:

$$-2,40 = -2,36 + \frac{8,314 \cdot 298}{2 \cdot 96500} \ln[\text{Zn}^{2+}];$$

или

$$-0,04 = 0,0128 \ln[\text{Zn}^{2+}],$$

откуда

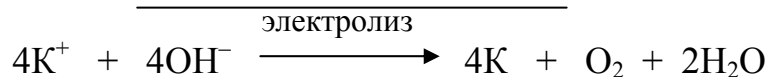
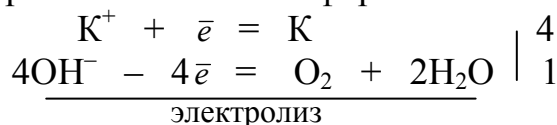
$$[\text{Zn}^{2+}] = e^{-3,125} = 0,044 \text{ М}$$

**Задача К2.14.** Составить уравнение реакции электролиза расплава гидроксида калия.

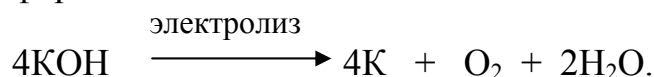
**Решение.** В расплаве гидроксид калия диссоциирует на ионы:



На катоде будет происходить восстановление катионов калия, а на аноде – окисление  $\text{OH}^-$  анионов. Суммируем полуреакции на катоде и аноде для получения уравнения в ионной форме:



или в молекулярной форме:



**Задача К2.15.** Составить уравнение реакции электролиза водного раствора сульфата калия.

**Решение.** Диссоциация сульфата калия в водном растворе:



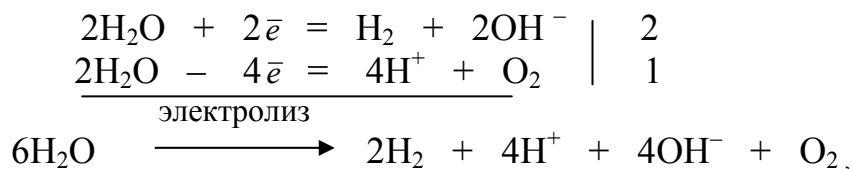
Как можно судить по электрохимическому ряду (Приложения), потенциал калия довольно низок по отношению к потенциалу водорода, поэтому на катоде следует ожидать восстановление катионов водорода. В общем случае рекомендуется пользоваться следующим ориентировочным правилом:

- если металл находится в левой части электрохимического ряда (от Li и, приблизительно, до Al), то он не выделяется, а выделяется водород;
- если металл находится в средней части ряда (приблизительно от Mn до Ni), то возможно выделение и металла, и водорода,

при этом чем ближе металл расположен к водороду, тем лучше он выделяется;

- если металл находится в правой части ряда (приблизительно от Sn и до Au), то выделяется металл.

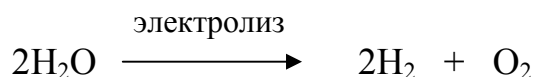
На аноде будет происходить окисление воды, поскольку сульфат-ионы не разряжаются в водных растворах. Электролиз будет представлен следующей схемой:



то есть, вблизи катода накапливается щелочь, а у анода образуется кислота и выделяется кислород. Если раствор электролита перемешивать, то произойдет реакция



и уравнение упростится:



Интересно отметить, что сульфат калия в электролизе не участвовал.

**Задача К2.16.** При электролизе раствора гидроксида калия на аноде получено 25 мл газа. Сколько мл газа выделилось при этом на катоде?

**Решение.** Схема электролиза идентична представленной в выше. По общему уравнению электролиза устанавливаем, что на аноде выделился кислород объемом 25 мл. Тогда, судя по стехиометрическим коэффициентам, водорода должно выделиться в два раза больше, то есть, 50 мл.

### 3.1. РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

**0110.** Определите степень диссоциации муравьиной кислоты в 0,01 н растворе, если в 0,001 л раствора содержится  $6,82 \cdot 10^{18}$  непродиссоциировавших молекул.

**0210.** Сколько непродиссоциировавших молекул должен содержать 1 л 0,0001н HCN, если константа диссоциации  $4,9 \cdot 10^{-10}$ ?

**0310.** Вычислите степень диссоциации NH<sub>4</sub>OH в 1 н растворе, если в 1л этого раствора содержится  $6,045 \cdot 10^{23}$  непродиссоциировавших молекул.

**0410.** Константа диссоциации масляной кислоты C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>COOH равна  $1,5 \cdot 10^{-5}$ . Вычислите степень ее диссоциации в 0,005M растворе.

**0510.** Во сколько раз концентрация ионов H<sup>+</sup> в 1н HNO<sub>3</sub> (α = 82%) больше, чем в 1 н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (α = 51%)?

**0610.** Степень диссоциации уксусной кислоты CH<sub>3</sub>COOH в 1н, 0,1н и

0,01 *n* растворах соответственно равна 0,42, 1,34 и 4,25%. Вычислив  $K_{дис}$  уксусной кислоты для растворов указанных концентраций, докажите, что константа диссоциации не зависит от концентрации раствора.

**0710.** Найти степень диссоциации хлорноватистой кислоты  $\text{HOCl}$  в 0,2 *n* растворе.

**0810.** Степень диссоциации муравьиной кислоты  $\text{HCOOH}$  в 0,2 *n* растворе равна 0,03. Определить константу диссоциации кислоты.

**0910.** Константа диссоциации  $\text{H}_3\text{PO}_4$  по первой ступени равна  $7,1 \cdot 10^{-3}$ . Пренебрегая диссоциацией по другим ступеням, вычислите концентрацию  $\text{H}^+$ -ионов в 0,5*M* растворе.

**1010.** Константа диссоциации азотистой кислоты равна  $5 \cdot 10^{-4}$ . Вычислите степень диссоциации  $\text{HNO}_2$  в ее 0,01 *M* растворе.

**1110.** Какова концентрация водородных ионов в 1*n*  $\text{HCN}$ , если константа ее диссоциации  $K_{дис} = 4,9 \cdot 10^{-10}$ ?

**1210.** В растворе бензойной кислоты  $\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_2$  концентрация ионов водорода  $\text{H}^+$  равна  $3 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Вычислите концентрацию этого раствора, если  $K_{дис} = 6,14 \cdot 10^{-5}$ .

**1310.** Сколько воды нужно прибавить к 300 мл 0,2 *M* раствора уксусной кислоты, чтобы степень диссоциации кислоты удвоилась?

**1410.** Принимая во внимание константу первичной диссоциации угольной кислоты  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , равной  $3 \cdot 10^{-7}$ , вычислите степень диссоциации и концентрацию  $\text{H}^+$ -ионов в 0,1*M* растворе этой кислоты.

**1510.** Сколько граммов  $\text{HCOONa}$  следует прибавить к 1 л 0,1 *n* раствора  $\text{HCOOH}$  для того, чтобы концентрация водородных ионов в растворе стала равной  $10^{-3}$  моль/л,  $K_{дис}(\text{HCOOH}) = 2,1 \cdot 10^{-4}$ ?

**1610.** Вычислить концентрацию гидроксид-ионов в растворе, содержащем смесь 0,05*n*  $\text{NH}_4\text{OH}$  и 0,1*M*  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

**1710.** Сколько нужно прибавить ацетата натрия к 1 л 0,1 *n* раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $K_{дис} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ , чтобы концентрация ионов водорода стала равной  $1 \cdot 10^{-6}$ ?

**1810.** Вычислить  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{HSe}^-]$  и  $[\text{Se}^{2-}]$  в 0,05 *M* растворе  $\text{H}_2\text{Se}$ .

**1910.** В 0,1 *n* растворах степень диссоциации щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  равна 31 %, а соляной – 92%. При какой концентрации раствора  $\alpha(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  достигнет  $\alpha(\text{HCl})$ ?

**2010.** Степень диссоциации уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в 0,1 *M* растворе равна  $1,32 \cdot 10^{-2}$ . При какой концентрации азотистой кислоты  $\text{HNO}_2$  ее степень диссоциации будет такой же?

**2110.** Определите степень диссоциации муравьиной кислоты в 0,01 *n* растворе, если в 0,001 л раствора содержится  $6,82 \cdot 10^{18}$  непродиссоциировавших молекул.

**2210.** Сколько непродиссоциировавших молекул должен содержать 1 л 0,0001*n*  $\text{HCN}$ , если константа диссоциации  $4,9 \cdot 10^{-10}$ ?

**2310.** Вычислите степень диссоциации  $\text{NH}_4\text{OH}$  в 1 *n* растворе, если в

1л этого раствора содержится  $6,045 \cdot 10^{23}$  непродиссоциировавших молекул.

**2410.** Константа диссоциации масляной кислоты  $C_3H_7COOH$  равна  $1,5 \cdot 10^{-5}$ . Вычислите степень ее диссоциации в  $0,005M$  растворе.

**2510.** Во сколько раз концентрация ионов  $H^+$  в  $1n$   $HNO_3$  ( $\alpha = 82\%$ ) больше, чем в  $1n$   $H_2SO_4$  ( $\alpha = 51\%$ )?

**2610.** Степень диссоциации уксусной кислоты  $CH_3COOH$  в  $1n$ ,  $0,1n$  и  $0,01n$  растворах соответственно равна  $0,42$ ,  $1,34$  и  $4,25\%$ . Вычислив  $K_{дис}$  уксусной кислоты для растворов указанных концентраций, докажите, что константа диссоциации не зависит от концентрации раствора.

**2710.** Найти степень диссоциации хлорноватистой кислоты  $HOCl$  в  $0,2n$  растворе.

**2810.** Степень диссоциации муравьиной кислоты  $HCOOH$  в  $0,2n$  растворе равна  $0,03$ . Определить константу диссоциации кислоты.

**2910.** Константа диссоциации  $H_3PO_4$  по первой ступени равна  $7,1 \cdot 10^{-3}$ . Пренебрегая диссоциацией по другим ступеням, вычислите концентрацию  $H^+$ -ионов в  $0,5M$  растворе.

**3010.** Константа диссоциации азотистой кислоты равна  $5 \cdot 10^{-4}$ . Вычислите степень диссоциации  $HNO_2$  в ее  $0,01M$  растворе.

### 3.2. ВОДА КАК СЛАБЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ

**0111.** Вычислить pH растворов, в которых концентрация ионов  $H^+$  равна: а)  $2 \cdot 10^{-7}$  моль/л; б)  $8,1 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

**0211.** Вычислить pH растворов, в которых концентрация ионов  $H^+$  равна: а)  $2,7 \cdot 10^{-10}$  моль/л; б)  $5 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

**0311.** Вычислить pH растворов, в которых концентрация ионов  $OH^-$  равна: а)  $4,6 \cdot 10^{-4}$  моль/л; б)  $5 \cdot 10^{-6}$  моль/л.

**0411.** Вычислить pH растворов, в которых концентрация ионов  $OH^-$  равна: а)  $9,3 \cdot 10^{-9}$  моль/л; б)  $7,5 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

**0511.** Найти молярную концентрацию ионов  $H^+$  в водных растворах, в которых молярная концентрация  $OH^-$ -ионов составляет: а)  $3,2 \cdot 10^{-6}$ ; б)  $7,4 \cdot 10^{-11}$  моль/л.

**0611.** Найти молярную концентрацию ионов  $OH^-$  в водных растворах, в которых концентрация ионов водорода равна: а)  $10^{-3}$  моль/л; б)  $6,5 \cdot 10^{-8}$  моль/л.

**0711.** Определить pH раствора уксусной кислоты, в котором концентрация ее равна  $0,01n$ , а степень диссоциации составляет  $0,042$ .

**0811.** Определить концентрации ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе, водородный показатель которого равен  $3,2$ .

**0911.** Определить концентрации ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе, водородный показатель которого равен  $9,1$ .

**1011.** Определить концентрации ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе,



водородный показатель которого равен 5,8.

**1111.** Определить концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, водородный показатель которого равен 11,4.

**1211.** Вычислить рН раствора, если концентрация  $\text{OH}^-$  равна:  
а)  $2,52 \cdot 10^{-5}$  моль/л; б)  $10^{-11}$  моль/л.

**1311.** Вычислить рН раствора, если концентрация  $\text{OH}^-$  –ионов равна:  
а)  $1,87 \cdot 10^{-7}$ ; б) 0,000004 моль/л.

**1411.** Вычислить рН 0,01 н раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , если  $K_{\text{дис}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

**1511.** Вычислить рН 0,02 М раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$ , если  $K_{\text{дис}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

**1611.** Вычислить рН 0,05 М  $\text{HCOOH}$ , если  $K_{\text{дис}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$ .

**1711.** Рассчитать рН 0,1 М раствора  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , если  $K_{\text{дис}} = 5,8 \cdot 10^{-10}$ .

**1811.** Рассчитать рН 0,26 М раствора синильной кислоты  $\text{HCN}$ , константа диссоциации которой  $K_{\text{дис}} = 7,9 \cdot 10^{-10}$ .

**1911.** Вычислить рН 0,0001 М раствора  $\text{HCl}$ .

**2011.** Вычислить рН 0,024 М раствора  $\text{NaOH}$ .

**2111.** Вычислить рН растворов, в которых концентрация ионов  $\text{H}^+$  равна: а)  $2 \cdot 10^{-7}$  моль/л; б)  $8,1 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

**2211.** Вычислить рН растворов, в которых концентрация ионов  $\text{H}^+$  равна: а)  $2,7 \cdot 10^{-10}$  моль/л; б)  $5 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

**2311.** Вычислить рН растворов, в которых концентрация ионов  $\text{OH}^-$  равна: а)  $4,6 \cdot 10^{-4}$  моль/л; б)  $5 \cdot 10^{-6}$  моль/л.

**2411.** Вычислить рН растворов, в которых концентрация ионов  $\text{OH}^-$  равна: а)  $9,3 \cdot 10^{-9}$  моль/л; б)  $7,5 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

**2511.** Найти молярную концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в водных растворах, в которых молярная концентрация  $\text{OH}^-$  –ионов составляет: а)  $3,2 \cdot 10^{-6}$ ; б)  $7,4 \cdot 10^{-11}$  моль/л.

**2611.** Найти молярную концентрацию ионов  $\text{OH}^-$  в водных растворах, в которых концентрация ионов водорода равна: а)  $10^{-3}$  моль/л; б)  $6,5 \cdot 10^{-8}$  моль/л.

**2711.** Определить рН раствора уксусной кислоты, в котором концентрация ее равна 0,01 н, а степень диссоциации составляет 0,042.

**2811.** Определить концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, водородный показатель которого равен 3,2.

**2911.** Определить концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, водородный показатель которого равен 9,1.

**3011.** Определить концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, водородный показатель которого равен 5,8.

### 3.3. ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ

**0112.** Насыщенный раствор  $\text{CaF}_2$  при  $25^\circ\text{C}$  содержит  $0,0168$  г/л растворенного вещества. Вычислить  $\text{PP}(\text{CaF}_2)$ .

**0212.** Для растворения  $1,16$  г  $\text{PbI}_2$  потребовалось  $2$  л воды. Найти произведение растворимости данной соли.

**0312.** Найти массу серебра, находящегося в виде ионов в  $1$  л насыщенного раствора  $\text{AgBr}$ .

**0412.** К  $50$  мл  $0,001$  н раствора  $\text{HCl}$  добавили  $450$  мл  $0,0001$  н раствора  $\text{AgNO}_3$ . Выпадет ли осадок хлорида серебра?

**0512.** Насыщенный раствор  $\text{BaCrO}_4$  содержит  $1,5 \cdot 10^{-5}$  моля соли в  $1$  л раствора. Вычислить произведение растворимости  $\text{BaCrO}_4$ .

**0612.** В  $1$  л насыщенного при комнатной температуре раствора  $\text{AgIO}_3$  содержится  $0,044$  г соли. Вычислить произведение растворимости  $\text{AgIO}_3$ .

**0712.** Произведение растворимости  $\text{BaSO}_4$  составляет  $1,1 \cdot 10^{-10}$ . Вычислить растворимость  $\text{BaSO}_4$  в моль/л и в г/л.

**0812.** В  $6$  л насыщенного раствора  $\text{PbSO}_4$  содержится в виде ионов  $0,186$  г свинца. Вычислить произведение растворимости  $\text{PbSO}_4$ .

**0912.** Во сколько раз уменьшится растворимость  $\text{AgCl}$ , если к  $1$  л его насыщенного раствора прибавить  $0,1$  моля  $\text{KCl}$ ? Степень диссоциации  $\text{KCl}$  равна  $0,86$ . Произведение растворимости  $\text{AgCl}$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-10}$ .

**1012.** Вычислить растворимость  $\text{SrSO}_4$ , используя табличные данные по произведению растворимости.

**1112.** Произведение растворимости  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  составляет  $3 \cdot 10^{-27}$ . Вычислить растворимость  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  и концентрацию каждого из ионов.

**1212.** Вычислить растворимость  $\text{FeS}$  при  $25^\circ\text{C}$ , используя справочные данные по произведению растворимости.

**1312.** Концентрация ионов  $\text{Mg}^{2+}$  в насыщенном растворе  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  составляет  $2,6 \cdot 10^{-3}$  г/л. Вычислить произведение растворимости  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

**1412.** При одинаковой температуре произведение растворимости  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  составляет  $1 \cdot 10^{-15}$ , а  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  –  $3,8 \cdot 10^{-38}$ . Во сколько раз молярность насыщенного раствора одного соединения больше другого?

**1512.** Вычислить концентрацию ионов бария после прибавления к  $1$  л насыщенного раствора  $\text{BaSO}_4$   $0,1$  моля  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Степень диссоциации кислоты  $\alpha = 0,6$ .

**1612.** Образуется ли осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , если к  $1$  л  $0,006$  н  $\text{FeCl}_3$  прибавить  $0,125$  л  $0,0001$  М  $\text{KOH}$ ?  $\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 3,8 \cdot 10^{-38}$ . Степень диссоциации исходных веществ принять равной единице.

**1712.** Какова должна быть минимальная концентрация  $\text{KBr}$ , чтобы прибавление к его раствору равного объема  $0,003$  н  $\text{AgNO}_3$  вызвало появление осадка? Степень диссоциации электролитов принять равной единице.

**1812.** Произведение растворимости  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-18}$ . В каком объеме насыщенного раствора содержится 0,050 г растворенной соли?

**1912.** Образуется ли осадок  $\text{CaCO}_3$  при смешении равных объемов 0,02 М растворов хлористого кальция и углекислого натрия?

**2012.**  $\text{PP}(\text{CuS}) = 6 \cdot 10^{-36}$ . Сколько литров воды понадобилось бы для растворения 1 г сульфида меди?

**2112.** Насыщенный раствор  $\text{CaF}_2$  при 25°C содержит 0,0168 г/л растворенного вещества. Вычислить  $\text{PP}(\text{CaF}_2)$ .

**2212.** Для растворения 1,16 г  $\text{PbI}_2$  потребовалось 2 л воды. Найти произведение растворимости данной соли.

**2312.** Найти массу серебра, находящегося в виде ионов в 1 л насыщенного раствора  $\text{AgBr}$ .

**2412.** К 50 мл 0,001 н раствора  $\text{HCl}$  добавили 450 мл 0,0001 н раствора  $\text{AgNO}_3$ . Выпадет ли осадок хлорида серебра?

**2512.** Насыщенный раствор  $\text{BaCrO}_4$  содержит  $1,5 \cdot 10^{-5}$  моля соли в 1 л раствора. Вычислить произведение растворимости  $\text{BaCrO}_4$ .

**2612.** В 1 л насыщенного при комнатной температуре раствора  $\text{AgIO}_3$  содержится 0,044 г соли. Вычислить произведение растворимости  $\text{AgIO}_3$ .

**2712.** Произведение растворимости  $\text{BaSO}_4$  составляет  $1,1 \cdot 10^{-10}$ . Вычислить растворимость  $\text{BaSO}_4$  в моль/л и в г/л.

**2812.** В 6 л насыщенного раствора  $\text{PbSO}_4$  содержится в виде ионов 0,186 г свинца. Вычислить произведение растворимости  $\text{PbSO}_4$ .

**2912.** Во сколько раз уменьшится растворимость  $\text{AgCl}$ , если к 1 л его насыщенного раствора прибавить 0,1 моля  $\text{KCl}$ ? Степень диссоциации  $\text{KCl}$  равна 0,86. Произведение растворимости  $\text{AgCl}$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-10}$ .

**3012.** Вычислить растворимость  $\text{SrSO}_4$ , используя табличные данные по произведению растворимости.

### 3.4. ОБМЕННЫЕ РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

**0113.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaOH}$ ;  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

**0213.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{K}_2\text{S}$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{FeSO}_4$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и  $\text{KOH}$ .

**0313.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:  $\text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{ZnS} + 2\text{H}^+$ ,  
 $\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3$ ,  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$

**0413.** К каждому из веществ:  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  прибавили раствор гидроксида калия. В каких случаях произошли реакции? Выразить их ионными и молекулярными уравнениями.

**0513.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{KHCO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  и  $\text{NaOH}$ ;  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{AgNO}_3$ .

**0613.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{BaCO}_3$  и  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{KOH}$ .

**0713.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:  $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS}$ ,  
 $\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = \text{PbO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

**0813.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{BeSO}_4$  и  $\text{KOH}$ ;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

**0913.** К каждому из веществ:  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ , прибавили раствор серной кислоты. В каких случаях произошли реакции? Выразить их ионными и молекулярными уравнениями.

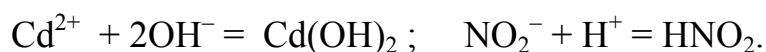
**1013.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaI}$ ;  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{KI}$ ;  $\text{CdSO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{S}$ .

**1113.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ,  
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $2\text{I}_2 + \text{Pb}^{2+} = \text{PbI}_2$

**1213.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций растворения гидроксида бериллия в растворе гидроксида натрия; гидроксида меди(II) в растворе азотной кислоты.

**1313.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{BaCl}_2$ ;  $\text{CdSO}_4$  и  $\text{KOH}$ .

**1413.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ ;



**1513.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{CdS}$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и  $\text{NaOH}$ ;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{CaCl}_2$ .

**1613.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:

$$\text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{ZnS} + 2\text{H}^+,$$

$$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2, \quad \text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$$

**1713.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ;  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{HCl}$ .

**1813.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{KOH}$ ;  $\text{NiSO}_4$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ;  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{HNO}_3$ .

**1913.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:  $\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = \text{BeO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ,

$$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ = \text{CH}_3\text{COOH}, \quad \text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4$$

**2013.** К каждому из веществ:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KHCO}_3$  – прибавили раствор гидроксида натрия. В каких случаях произошли реакции? Выразить их ионными и молекулярными уравнениями.

**2113.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaOH}$ ;  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

**2213.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{K}_2\text{S}$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{FeSO}_4$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и  $\text{KOH}$ .

**2313.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:  $\text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{ZnS} + 2\text{H}^+$ ,

$$\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3, \quad \text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$$

**2413.** К каждому из веществ:  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  прибавили раствор гидроксида калия. В каких случаях произошли реакции? Выразить их ионными и молекулярными уравнениями.

**2513.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{KHCO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  и  $\text{NaOH}$ ;  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{AgNO}_3$ .

**2613.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{BaCO}_3$  и  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{KOH}$ .

**2713.** Составить молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:  $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3$ ,

$$\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS},$$

$$\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = \text{PbO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$$

**2813.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  и  $\text{HCl}$ ;  $\text{BeSO}_4$  и  $\text{KOH}$ ;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

**2913.** К каждому из веществ:  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ , прибавили раствор серной кислоты. В каких случаях произошли реакции? Выразить их ионными и молекулярными уравнениями.

**3013.** Составить ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaI}$ ;  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{KI}$ ;  $\text{CdSO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{S}$

### 3.5. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

**0114.** Составить молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций гидролиза растворов солей:  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ . Какое значение pH имеют растворы этих солей (больше или меньше 7)?

**0214.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза, происходящего при смешивании растворов  $\text{K}_2\text{S}$  и  $\text{CrCl}_3$  (образуются  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ).

**0314.** Какие из солей:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$  – подвергаются гидролизу? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**0414.** При смешивании концентрированных растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  образуются  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и  $\text{CO}_2$ . Выразить гидролиз ионным и молекулярным уравнением.

**0514.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

**0614.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы солей:  $\text{Li}_2\text{S}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NiSO}_4$ . Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

**0714.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CoCl}_2$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

**0814.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соли, раствор которой имеет щелочную реакцию; кислую реакцию.

**0914.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы солей:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

**1014.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

**1114.** Какие из солей:  $\text{RbCl}$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  – подвергаются гидролизу? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**1214.** При смешивании растворов  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  выпадает осадок основной соли  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  и выделяется  $\text{CO}_2$ . Составить ионное и молекулярное уравнение происходящего гидролиза.

**1314.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $K_2S$ ,  $CaCO_3$ ,  $NiCl_2$ ,  $Pb(CH_3COO)_2$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

**1414.** При смешивании растворов сульфата алюминия и карбоната натрия образуются  $Al(OH)_3$  и  $CO_2$ . Составить ионное и молекулярное уравнения гидролиза.

**1514.** Какие из солей:  $NaBr$ ,  $Na_2S$ ,  $K_2CO_3$ ,  $CoCl_2$ ,  $(NH_4)_2CO_3$  подвергаются гидролизу? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**1614.** Какие из солей:  $KNO_3$ ,  $CrCl_3$ ,  $Cu(NO_3)_2$ ,  $NaI$  – подвергаются гидролизу? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**1714.** Составить ионное и молекулярное уравнения гидролиза, происходящего при смешивании растворов  $Cr(NO_3)_3$  и  $(NH_4)_2S$  (образуются  $Cr(OH)_3$  и  $H_2S$ ).

**1814.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы следующих солей:  $K_3PO_4$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Na_2S$ ? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей.

**1914.** Какие из солей:  $K_2CO_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $K_2SO_4$ ,  $ZnCl_2$  – подвергаются гидролизу? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**2014.** При смешивании растворов  $Al_2(SO_4)_3$  и  $Na_2S$  образуются  $Al(OH)_3$  и  $H_2S$ . Выразить этот гидролиз ионным и молекулярным уравнениями.

**2114.** Составить молекулярные и молекулярно-ионные уравнения реакций гидролиза растворов солей:  $MnCl_2$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $Ni(NO_3)_2$ . Какое значение pH имеют растворы этих солей (больше или меньше 7)?

**2214.** Составить ионное и молекулярное уравнения гидролиза, происходящего при смешивании растворов  $K_2S$  и  $CrCl_3$  (образуются  $Cr(OH)_3$  и  $H_2S$ ).

**2314.** Какие из солей:  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $K_2S$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $KCl$  – подвергаются гидролизу? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**2414.** При смешивании концентрированных растворов  $FeCl_3$  и  $Na_2CO_3$  образуются  $Fe(OH)_3$  и  $CO_2$ . Выразить гидролиз ионным и молекулярным уравнением.

**2514.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $CH_3COOK$ ,  $ZnSO_4$ ,  $Al(NO_3)_3$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

**2614.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы солей:  $Li_2S$ ,  $AlCl_3$ ,  $NiSO_4$ . Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

**2714.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CoCl}_2$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

**2814.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза соли, раствор которой имеет щелочную реакцию; кислую реакцию.

**2914.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы солей:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ? Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

**3014.** Составить ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

### 3.6. ОКИСЛИТЕЛЬНО–ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

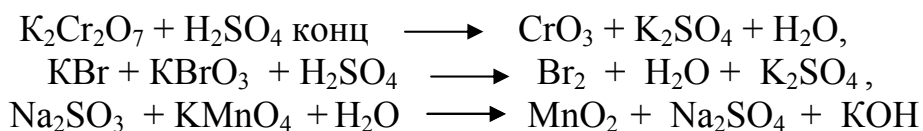
**0115.** Составить электронные и молекулярные уравнения для следующих реакций, выраженных ионными уравнениями:



**0215.** Реакции выражаются схемами:

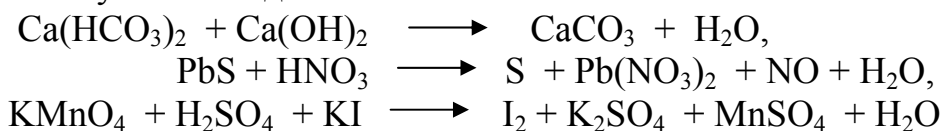
$\text{P} + \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HI}$ ,  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$   
Составить электронные уравнения. Для каждой реакции указать, какое вещество является окислителем, какое – восстановителем. Подобрать коэффициенты в уравнениях реакций.

**0315.** Какие из приведенных реакций, протекающих по схемам, являются окислительно-восстановительными?

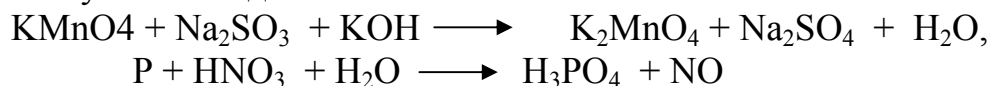


Составить электронные уравнения. Расставить коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций. Для каждой из этих реакций укажите, какое вещество является окислителем, какое восстановителем.

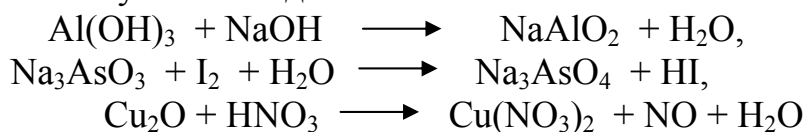
**0415.** См. условие задачи **0315**.



**0515.** См. условие задачи **0215**.

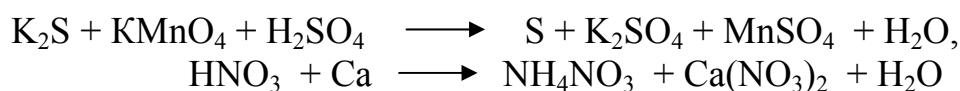


**0615.** См. условие задачи **0315**.



**0715.** См. условие задачи **0215**.

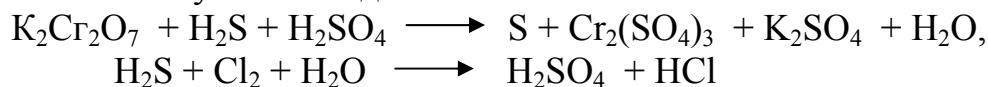




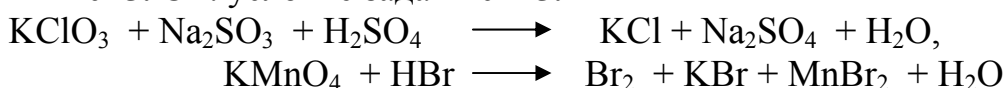
**0815.** См. условие задачи **0115.**



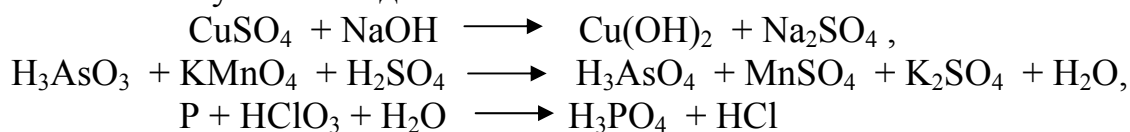
**0915.** См. условие задачи **0315.**



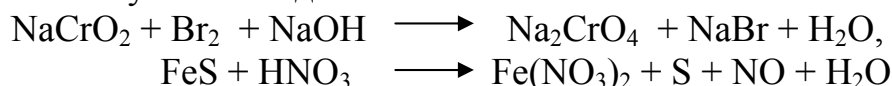
**1015.** См. условие задачи **0215.**



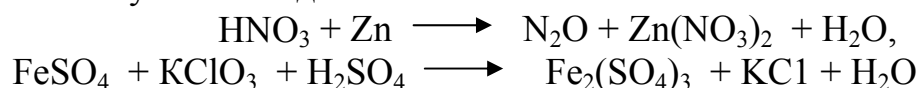
**1115.** См. условие задачи **0315.**



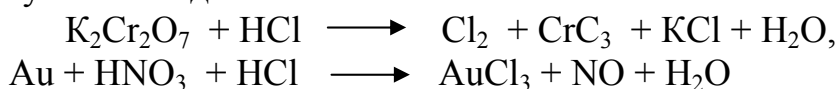
**1215.** См. условие задачи **0215.**



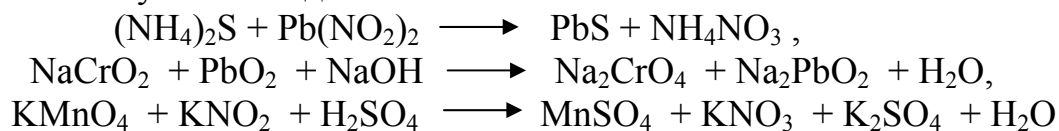
**1315.** См. условие задачи **0215.**



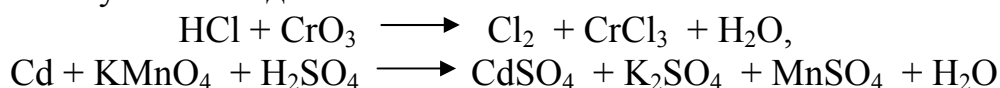
**1415.** См. условие задачи **0315.**



**1515.** См. условие задачи **0315.**



**1615.** См. условие задачи **0215.**



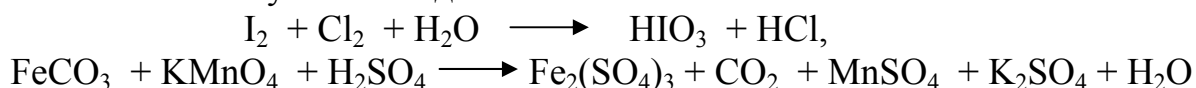
**1715.** См. условие задачи **0215.**



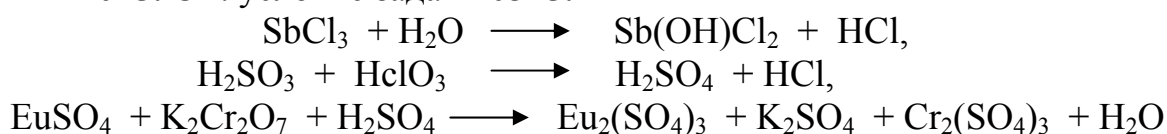
**1815.** См. условие задачи **0115.**



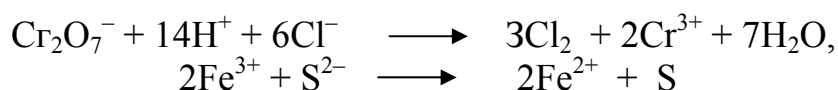
**1915.** См. условие задачи **0215.**



**2015.** См. условие задачи **0315.**



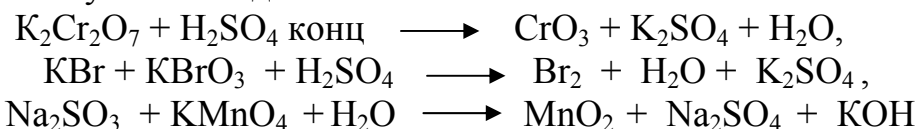
**2115.** См. условие задачи **0115.**



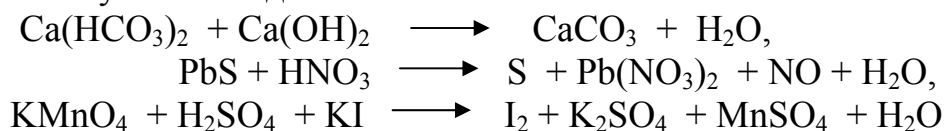
**2215.** См. условие задачи **0215.**



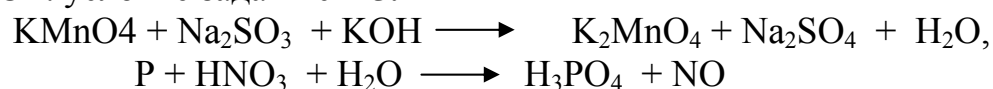
**2315.** См. условие задачи **0315.**



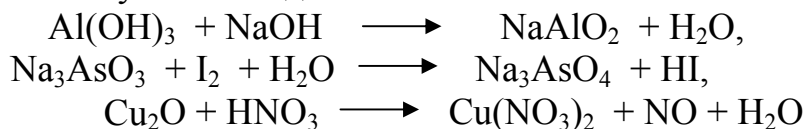
**2415.** См. условие задачи **0315.**



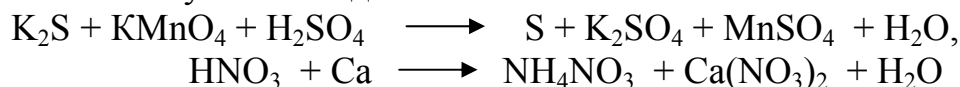
**515.** См. условие задачи **0215.**



**2615.** См. условие задачи **0315.**



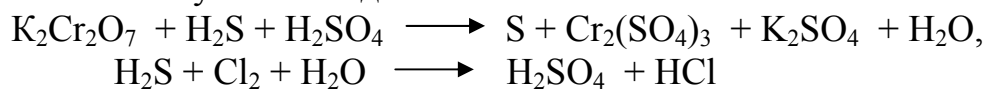
**2715.** См. условие задачи **0215.**



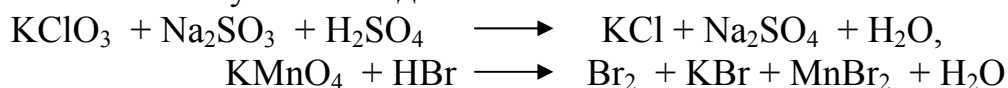
**2815.** См. условие задачи **0115.**



**2915.** См. условие задачи **0315.**



**3015.** См. условие задачи **0215.**



### 3.7. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

**0116.** В два сосуда с голубым раствором медного купороса поместили: в первый цинковую пластинку, а во второй серебряную. В каком сосуде цвет раствора постепенно пропадает? Почему? Составить электронные и молекулярные уравнения соответствующей реакции.

**0216.** Увеличится, уменьшится или останется без изменения масса цинковой пластинки при взаимодействии ее с растворами: а)  $\text{CuSO}_4$ ; б)  $\text{MgSO}_4$ ; в)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Почему? Составить электронные и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

**0316.** При какой концентрации ионов  $\text{Zn}^{2+}$  (в *моль/л*) потенциал цинкового электрода будет на 0,015 В меньше его стандартного электродного потенциала?

**0416.** Увеличится, уменьшится или останется без изменения масса кадмиевой пластинки при взаимодействии ее с растворами: а)  $\text{AgNO}_3$ ; б)  $\text{ZnSO}_4$ ; в)  $\text{NiSO}_4$ ? Почему? Составить электронные и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

**0516.** Марганцевый электрод в растворе его соли имеет потенциал – 1,23 В. Вычислить концентрацию ионов  $\text{Mn}^{2+}$  в *моль/л*.

**0616.** Составить схемы двух гальванических элементов, в одном из которых никель – отрицательный электрод, в другом – положительный.

**0716.** Потенциал серебряного электрода в растворе  $\text{AgNO}_3$  составил 95% от величины его стандартного электродного потенциала. Чему равна концентрация ионов  $\text{Ag}^+$  в *моль/л*?

**0816.** Никелевый и кобальтовый электроды опущены соответственно в растворы  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ . В каком соотношении должна быть концентрация ионов этих металлов, чтобы потенциалы обоих электродов были одинаковыми?

**0916.** Составить схемы двух гальванических элементов, в одном из которых медь была бы катодом, а в другом – анодом. Написать для каждого из элементов электронные уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде.

**1016.** При какой концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в *моль/л* значение потенциала медного электрода становится равным стандартному потенциалу водородного электрода?

**1116.** Какой гальванический элемент называется концентрационным? Составить схему, написать электронные уравнения электродных процессов и вычислить э.д.с. гальванического элемента, состоящего из серебряных электродов, опущенных первый в 0,01 н, а второй – в 0,1 н растворы  $\text{AgNO}_3$ .

**1216.** Рассчитать электродные потенциалы магния в растворе его соли при концентрациях иона  $\text{Mg}^{2+}$  0,1; 0,01; 0,001 *моль/л*.

**1316.** Вычислить потенциал свинцового электрода в насыщенном растворе  $\text{PbBr}_2$ , если  $[\text{Br}^-] = 1 \text{ моль/л}$ , а  $\text{PP}(\text{PbBr}_2) = 9,1 \cdot 10^{-6}$ .

**1416.** Составить схему, написать электронные уравнения электродных процессов и вычислить э.д.с. гальванического элемента, состоящего из свинцовой и магниевой пластин, опущенных в растворы своих солей с концентрацией  $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{Mg}^{2+}] = 0,01 \text{ моль/л}$ .

**1516.** Железная и серебряная пластины соединены внешним проводником и погружены в раствор серной кислоты. Составить схему данного гальванического элемента и написать электронные уравнения процессов, происходящих на аноде и катоде.

**1616.** Какие реакции протекают у электродов в гальванических элементах, образованных: а) железом и оловом; б) оловом и медью, погруженными в растворы их солей?

**1716.** Цинк покрыт медью. Что будет окисляться при коррозии в случае разрушения поверхности? Почему?

**1816.** Алюминий склепан с железом. Какой из металлов будет подвергаться коррозии? Почему?

**1916.** Какие химические процессы протекают при зарядке и разрядке свинцового аккумулятора?

**2016.** Составить схему гальванического элемента, в основе которого лежит реакция, протекающая по уравнению  $\text{Ni} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + \text{Pb}$ . Вычислить э.д.с. элемента при  $[\text{Ni}^{2+}] = 0,01$ ,  $[\text{Pb}^{2+}] = 0,0001 \text{ моль/л}$ .

**2116.** В два сосуда с голубым раствором медного купороса поместили: в первый цинковую пластинку, а во второй серебряную. В каком сосуде цвет раствора постепенно пропадает? Почему? Составить электронные и молекулярные уравнения соответствующей реакции.

**2216.** Увеличится, уменьшится или останется без изменения масса цинковой пластинки при взаимодействии ее с растворами: а)  $\text{CuSO}_4$ ; б)  $\text{MgSO}_4$ ; в)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Почему? Составить электронные и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

**2316.** При какой концентрации ионов  $\text{Zn}^{2+}$  (в  $\text{моль/л}$ ) потенциал цинкового электрода будет на  $0,015 \text{ В}$  меньше его стандартного электродного потенциала?

**2416.** Увеличится, уменьшится или останется без изменения масса кадмиевой пластинки при взаимодействии ее с растворами: а)  $\text{AgNO}_3$ ; б)  $\text{ZnSO}_4$ ; в)  $\text{NiSO}_4$ ? Почему? Составить электронные и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

**2516.** Марганцевый электрод в растворе его соли имеет потенциал  $-1,23 \text{ В}$ . Вычислить концентрацию ионов  $\text{Mn}^{2+}$  в  $\text{моль/л}$ .

**2616.** Составить схемы двух гальванических элементов, в одном из которых никель – отрицательный электрод, в другом – положительный.

**2716.** Потенциал серебряного электрода в растворе  $\text{AgNO}_3$  составил 95% от величины его стандартного электродного потенциала. Чему равна

концентрация ионов  $\text{Ag}^+$  в моль/л?

**2816.** Никелевый и кобальтовый электроды опущены соответственно в растворы  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ . В каком соотношении должна быть концентрация ионов этих металлов, чтобы потенциалы обоих электродов были одинаковыми?

**2916.** Составить схемы двух гальванических элементов, в одном из которых медь была бы катодом, а в другом – анодом. Написать для каждого из элементов электронные уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде.

**3016.** При какой концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в моль/л значение потенциала медного электрода становится равным стандартному потенциалу водородного электрода?

### 3.8. ЭЛЕКТРОЛИЗ

**0117.** Электролиз раствора  $\text{K}_2\text{SO}_4$  проводили при силе тока  $5 \text{ A}$  в течение  $3 \text{ ч}$ . Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах, вычислить объем выделяющихся на электродах веществ.

**0217.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе растворов  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NiSO}_4$ . В обоих случаях анод угольный.

**0317.** При электролизе раствора  $\text{CuSO}_4$  на аноде выделилось  $168 \text{ см}^3$  кислорода, измеренного при нормальных условиях. Сколько граммов меди выделилось на катоде?

**0417.** Сколько граммов воды разложилось при электролизе раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при силе тока  $7 \text{ A}$  в течение  $5 \text{ ч}$ ?

**0517.** Электролиз нитрата серебра проводили при силе тока  $2 \text{ A}$  в течение  $4 \text{ ч}$ . Сколько граммов серебра выделилось на катоде?

**0617.** Электролиз раствора сульфата некоторого металла проводили при силе тока  $6 \text{ A}$  в течение  $45 \text{ мин.}$ , в результате чего на катоде выделилось  $5,49 \text{ г}$  металла. Вычислить молярную массу эквивалентов металла.

**0717.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе раствора  $\text{KOH}$ , расплава  $\text{KOH}$ .

**0817.** Электролиз раствора сульфата цинка проводили в течение  $5 \text{ ч}$ , в результате чего выделилось  $6 \text{ л}$  кислорода, измеренного при нормальных условиях. Вычислить силу тока.

**0917.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  в случае угольного анода; в случае алюминиевого анода.

**1017.** Какие вещества и в каком количестве выделяются на угольных электродах при электролизе раствора  $\text{NaI}$  в течение  $2,5 \text{ ч}$ , если сила тока равна  $6 \text{ A}$ ?

**1117.** При электролизе раствора  $\text{AgNO}_3$  масса серебряного анода уменьшилась на 5,4 г. Сколько кулонов электричества израсходовано на этот процесс?

**1217.** Какие вещества и в каком количестве выделяются на угольных электродах при электролизе раствора  $\text{KBr}$  в течение 1 ч 35 мин при силе тока 15 А.

**1317.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на аноде при электролизе  $\text{CuCl}_2$ , если анод медный; если анод угольный.

**1417.** На электролиз раствора  $\text{CaCl}_2$  израсходовано 10722,2 Кл электричества. Вычислите массу выделяющихся на угольных электродах и образующихся возле катода веществ.

**1517.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе раствора  $\text{KCl}$ ; расплава  $\text{KCl}$ .

**1617.** Сколько времени проводят электролиз раствора электролита при силе тока 5 А, если на катоде выделяется 0,1 моль эквивалентов вещества? Какая масса вещества выделится на аноде?

**1717.** При электролизе растворов  $\text{MgSO}_4$  и  $\text{ZnCl}_2$ , соединенных последовательно с источником тока, на одном из катодов выделилось 0,25 г водорода. Сколько граммов вещества выделится на другом катоде; на анодах?

**1817.** Чему равна сила тока, если при электролизе раствора  $\text{MgCl}_2$  в течение 30 мин на катоде выделилось 8,4 л водорода, измеренного при нормальных условиях? Вычислить массу вещества, выделяющегося на аноде.

**1917.** Сколько граммов  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образуется возле анода при электролизе раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , если на аноде выделяется 1,12 л кислорода, измеренного при нормальных условиях? Вычислить массу вещества, выделяющегося на катоде.

**2017.** Вычислить силу тока, зная, что при электролизе раствора  $\text{KOH}$  в течение 1 ч 15 мин 20 с на аноде выделилось 6,4 г кислорода. Какое вещество и какой массы выделяется на катоде?

**2117.** Электролиз раствора  $\text{K}_2\text{SO}_4$  проводили при силе тока 5 А в течение 3 ч. Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах, вычислить объем выделяющихся на электродах веществ.

**2217.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе растворов  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NiSO}_4$ . В обоих случаях анод угольный.

**2317.** При электролизе раствора  $\text{CuSO}_4$  на аноде выделилось 168 см<sup>3</sup> кислорода, измеренного при нормальных условиях. Сколько граммов меди выделилось на катоде?

**2417.** Сколько граммов воды разложилось при электролизе раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при силе тока 7 А в течение 5 ч?

**2517.** Электролиз нитрата серебра проводили при силе тока 2 А в

течение 4 ч. Сколько граммов серебра выделилось на катоде?

**2617.** Электролиз раствора сульфата некоторого металла проводили при силе тока 6 А в течение 45 мин., в результате чего на катоде выделилось 5,49 г металла. Вычислить молярную массу эквивалентов металла.

**2717.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе раствора КОН, расплава КОН.

**2817.** Электролиз раствора сульфата цинка проводили в течение 5 ч, в результате чего выделилось 6 л кислорода, измеренного при нормальных условиях. Вычислить силу тока.

**2917.** Составить электронные уравнения процессов, происходящих на электродах при электролизе раствора  $Al_2(SO_4)_3$  в случае угольного анода; в случае алюминиевого анода.

**3017.** Какие вещества и в каком количестве выделяются на угольных электродах при электролизе раствора NaI в течение 2,5 ч, если сила тока равна 6 А?

### 3.9. ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ И МЕТОДЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

Природная вода из-за наличия в ней различных растворимых солей кальция и магния обладает так называемой жесткостью: при кипячении она дает накипь, например, в паровых котлах, плохо вспенивает мыло (вследствие образования нерастворимых солей  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  с жирными кислотами) и т.п. Различают жесткость устранимую (или временную), которую можно устранить кипячением воды, и постоянную, которая не устраняется кипячением. Сумма устранимой и постоянной жесткости составляет общую жесткость.

Устранимая жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, которые при кипячении разлагаются с выделением  $CO_2$  и осадка карбонатов:



Устранимая жесткость поэтому называется карбонатной.

Постоянная жесткость обусловлена присутствием в воде сульфатов и хлоридов Ca и Mg.

Жесткость выражают суммой миллимолей эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды (ммоль экв/л). Один миллимоль эквивалентов жесткости отвечает содержанию 20,04 мг  $Ca^{2+}$ /л или 12,16 мг  $Mg^{2+}$ /л (для сравнения: 20,04 г/моль и 12,16 г/моль – молярные массы эквивалентов Ca и Mg).

*Пример 1.* Вычислить жесткость воды, зная, что в 500 л ее содержится 202,5 г  $Ca(HCO_3)_2$ .

*Решение.* В 1 л воды содержится  $202,5:500 = 0,405$  г  $Ca(HCO_3)_2$ , что составляет  $0,405:81 = 0,005$  моль эквивалентов или 5 ммоль эквивалентов

(81 г/моль – молярная масса эквивалентов  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ). Следовательно, жесткость воды равна 5 ммоль экв/л.

*Пример 2.* Сколько граммов  $\text{CaSO}_4$  содержится в 1 м<sup>3</sup> воды, если ее жесткость, обусловленная присутствием этой соли, равна 4 ммоль экв/л?

*Решение.* Молярная масса  $\text{CaSO}_4$  равна 136 г/моль, а молярная масса эквивалентов этой соли равна половине ее молярной массы, т.е. 68 г/моль. В 1 м<sup>3</sup> воды с жесткостью 4 ммоль экв/л содержится  $4 \cdot 1000 = 4000$  ммоль экв, или  $68 \cdot 4000 = 272280$  мг = 272,28 г  $\text{CaSO}_4$ .

*Пример 3.* Сколько граммов соды надо прибавить к 500 л воды, чтобы устранить ее жесткость, равную 5 ммоль экв/л?

*Решение.* В 500 л воды содержится  $5 \cdot 500 = 2500$  ммоль экв, или 2,5 моль экв. солей, обуславливающих жесткость воды. Для устранения жесткости следует прибавить  $53 \cdot 2,5 = 132,5$  г соды (53 г/моль – молярная масса эквивалентов соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

*Пример 4.* Вычислить карбонатную жесткость воды, зная, что на титрование 100 см<sup>3</sup> этой воды, содержащей гидрокарбонат кальция, потребовалось 6,25 см<sup>3</sup> 0,08 н раствора HCl.

*Решение.* Вычислим сначала нормальность раствора гидрокарбоната кальция по известной формуле:  $C_{н1} \cdot V_1 = C_{н2} \cdot V_2$ , или, применительно к нашему случаю  $C_n(\text{CaHCO}_3)_2 \cdot V(\text{CaHCO}_3)_2 = C_n(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$ , откуда

$$C_n(\text{CaHCO}_3)_2 = C_n(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) / V(\text{CaHCO}_3)_2 = 0,08 \cdot 6,25 / 100 = \\ = 0,005 \text{ моль экв/л} = 5 \text{ ммоль экв/л}$$

Таким образом, в 1 л исследуемой воды содержится 5 ммоль экв гидрокарбоната кальция или, что то же самое, 5 ммоль экв  $\text{Ca}^{2+}$ -ионов. Карбонатная жесткость воды составляет 5 ммоль экв/л.

**0118.** Сколько граммов  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  надо прибавить к 500 л воды, чтобы устранить ее карбонатную жесткость, равную 5 ммоль экв/л?

**0218.** Какие соли обуславливают жесткость природной воды? Какую жесткость называют карбонатной, некарбонатной? Как можно устранить карбонатную, некарбонатную жесткость? Написать уравнения соответствующих реакций.

**0318.** Вычислить карбонатную жесткость воды, зная, что для реакции с гидрокарбонатом кальция, содержащимся в 200 см<sup>3</sup> воды, требуется 15 см<sup>3</sup> 0,08 н раствора HCl.

**0418.** В 1 л воды содержится 36,47 ммоль экв ионов магния и 50,1 ммоль экв ионов кальция. Чему равна жесткость этой воды?

**0518.** Сколько граммов карбоната натрия надо прибавить к 400 л воды, чтобы устранить жесткость, равную 3 ммоль экв/л?

**0618.** Вода, содержащая только сульфат магния, имеет жесткость 7 ммоль экв/л. Сколько граммов сульфата магния содержится в 300 л этой воды?

**0718.** Вычислить жесткость воды, зная, что в 600 л содержится 65,7 г



гидрокарбоната магния и 61,2 г сульфата кальция.

**0818.** В 220 л воды содержится 11 г сульфата магния. Чему равна жесткость этой воды?

**0918.** Жесткость воды, в которой растворен только гидрокарбонат кальция, равна 4 ммоль экв/л. Сколько 0,1н раствора HCl потребуется для реакции с гидрокарбонатом кальция, содержащимся в 75 см<sup>3</sup> этой воды?

**1018.** В 1 м<sup>3</sup> воды содержится 140 г сульфата магния. Вычислить жесткость этой воды.

**1118.** Вода, содержащая только гидрокарбонат магния, имеет жесткость 3,5 ммоль экв/л. Сколько граммов гидрокарбоната магния содержится в 250 л этой воды?

**1218.** К 1 м<sup>3</sup> жесткой воды прибавили 132,5 г карбоната натрия. На сколько ммоль экв/л понизилась жесткость?

**1318.** Чему равна жесткость воды, если для ее устранения к 50 л воды потребовалось прибавить 21,2 г карбоната натрия?

**1418.** Сколько граммов CaSO<sub>4</sub> содержится в 200 л воды, если жесткость, обусловленная этой солью, равна 8 ммоль экв/л?

**1518.** Вода, содержащая только гидрокарбонат кальция, имеет жесткость 9 ммоль экв/л. Сколько граммов гидрокарбоната кальция содержится в 500 л этой воды?

**1618.** Какие ионы надо удалить из природной воды, чтобы сделать ее мягкой? Введением каких ионов можно умягчить воду? Составить уравнение соответствующих реакций.

**1718.** Сколько граммов карбоната натрия надо прибавить к 0,1 м<sup>3</sup> воды, чтобы устранить жесткость, равную 4 ммоль экв/л?

**1818.** К 100 л жесткой воды прибавили 12,95 г гидроксида кальция. На сколько ммоль экв/л понизилась карбонатная жесткость?

**1918.** Чему равна карбонатная жесткость воды, если в 1 л ее содержится 0,292 г гидрокарбоната магния и 0,2025 г гидрокарбоната кальция?

**2018.** Сколько граммов гидроксида кальция надо прибавить к 275 л воды, чтобы устранить ее карбонатную жесткость, равную 5,5 ммоль экв/л?

**2118.** Сколько граммов Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> надо прибавить к 500 л воды, чтобы устранить ее карбонатную жесткость, равную 5 ммоль экв/л?

**2218.** Какие соли обуславливают жесткость природной воды? Какую жесткость называют карбонатной, некарбонатной? Как можно устранить карбонатную, некарбонатную жесткость? Написать уравнения соответствующих реакций.

**2318.** Вычислить карбонатную жесткость воды, зная, что для реакции с гидрокарбонатом кальция, содержащимся в 200 см<sup>3</sup> воды, требуется 15 см<sup>3</sup> 0,08 н раствора HCl.

**2418.** В 1 л воды содержится 36,47 ммоль экв ионов магния и 50,1 ммоль экв ионов кальция. Чему равна жесткость этой воды?

**2518.** Сколько граммов карбоната натрия надо прибавить к 400 л воды, чтобы устранить жесткость, равную 3 ммоль экв/л?

**2618.** Вода, содержащая только сульфат магния, имеет жесткость 7 ммоль экв/л. Сколько граммов сульфата магния содержится в 300 л этой воды?

**2718.** Вычислить жесткость воды, зная, что в 600 л содержится 65,7 г гидрокарбоната магния и 61,2 г сульфата кальция.

**2818.** В 220 л воды содержится 11 г сульфата магния. Чему равна жесткость этой воды?

**2918.** Жесткость воды, в которой растворен только гидрокарбонат кальция, равна 4 ммоль экв/л. Сколько 0,1н раствора HCl потребуется для реакции с гидрокарбонатом кальция, содержащимся в 75 см<sup>3</sup> этой воды?

**3018.** В 1 м<sup>3</sup> воды содержится 140 г сульфата магния. Вычислить жесткость этой воды.

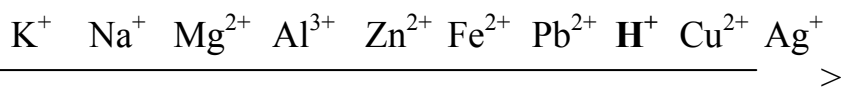
#### 4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Глинка Н.Л., Общая химия. –М.: Интеграл-Пресс, 2002 . – 728 с.
2. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. – М.: Интеграл-Пресс, 2002 . – 263 с.
3. Зубович И.А. Неорганическая химия.–М.: Высшая школа, 1989. – 432 с.
4. Иванкин А.Н., Неклюдов А.Д. Практикум по общей и неорганической химии: Учебное пособие для студентов специальности 260300 – М.: МГУЛ, 2004. –157 с.с.
5. Красовицкая Т.И. Электронные структуры атомов и химическая связь. – М.: Просвещение, 1972. – 222 с.
6. Коровин Н.В. Общая химия. – М.: Высшая школа, 1998. – 559 с.
7. CD-ROM «Химия для всех. Вер. 2.1» 1999. \ vsedyakin@glasnet.ru
8. Жилин Ю.Н. Введение в химию (основные понятия, определения, законы). –М.: Издательство МГУЛ, 2003. – 30 с.
9. Тележкин В.В., Иванкин А.Н., Олиференко Г.Л. Общая химия. Задания для индивидуальных работ. – М.: МГУЛ, 2001. – 108 с.
10. Иванкин А.Н. Основные химические реакции. – М.: МГУЛ, 1995. – 56 с.
11. Жилин Ю.Н. Вопросы и задачи к контрольным работам по общей химии. – М.: МГУЛ, 2003. – 38 с.
12. Жилин Ю.Н. Избранные главы общей химии. – М.: МГУЛ, 2003. – 53 с.
13. Дьяченко Л.А., Лосев В.П., Олиференко Г.Л. Химия: учебное пособие. Для студентов заочного отделения. – М.: МГУЛ, 2002. – 95 с.
14. Жилин Ю.Н. Избранные главы общей химии с примерами решения задач. Учебное пособие для студентов дистанционной формы обучения всех технических спец. М.: МГУЛ, 2004. – 124 с.

## 5. Приложения

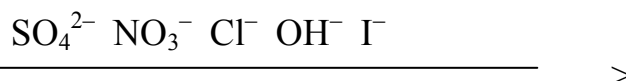
Относительная легкость разряда ионов в водных растворах

Катионы:



увеличение легкости разряда

Анионы:



увеличение легкости разряда

Таблица 1

Растворимость некоторых безводных солей, г/100 г воды

Соль	Температура, °С										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
NaNO <sub>3</sub>	73,0	80,5	88,0	96,1	104,9	111,1	123,6	135,8	148,1	161,1	184,5
NaCl	35,8	35,9	36,0	-	36,8	37,0	37,2	37,9	38,2	38,8	39,6
NaHCO <sub>3</sub>	6,9	8,2	8,6	11,2	12,6	14,5	16,4	-	-	-	-
KNO <sub>3</sub>	13,1	20,8	31,8	46,2	64,2	86,1	110,2	137,7	168,5	204,0	244,5
KCl	28,5	31,3	34,2	37,4	40,6	43,1	45,6	48,4	51,2	53,7	56,3
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7,4	9,3	11,1	13,1	15,1	16,3	18,3	20,0	21,4	22,9	24,1
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4,7	8,1	12,3	18,3	26,0	35,0	44,0	56,8	69,8	82,5	102,0
NH <sub>4</sub> Cl	29,8	33,3	37,2	41,5	45,7	50,4	55,4	60,4	65,5	71,2	77,5
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	36,4	44,6	52,3	60,8	69,5	78,6	88,0	97,6	107,2	-	127,2

Таблица 2

Растворимость солей и оснований в воде (Р – растворимое вещество, М – малорастворимое, Н – практически нерастворимое; Х и черта означают, что вещество не существует или разлагается)

Анион	Катион																
	H <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>+</sup>
OH <sup>-</sup>		Р	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Х	Х
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н
Be <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н
J <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Х	Р	Р	Р	Р	Н	Н
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	-	-	-	-	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Х	Х	Н	Х	Н	Н	Н	Н	Н	Х
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	М
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Х	Х	Н	Х	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	Р	Р	Х	Р	Н	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Х	Х
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М

Таблица 3

Относительные плотности  $d_4^{20}$  и процентные концентрации  
по массе растворов

Вещество (безвод- ное)	Процентное содержание при плотности									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1,015	1,028	1,031	1,040	1,048	1,057	1,065	1,074	1,083	1,092
NH <sub>4</sub> Cl	1,011	1,017	1,023	1,029	1,034	1,040	1,046	1,051	1,057	1,062
KNO <sub>3</sub>	1,023	1,036	1,050	1,063	1,076	1,090	1,104	1,118	1,133	1,147
KCl	1,024	1,037	1,050	1,063	1,077	1,090	1,104	1,119	1,134	1,148
CaCl <sub>2</sub>	1,032	1,049	1,066	1,084	1,102	1,120	1,139	1,158	1,178	1,197
NaNO <sub>3</sub>	1,025	1,039	1,053	1,064	1,082	1,097	1,119	1,127	1,143	1,159
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,016	1,024	1,032	1,040	1,048	1,056	1,064	1,072	1,081	1,089
NaCH <sub>3</sub> COO	1,019	1,029	1,039	1,050	1,060	1,070	1,081	1,091	1,102	1,113
NaCl	1,029	1,044	1,058	1,073	1,089	1,104	1,119	1,135	1,151	1,168

Т а б л и ц а 4

Плотности растворов серной, азотной и уксусной кислот при 20°C (г/мл)

Массовая доля, %	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH	Массовая доля, %	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH
0	0,998	0,998	0,998	43	1,329	1,266	1,052
1	1,005	1,004	1,000	46	1,357	1,285	1,054
2	1,012	1,009	1,001	49	1,385	1,304	1,057
3	1,018	1,015	1,003	52	1,415	1,322	1,059
4	1,025	1,020	1,004	55	1,445	1,339	1,061
5	1,032	1,026	1,006	58	1,477	1,356	1,063
6	1,038	1,031	1,007	61	1,509	1,372	1,065
7	1,045	1,037	1,008	64	1,542	1,387	1,066
8	1,052	1,043	1,010	67	1,576	1,400	1,068
9	1,059	1,049	1,011	70	1,611	1,413	1,069
10	1,066	1,054	1,013	73	1,646	1,426	1,069
11	1,087	1,072	1,017	76	1,681	1,438	1,070
16	1,109	1,090	1,021	79	1,716	1,449	1,070
19	1,132	1,109	1,025	82	1,749	1,459	1,070
22	1,155	1,128	1,029	85	1,779	1,469	1,069
25	1,178	1,147	1,033	88	1,802	1,477	1,068
28	1,202	1,167	1,036	91	1,819	1,485	1,065
31	1,227	1,187	1,040	94	1,8312	1,491	1,082
34	1,252	1,207	1,043	97	1,8363	1,497	1,057
37	1,277	1,227	1,046	100	1,8305	1,513	1,050
40	1,303	1,246	1,049				

Таблица 5

Плотности водных растворов щелочей при 15°C

Плотность, г/мл	Концентрация, %		Плотность, г/мл	Концентрация, %	
	КОН	NaOH		КОН	NaOH
1,007	0,9	0,61	1,252	27,0	22,64
1,014	1,7	1,20	1,263	28,0	23,67
1,022	2,6	2,00	1,274	28,9	24,81
1,029	3,5	2,71	1,285	29,8	25,80
1,037	4,5	3,35	1,297	30,7	26,83
1,045	5,6	4,00	1,308	31,8	27,80
1,052	6,4	4,64	1,320	32,7	28,83
1,060	7,4	5,29	1,332	33,7	29,93
1,067	8,2	5,87	1,345	34,9	31,22
1,075	9,2	6,55	1,357	35,9	32,47
1,083	10,1	7,31	1,370	36,9	33,69
1,091	10,9	8,00	1,383	37,8	34,96
1,100	12,0	8,68	1,397	38,9	36,25
1,108	12,9	9,42	1,410	39,9	37,47
1,118	13,8	10,06	1,424	40,9	38,80
1,125	14,8	10,97	1,438	42,1	39,99
1,134	15,7	11,84	1,453	43,4	41,41
1,142	16,5	12,04	1,468	44,0	42,83
1,152	17,6	13,55	1,483	45,8	44,88
1,162	18,6	14,37	1,498	47,1	46,15
1,171	19,5	15,13	1,514	48,3	47,60
1,180	20,5	15,91	1,530	49,4	49,02
1,190	21,4	16,77	1,546	50,6	-
1,200	22,4	17,67	1,563	51,9	-
1,210	23,3	18,58	1,580	53,2	-
1,220	24,2	19,58	1,597	54,5	-
1,231	25,1	20,59	1,615	55,9	-
1,241	26,1	21,42	1,634	57,5	-

Названия некоторых кислот и их солей

Кислота	Формула	Общее название	Примеры названия солей
Азотистая	$\text{HNO}_2$	нитриты	$\text{Mg}(\text{NO}_2)_2$ – нитрит магния
Азотная	$\text{HNO}_3$	нитраты	$\text{KNO}_3$ – нитрат калия
Бромоводородная	$\text{HBr}$	бромиды	$\text{PbBr}_2$ – бромид свинца
Дихромовая	$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	дихроматы	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (ди)бихромат калия
Йодоводородная	$\text{HI}$	йодиды	$\text{FeI}_3$ – йодид железа (III)
Кремниевая	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	силикаты	$\text{CaSiO}_3$ – силикат кальция
Марганцовая	$\text{HMnO}_4$	перманганаты	$\text{KMnO}_4$ – перманганат калия
Роданистоводородная	$\text{HCNS}$	роданиды	$\text{NaCNS}$ – роданид натрия
Сероводородная	$\text{H}_2\text{S}$	сульфиды	$\text{FeS}$ – сульфид железа (II)
Сернистая	$\text{H}_2\text{SO}_3$	сульфиты	$\text{BaSO}_3$ – сульфит бария
Серная	$\text{H}_2\text{SO}_4$	сульфаты	$\text{Li}_2\text{SO}_4$ – сульфат лития
Тиосерная	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	тиосульфаты	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – тиосульфат натрия
Угльная кислота	$\text{H}_2\text{CO}_3$	карбонаты	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ – карбонат натрия $\text{NaHCO}_3$ – <b>гидрокарбонат</b> натрия $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ – <b>дигидроксо-</b> карбонат меди (II)
Уксусная	$\text{CH}_3\text{COOH}$	ацетаты	$\text{CH}_3\text{COOCu}$ – ацетат меди (I)
Фосфорная	$\text{H}_3\text{PO}_4$	фосфаты	$\text{Cs}_3\text{PO}_4$ – фосфат цезия $\text{K}_2\text{HPO}_4$ – <b>гидрофосфат</b> калия $\text{KH}_2\text{PO}_4$ – <b>дигидрофосфат</b> калия
Фтороводородная	$\text{HF}$	фториды	$\text{MgF}_2$ – фторид магния
Хлороводородная (соляная)	$\text{HCl}$	хлориды	$\text{AlCl}_3$ – хлорид алюминия
Хлорноватистая	$\text{HClO}$	<b>гипохлориты</b>	$\text{NaOCl}$ – гипохлорит натрия
Хлористая	$\text{HClO}_2$	хлориты	$\text{NaClO}_2$ – хлорит натрия
Хлорноватая	$\text{HClO}_3$	хлораты	$\text{KClO}_3$ – хлорат калия
Хлорная	$\text{HClO}_4$	<b>перхлораты</b>	$\text{KClO}_4$ – перхлорат калия
Хромовая	$\text{H}_2\text{CrO}_4$	хроматы	$\text{Na}_2\text{CrO}_4$ – хромат натрия
Цианистоводородная	$\text{HCN}$	цианиды	$\text{KCN}$ – цианид калия



Таблица 7

Термодинамические константы образования  
некоторых веществ

Вещество	$\Delta H^0_{298}$ , кДж/моль	$\Delta G^0_{298}$ , кДж/моль	$\Delta S^0_{298}$ , кДж/моль · град
Ag (к)	0	0	42,6
Ag <sup>+</sup> (р)	105,6	77,2	72,7
AgBr (к)	-100,3	-97,3	107,3
AgCl (к)	-127,2	-109,9	96,2
AgI (к)	-61,9	-66,4	115,5
Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> <sup>+</sup> (р)	-	-17,6	246,3
AgNO <sub>3</sub> (к)	-124,6	-33,6	141,0
Ag <sub>2</sub> O (к)	-31,2	-11,3	121,0
Ag <sub>2</sub> S (к)	-32,8	-40,8	144,0
Al (к)	0	0	28,4
Al <sup>3+</sup> (р)	-530,0	-490,5	-301
AlCl <sub>3</sub> (к)	-704,6	-629,0	109,4
Al(OH) <sub>3</sub> (к)	-1315	-1157	70,1
Al(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup> (р)	-1507,5	-1307,5	89,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (к)	-1676,8	-1583,3	50,95
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (к)	-3444,1	-3102,9	239,4
Ba (к)	0	0	67
Ba <sup>2+</sup> (р)	-578,0	-561,1	9,6
BaCO <sub>3</sub> (к)	-1217,1	-1137,2	113,0
BaCl <sub>2</sub> (к)	-859,1	-811,4	123,8
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (к)	-992,7	-797,3	213,9
BaO (к)	-553,9	-526,4	70,5
Ba(OH) <sub>2</sub> (к)	-945,4	-855,4	100,5
BaSO <sub>4</sub> (к)	-1474,2	-1363,2	132,3
Br <sub>2</sub> (г)	-30,9	3,1	245,5
Br <sub>2</sub> (ж)	0	0	152,2
HBr (г)	-36,1	-53,4	198,7
C (алмаз,к)	1,021	2,834	2,37
C (графит,к)	0	0	5,740
CH <sub>4</sub> (г)	-74,86	-50,85	186,44
CO (г)	-110,6	-137,2	197,7
COCl <sub>2</sub> (г)	-220,3	-266,9	283,9
CO <sub>2</sub> (г)	-393,8	-394,6	213,8
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (р)	-676,3	-528,1	-54,9
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (р)	-699,5	-619,2	187,4
Ca (к)	0	0	4145
Ca <sup>2+</sup> (р)	-542,96	-553,0	-55,2

CaCO <sub>3</sub> кальцит	-1207,7	-1129,6	91,6
CaCl <sub>2</sub> (к)	-796,3	-748,9	101,7
CaHPO <sub>4</sub> (к)	-1815,6	-1682,4	111,5
CaO (к)	-635	-603,6	39,7
Ca(OH) <sub>2</sub> (к)	-986,8	-899,2	83,4
CaSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O (гипс, к)	-2023,98	-1798,7	194,3
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (к,β)	-4123,6	-3887,4	236,1
Cl <sup>-</sup> (р)	-167,2	-131,4	56,6
Cl <sub>2</sub> (г)	0	0	222,9
ClO <sup>-</sup> (р)	-110,1	-36,6	33
ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (р)	-69,0	14,6	100,4
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (р)	-98,3	-2,6	163,2
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (р)	-131,4	-10,8	180,7
Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (г)	286,6	399,1	-
HCl (г)	-92,4	-94,5	186,9
HCl <sup>-</sup> (р)	-166,9	-131,2	56,5
HclO (р)	-124,3	-79,6	129
HclO <sub>4</sub> (ж)	-34,5	84,0	188,4
Co (к)	0	0	30,1
Co <sup>2+</sup> (р)	-59,4	-53,6	-110,5
Co <sup>3+</sup> (р)	-94,2	-129,7	-285,0
CoCO <sub>3</sub> (к)	-722,6	-651,0	-
CoCl <sub>2</sub> (к)	-310,2	-267,5	109,7
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (к)	-421,8	-243,3	192
CoO (к)	-239,7	-215,2	52,8
Co(OH) <sub>2</sub> (к)	-541,0	-456,1	82,0
Co(OH) <sub>3</sub> (к)	-726,0	-596,8	100
CoSO <sub>4</sub> (к)	-889,5	-783,7	117,5
Cr (к)	0	0	23,6
Cr <sup>3+</sup> (р)	-236,1	-223,2	-215,6
CrO <sub>3</sub> (к)	-590,8	-513,8	72,3
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (р)	-882,2	-729,9	54
Cr(OH) <sub>3</sub> (к)	-995	-846,8	95,4
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (к)	-1141,3	-1059,7	81,2
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> (р)	-1491,9	-1305,4	270,5
Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (к)	-3308	-2986	287,9
Cu <sup>2+</sup> (р)	66,0	65	-92,8
CuCO <sub>3</sub> (к)	-595,4	-518,3	88
CuCl <sub>2</sub> (к)	-215,7	-171,5	108,2
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (к)	-305,3	-117	192

CuO (κ)	-162,1	-129,5	42,73
Cu(OH) <sub>2</sub> (κ)	-144,6	-359,6	84
(CuOH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (κ)	-1051	-900,9	211,6
CuS (κ)	-53,2	-53,6	66,5
CuSO <sub>4</sub> (κ)	-771,4	-662,2	109,3
CuSO <sub>4</sub> •5H <sub>2</sub> O (κ)	-2280,8	-1881	200,6
Fe (κ)	0	0	27,2
Fe <sup>2+</sup> (p)	-87,2	-78,96	-110,9
Fe <sup>3+</sup> (p)	-46,4	-4,6	-309,2
FeCO <sub>3</sub> (κ)	-738,6	-665,5	95,5
FeCl <sub>2</sub> (κ)	-341,98	-302,6	118,1
FeCl <sub>3</sub> (κ)	-399,7	-334,2	142,4
FeO (κ)	-265,0	-244,5	60,8
Fe(OH) <sub>2</sub> (κ)	-562,1	-480,1	88
Fe(OH) <sub>3</sub> (κ)	-827,2	-700,1	105
FeS (κ)	-100,5	-100,8	60,3
FeSO <sub>4</sub> (κ)	-929,5	-825,5	121,0
FeSO <sub>4</sub> •7H <sub>2</sub> O (κ)	-3017,8	-2513,3	409,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (κ)	-822,7	-740,8	87,5
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (κ)	-2582,0	-2254,6	283,0
H <sup>+</sup> (p)	0	0	0
H <sub>2</sub> (Γ)	0	0	130,7
K <sup>+</sup> (p)	-251,2	-282,3	102,5
KBr (κ)	-392,5	-378,8	95,85
KCN (κ)	-112,5	-103,9	-137,03
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (κ)	-1146,1	-1059,8	156,32
KCl (κ)	-439,5	-408,0	82,56
KJ (κ)	-327,6	-324,1	110,79
KMnO <sub>4</sub> (κ)	-813,4	-713,8	171,71
KNO <sub>2</sub> (κ)	-370,3	-218,6	117
KNO <sub>3</sub> (κ)	-493,2	-393,1	132,93
KOH (κ)	-425,8	-380,2	79,32
KOH (p)	-477,3	-440,5	91,6
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (p)	-1382,8	-1286,0	193,3
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (κ)	-2033,0	-1866	291,2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (κ)	-1433,7	-1316,4	175,7
K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> (κ)	-1423,8	-1097,5	598
K <sub>3</sub> Fe(CH) <sub>6</sub> (κ)	-171,2	-51,9	420,1
MgCO <sub>3</sub> (κ)	-1113,3	-1029,3	65,7
MgCl <sub>2</sub> (κ)	-641,1	-591,6	89,8
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> •6H <sub>2</sub> O (κ)	-2612,3	-2072,4	453,1
MgO (κ)	-601,8	-569,6	26,9

Mg(OH) <sub>2</sub> (к)	-924,7	-833,7	63,14
MgSO <sub>4</sub> (к)	-1301,4	-1158,7	91,6
MgSO <sub>4</sub> •7H <sub>2</sub> O (к)	-3384	-2868	-
Mn (к)	0	0	32,0
MnCO <sub>3</sub> (к)	-881,7	-811,4	109,5
MnCl <sub>2</sub> (к)	-481,2	-440,4	116,2
MnCl <sub>2</sub> •4H <sub>2</sub> O (к)	-1687	-1426	316,5
MnO (к)	-385,1	-363,3	61,5
MnO <sub>2</sub> (к)	-521,5	-466,7	53,1
Mn(OH) <sub>2</sub> (к)	-700	-618,7	94,9
MnSO <sub>4</sub> (к)	-1066,7	-959,0	112,5
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (р)	-520,07	-449,3	190,2
N <sub>2</sub> (г)	0	0	199,9
NH <sub>3</sub> (г)	-46,19	-16,7	192,6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (р)	-132,4	-79,5	114,4
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (к)	-5946,9	-4938,5	686,2
NH <sub>4</sub> Cl (к)	-314,4	-204,3	95,9
NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> (р)	-237,4	-116,8	253,7
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (к)	-365,4	-183,9	151,1
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (к)	-1181,1	-901,9	220
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (р)	-207,5	-111,7	147,3
HNO <sub>2</sub> (р)	-119,2	-55,6	152,7
HNO <sub>3</sub> (ж)	-171,3	-80,9	155,7
Na <sup>+</sup> (р)	-239,9	-262,13	58,91
NaAlO <sub>2</sub> (к)	-1132,2	-1066,27	70,4
NaCl (к)	-411,1	-384,0	72,12
NaHCO <sub>3</sub> (к)	-947,7	-851,9	102
NaNO <sub>2</sub> (к)	-359	-295	106
NaNO <sub>3</sub> (к)	-466,7	-365,9	116
NaOH (к)	-425,6	-389,7	64,4
NaOH (р)	-470	-419,2	48,1
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (к)	-1137,5	-1047,5	136,4
Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (к)	-1333	-1232	174,5
Na <sub>2</sub> S (к)	-370,3	-354,8	77,4
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (к)	-1384,6	-1266,8	149,5
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> •10H <sub>2</sub> O	-4324,6	-3640	585,7
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (к)	-1935,5	-1819	224,7
Ni <sup>2+</sup> (р)	-	-45,6	-126,0
NiCl <sub>2</sub> (к)	-304,2	-258,0	98,07
NiCl <sub>2</sub> •4H <sub>2</sub> O	-	-1246,8	-
NiO (к)	-239,7	-211,6	37,9
Ni(OH) <sub>2</sub> (к)	-543,5	-458,4	79,9

NiS (к)	-79	-76,9	52,92
NiSO <sub>4</sub> (к)	-873,5	-763,8	103,9
NiSO <sub>4</sub> •7H <sub>2</sub> O (к)	-2974,4	-2463,3	378,9
O <sub>2</sub> (г)	0	0	205,0
O <sub>3</sub> (г)	-142,3	-162,7	238,8
OH <sup>-</sup> (р)	-230,2	-157,4	-10,8
H <sub>2</sub> O (г)	-241,98	-228,8	188,9
H <sub>2</sub> O (ж)	-286,0	-237,4	70,0
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ж)	-187,9	-120,5	109,6
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (р)	-191,4	-133,8	142,4
P (к, бел.)	0	0	41,1
PCl <sub>3</sub> (г)	-287,02	-260,5	311,7
PCl <sub>5</sub> (г)	-374,89	-305,4	364,5
PH <sub>3</sub> (г)	5,44	13,39	210,1
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (р)	-1298,7	-1094,1	-36,8
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (р)	-1302,25	-1135,1	90,37
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (р)	-1288,3	-1142,6	-158,1
PbCO <sub>3</sub> (к)	-700,0	-626,29	131,0
PbCl <sub>2</sub> (к)	-360,9	-315,62	136,0
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (к)	-451,7	-258,9	217,9
PbO (к)	-219,4	-186,2	66,2
PbO <sub>2</sub> (к)	-276,75	-218,45	71,97
Pb(OH) <sub>2</sub> (к)	-512,9	-451,55	-
PbS (к)	-100,4	-98,8	91,2
PbSO <sub>4</sub> (к)	-912	-814,3	148,67
S (к, ромб)	0	0	31,9
S <sup>2-</sup> (р)	-	92,5	-14,5
SO <sub>2</sub> (г)	-297,2	-300,41	248,2
SO <sub>3</sub> (г)	-376,2	-370	256,4
H <sub>2</sub> S (г)	-20,9	33	193,2
H <sub>2</sub> S (р)	-	-27,9	108,8
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ж)	-814	-690,7	57,0
SiO <sub>2</sub> (кварц, к)	-911,6	-857,2	41,9
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (к)	-1189,1	-1019,1	-
Sn (к, белое)	0	0	51,6
Sn <sup>2+</sup> (р)	-10,5	-27,3	-22,7
Sn <sup>4+</sup> (р)	-2,43	-2,4	-226,1
SnCl <sub>4</sub> (ж)	-529,2	-458,1	259
SnO (к)	-286,2	-258,1	56
SnO <sub>2</sub> (к)	-581,2	-520,2	52
SnS <sub>2</sub> (к)	-82,5	-74,1	87,5
Zn (к)	0	0	41,66

$Zn^{2+}$ (р)	-153,74	-147,26	-110,67
$ZnCO_3$ (к)	-818,59	-737,3	82,5
$ZnCl_2$ (к)	-415,33	-369,6	111,54
$Zn(NO_3)_2$ (к)	-484,04	-	-
$ZnO$ (к)	-350,8	-320,88	43,67
$Zn(OH)_2$ (к, ромб)	-	-554,79	76,15
$Zn(OH)_4^{2-}$ (р)	-	-905,4	-
$ZnSO_4 \cdot 6H_2O$ (к)	-2780,8	-2325,5	363,8

Таблица 8

Степень диссоциации кислот, оснований и солей  
при 18 – 25<sup>0</sup>С\*

Наименование электролита и его формула		Степень диссоциации, %	
		В 1 н. растворах	В 0,1 н. растворах
<b>КИСЛОТЫ</b>			
Азотная	$\text{HNO}_3$	82	92
Соляная	$\text{HCl}$	78	91
Бромистоводородная	$\text{HBr}$	-	90
Йодистоводородная	$\text{HI}$	-	90
Серная	$\text{H}_2\text{SO}_4$	51	58
Щавелевая	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-	31
Фосфорная	$\text{H}_3\text{PO}_4$	-	26
Сернистая	$\text{H}_2\text{SO}_3$	-	20
Фтористоводородная	$\text{HF}$	-	15
Уксусная	$\text{CH}_3\text{COOH}$	0,4	1,3
Угольная	$\text{H}_2\text{CO}_3$	-	0,17
Сероводородная	$\text{H}_2\text{S}$	-	0,07
Борная	$\text{H}_3\text{BO}_3$	-	0,01
Синильная	$\text{HCN}$	-	0,007
<b>ОСНОВАНИЯ</b>			
Гидроксид калия	$\text{KOH}$	77	89
Гидроксид натрия	$\text{NaOH}$	73	84
Раствор аммиака	$\text{H}_3\text{N}\dots\text{HOH}$	0,4	1,3
<b>СОЛИ</b>			
Типа $\text{Me}^+\text{A}^-$ (например: $\text{KCl}$ ; $\text{NaNO}_3$ )		-	86
Типа $\text{Me}^+\text{A}^{2-}$ и $\text{Me}^{2+}\text{A}_2^-$ (например: $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )		-	73
Типа $\text{Me}_3\text{A}$ и $\text{Me}^{3+}\text{A}_3^-$ (например: $\text{K}_3\text{PO}_4$ ; $\text{AlCl}_3$ )		-	65
Типа $\text{Me}^{2+}\text{A}^{2-}$ (например: $\text{CuSO}_4$ ; $\text{ZnSO}_4$ ; $\text{MgSO}_4$ )		-	40

\* Для сильных электролитов приведены кажущиеся степени диссоциации.

Таблица 9

Константы диссоциации некоторых слабых кислот  
и оснований в водных растворах

Наименование		Степень диссоциации	$K_{\text{дис.}}$
Кислоты			
Азотистая	$\text{HNO}_2$		$4,6 \cdot 10^{-4}$
Борная (орто)	$\text{H}_3\text{BO}_3$	1	$7,3 \cdot 10^{-10}$
		2	$1,8 \cdot 10^{-13}$
		3	$1,6 \cdot 10^{-14}$
Борная (тетра)	$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$	1	$1 \cdot 10^{-4}$
		2	$1 \cdot 10^{-9}$
Водорода пероксид	$\text{H}_2\text{O}_2$		$2,4 \cdot 10^{-12}$
Кремниевая (мета)	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	1	$2 \cdot 10^{-10}$
		2	$1 \cdot 10^{-12}$
Сернистая	$\text{H}_2\text{SO}_3$	1	$1,3 \cdot 10^{-2}$
		2	$5 \cdot 10^{-6}$
Сероводородная	$\text{H}_2\text{S}$	1	$9,1 \cdot 10^{-8}$
		2	$1,1 \cdot 10^{-12}$
Угольная	$\text{H}_2\text{CO}_3$	1	$4,31 \cdot 10^{-7}$
		2	$5,61 \cdot 10^{-11}$
Фосфорная (орто)	$\text{H}_3\text{PO}_4$	1	$7,52 \cdot 10^{-3}$
		2	$6,23 \cdot 10^{-8}$
		3	$2,2 \cdot 10^{-13}$
Хромовая	$\text{H}_2\text{CrO}_4$	1	$1,8 \cdot 10^{-10}$
		2	$3,20 \cdot 10^{-7}$
Цианистоводородная	$\text{HCN}$		$4,79 \cdot 10^{-10}$
Муравьиная	$\text{HCOOH}$		$1,665 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$\text{CH}_3\text{COOH}$		$1,76 \cdot 10^{-5}$
Щавелевая	$(\text{COOH})_2$	1	$5,90 \cdot 10^{-2}$
		2	$6,40 \cdot 10^{-5}$
Основания			
Гидроксид аммония	$\text{NH}_3 \dots \text{НОН}$		$1,79 \cdot 10^{-5}$



Таблица 10

Степень гидролиза 0,1 М растворов некоторых солей при  $t = 25^{\circ}\text{C}$

Соль	Степень гидролиза, %	Соль	Степень гидролиза, %
$\text{NH}_4\text{Cl}$	0,007	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$	0,0004
$\text{CH}_3\text{COONH}_4$	0,5	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	4
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	99	$\text{NaHCO}_3$	0,005
$\text{NH}_4\text{HS}$	7,0	$\text{Na}_2\text{S}$	99
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	0,5	$\text{NaHS}$	0,10
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	0,13	$\text{NaClO}$	0,18
$\text{NaHSO}_3$	0,0002	$\text{KCN}$	1,2
$\text{CH}_3\text{COONa}$	0,007	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	3,5
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	34	$\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$	40
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0,13	$\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$	32,0

Таблица 11

Нормальные окислительно-восстановительные потенциалы  $E_0$ 

Элемент	Окислительная форма	Количество электронов	Восстановленная форма	Нормальный окисл.-восст. потенциал $E_0$ , В
Al	$Al^{3+}$	3	Al	-1,67
Ag	$Ag^+$	1	Ag	+0,80
As	$As + 3H^+$	3	$AsH_3$	-0,54
	$As + 3H_2O$	3	$AsH_3 + 3OH^-$	-1,37
	$H_3AsO_4 + 2H^+$	2	$HAsO_2 + 2H_2O$	+0,559
	$AsO_4^{3-} + 2H_2O$	2	$AsO_2^- + 4OH^-$	-0,71
	$AsO_2^- + 2H_2O$	3	$As + 4OH^-$	-0,68
Au	$Au^{3+}$	3	Au	+1,42
Ba	$Ba^{2+}$	2	Ba	-2,90
Be	$Be^{2+}$	2	Be	-1,85
Br	$Br_2$	2	$2Br^-$	+1,065
	$BrO_3^- + 6H$	6	$Br^- + 3H_2O$	+1,44
	$BrO_3^- + 3H_2O$	6	$Br^- + 6OH^-$	+0,60
C	$2CO_2 + 2H^+$	2	$C_2O_4^{2-}$	-0,49
Ca	$Ca^{2+}$	2	Ca	-2,87
Cl	$Cl_2$	2	$2Cl^-$	+1,358
	$2HClO + 2H^+$	2	$Cl_2 + 2H_2O$	+1,63
	$2ClO_3^- + 12H^+$	10	$Cl_2 + 6H_2O$	+1,47
	$ClO_3^- + 6H^+$	6	$Cl^- + 3H_2O$	+1,45
	$ClO_3^- + 3H_2O$	6	$Cl^- + 6OH^-$	+0,62
Co	$Co^{3+}$	1	$Co^{2+}$	+1,84
	$Co^{2+}$	2	Co	-0,277
	$Co^{2+}$	3	Co	+0,33
	$[Co(NH_3)_6]^{3+}$	1	$[Co(NH_3)_6]^{3+}$	+0,1
Cr	$Cr^{3+}$	1	$Cr^{2+}$	-0,41
	$Cr^{3+}$	3	Cr	-0,71
	$Cr^{2+}$	2	Cr	-0,86
	$CrO_4^{2-} + 4H_2O$	3	$Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,12
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	6	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,36
Cu	$Cu^{2+}$	1	$Cu^+$	+0,167
	$Cu^{2+}$	2	$Cu^+$	+0,345
F	$F_2$	2	$2F^-$	+2,85
	$F_2 + H^+$	2	$2HF$	+3,03

Fe	$\text{Fe}^{3+}$	1	$\text{Fe}^{2+}$	+0,771
	$\text{Fe}^{3+}$	3	Fe	-0,036
	$\text{Fe}^{2+}$	2	Fe	-0,440
	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	1	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	+0,36
	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	1	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0,56
H	$2\text{H}^+$	2	$\text{H}_2$	+0,009
	$\text{H}_2$	2	2H	-2,25
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	2	$2\text{H}_2\text{O}$	+1,77
Hg	$2\text{Hg}^{2+}$	2	$\text{Hg}_2^{2+}$	+0,910
	$\text{Hg}^{2+}$	2	Hg	+0,854
J	$\text{J}_2$	2	$2\text{J}^-$	+0,5345
	$2\text{JO}_3^- + 12\text{H}^+$	10	$\text{J}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,196
	$\text{JO}_3^- + 6\text{H}^+$	6	$\text{J} + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,08
K	$\text{K}^+$	1	K	-2,922
Li	$\text{Li}^+$	1	Li	-3,02
Mg	$\text{Mg}^{2+}$	2	Mg	-2,34
Mn	$\text{Mn}^{4+}$	2	Mn	+1,87
	$\text{Mn}^{2+}$	2	Mn	-1,05
	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$	2	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,28
	$\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	2	$\text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,58
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+$	5	$\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,52
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$	3	$\text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,57
	$\text{MnO}_4^-$	1	$\text{MnO}_4^{2-}$	+0,54
Na	$\text{NaBiO}_3 + 4\text{H}^+$	2	$\text{BiO}^- + \text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,08
N	$2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^+$	6	$\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,45
	$\text{HNO}_2 + 7\text{H}^+$	6	$\text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,86
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$	1	$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,81
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$	3	$\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
	$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+$	8	$\text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,87
	$\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O}$	8	$\text{NH}_4\text{OH} + 9\text{OH}^-$	-0,12
O	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+$	4	$2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	4	$2\text{OH}^-$	+0,401
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$	2	$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,94
Pb	$\text{Pb}^{2+}$	2	Pb	+0,126
	$\text{Pb}^{4+}$	2	$\text{Pb}^{2+}$	+1,69
	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$	2	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,456
S	S	2	$\text{S}^{2-}$	+0,508
	$\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	6	$\text{S}^{2-} + 6\text{OH}^-$	-0,61
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$	2	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	+0,20
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+$	6	$\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,37
	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$	2	$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0,15

Si	$\text{SiO}_2 + 4\text{H}^+$	4	$\text{Si} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,86
Sn	$\text{Sn}^{4+}$	2	$\text{Sn}^{2+}$	+0,15
	$\text{Sn}^{2+}$	2	Sn	-0,136
	$\text{Sn}^{4+}$	4	Sn	+0,01
V	$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+$	1	$\text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0,314
Zn	$\text{Zn}^{2+}$	2	Zn	-0,762
	$\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	2	$\text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,22

## Константы нестойкости некоторых комплексов

Комплек- сный ион	Формула расчета	К	Комплек- сный ион	Формула расчета	К
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$\frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^{2+}]}$	$9 \cdot 10^{-8}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$\frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{CN}^-]^3}{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}$	$1 \cdot 10^{-44}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$\frac{[\text{Co}^{2+}][\text{NH}_3]^2}{[\text{Co}(\text{NH}_3)_4^{2+}]}$	$8 \cdot 10^{-8}$	$[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$	$\frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}$	$5 \cdot 10^{-3}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$\frac{[\text{Co}^{2+}][\text{NH}_3]^6}{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}]}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Hg}^{2+}][\text{CN}^-]^4}{[\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-}]}$	$4 \cdot 10^{-41}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3-}$	$\frac{[\text{Co}^{3+}][\text{NH}_3]^6}{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}]}$	$6 \cdot 10^{-36}$	$[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Hg}^{2+}][\text{SCN}^-]^4}{[\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}]}$	$1 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$\frac{[\text{Cu}^{2+}][\text{NH}_3]^4}{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}]}$	$5 \cdot 10^{-14}$	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Ni}^{2+}][\text{CN}^-]^4}{[\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}]}$	$3 \cdot 10^{-16}$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$\frac{[\text{Ni}^{2+}][\text{NH}_3]^6}{[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+}]}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Zn}^{2+}][\text{CN}^-]^4}{[\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-}]}$	$2 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$\frac{[\text{Zn}^{2+}][\text{NH}_3]^4}{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}]}$	$4 \cdot 10^{-10}$	$[\text{CdCl}_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Cd}^{2+}][\text{Cl}^-]^4}{[\text{CdCl}_4^{2-}]}$	$9 \cdot 10^{-3}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$	$\frac{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}{[\text{Ag}(\text{CN})_2^-]}$	$1 \cdot 10^{-21}$	$[\text{CdJ}_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Cd}^{2+}][\text{J}^-]^4}{[\text{CdJ}_4^{2-}]}$	$5 \cdot 10^{-7}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Cd}^{2+}][\text{CN}^-]^4}{[\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}]}$	$1 \cdot 10^{-17}$	$[\text{HgBr}_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Hg}^{2+}][\text{Br}^-]^4}{[\text{HgBr}_4^{2-}]}$	$2 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Co}^{2+}][\text{CN}^-]^4}{[\text{Co}(\text{CN})_4^{2-}]}$	$8 \cdot 10^{-20}$	$[\text{HgCl}_4]^{2-}$	$\frac{[\text{Hg}^{2+}][\text{Cl}^-]^4}{[\text{HgCl}_4^{2-}]}$	$6 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$	$\frac{[\text{Cu}^+][\text{CN}^-]^4}{[\text{Cu}(\text{CN})_4^{3-}]}$	$5 \cdot 10^{-28}$	$[\text{HgJ}_4]$	$\frac{[\text{Hg}^{2+}][\text{J}^-]^4}{[\text{HgJ}_4^{2-}]}$	$5 \cdot 10^{-31}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$\frac{[\text{Fe}^{2+}][\text{CN}^-]^6}{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]}$	$1 \cdot 10^{-37}$			