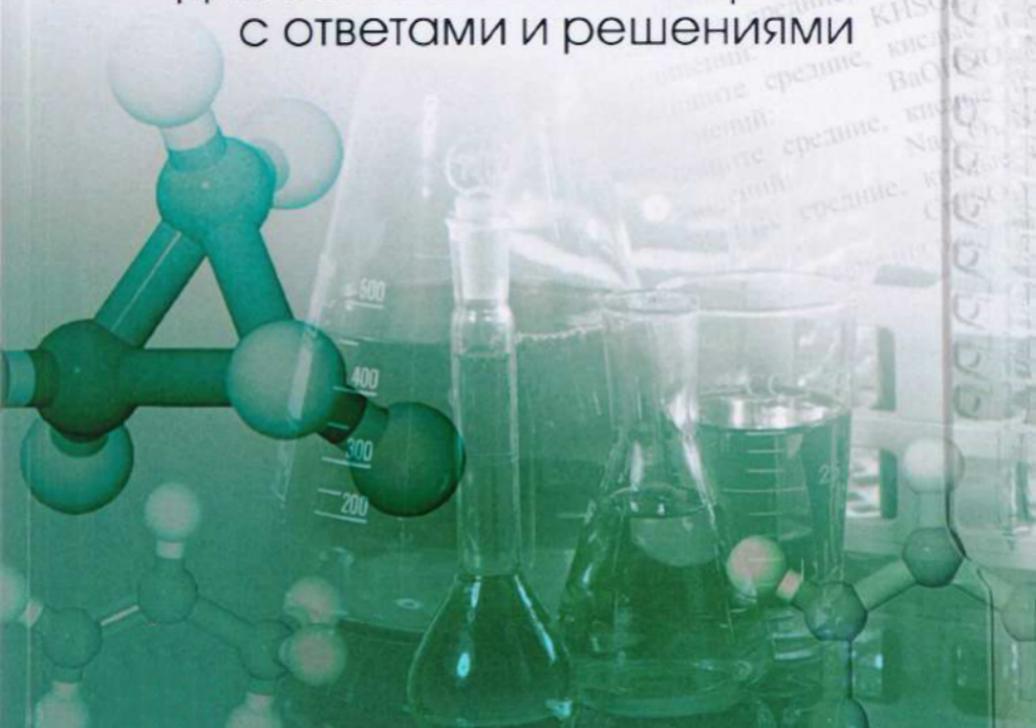


Н. Ю. Черникова  
Е. В. Мещерякова

# ЗАДАЧИ ПО ОСНОВАМ ОБЩЕЙ ХИМИИ

для самостоятельной работы  
с ответами и решениями



**Н. Ю. ЧЕРНИКОВА,  
Е. В. МЕЩЕРЯКОВА**

**ЗАДАЧИ ПО ОСНОВАМ  
ОБЩЕЙ ХИМИИ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ  
С ОТВЕТАМИ И РЕШЕНИЯМИ**

*Учебное пособие*

ББК 24.1я73

Ч 49

**Черникова Н. Ю., Мещерякова Е. В.**

**Ч 49** Задачи по основам общей химии для самостоятельной работы с ответами и решениями: Учебное пособие.

**ISBN 978-5-8114-2542-6**

Пособие содержит вопросы, упражнения и задачи по основным разделам химии: понятия и законы химии, химические реакции и уравнения, химические свойства неорганических и органических соединений. Представленный материал предназначен для самостоятельной работы российских и иностранных студентов при освоении курса общей химии в колледжах, на подготовительных факультетах и младших курсах естественнонаучных, медицинских и технических вузов.

Пособие будет полезно при подготовке к ЕГЭ по химии и дополнительным вступительным испытаниям в профильные вузы.

**ББК 24.1я73**

**Рецензенты:**

*С. Н. КЛЯМКИН* — доктор химических наук, доцент химического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова;

*А. М. АЛДЫШЕВ* — кандидат химических наук, зав. лабораторией Института химической физики им. Н. Н. Семенова РАН.

**Обложка**  
*Е. А. ВЛАСОВА*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое пособие содержит общие вопросы и практические задания по основным разделам общей химии: понятия и законы химии, химические реакции и уравнения, химические свойства неорганических и органических соединений.

Задачник соответствует учебным программам бакалавриата по курсам «Химия», «Общая химия» для российских и иностранных студентов в рамках общеобразовательного стандарта РФ.

Во всех разделах приведён подробный разбор типовых заданий. Большинство представленных упражнений и задач для самостоятельной работы снабжены ответами. В конце многих тем выделены задания повышенной сложности (уровень 2).

Авторы стремились помочь студентам и абитуриентам в освоении основных положений общей химии. Для более глубокого понимания предмета и при возникновении затруднений с ответами на отдельные вопросы, читатели могут обратиться к недавно опубликованному учебнику «Основы общей химии». (Л. Д. Борзова, Н. Ю. Черникова, В. В. Якушев. СПб.: Лань, 2014. – 480 с.). Настоящее пособие «Задачи по основам общей химии для самостоятельной работы с ответами и решениями» по своей структуре соответствует этому изданию и дополняет его.

Задачник может быть использован для самостоятельной работы студентами младших курсов и подготовительных отделений вузов, студентами колледжей, а также абитуриентами. Большое количество однотипных задач дает возможность преподавателям использовать задачник при подготовке контрольных и проверочных работ.

# ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ХИМИИ

## Основные понятия химии

1. Что изучает химия?
2. Из чего состоят вещества?
3. Какие вещества называются простыми?
4. Какие вещества называются сложными?
5. Какие два вида явлений вам известны?
6. Какие физические свойства веществ вы знаете?
7. Что такое химическое соединение?
8. Что такое атом?
9. Что такое молекула?
10. В каких единицах измеряют массу атома?
11. В каких единицах измеряют массу молекулы?
12. Что такое относительная атомная масса?
13. Что такое относительная молекулярная масса?
14. Что такое атомная единица массы?
15. Назовите создателей атомно-молекулярной теории.
16. Перечислите основные положения атомно-молекулярной теории.
17. В каких единицах измеряется количество вещества?
18. Что такое моль?
19. Что такое молярная масса?
20. Что показывает постоянная Авогадро?
21. Чему равна постоянная Авогадро?
22. Что показывает индекс в химической формуле?
23. Что показывают коэффициенты перед химическими формулами веществ в уравнении химической реакции?
24. Что обозначает химический символ?
25. Что показывает химическая формула?
26. В каких единицах выражается относительная молекулярная масса?
27. В каких единицах выражается молярная масса вещества?
28. В каких единицах выражается количество вещества?
29. Что показывает качественный состав вещества?
30. Что показывает количественный состав вещества?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** Имеется  $3,01 \cdot 10^{23}$  молекул хлора ( $\text{Cl}_2$ ). Найдите количество вещества хлора.

*Решение.* Один моль вещества содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup> формульных единиц. Тогда количество вещества  $n$ :

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{N(\text{Cl}_2)}{N_A} = \frac{3,01 \cdot 10^{23}}{6,0 \cdot 10^{23}} = 0,5 \text{ моль.}$$

*Ответ:*  $n(\text{Cl}_2) = 0,5$  моль.

**Задача 2.** Найдите число молекул и число атомов в 2 г водорода  $\text{H}_2$ .

*Решение.*  $M(\text{H}_2) = 2$  г/моль.

$$n(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{2 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль.}$$

Число молекул  $\text{H}_2$  равно:

$$\begin{aligned} N(\text{H}_2) &= n(\text{H}_2) \times N_A = 1 \text{ моль} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = \\ &= 6,02 \cdot 10^{23} \text{ (молекул } \text{H}_2\text{)}. \end{aligned}$$

Число атомов H вдвое больше, так как одна молекула  $\text{H}_2$  состоит из двух атомов:

$$N(\text{H}) = 2 \times N(\text{H}_2) = 2 \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул} = 1,204 \cdot 10^{24} \text{ атомов H.}$$

Возможно другое решение для определения числа атомов H:

$$n(\text{H}) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H})} = \frac{2 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль.}$$

$$\begin{aligned} N(\text{H}) &= n(\text{H}) \times N_A = 2 \text{ моль} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = \\ &= 1,204 \cdot 10^{24} \text{ (атомов H)}. \end{aligned}$$

*Ответ:*  $N(\text{H}_2) = 6,02 \cdot 10^{23}$  молекул  $\text{H}_2$ ,  $N(\text{H}) = 1,204 \cdot 10^{24}$  атомов H.

**Задача 3.** Найдите массу 0,2 моль оксида магния  $\text{MgO}$ .

*Решение:*  $M(\text{MgO}) = 24$  г/моль +  $16$  г/моль =  $40$  г/моль,  $m = n \times M = 0,2$  моль  $\times 40$  г/моль =  $8$  г.

*Ответ:*  $m(\text{MgO}) = 8$  г.

**Задача 4.** Найдите количество вещества в 3,2 г сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$ .

*Решение:*  $M(\text{CuSO}_4) = 64 \text{ г/моль} + 32 \text{ г/моль} + 4 \times 16 \text{ г/моль} = 160 \text{ г/моль}$ .

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{3,2 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}.$$

*Ответ:*  $n(\text{CuSO}_4) = 0,02 \text{ моль}$ .

### **Задача 5. Найдите массу 3 атомов кислорода.**

*Решение:*

$$3 \times \frac{M(\text{O})}{N_A} = 3 \text{ атома} \times \frac{16 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ атомов/моль}} = 7,07 \cdot 10^{22} \text{ г}.$$

*Ответ:*  $m = 7,07 \cdot 10^{22} \text{ г}$ .

## **Задачи для самостоятельного решения**

1. Найдите количество вещества в 4 г водорода  $\text{H}_2$ .
2. Найдите количество вещества в 76 г фтора  $\text{F}_2$ .
3. Найдите количество вещества в 40 г аргона  $\text{Ar}$ .
4. Найдите количество вещества в 54 г воды  $\text{H}_2\text{O}$ .
5. Найдите количество вещества в 88 г оксида углерода (IV)  $\text{CO}_2$ .
6. Найдите количество вещества в 128 г оксида серы (IV)  $\text{SO}_2$ .
7. Найдите количество вещества в 320 г оксида железа (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
8. Найдите количество вещества в 62 г оксида натрия  $\text{Na}_2\text{O}$ .
9. Найдите количество вещества в 80 г гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ .
10. Найдите количество вещества в 49 г серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
11. Найдите количество вещества в 189 г азотной кислоты  $\text{HNO}_3$ .
12. Найдите количество вещества в 196 г ортофосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
13. Найдите количество вещества в 10 г карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ .
14. Найдите количество вещества в 284 г сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
15. Найдите количество вещества в 170 г нитрата натрия  $\text{NaNO}_3$ .
16. Найдите массу 0,5 моль водорода  $\text{H}_2$ .
17. Найдите массу 0,2 моль воды  $\text{H}_2\text{O}$ .
18. Найдите массу 0,3 моль оксида углерода (IV)  $\text{CO}_2$ .
19. Найдите массу 5 моль гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
20. Найдите массу 2 моль оксида бария  $\text{BaO}$ .
21. Найдите массу 0,4 моль сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .
22. Найдите массу 10 моль гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ .
23. Найдите массу 0,01 моль серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

24. Сколько молей составляют  $1,204 \cdot 10^{24}$  молекул оксида углерода (II)  $\text{CO}$ ?
25. Найдите количество вещества в  $3,01 \cdot 10^{25}$  молекул метана  $\text{CH}_4$ .
26. Сколько молей составляет 1 молекула азотной кислоты  $\text{HNO}_3$ ?
27. Сколько молей составляют 100 атомов цинка  $\text{Zn}$ ?
28. Найдите количество вещества в  $6,02 \cdot 10^{26}$  молекул аммиака  $\text{NH}_3$ .
29. Сколько атомов водорода содержится в 36 г воды  $\text{H}_2\text{O}$ ?
30. Сколько атомов кислорода содержится в 48 г кислорода  $\text{O}_2$ ?
31. Сколько атомов всех элементов содержится в 0,5 моль оксида железа (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
32. Сколько атомов всех элементов содержится в 40 г гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ ?
33. Найдите число молекул  $\text{H}_2\text{O}$  в 100 г воды.
34. Сколько атомов содержится в 100 г воды?
35. Найдите число молекул  $\text{NaCl}$  в 10 г соли  $\text{NaCl}$ .
36. Вычислите массу (в граммах)  $3,01 \cdot 10^{23}$  молекул оксида углерода (IV)  $\text{CO}_2$ .
37. Вычислите массу (в граммах) 1 молекулы водорода  $\text{H}_2$ .
38. Вычислите массу (в граммах)  $1,204 \cdot 10^{24}$  молекул воды  $\text{H}_2\text{O}$ .
39. Вычислите массу (в граммах)  $6,02 \cdot 10^{21}$  атомов железа  $\text{Fe}$ .
40. Вычислите массу (в граммах) 1 атома меди  $\text{Cu}$ .

## Ответы

<b>1</b>	2 моль	<b>2</b>	2 моль	<b>3</b>	1 моль	<b>4</b>	3 моль
<b>5</b>	2 моль	<b>6</b>	2 моль	<b>7</b>	2 моль	<b>8</b>	1 моль
<b>9</b>	2 моль	<b>10</b>	0,5 моль	<b>11</b>	3 моль	<b>12</b>	2 моль
<b>13</b>	0,1 моль	<b>14</b>	2 моль	<b>15</b>	2 моль	<b>16</b>	1 г
<b>17</b>	3,6 г	<b>18</b>	13,2 г	<b>19</b>	370 г	<b>20</b>	306 г
<b>21</b>	136,8 г	<b>22</b>	400 г	<b>23</b>	0,98 г	<b>24</b>	2 моль
<b>25</b>	50 моль	<b>26</b>	$1,66 \cdot 10^{-24}$ моль	<b>27</b>	$1,66 \cdot 10^{-22}$ моль	<b>28</b>	1000 моль
<b>29</b>	$2,408 \cdot 10^{24}$ атомов Н	<b>30</b>	$1,8 \cdot 10^{24}$ атомов О	<b>31</b>	$1,8 \cdot 10^{24}$ атомов: $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов Fe, $9,03 \cdot 10^{23}$ атомов О	<b>32</b>	$1,8 \cdot 10^{24}$ атомов: $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов Na, $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов О, $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов Н
<b>33</b>	$3,34 \cdot 10^{24}$ молекул	<b>34</b>	$1 \cdot 10^{25}$ атомов	<b>35</b>	$1,03 \cdot 10^{23}$ молекул	<b>36</b>	22 г
<b>37</b>	$3,33 \cdot 10^{-24}$ г	<b>38</b>	36 г	<b>39</b>	0,56 г	<b>40</b>	$1,06 \cdot 10^{-22}$ г

# Состав вещества

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Найдите качественный и количественный состав воды  $H_2O$ .**

*Решение.* Качественный состав воды – атомы Н и О.

Количественный состав находят так:  $M_r(H_2O) = 18$ .

Тогда массовая доля атомов водорода:

$$\omega_H = \frac{2 \cdot 1}{18} = 0,111, \text{ или } 11,1\%,$$

массовая доля атома кислорода:

$$\omega_O = \frac{16}{18} = 0,889, \text{ или } 88,9\%.$$

Таким образом, количественный состав воды: 11,1% водорода, 88,9% кислорода.

**Задача 2. Вещество состоит из натрия ( $\omega = 32,4\%$ ), серы ( $\omega = 22,5\%$ ) и кислорода. Найдите формулу вещества.**

*Решение.* Массовая доля кислорода равна

$$\omega(O) = 100\% - 32,4\% - 22,5\% = 45,1\%.$$

В задаче нужно найти формулу вещества  $Na_xS_yO_z$ .

По законам химии, коэффициенты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – небольшие целые числа; эти числа пропорциональны количеству вещества атомов:

$$\begin{aligned} x : y : z &= \frac{\omega(Na)}{A_r(Na)} : \frac{\omega(S)}{A_r(S)} : \frac{\omega(O)}{A_r(O)} = \frac{32,4}{23} : \frac{22,5}{32} : \frac{45,1}{16} = \\ &= 1,41 : 0,705 : 2,82 = 2 : 1 : 4. \end{aligned}$$

Следовательно, *простейшая* формула вещества  $Na_2SO_4$ .

**Задача 3. Где содержится большее число атомов: в 1 моль воды или в 1 моль угарного газа (CO)?**

*Решение.* Один моль любого вещества содержит одинаковое число молекул, однако молекула воды состоит из трёх атомов, а молекула угарного газа CO – из двух атомов. Поэтому 1 моль воды содержит большее число атомов, чем 1 моль CO.

*Ответ:* в 1 моль воды.

**Задача 4. Рассчитайте массу 6 молекул аммиака.**

*Решение.* Масса равна числу молекул, умноженному на количество вещества:

$$m = 6 \text{ молекул} \times \frac{M(\text{NH}_3)}{N_A} = 6 \text{ молекул} \times \frac{17 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль}} = 1,69 \cdot 10^{-22} \text{ г.}$$

*Ответ:*  $1,69 \cdot 10^{-22} \text{ г.}$

## Задачи для самостоятельного решения

1. Каков качественный состав серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?
2. Каков качественный состав гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ?
3. Каков качественный состав карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ ?
4. Найдите качественный состав нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .
5. Найдите качественный состав сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .
6. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) марганца Mn в оксиде марганца (IV)  $\text{MnO}_2$ .
7. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) алюминия Al в оксиде алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
8. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) натрия Na в фосфате натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .
9. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) меди Cu в сульфате меди  $\text{CuSO}_4$ .
10. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) калия K в гидроксиде калия KOH.
11. Найдите количественный состав оксида титана (IV)  $\text{TiO}_2$ .
12. Найдите количественный состав оксида хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
13. Найдите количественный состав гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
14. Найдите количественный состав нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .
15. Найдите количественный состав сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
16. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 20% кислорода и 80% меди.
17. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 22,54% кислорода и 77,46% марганца.
18. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 36,78% кислорода и 63,22% марганца.
19. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 30,38% кислорода и 69,62% марганца.
20. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 32,0% кислорода и 68,0% ванадия.
21. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 43,96% кислорода и 56,04% ванадия.

22. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 46,72% кислорода, 1,46% водорода и 51,82% хлора.
23. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 56,80% кислорода, 1,18% водорода и 42,02% хлора.
24. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 63,68% кислорода, 1,00% водорода и 35,32% хлора.
25. Найдите простейшую формулу вещества, которое содержит 40% кальция, 12% углерода, 48% кислорода.
26. Найдите формулу вещества, которое содержит 12,5% водорода и 87,5% азота. Относительная молекулярная масса равна 32.
27. Найдите формулу вещества, которое состоит из Na, N и O и содержит 46,30% кислорода и 20,29% азота. Относительная молекулярная масса равна 69.
28. Найдите формулу вещества, которое содержит 54,24% кислорода, 1,69% водорода и 44,07% хрома. Относительная молекулярная масса равна 118.
29. Найдите формулу вещества, которое содержит 37,65% кислорода, 1,18% водорода и 61,18% хрома. Относительная молекулярная масса равна 85.
30. Найдите формулу вещества, которое содержит 51,38% кислорода, 0,92% водорода и 47,71% хрома. Относительная молекулярная масса равна 218.

## Ответы

<b>1</b>	H, O и S	<b>2</b>	Ca, O и H	<b>3</b>	Ca, C и O	<b>4</b>	N, H и O
<b>5</b>	C, H и O	<b>6</b>	$\omega(\text{Mn})$ 63,2%	<b>7</b>	$\omega(\text{Al})$ 52,9%	<b>8</b>	$\omega(\text{Na})$ 42,1%
<b>9</b>	$\omega(\text{Cu})$ 40%	<b>10</b>	$\omega(\text{K})$ 69,6%	<b>11</b>	$\omega(\text{Ti})$ 60%, $\omega(\text{O})$ 40%	<b>12</b>	$\omega(\text{Cr})$ 68,4%, $\omega(\text{O})$ 31,6%
<b>13</b>	$\omega(\text{Ca})$ 54,1%, $\omega(\text{O})$ 43,2%, $\omega(\text{H})$ 2,7%	<b>14</b>	$\omega(\text{N})$ 35%, $\omega(\text{H})$ 5%, $\omega(\text{O})$ 60%	<b>15</b>	$\omega(\text{Na})$ 32,4%, $\omega(\text{S})$ 22,5%, $\omega(\text{O})$ 60%	<b>16</b>	CuO
<b>17</b>	MnO	<b>18</b>	MnO <sub>2</sub>	<b>19</b>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>20</b>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>21</b>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<b>22</b>	HClO <sub>2</sub>	<b>23</b>	HClO <sub>3</sub>	<b>24</b>	HClO <sub>4</sub>
<b>25</b>	CaCO <sub>3</sub>	<b>26</b>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	<b>27</b>	NaNO <sub>2</sub>	<b>28</b>	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
<b>29</b>	HCrO <sub>2</sub>	<b>30</b>	H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>				

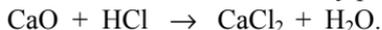
# Основные законы химии

1. Сформулируйте закон сохранения массы веществ Ломоносова – Лавуазье.
2. Для чего используют закон сохранения массы веществ в химии?
3. Что такое химическое уравнение?
4. Что обозначают коэффициенты химических уравнений?
5. Что показывает графическая (структурная) формула вещества? Напишите примеры графических формул.
6. Какой закон используется в расчетах по химическим уравнениям?
7. Сформулируйте закон Авогадро.
8. Сформулируйте первое следствие из закона Авогадро.
9. Сформулируйте второе следствие из закона Авогадро.
10. Что такое «нормальные условия»?
11. Что такое молярный объем газа?
12. В каких единицах выражают молярный объем газа?
13. При каких условиях газы имеют одинаковый молярный объем?
14. Как найти количество газа, если известен его объем? (Напишите формулу.)
15. Как найти объёма газа, если условия отличаются от нормальных?

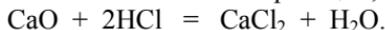
## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Найдите массу соляной кислоты (HCl), которая реагирует с 2 г CaO.**

*Решение.* 1. Напишем схему реакции:



2. Число атомов элемента до реакции должно быть равно числу атомов элемента после реакции, поэтому ставим коэффициенты:



1 моль    2 моль    1 моль    1 моль

3. Находим молярные массы реагирующих веществ:

$$M(\text{CaO}) = 40 \text{ г/моль} + 16 \text{ г/моль} = 56 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{HCl}) = 1 \text{ г/моль} + 35,5 \text{ г/моль} = 36,5 \text{ г/моль}.$$

4. Находим количество вещества  $n(\text{CaO})$ :

$$n(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaO})}{M(\text{CaO})} = \frac{2 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,035 \text{ моль}.$$

5. По уравнению реакции один моль CaO реагирует с двумя молями HCl, следовательно,  $n(\text{HCl}) = 2n(\text{CaO}) = 0,035 \text{ моль} \times 2 = 0,07 \text{ моль}$ .

Тогда масса HCl равна

$$m = n \times M = 0,07 \text{ моль} \times 36,5 \text{ г/моль} = 2,555 \text{ г.}$$

*Ответ:* 2,555 г HCl.

**Задача 2. Найдите массу CO<sub>2</sub>, которая образуется при разложении 10 г карбоната кальция (CaCO<sub>3</sub>).**

*Решение.* 1. Напишем уравнение реакции:



1 моль      1 моль      1 моль

2. Находим молярные массы реагирующих веществ:

$$M(\text{CaCO}_3) = 40 \text{ г/моль} + 12 \text{ г/моль} + 3 \times 16 \text{ г/моль} = 100 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CO}_2) = 12 \text{ г/моль} + 2 \times 16 \text{ г/моль} = 44 \text{ г/моль}.$$

3. Находим количество вещества CaCO<sub>3</sub>:

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{10 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$$

4. По условию реакции из 1 моль CaCO<sub>3</sub> получается 1 моль CO<sub>2</sub>.

Следовательно,  $n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,1 \text{ моль}$ .

5. Находим массу CO<sub>2</sub>:

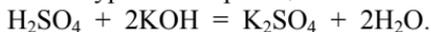
$$m = n \times M = 0,1 \text{ моль} \times 44 \text{ г/моль} = 4,4 \text{ г.}$$

*Ответ:* 4,4 г CO<sub>2</sub>.

**Задача 3. Найдите количество молей серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), которое реагирует с 0,3 моль гидроксида калия (KOH).**

*Решение.*

1. Напишем уравнение реакции и поставим коэффициенты:



1 моль      2 моль      1 моль      2 моль

2. По уравнению реакции:  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{KOH}) = 1:2$

Следовательно,

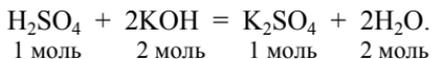
$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,3 \cdot 1}{2} = 0,15 \text{ моль}.$$

*Ответ:* 0,15 моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Задача 4. Найдите массу серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), которая реагирует с 0,3 моль гидроксида калия (KOH).**

*Решение.*

1. Напишем уравнение реакции и поставим коэффициенты:



2. Находим количество вещества  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,3 \cdot 1}{2} = 0,15 \text{ моль}.$$

3. Находим массу  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$ :

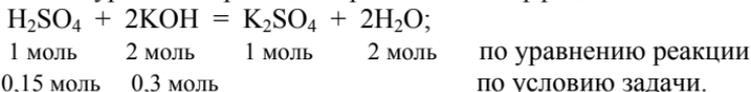
$$m = n \times M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль} \times 98 \text{ г/моль} = 14,7 \text{ г}.$$

*Ответ:* 14,7 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Задача 5. Найдите массу сульфата калия ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), которая получается при реакции 0,3 моль гидроксида калия (KOH) с 0,15 моль серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).**

*Решение.*

1. Напишем уравнение реакции и расставим коэффициенты:



2. Находим количество вещества сульфата калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$ :

Так как отношение количеств исходных веществ

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{KOH}) = 0,15 \text{ моль} : 0,3 \text{ моль} = 1 : 2$$

(соответствует соотношению коэффициентов в уравнении реакции),

$$\text{то } n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль}.$$

3. Находим массу сульфата калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174 \text{ г/моль}$ :

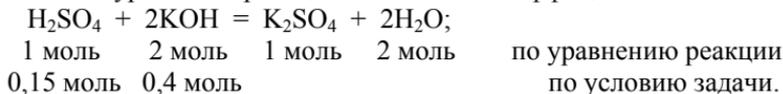
$$m = n \times M = 0,15 \text{ моль} \times 174 \text{ г/моль} = 26,1 \text{ г}.$$

*Ответ:* 26,1 г  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

**Задача 6. Найдите массу сульфата калия ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), которая получается при реакции 0,4 моль гидроксида калия (KOH) с 0,15 моль серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).**

*Решение.*

1. Напишем уравнение реакции и поставим коэффициенты:

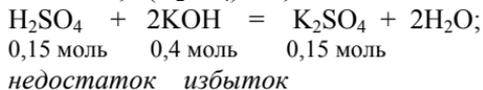


2. Находим количество вещества сульфата калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

Так как отношение количеств исходных веществ

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{KOH}) = 0,15 \text{ моль} : 0,4 \text{ моль} > 1 : 2$$

(не соответствует соотношению коэффициентов в уравнении реакции); вывод:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – в **недостатке**;  $\text{KOH}$  – в **избытке**, следовательно,  $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15$  моль:



Расчёты всегда ведутся по веществу, которое находится в недостатке.

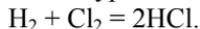
3. Найдем массу сульфата калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174$  г/моль;

$$m = n \times M = 0,15 \text{ моль} \times 174 \text{ г/моль} = 26,1 \text{ г.}$$

**Задача 7. Найдите объём продукта реакции (хлороводорода  $\text{HCl}$ ) и общий объём газов после реакции 1 л водорода и 2 л хлора (давление и температура не менялись).**

*Решение.*

1. Напишем уравнение реакции и расставим коэффициенты:



2. По закону Авогадро равные объёмы любых газов имеют равное число частиц. Поэтому объёмы взаимодействующих газов пропорциональны числу взаимодействующих молекул (и количеству веществ, молей).

В этой реакции задаче для реакции с 1 л  $\text{H}_2$  требуется 1 л  $\text{Cl}_2$ . Следовательно,  $\text{H}_2$  в **недостатке**, а  $\text{Cl}_2$  в **избытке**.

3. Объём продукта реакции  $\text{HCl}$  находим по недостатку:

$$V(\text{HCl}) = 2V(\text{H}_2).$$

4. После реакции остался газ, который был в избытке,  $\text{Cl}_2$ . Его объём:

$$\begin{aligned} V(\text{Cl}_2) (\text{остаток}) &= 2 \text{ л (было до реакции)} - \\ &- 1 \text{ л (вступило в реакцию)} = 1 \text{ л.} \end{aligned}$$

5. Объём газов после реакции:

$$V (\text{газов после реакции}) = V(\text{HCl}) + V(\text{Cl}_2) (\text{остаток}) = 2 \text{ л} + 1 \text{ л} = 3 \text{ л.}$$

$$\text{Ответ: } V(\text{HCl}) = 2 \text{ л, } V (\text{газов после реакции}) = 3 \text{ л.}$$

**Задача 8. Найдите объём 0,5 моль хлора  $\text{Cl}_2$  при н.у.**

$$\text{Решение. } V (\text{Cl}_2) = V_M \times n (\text{Cl}_2),$$

$$V (\text{Cl}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \times 0,5 \text{ моль} = 11,2 \text{ л.}$$

$$\text{Ответ: } V(\text{Cl}_2) = 11,2 \text{ л.}$$

**Задача 9. Найдите объём 34 г аммиака ( $\text{NH}_3$ ) при н.у. Каков его объём при давлении 2 атм и температуре  $27^\circ\text{C}$ ?**

*Решение.*

1. Находим количество вещества аммиака,  $\text{NH}_3$ :

$$n(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{34 \text{ г}}{17 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль.}$$

2. Находим объём аммиака при н.у.:

$$V(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \times V_M = 2 \text{ моль} \times 22,4 \text{ л/моль} = 44,8 \text{ л.}$$

3. Для того чтобы воспользоваться уравнением Менделеева – Клайперона, давление и температуру выразим в единицах СИ:

$$P = 2 \text{ атм} = 2 \times 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}; T = 273 + 27 = 300 \text{ К.}$$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 300}{2,02 \cdot 10^5} = 0,25 \text{ м}^3 = 25 \text{ л.}$$

*Ответ:* 44,8 л, 25 л.

**Задача 10. Найдите массу 2 л азота (N<sub>2</sub>) при н.у.**

*Решение.*

1. Находим количество вещества азота (N<sub>2</sub>) при н.у.:

$$n(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V_M} = \frac{2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,089 \text{ моль.}$$

2. Находим массу азота:

$$m(\text{N}_2) = n(\text{N}_2) \times M(\text{N}_2) = 0,089 \text{ моль} \times 28 \text{ г/моль} = 2,5 \text{ г.}$$

*Ответ:* 2,5 г.

## Задачи для самостоятельного решения

### Задачи по теме «Закон сохранения»:

1. Какая масса щёлочи КОН необходима для полной нейтрализации 0,2 моль HCl по реакции:  $\text{KOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ?
2. Какая масса щёлочи КОН необходима для полной нейтрализации 0,2 моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по реакции:  $\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ?
3. Какая масса щёлочи NaOH необходима для полной нейтрализации 0,5 моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по реакции:  $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ?  
Какая масса соли Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> получится?
4. Какая масса щёлочи LiOH необходима для полной нейтрализации 0,3 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> по реакции:  $\text{LiOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Li}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ? Какая масса соли Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> получится?
5. Какая масса щёлочи КОН необходима для полной нейтрализации 0,4 моль HNO<sub>3</sub> по реакции:  $\text{KOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ?

- Какая масса щёлочи  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  необходима для полной нейтрализации 0,5 моль  $\text{HCl}$  по реакции:  
 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ? Какая масса воды получится?
- Какая масса щёлочи  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  необходима для полной нейтрализации 4,9 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  по реакции:  
 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ? Какая масса воды получится?
- Какая масса щёлочи  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  необходима для полной нейтрализации 12,6 г моль  $\text{HNO}_3$  по реакции:  
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ? Какая масса воды получится?
- Какое количество вещества  $\text{AgNO}_3$  необходимо для реакции с 41,6 г  $\text{BaCl}_2$  по реакции:  $\text{AgNO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ?  
Какая масса осадка  $\text{AgCl}$  получится?
- Какая масса кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  необходима для реакции с 0,3 моль оксида кальция по уравнению:  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ?  
Какая масса соли  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  получится?

### Ответы

<b>1</b>	11,2 г	<b>2</b>	22,4 г	<b>3</b>	40 г, 71 г	<b>4</b>	21,6 г, 34,8 г	<b>5</b>	22,4 г, 40,4 г
<b>6</b>	18,5 г, 9 г	<b>7</b>	3,7 г, 1,8 г	<b>8</b>	17,1 г, 3,6 г	<b>9</b>	0,4 моль, 57,4 г	<b>10</b>	19,6 г, 31,0 г

### Задачи по темам «Закон Авогадро» и «Газовые законы»:

- Какой объём (н.у.) занимают 0,2 моль водорода  $\text{H}_2$ ?
- Какой объём (н.у.) занимают 0,5 моль кислорода  $\text{O}_2$ ?
- Какой объём (н.у.) занимают 0,3 моль азота  $\text{N}_2$ ?
- Какой объём (н.у.) занимают 0,5 моль аммиака  $\text{NH}_3$ ?
- Какой объём (н.у.) занимают 0,7 моль хлороводорода  $\text{HCl}$ ?
- Какой объём (н.у.) занимают 0,2 моль оксида углерода (IV)  $\text{CO}_2$ ?
- Какой объём (н.у.) занимает метан  $\text{CH}_4$  массой 24 г?
- Какой объём (н.у.) занимает водород  $\text{H}_2$  массой 4 г?
- Какой объём (н.у.) занимает кислород  $\text{O}_2$  массой 32 г?
- Какой объём (н.у.) занимает сероводород  $\text{H}_2\text{S}$  массой 136 г?
- Какой объём (н.у.) занимает оксид углерода (IV)  $\text{CO}_2$  массой 88 г?

12. Какой объём (н.у.) занимает азот  $N_2$  массой 84 г?
13. Какой объём (н.у.) занимает хлор  $Cl_2$  массой 142 г?
14. Какой объём (н.у.) занимает пропан  $C_3H_8$  массой 88 г?
15. Сколько молекул содержится в 2,8 л (н.у.) водорода  $H_2$ ?
16. Сколько молекул содержится в 22,4 л (н.у.) кислорода  $O_2$ ?
17. Сколько молекул содержится в 11,2 л (н.у.) азота  $N_2$ ?
18. Сколько молекул содержится в 4,48 л (н.у.) хлороводорода  $HCl$ ?
19. Определите массу 1 л (н.у.) аммиака  $NH_3$ .
20. Определите массу 1 л (н.у.) кислорода  $O_2$ .
21. Определите массу 1 л (н.у.) оксида углерода (IV)  $CO_2$ .
22. Определите массу 1 л (н.у.) фтора  $F_2$ .
23. Определите массу 1 л (н.у.) аргона  $Ar$ .
24. Вычислите массу (н.у.) 5 л водорода  $H_2$ .
25. Вычислите массу (н.у.) 10 л аммиака  $NH_3$ .
26. Вычислите массу (н.у.) 12 л кислорода  $O_2$ .
27. Вычислите массу (н.у.) 20 л азота  $N_2$ .
28. Вычислите массу (н.у.) 14 л метана  $CH_4$ .
29. Какое количество вещества содержится в 5,6 л азота  $N_2$  (н.у.)?
30. Какое количество вещества содержится в 112 л аргона  $Ar$  (н.у.)?
31. Какое количество вещества содержится в 44,8 л кислорода  $O_2$  (н.у.)?
32. Какое количество вещества содержится в 1 л хлора  $Cl_2$  (н.у.)?
33. Какое количество вещества содержится в 1,12 л углекислого газа  $CO_2$  при н.у.?
34. Какое количество вещества содержится в 2,24 л оксида азота (II)  $NO$  при н.у., при  $50^\circ C$ ,  $P = 2 \cdot 10^5 Pa$ ?
35. Какое количество вещества содержится в 6 л аммиака  $NH_3$  при н.у. при  $30^\circ C$ ,  $P = 1,5 \cdot 10^5 Pa$ ?
36. Какой объём занимают 2 моль азота  $N_2$  при  $27^\circ C$  и давлении 150 кПа?
37. Какой объём (н.у.) занимают  $6,02 \cdot 10^{20}$  молекул пропана  $C_3H_8$ ?
38. Какой объём (н.у.) занимают  $3,01 \cdot 10^{23}$  молекул оксида углерода (IV)  $CO_2$ ?
39. Какой объём (н.у.) занимают  $6,02 \cdot 10^{25}$  молекул водорода  $H_2$ ?
40. Какой объём (н.у.) занимают  $1,204 \cdot 10^{22}$  молекул хлора  $Cl_2$ ?

## Ответы

1	4,48 л	2	11,2 л	3	6,72 л	4	11,2 л	5	15,68 л
6	4,48 л	7	33,6 л	8	44,8 л	9	22,4 л	10	89,6 л
11	44,8 л	12	67,2 л	13	44,8 л	14	44,8 л	15	$7,5 \cdot 10^{22}$ молекул
16	$6,02 \cdot 10^{23}$ молекул	17	$3,01 \cdot 10^{23}$ молекул	18	$1,02 \cdot 10^{23}$ молекул	19	0,76 г	20	1,43 г
21	1,96 г	22	1,70 г	23	1,79 г	24	0,45 г	25	7,6 г
26	17,1 г	27	25 г	28	10 г	29	0,25 моль	30	5 моль
31	2 моль	32	0,045 моль	33	0,05 моль	34	0,1 моль; 1,17 моль	35	0,27 моль; 0,36 моль
36	33,24 л	37	0,02 л	38	11,2 л	39	2240 л	40	0,448 л

## Расчёты по химическим уравнениям

1. Найдите объём паров воды, которые получатся при реакции 3 л водорода и 2 л кислорода:  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ , если давление и температура не изменились. Каков объём газов после реакции?
2. Найдите объём аммиака, который получится при реакции 2 л водорода и 2 л азота:  $\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ , если давление и температура не изменились.
3. Найдите объём  $\text{CO}_2$  и объём газов после реакции 1 л  $\text{CO}$  и 1 л  $\text{O}_2$  по реакции  $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$  (р, т не изменились).
4. Найдите объём  $\text{CO}_2$  и объём газов после реакции 2 л  $\text{CO}$  и 3 л  $\text{O}_2$  по реакции  $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$  (р, т не изменились).
5. Найдите объём газообразного  $\text{HCl}$  и объём газов после реакции 4 л водорода и 3 л хлора:  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl}$  (р, т не изменились).
6. Найдите объём газообразного  $\text{CO}_2$ , паров  $\text{H}_2\text{O}$ , а также объём газов после реакции 2 л  $\text{CH}_4$  и 3 л  $\text{O}_2$ :  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (р, т не изменились).
7. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 6,5 г цинка  $\text{Zn}$  с 9,12 г  $\text{HCl}$ :  $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ .
8. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 6,5 г цинка  $\text{Zn}$  с 6,6 г  $\text{HCl}$ :  $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ .
9. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 6,5 г цинка  $\text{Zn}$  с 8 г  $\text{HCl}$ :  $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ .
10. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 3,25 г цинка  $\text{Zn}$  с 3,3 г  $\text{HCl}$ :  $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ .
11. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 48 г магния  $\text{Mg}$  с 142 г  $\text{HCl}$ :  $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ .

12. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 24 г магния Mg с 98 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ .
13. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 96 г магния Mg с 196 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ .
14. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 9 г алюминия Al с 36,5 г HCl:  $\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\uparrow$ .
15. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 27 г алюминия Al с 4,9 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\uparrow$ .
16. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 2,7 г алюминия Al с 9,8 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\uparrow$ .
17. Рассчитайте, какой объём водорода (н.у.) образуется при реакции 5,6 г железа Fe с 19,6 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\uparrow$ .
18. Вычислите массу осадка, который получится, если к 34 г  $\text{AgNO}_3$  прибавить 13 г NaCl:  
 $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ .
19. Вычислите массу осадка, который получится, если к 34 г  $\text{AgNO}_3$  прибавить 10 г NaCl:  
 $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ .
20. Вычислите массу осадка, который получится, если к 8 г  $\text{BaCl}_2$  прибавить 5 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{HCl}$ .
21. Вычислите массу осадка, который получится, если к 40 г  $\text{BaCl}_2$  прибавить 20 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{HCl}$ .
22. Вычислите массу осадка, который получится, если к 16,6 г KI прибавить 33,1 г  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ :  
 $\text{KI} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow + \text{KNO}_3$ .
23. Вычислите массу осадка, который получится, если к 20 г  $\text{BaCl}_2$  прибавить 20 г  $\text{K}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{KCl}$ .
24. Вычислите массу осадка, который получится, если к 30 г  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  прибавить 20 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{NaNO}_3$ .
25. Вычислите массу образовавшегося осадка, который получится, если к 90 г  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  прибавить 20 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  
 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{HNO}_3$ .

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

26. При нагревании  $5 \cdot 10^{-3}$  кг хлората калия получено  $0,7 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> кислорода, измеренного при температуре 20°C и давлении 111,9 кПа. Найдите массовую долю примесей в хлорате калия.
27. Газ (н.у.) занимает объем 1 м<sup>3</sup>. При какой температуре объем газа утроится, если давление газа не изменяется?
28. При нагревании  $20,06 \cdot 10^{-3}$  кг металла было получено  $21,66 \cdot 10^{-3}$  кг оксида. Степень окисления металла в оксиде равна +2. Найдите молярную массу эквивалента металла и укажите этот металл.
29. Определите металл (его степень окисления +3), если при сгорании 3 г металла получили 5,67 г оксида.
30. При нагревании  $1,225 \cdot 10^{-3}$  кг некоторого вещества выделилось  $0,745 \cdot 10^{-3}$  кг хлорида калия и кислород. Найдите формулу вещества.
31. К карбонату натрия, который содержит 15% примесей, добавили избыток соляной кислоты. Какой объем CO<sub>2</sub> (н.у.) выделится?
32. Какая масса известняка, в котором массовая доля CaCO<sub>3</sub> составляет 80%, нужна для получения CO<sub>2</sub> объемом 0,3 м<sup>3</sup> при температуре 27°C и давлении 104 кПа?
33. Найдите состав смеси оксидов железа (III) и железа (II), если при восстановлении водородом 31,9 г смеси образовалось 9 г воды.
34. После взрыва 20 мл смеси водорода с кислородом осталось 3,2 мл кислорода. Определите объем каждого газа в исходной смеси.

### Ответы

<b>1</b>	3 л паров воды, объём газов после реакции 3,5 л					<b>2</b>	1,33 л		
<b>3</b>	1 л CO <sub>2</sub> , объём газов после реакции 1,5 л			<b>4</b>	2 л CO <sub>2</sub> , объём газов после реакции 4 л				
<b>5</b>	6 л HCl, объём газов после реакции 7 л			<b>6</b>	1,5 л CO <sub>2</sub> , 3 л паров H <sub>2</sub> O, объём газов после реакции 5 л				
<b>7</b>	2,24 л	<b>8</b>	2,02 л	<b>9</b>	2,24 л	<b>10</b>	1,01 л	<b>11</b>	43,6 л
<b>12</b>	22,4 л	<b>13</b>	44,8 л	<b>14</b>	11,2 л	<b>15</b>	1,12 л	<b>16</b>	2,24 л
<b>17</b>	3,36 л	<b>18</b>	28,7 г	<b>19</b>	24,4 г	<b>20</b>	9 г	<b>21</b>	44,8 г
<b>22</b>	23,1 г	<b>23</b>	22,4 г	<b>24</b>	26,8 г	<b>25</b>	47,55 г	<b>26</b>	48,6%
<b>27</b>	819 К	<b>28</b>	200 г/моль	<b>29</b>	Al	<b>30</b>	KClO <sub>3</sub>	<b>31</b>	2,69 л
<b>32</b>	1000 г	<b>33</b>	$\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,367;$ $\omega(\text{FeO}) = 0,633$			<b>34</b>	$V(\text{O}_2) = 8,8$ мл; $V(\text{H}_2) = 11,2$ мл		

## Строение атома

1. Из каких частиц состоит атом?
2. Из каких частиц состоит ядро атома?
3. Какие виды орбиталей вы знаете?
4. Что такое энергетический уровень?
5. Какие электроны называют электронной парой?
6. Какую массу и заряд имеет протон?
7. Как найти число протонов в ядре атома элемента? Приведите пример.
8. Как найти число электронов в атоме? Приведите пример.
9. Какую массу и заряд имеет электрон?
10. Какую массу и заряд имеет нейтрон?
11. Что такое массовое число элемента?
12. Как найти число нейтронов в атоме элемента?
13. Что такое изотопы? Приведите пример.
14. Что такое электронная орбиталь?
15. Сколько квантовых чисел описывают состояние электрона в атоме?
16. Что характеризует главное квантовое число?
17. Какие значения может иметь главное квантовое число  $n$ ?
18. Сколько значений имеет главное квантовое число  $n$ ?
19. Что характеризует орбитальное квантовое число  $l$ ?
20. Какие значения может иметь орбитальное квантовое число  $l$ , если главное квантовое число равно  $n$ ?
21. Сколько значений имеет орбитальное квантовое число  $l$ , если главное квантовое число равно  $n$ ?
22. Что характеризует магнитное квантовое число  $m_l$ ?
23. Какие значения может иметь магнитное квантовое число  $m_l$ , если орбитальное квантовое число равно  $l$ ?
24. Сколько значений имеет магнитное квантовое число  $m_l$ , если орбитальное квантовое число равно  $l$ ?
25. Почему изотопы элемента имеют одинаковые химические свойства?
26. Какие значения имеет спиновое квантовое число  $m_s$ ?
27. Сколько значений имеет спиновое квантовое число  $m_s$ ?
28. Сформулируйте принцип Паули.
29. Каково максимальное число электронов на энергетическом уровне?

30. Сформулируйте принцип минимума энергии.
31. Сформулируйте правила Клечковского I и II.
32. В каком порядке электроны заполняют орбитали у химических элементов второго периода?
33. Сформулируйте правило Хунда.
34. Каково максимальное число  $s$ - и  $p$ -электронов на одном энергетическом уровне атома?
35. Чем отличается состав изотопов водорода:  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$ ?
36. Почему изотопы элемента имеют разные физические свойства?
37. Расположите орбитали  $4d$ ,  $4p$ ,  $4s$ ,  $4f$  в порядке увеличения их энергии.
38. Что такое химический элемент?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Какая электронная формула соответствует хлорид-иону?**

*Решение.* Атом хлора в основном состоянии имеет электронную формулу  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ . Хлорид-ион – это ион хлора, который имеет заряд  $-1$  за счёт присоединения 1 электрона к атому хлора, следовательно, электронная формула хлорид-иона будет  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

**Задача 2. Чему равно общее число электронов в атоме элемента второго периода, для которого общая формула водородного соединения  $\text{RH}_4$ ?**

*Решение.* Элемент R имеет 4 электрона на втором энергетическом уровне, так как образованы 4 химические связи с атомами H, и есть еще 2 электрона на первом уровне. Следовательно, элемент R имеет 6 электронов.

## Задачи для самостоятельной работы

1. Определите состав ядер изотопов  ${}^{12}_6\text{C}$  и  ${}^{13}_6\text{C}$ .
2. Определите состав ядер изотопов  ${}^{16}_8\text{O}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .
3. Определите состав ядер изотопов  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  и  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ .
4. Определите состав ядер изотопов  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  и  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ .

5. Определите состав ядер изотопов  $^{18}_9\text{F}$  и  $^{19}_9\text{F}$ .
6. Определите состав ядер изотопов  $^{54}_{26}\text{Fe}$  и  $^{56}_{26}\text{Fe}$ .
7. Определите состав ядер изотопов  $^{63}_{24}\text{Cu}$  и  $^{65}_{24}\text{Cu}$ .
8. Сколько электронов ( $\bar{e}$ ) и протонов ( $p$ ) содержит Cl?
9. Сколько электронов ( $\bar{e}$ ) и протонов ( $p$ ) содержит  $\text{H}_2\text{O}$ ?
10. Сколько электронов ( $\bar{e}$ ) и протонов ( $p$ ) содержит  $\text{H}_2\text{O}_2$ ?
11. Сколько электронов ( $\bar{e}$ ) и протонов ( $p$ ) содержит  $\text{S}^{2-}$ ?
12. Сколько электронов ( $\bar{e}$ ) протонов ( $p$ ) содержит  $\text{NH}_3$ ?
13. Сколько электронов ( $\bar{e}$ ) и протонов ( $p$ ) содержит  $\text{NH}_4^+$ ?
14. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома лития Li в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
15. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома бериллия Be в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
16. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома бора B в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
17. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома магния Mg в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
18. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома галлия Ga в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
19. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома мышьяка As в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
20. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома селена Se в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
21. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома криптона Kr в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
22. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома марганца Mn в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
23. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома меди Cu в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
24. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома никеля Ni в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
25. Напишите электронную конфигурацию (формулу) атома цинка Zn в основном состоянии и укажите вакантные орбитали.
26. Напишите электронную конфигурацию валентных электронов атома бора B в возбужденном состоянии.

27. Напишите электронную конфигурацию валентных электронов атома германия Ge в возбуждённом состоянии.
28. Напишите электронную конфигурацию валентных электронов атома мышьяка As в возбуждённом состоянии.
29. Напишите электронные конфигурации валентных электронов атома селена Se в возбуждённом состоянии.
30. Напишите электронную конфигурацию валентных электронов атома брома Br в возбуждённом состоянии.
31. Напишите электронную конфигурацию валентных электронов атома скандия Sc в возбуждённом состоянии.
32. Напишите электронную конфигурацию валентных электронов атома железа Fe в возбуждённом состоянии.
33. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ ?
34. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6$ ?
35. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$ ?
36. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ ?
37. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^2 5s^2$ ?
38. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^5 5s^2$ ?
39. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ ?
40. Какой элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$ ?
41. Какую максимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$ ?
42. Какую максимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$ ?
43. Какую максимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ ?
44. Какую максимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^2 5s^2$ ?
45. Какую максимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^5 5s^2$ ?

46. Какую минимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ ?
47. Какую минимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ?
48. Какую минимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ?
49. Какую минимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ ?
50. Какую минимальную степень окисления имеет элемент с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^1$ ?

## Ответы

1	6p, 6n и 6p, 7n	2	8p, 8n и 8p, 9n
3	17p, 18n и 17p, 20n	4	11p, 11n и 11p, 12n
5	9p, 9n и 9p, 10n	6	26p, 28n и 26p, 30n
7	24p, 39n и 14p, 41n	8	17p, 18ē
9	10p, 10ē	10	18p, 18ē
11	16p, 18ē	12	10p, 10ē
13	11p, 10ē	14*	$1s^2 2s^1, 3AO(2p)$
15*	$1s^2 2s^2, 3AO(2p)$	16*	$1s^2 2s^2 2p^1, 2AO(2p)$
17*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ; $3AO(3p)+5AO(3d)$	18*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$ ; $2AO(4p)+5AO(4d)+7AO(4f)$
19*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ ; $5AO(4d)+7AO(4f)$	20*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$ ; $5AO(4d)+7AO(4f)$
21*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$ ; $5AO(4d)+7AO(4f)$	22*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$ ; $3AO(4p)+5AO(4d)+7AO(4f)$
23*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$ ; $3AO(4p)+5AO(4d)+7AO(4f)$	24*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$ ; $3AO(4p)+5AO(4d)+7AO(4f)$
25*	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$ ; $2AO(3d)+3AO(4p)+5AO(4d)+7AO(4f)$	26	$2s^1 2p^2$
27	$4s^1 4p^3$	28	$4s^1 4p^3 4d^1$
29	$4s^2 4p^3 4d^1$ ; $4s^1 4p^3 4d^2$	30	$4s^2 4p^4 4d^1$ ; $4s^2 4p^3 4d^2$ ; $4s^1 4p^3 4d^3$
31	$3d^1 4s^1 4p^1$	32	$3d^6 4s^1 4p^1$ ; $3d^6 4s^1 4p^2$
33	Ni	34	Xe
35	Sn	36	Ca
37	Zr	38	Tc
39	As	40	Se
41	+4	42	+5
43	+2	44	+4
45	+7	46	-3
47	-1	48	0
49	-4	50	0

\*Запись означает количество вакантных атомных орбиталей, АО, и (в скобках) каких орбиталей, т. е. запись  $3AO(3p) + 5AO(3d)$  означает, что имеются 3 атомные орбитали 3p и 5 атомных орбиталей 3d.

## Периодический закон и Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

1. Что является табличным изображением периодического закона Д. И. Менделеева?
2. Что показывает порядковый номер элемента в Периодической системе элементов?
3. Что такое период в Периодической системе элементов?
4. Что такое группа в Периодической системе элементов?
5. Какие периоды называются малыми периодами?
6. Какие периоды называются большими периодами?
7. В чём отличие короткого и длинного вариантов Периодической системы элементов Д. И. Менделеева?
8. В каких группах Периодической системы элементов находятся элементы *s*- и *p*-блоков?
9. В каких группах Периодической системы элементов находятся элементы *d*-блока?
10. Как изменяются металлические свойства у элементов *s*- и *p*-блоков Периодической системы элементов? Приведите пример.
11. Как изменяются неметаллические свойства у элементов *s*- и *p*-блоков Периодической системы элементов? Приведите пример.
12. Как изменяются металлические свойства элементов в II–IV периодах Периодической системы элементов? Приведите примеры.
13. Как изменяются неметаллические свойства элементов во II–IV периодах Периодической системы элементов? Приведите примеры.
14. Где в Периодической системе элементов расположены металлы?
15. Где в Периодической системе элементов расположены неметаллы?
16. Как изменяются атомные радиусы элементов в группах Периодической системы элементов?
17. Как изменяются атомные радиусы элементов в периодах?
18. Что такое энергия ионизации?
19. Как изменяется энергия ионизации в периодах Периодической системы элементов?
20. Как изменяется энергия ионизации в группах у элементов *s*- и *p*-блоков Периодической системы элементов?

21. Что такое электроотрицательность?
22. Как изменяется электроотрицательность в периодах Периодической системы элементов?
23. Как изменяется электроотрицательность в группах у элементов *s*- и *p*-блоков Периодической системы элементов?
24. Что показывает номер группы для элементов *d*-блока Периодической системы элементов?
25. Какие элементы относятся к *s*-элементам?
26. Какие элементы относятся к *p*-элементам?
27. Какие элементы относятся к *d*-элементам?
28. Какие элементы относятся к *f*-элементам?
29. Что показывает электронная конфигурация (формула) элементов? Приведите пример.
30. Почему при увеличении заряда ядра свойства элементов периодически повторяются?
31. Что показывает номер периода в Периодической системе элементов?
32. Что показывает номер группы в Периодической системе элементов?
33. Напишите современную формулировку периодического закона.
34. Какое значение имеет периодический закон?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Назовите элементы № 3, № 22 и укажите их положение в периодических таблицах.**

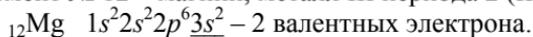
*Модель ответа.* Элемент № 3 – это литий. Он находится во II периоде, в группе № 1 (IA группа в коротком варианте таблицы).

Элемент № 22 – это титан. Он находится в IV периоде, в группе № 4 (IVB группа в коротком варианте таблицы).

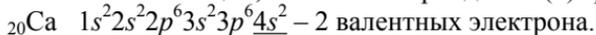
**Задача 2. У какого элемента сильнее выражены свойства металла: № 12 или № 20?**

*Модель ответа.* Активность элемента как металла – это способность отдавать электроны.

Элемент № 12 – магний, металл III периода 2 (IIA) группы.



Элемент № 20 – кальций, металл IV периода IIА (2) группы.



У кальция больше радиус атома, он легче, чем Mg, отдаёт валентные электроны, и поэтому у него сильнее выражены свойства металла.

### Задача 3. Какой элемент более активный металл: Mg или Al?

*Модель ответа.* Более активный металл тот, который легче отдаёт электроны.

Валентные электроны: Mg:  $3s^2$ , Al:  $3s^23p^1$ , следовательно, на третьем (внешнем) уровне у Mg – 2 электрона, у Al – 3 электрона, но  $r(\text{Mg}) > r(\text{Al})$ .

Mg легче отдаёт электроны, чем Al (электронов меньше и радиус больше). Следовательно, Mg более активный металл.

### Задача 4. У какого элемента сильнее выражены свойства неметалла: у элемента № 15 или № 17?

*Модель ответа.* Активность элемента как неметалла – это способность **принимать** электроны.

Элемент № 15 – фосфор, неметалл III периода VA (15) группы.

${}_{15}\text{P} \quad 1s^22s^22p^63s^23p^3$  – 5 валентных электронов.

Элемент № 17 – хлор, неметалл III периода VIIA (17) группы.

${}_{17}\text{Cl} \quad 1s^22s^22p^63s^23p^5$  – 7 валентных электронов.

У элемента Cl сильнее выражены свойства неметалла, так как он имеет больше электронов на внешнем уровне и меньший радиус атома.

### Задача 5. Какой элемент более активный неметалл: F или Cl?

*Модель ответа.* Более активный неметалл тот, который легче **принимает** электроны.

Валентные электроны F:  $2s^22p^5$  – до завершённого уровня нужен 1ē.

Валентные электроны Cl:  $3s^23p^5$  – до завершённого уровня нужен 1ē.

Однако F находится во II периоде, а Cl – в III периоде, значит,  $r(\text{Cl}) > r(\text{F})$ .

F более активный неметалл, чем Cl, потому что ему легче принять 1ē.

## Задачи для самостоятельной работы

1. Какие элементы относятся к элементам малых периодов Периодической системы элементов: Li, Be, N, Fe, Co, Ni?
2. Какие элементы относятся к элементам малых периодов Периодической системы элементов: B, C, N, V, Cr, Mn?
3. Какие элементы относятся к элементам больших периодов Периодической системы элементов: Na, Mg, K, Cr, Fe, Pd?
4. Какие элементы относятся к элементам больших периодов Периодической системы элементов: K, Ca, Al, As, Br, Kr?
5. Какие элементы относятся к элементам больших периодов Периодической системы элементов: H, He, P, Ti, Cu, Se?
6. Какой из двух металлов более активный: K или Ca?
7. Какой из двух металлов более активный: Na или Cu?
8. Какой из двух металлов более активный: Mg или Na?
9. Какой из двух неметаллов более активный: F или O?
10. Какой из двух неметаллов более активный: S или F?
11. Какой из двух неметаллов более активный: P или Cl?
12. Напишите формулы высших оксидов мышьяка As и германия Ge.
13. Напишите формулы высших оксидов сурьмы Sb и селена Se.
14. Напишите формулы высших оксидов ванадия V и хрома Cr.
15. Напишите формулы высших оксидов марганца Mn и титана Ti.

## Ответы

1	Li, Be, N	2	B, C, N	3	K, Cr, Fe, Pd	4	K, Ca, As, Br, Kr	5	Ti, Cu, Se
6	K	7	Na	8	Na	9	F	10	F
11	Cl	12	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , GeO <sub>2</sub>	13	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SeO <sub>3</sub>	14	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , CrO <sub>3</sub>	15	Mn <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , TiO <sub>2</sub>

# Химическая связь и строение молекул

1. Какую природу имеет химическая связь?
2. Как изменяется энергия системы атомов при образовании химической связи?
3. Какие типы химической связи вы знаете?
4. Что такое ковалентная связь? Приведите примеры.
5. Как образуется ковалентная связь? Приведите пример.
6. Что такое  $\pi$ -связь и  $\sigma$ -связь? Приведите примеры.
7. Какая ковалентная связь называется полярной? Когда она образуется? Приведите пример.
8. Какая ковалентная связь называется неполярной? Когда она образуется? Приведите пример.
9. Перечислите основные характеристики ковалентной связи.
10. Что такое длина связи?
11. Что такое энергия связи?
12. От каких причин зависит полярность связи?
13. От каких причин зависит полярность молекулы?
14. Что показывает кратность связи? Напишите примеры соединений с разной кратностью связи между элементами.
15. Что такое гибридизация химической связи? Какие типы гибридизации вы знаете?
16. Какая связь называется ионной? Приведите пример.
17. Как образуется ионная связь? Приведите пример.
18. Перечислите основные характеристики ионной связи.
19. Напишите отличия ковалентной связи от ионной.
20. Как образуется металлическая связь? Перечислите основные характеристики металлической связи. Приведите пример веществ.
21. По каким признакам простые вещества относят к металлам?
22. Как и почему изменяется полярность связи элемента с водородом у элементов  $s$ - и  $p$ -блоков? (Объясните на примере соединений водорода с галогенами.)
23. Как и почему изменяется энергия связи элемента с водородом у элементов  $s$ - и  $p$ -блоков? (Объясните на примере соединений водорода с галогенами.)
24. Как и почему изменяется полярность связи в ряду соединений  $\text{CH}_4 - \text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{HF}$ ?

25. Как и почему изменяется полярность связи в ряду соединений  $\text{HF} - \text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ ?
26. Что вы знаете о водородной связи?
27. С какими элементами водород образует водородные связи? Приведите пример.
28. Какие типы кристаллических структур вы знаете?
29. Напишите основные характеристики молекулярных кристаллических структур. Приведите пример веществ.
30. Напишите основные характеристики ионных кристаллических структур. Приведите пример веществ.

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. В какой из молекул реализуется наиболее прочная химическая связь:  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ?**

*Решение.* Во всех молекулах между атомами действуют ковалентные связи. Но в молекулах  $\text{F}_2$  и  $\text{Cl}_2$  между атомами ординарные  $\sigma$ -связи, в молекуле  $\text{O}_2$  связь  $\text{O}=\text{O}$  двойная (одна  $\sigma$ - и одна  $\pi$ -связь), а в молекуле  $\text{N}_2$  связь  $\text{N}\equiv\text{N}$  тройная (одна  $\sigma$ - и две  $\pi$ -связи). Прочность связи в молекуле  $\text{N}_2$  наибольшая.

*Ответ:* наиболее прочная связь в молекуле  $\text{N}_2$ .

**Задача 2. В каком из веществ образуется водородная связь между молекулами:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ?**

*Решение.* Водородная связь реализуется между электроотрицательным атомом  $\text{X}_1$  и атомом водорода, который также связан с электроотрицательным атомом  $\text{X}_2$ :  $\text{X}_1 \dots \text{H}-\text{X}_2$ . В качестве электроотрицательного атома  $\text{X}$  в предложенных молекулах может выступать только атом  $\text{O}$ . Однако с кислородом связан атом  $\text{H}$  только в молекуле спирта  $\text{CH}_3\text{OH}$ , в молекулах  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  атом  $\text{O}$  связан с атомами  $\text{C}$ .

*Ответ:* в  $\text{CH}_3\text{OH}$  реализуется межмолекулярная водородная связь типа  $\text{O} \dots \text{H}-\text{O}$ .

## Задачи для самостоятельной работы

1. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaF}$ .
2. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{H}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{KF}$ .
3. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{KCl}$ .
4. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{O}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{NaCl}$ .
5. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{F}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{BaCl}_2$ .
6. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Br}_2$ ,  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{RbBr}$ .
7. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Fe}$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{CaF}_2$ .
8. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CaO}$ .
9. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Cu}$ ,  $\text{CBr}_4$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ .
10. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Mg}$ ,  $\text{MgI}_2$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ .
11. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Au}$ ,  $\text{SbH}_3$ ,  $\text{BaO}$ .
12. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{P}_4$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ .
13. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Al}$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{KBr}$ .
14. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Mn}$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{RbCl}$ .
15. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Hg}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{SrF}_2$ .
16. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Ag}$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{CsCl}$ .
17. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Cr}$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ .
18. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{S}_8$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{LiF}$ .

19. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BBr}_3$ ,  $\text{CsF}$ .
20. Укажите тип связи, дайте её характеристику в веществах:  $\text{Cu}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{BaO}$ .

### Ответы \*

1	<p><math>\text{Cl}_2</math>: связь <math>\text{Cl}-\text{Cl}</math> ковалентная, ординарная, неполярная, <math>\sigma</math>-, перекрываются <math>p</math>-орбитали, молекула линейная.</p> <p><math>\text{H}_2\text{O}</math>: связи <math>\text{O}-\text{H}</math> ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому <math>\text{O}</math>), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома <math>\text{O}</math> в состоянии <math>sp^3</math>-гибридизации, угол между связями <math>\text{O}-\text{H}</math> близок к тетраэдрическому, молекула имеет угловое строение (у тетраэдра <math>sp^3</math>-гибридных орбиталей атома <math>\text{O}</math> две вершины вакантные – их занимают неподелённые электронные пары атома <math>\text{O}</math>, см. учебник, стр. 60).</p> <p><math>\text{NaF}</math>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
2	<p><math>\text{H}_2</math>: связь <math>\text{H}-\text{H}</math> ковалентная, ординарная, неполярная, <math>\sigma</math>-; перекрываются <math>s</math>-орбитали, молекула линейная.</p> <p><math>\text{HCl}</math>: связи <math>\text{H}-\text{Cl}</math> ковалентная, полярная (общая электронная пара смещена к атому <math>\text{Cl}</math>), ординарная, <math>\sigma</math>-; перекрываются <math>s</math>-орбитали атома <math>\text{H}</math> и <math>p</math>-орбиталь атома <math>\text{Cl}</math>, молекула линейная.</p> <p><math>\text{KF}</math>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
3	<p><math>\text{N}_2</math>: связь <math>\text{N}\equiv\text{N}</math> ковалентная, неполярная, тройная, две <math>\sigma</math>-связи, одна <math>\pi</math>-связь. Перекрываются <math>p</math>-орбитали, молекула линейная.</p> <p><math>\text{NH}_3</math>: связи <math>\text{N}-\text{H}</math> ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому <math>\text{N}</math>), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома <math>\text{N}</math> в состоянии <math>sp^3</math>-гибридизации, угол между связями <math>\text{N}-\text{H}</math> близок к тетраэдрическому, молекула имеет строение пирамиды с атомом <math>\text{N}</math> в вершине (в тетраэдре из <math>sp^3</math>-гибридных орбиталей атома <math>\text{N}</math> одну из вершин занимает неподелённая электронная пара атома <math>\text{N}</math>, см. учебник, стр. 60).</p> <p><math>\text{KCl}</math>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
4	<p><math>\text{O}_2</math>: связь <math>\text{O}=\text{O}</math> ковалентная, неполярная, двойная, одна <math>\sigma</math>-связь, одна <math>\pi</math>-связь. Перекрываются <math>p</math>-орбитали, молекула линейная.</p> <p><math>\text{BF}_3</math>: связи <math>\text{B}-\text{F}</math> ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому <math>\text{F}</math>), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома <math>\text{B}</math> в состоянии <math>sp^2</math>-гибридизации, угол между связями <math>\text{B}-\text{F}</math> равен <math>120^\circ</math>, молекула имеет строение равностороннего треугольника с атомом <math>\text{B}</math> в центре (см. учебник, стр. 59).</p> <p><math>\text{NaCl}</math>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>

5	<p><b>F<sub>2</sub></b>: связь F—F ковалентная, ординарная, неполярная, <math>\sigma</math>-; перекрываются <i>p</i>-орбитали, молекула линейная.</p> <p><b>HF</b>: связь H—F ковалентная, ординарная, полярная (общая электронная пара смещена к атому F), <math>\sigma</math>-; перекрываются <i>s</i>-орбиталь атома H и <i>p</i>-орбиталь атома F, молекула линейная.</p> <p><b>BaCl<sub>2</sub></b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
6	<p><b>Br<sub>2</sub></b>: связь Br—Br ковалентная, ординарная, неполярная, <math>\sigma</math>-; перекрываются <i>p</i>-орбитали, молекула линейная.</p> <p><b>SiH<sub>4</sub></b>: связи Si—H ковалентные, слабополярные (общая электронная пара смещена к атому Si), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома Si в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями Si—H около 109,5°, молекула имеет форму тетраэдра с атомом Si в центре (см. учебник, стр. 59).</p> <p><b>RbBr</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
7	<p><b>Fe</b>: вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>AsH<sub>3</sub></b>: связи As—H ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому As), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома As в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями As—H близок к тетраэдрическому, молекула имеет строение пирамиды с атомом As в вершине (в тетраэдре из <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридных орбиталей атома As одну из вершин занимает неподелённая электронная пара атома As, см. учебник, стр. 60).</p> <p><b>CaF<sub>2</sub></b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
8	<p><b>I<sub>2</sub></b>: связь I—I ковалентная, ординарная, неполярная, <math>\sigma</math>-; перекрываются <i>p</i>-орбитали, молекула линейная.</p> <p><b>H<sub>2</sub>S</b>: связи S—H ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому O), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома S в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями S—H близок к тетраэдрическому, молекула имеет угловое строение (у тетраэдра <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридных орбиталей атома S две вершины вакантные – их занимают неподелённые электронные пары атома S, см. учебник, стр. 60).</p> <p><b>CaO</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
9	<p><b>Cu</b>: вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>CBr<sub>4</sub></b>: связи C—Br ковалентные, слабополярные (общая электронная пара смещена к атому C), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома C в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями C—Br около 109,5°, молекула имеет форму тетраэдра с атомом C в центре (см. учебник, стр. 59).</p>

	<p><b>Li<sub>2</sub>O</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
10	<p><b>Mg</b>: вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>MgI<sub>2</sub></b>: связи Mg–I, ковалентные, слабополярные (общая электронная пара смещена к атому I), ординарные, σ-; атомные орбитали атома Mg в состоянии <i>sp</i>-гибридизации, угол между связями I–Mg–I 180°, молекула имеет линейную форму <i>см. учебник, стр. 58</i>).</p> <p><b>Cs<sub>2</sub>O</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
11	<p><b>Au</b>: вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>SbH<sub>3</sub></b>: связи Sb–H ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому Sb), ординарные, σ-; атомные орбитали атома Sb в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями Sb–H близок к тетраэдрическому, молекула имеет строение пирамиды с атомом Sb в вершине (в тетраэдре из <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридных орбиталей атома Sb одну из вершин занимает неподелённая электронная пара атома Sb, <i>см. учебник стр. 60</i>).</p> <p><b>BaO</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
12	<p><b>P<sub>4</sub></b>: связи P–P ковалентные, неполярные, ординарные, σ-; атомные орбитали атома P в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями P–P близок к тетраэдрическому, молекула P<sub>4</sub> имеет строение тетраэдра; каждый из атомов P находится в вершине тригональной пирамиды (в тетраэдре из <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридных орбиталей атома P одну из вершин занимает неподелённая электронная пара атома P, <i>см. учебник, стр. 60</i>).</p> <p><b>CCl<sub>4</sub></b>: связи C–Cl ковалентные, слабополярные (общая электронная пара смещена к атому C), ординарные, σ-; атомные орбитали атома C в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями C–Cl около 109,5°, молекула имеет форму тетраэдра с атомом C в центре (<i>см. учебник, стр. 59</i>).</p> <p><b>CaCl<sub>2</sub></b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
13	<p><b>Al</b>: вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>PCl<sub>3</sub></b>: связи P–Cl ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому P), ординарные, σ-; атомные орбитали атома P в состоянии <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридизации, угол между связями P–Cl близок к тетраэдрическому, молекула имеет строение пирамиды с атомом P в вершине (в тетраэдре из <i>sp</i><sup>3</sup>-гибридных орбиталей атома P одну из вершин занимает неподелённая электронная пара атома P, <i>см. учебник, стр. 60</i>).</p> <p><b>KBr</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>

14	<p><b>Mn:</b> вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>:</b> атом N образует 3 связи: одна связь N–N (ординарная, неполярная, <math>\sigma</math>-) и две связи N–H (ординарные, слабополярные, <math>\sigma</math>-). Атом N находится в состоянии <math>sp^3</math>-гибридизации, имеет пирамидальное окружение из 1 атома N и двух атомов H. Молекула имеет форму из двух пирамид с общим ребром (см. учебник, стр. 60 о строении молекулы NH<sub>3</sub>).</p> <p><b>RbCl:</b> связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
15	<p><b>Hg:</b> вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>HBr:</b> связь H–Br ковалентная, ординарная, полярная (общая электронная пара смещена к атому Br), <math>\sigma</math>-; перекрываются <math>s</math>-орбиталь атома H и <math>p</math>-орбиталь атома Br, молекула линейная.</p> <p><b>SrF<sub>2</sub>:</b> связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
16	<p><b>Ag:</b> вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>PH<sub>3</sub>:</b> связи P–H ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому P), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома P в состоянии <math>sp^3</math>-гибридизации, угол между связями P–H близок к тетраэдрическому, молекула имеет строение пирамиды с атомом P в вершине (в тетраэдре из <math>sp^3</math>-гибридных орбиталей атома P одну из вершин занимает неподелённая электронная пара атома P, см. учебник, стр. 60).</p> <p><b>CsCl:</b> связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
17	<p><b>Cr:</b> вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>CCl<sub>4</sub></b> связи C–Cl ковалентные, слабополярные (общая электронная пара смещена к атому Cl), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома C в состоянии <math>sp^3</math>-гибридизации, угол между связями C–Cl около 109,5°, молекула имеет форму тетраэдра с атомом C в центре (см. учебник, стр. 59).</p> <p><b>K<sub>2</sub>O:</b> связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
18	<p><b>S<sub>8</sub>:</b> связи S–S ковалентные, неполярные, ординарные, <math>\sigma</math>-: перекрываются <math>p</math>- и <math>p</math>-орбитали атомов S, поэтому угол между связями S–S–S близок к прямому, молекула S<sub>8</sub> имеет изогнутое строение в виде короны.</p> <p><b>HI:</b> связь H–I ковалентная, ординарная, полярная (общая электронная пара смещена к атому I), <math>\sigma</math>-; перекрываются <math>s</math>-орбиталь атома H и <math>p</math>-орбиталь атома I, молекула линейная.</p> <p><b>LiF:</b> связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>

19	<p><b>CO<sub>2</sub></b>: связь C=O ковалентная, полярная (общая электронная пара смещена к атому O), двойная, одна <math>\sigma</math>-связь, одна <math>\pi</math>-связь. Перекрываются <i>sp</i>-орбитали атома C (происходит <i>sp</i>-гибридизация) с <i>p</i>-орбиталями атома O, молекула линейная, угол O=C=O 180° (так как полярность связей C=O имеет противоположное направление, молекула в целом неполярна).</p> <p><b>BBr<sub>3</sub></b>: связи B—Br ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому Br), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома B в состоянии <i>sp<sup>2</sup></i>-гибридизации, угол между связями B—Br равен 120°, молекула имеет строение равностороннего треугольника с атомом B в центре (см. учебник, стр. 59).</p> <p><b>CsF</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>
20	<p><b>Cu</b>: вещество не имеет молекулярной структуры, атомы в веществе плотно упакованы, тип связи – металлическая.</p> <p><b>H<sub>2</sub>Se</b>: связи Se—H ковалентные, полярные (общая электронная пара смещена к атому Se), ординарные, <math>\sigma</math>-; атомные орбитали атома Se в состоянии <i>sp<sup>3</sup></i>-гибридизации, угол между связями Se—H близок к тетраэдрическому, молекула имеет угловое строение (у тетраэдра <i>sp<sup>3</sup></i>-гибридных орбиталей атома Se две вершины вакантные – их занимают неподелённые электронные пары атома Se (см. учебник, стр. 60).</p> <p><b>ВaO</b>: связи ионные, ненаправленные; вещество не имеет молекулярной структуры.</p>

\* При затруднениях с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014).

## Валентность и степень окисления

1. Что такое валентность? Какими цифрами обозначают валентность? Приведите пример.
2. Какие электроны называются валентными? Приведите пример.
3. Какие электроны являются валентными у *s*- и *p*-элементов? Приведите пример.
4. Какие электроны являются валентными у *d*-элементов? Приведите пример.
5. Почему валентность некоторых элементов переменная? (Объясните на примере серы S.)
6. Почему валентность некоторых элементов постоянная? (Объясните на примере кислорода O.)
7. Может ли валентность быть положительной, отрицательной или равной нулю? Ответ объясните.
8. Какой тип связи в веществах, к которым применимо понятие «валентность»?
9. Что такое степень окисления? Какими цифрами обозначается степень окисления? Приведите пример.
10. Чему равна алгебраическая сумма степеней окисления атомов в соединении? Приведите пример.
11. Чему равна алгебраическая сумма степеней окисления атомов в сложном ионе? Приведите пример.
12. Чему равна степень окисления атомов в простом веществе?
13. Может ли степень окисления элемента в веществе отличаться от его валентности? Приведите пример.
14. Чему равна степень окисления одноатомного иона? Приведите пример.
15. Как определить максимальную степень окисления элемента по его положению в Периодической системе элементов? Приведите пример. Есть ли исключения из этого правила?
16. Как определить минимальную степень окисления *s*- и *p*-элементов по их положению в Периодической системе элементов? Приведите пример.
17. Как определить отрицательную степень окисления элементов 14–17-й групп по Периодической таблице элементов Д. И. Менделеева? Приведите пример.

18. Что показывает знак степени окисления элемента? Приведите пример.
19. Как написать формулу оксидов *s*- и *p*-элементов в высшей степени окисления?
20. Как написать формулу соединений с водородом для *s*- и *p*-элементов?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Определите степень окисления и валентность каждого элемента в веществах:  $\text{H}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaH}$ .
2. Определите степень окисления и валентность каждого элемента в веществах:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_5$ .
3. Определите степень окисления и валентность каждого элемента в веществах:  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{PH}_3$ .
4. Определите степень окисления и валентность каждого элемента в веществах:  $\text{S}_8$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{MgO}$ .
5. Определите степень окисления и валентность каждого элемента в веществах:  $\text{P}_4$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ,  $\text{SiH}_4$ .
6. Определите степень окисления марганца  $\text{Mn}$  в веществах:  $\text{MnO}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ .
7. Определите степень окисления азота  $\text{N}$  в веществах:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HNO}_2$ .
8. Определите степень окисления азота  $\text{N}$  в веществах:  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ .
9. Определите степень окисления фосфора  $\text{P}$  в веществах:  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{PH}_3$ .
10. Определите степень окисления фосфора  $\text{P}$  в веществах:  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{P}_4$ .
11. Определите степень окисления углерода  $\text{C}$  в веществах:  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .
12. Определите степень окисления алюминия  $\text{Al}$  в веществах:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{KAlO}_2$ .
13. Определите степень окисления хлора  $\text{Cl}$  в веществах:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{HClO}_4$ .
14. Определите степень окисления брома  $\text{Br}$  в веществах:  $\text{HBr}$ ,  $\text{HBrO}$ ,  $\text{HBrO}_3$ .
15. Определите степень окисления серы  $\text{S}$  в веществах:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## Ответы \*

<b>1</b>	H <sub>2</sub> : с.о. 0, в. I; HCl: с.о. +1, -1; в. I, I; NaH: с.о. +1, -1; в. I, I	<b>2</b>	Cl <sub>2</sub> : с.о. 0, в. I; HBr: с.о. +1, -1; в. I, I; Cl <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : с.о. +5, -2; в. V, II
<b>3</b>	O <sub>2</sub> : с.о. 0, в. II; H <sub>2</sub> S: с.о. +1, -2; в. I, II; PH <sub>3</sub> : с.о. -3, +1; в. III, I	<b>4</b>	S <sub>8</sub> : с.о. 0, в. II; HCl: с.о. +1, -1; в. I, I; MgO: с.о. +2, -2; в. II, II
<b>5</b>	P <sub>4</sub> : с.о. 0, в. IV; Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub> : с.о. +7, -2; в. VII, II. SiH <sub>4</sub> : с.о. -4, +1; в. IV, I		

\*с.о. – степень окисления; в. – валентность.

<b>6</b>	+2, +4, +7	<b>7</b>	+5, +4, +3	<b>8</b>	+2, +1, 0, -3	<b>9</b>	+5, +5, -3	<b>10</b>	+3, +5, 0
<b>11</b>	+2, +4, +4	<b>12</b>	+3, +3, +3	<b>13</b>	-1, +3, +7	<b>14</b>	-1, +1, +5	<b>15</b>	-2, +6, +6

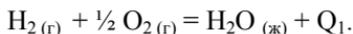
## Основные понятия химической термодинамики

1. Какие уравнения называются термохимическими?
2. Какие химические реакции называются экзотермическими? Приведите пример.
3. Какие реакции называются эндотермическими? Приведите пример.
4. Что такое энтальпия образования соединения?
5. Что такое тепловой эффект химической реакции?
6. Что такое энтальпия химической реакции?
7. В чём отличие термохимической и термодинамической шкал описания тепловых эффектов химических реакций?
8. Что характеризует энергия Гиббса?
9. Сформулируйте закон Гесса.
10. Что характеризует энтропия?

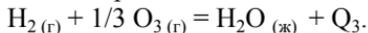
### Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** Рассчитайте теплоту образования 1 моль озона из кислорода (при стандартных условиях), если теплота сгорания водорода в кислороде  $Q_1 = 286,2$  кДж/моль, а теплота сгорания водорода в озоне равна  $Q_3 = 333,9$  кДж/моль.

*Решение.* Реакция сгорания 1 моль водорода в кислороде имеет вид



Эту реакцию можно провести в две стадии: сначала превратить кислород в озон:  $\frac{1}{2} \text{O}_2(\text{г}) = \frac{1}{3} \text{O}_3(\text{г}) + Q_2$ , а потом провести реакцию сгорания водорода в озоне:

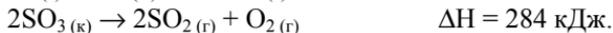


По закону Гесса: тепловой эффект промежуточной стадии (превращения кислорода в озон)  $Q_2$  равен разности общего теплового эффекта реакции  $Q_1$  и теплового эффекта реакции горения водорода в кислороде:  $Q_2 = Q_1 - Q_3 = 286,2 - 333,9 = -47,7$ .

Полученное число относится к  $1/3$  моль озона, следовательно, для получения теплоты образования 1 моль озона нужно умножить его на 3:  $(-47,7) \cdot 3 = -143,1$  кДж/моль.

*Ответ:*  $-143,1$  кДж/моль.

**Задача 2.** Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



*Решение.* Экзотермические реакции – это реакции, которые протекают с выделением теплоты, при этом энтальпия системы уменьшается. Реакции, которые протекают с поглощением теплоты и с увеличением энтальпии системы, – эндотермические. Следовательно, реакция получения бромоводорода  $\text{HBr}$  – экзотермическая реакция, а реакция разложения  $\text{SO}_3$  – эндотермическая реакция.

### Задачи для самостоятельного решения

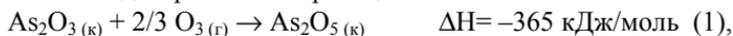
1. Рассчитайте теплоту превращения 2 моль чёрного фосфора в белый (стандартные условия), если энтальпия сгорания белого фосфора  $-760,1 \text{ кДж/моль}$ , чёрного фосфора  $-722,1 \text{ кДж/моль}$ .
2. Вычислите энтальпию реакции перевода безводного сульфита натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , если энтальпия растворения  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  равна  $-11 \text{ кДж/моль}$ , а энтальпия растворения  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  равна  $+47 \text{ кДж/моль}$ .
3. Вычислите теплоту перехода графита в алмаз, если при образовании одного моля  $\text{CO}_2$  из графита выделяется  $393,5 \text{ кДж}$ , а из алмаза –  $395,4 \text{ кДж}$  теплоты.
4. Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



5. Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



6. Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



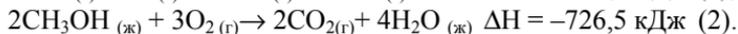
7. Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



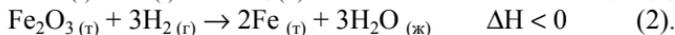
8. Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



9. Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



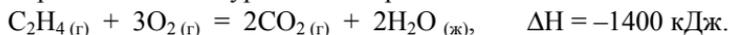
10. Укажите, какие из уравнений соответствуют экзотермическим, а какие – эндотермическим реакциям:



11. При горении 9 г алюминия в кислороде выделилось 273,5 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение этой реакции.

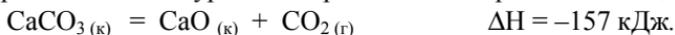
12. При сгорании 3 г магния в кислороде выделяется 75 кДж теплоты ( $\Delta H^0 = -75 \text{ кДж}$ ). Напишите термохимическое уравнение реакции.

13. Термохимическое уравнение горения этена:



Сколько теплоты выделилось при горении, если в реакцию вступило 22,4 л кислорода?

14. Термохимическое уравнение разложения карбоната кальция:



Сколько теплоты нужно затратить на разложение 1 кг карбоната кальция?

15. Определите  $\Delta H^0_{\text{обр}}$  реакции:



если  $\Delta H^0_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 822,2 \text{ кДж/моль}$  и  $\Delta H^0_{\text{обр}}(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1669,8 \text{ кДж/моль}$ .

## Ответы

<b>1</b>	76 кДж/моль	<b>2</b>	58 кДж/моль
<b>3</b>	-1,9 кДж/моль	<b>4</b>	(1) – экзотермическая, (2) – эндотермическая
<b>5</b>	(1) – экзотермическая, (2) – эндотермическая	<b>6</b>	(1) – экзотермическая, (2) – эндотермическая
<b>7</b>	(1) – экзотермическая, (2) – эндотермическая	<b>8</b>	(1) – экзотермическая, (2) – эндотермическая
<b>9</b>	(1) и (2) – экзотермические	<b>10</b>	(1) и (2) – экзотермические
<b>11</b>	$4\text{Al}_{(к)} + 3\text{O}_{2(г)} = 2\text{Al}_2\text{O}_{3(к)} + 3282 \text{ кДж}$	<b>12</b>	$2\text{Mg}_{(тв)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{MgO}_{(тв)}$ ; $\Delta H^\circ_{\text{реакции}} = -1200 \text{ кДж}$
<b>13</b>	466,7 кДж	<b>14</b>	1570 кДж
<b>15</b>	847,6 кДж		

## Химическая кинетика и катализ

1. Что изучает химическая кинетика?
2. Что такое скорость химической реакции?
3. Какие факторы влияют на скорость химической реакции?
4. Сформулируйте закон действующих масс (для скорости химической реакции).
5. Как изменяется скорость реакции при увеличении концентрации исходных веществ? Приведите пример.
6. В каких случаях закон действующих масс (для скорости химической реакции) применять нельзя?
7. Почему для увеличения скорости реакции вещества-реагенты растворяют в воде?
8. От чего зависит скорость реакции между веществами в твёрдой фазе?
9. Как влияет температура на скорость химических реакций?
10. Сформулируйте правило Вант-Гоффа.
11. Напишите математическое выражение правила Вант-Гоффа.
12. Какие вещества называются катализаторами?
13. Какие вещества называются ингибиторами?
14. Какие вещества называются промоторами?
15. Какие процессы называются каталитическими?
16. Почему катализатор увеличивает скорость реакции?
17. В какую сторону смещается химическое равновесие при удалении продуктов реакции?
18. Что показывает температурный коэффициент скорости реакции?
19. Какие реакции называются обратимыми? Приведите пример.
20. Какие реакции называются необратимыми? Приведите пример.

### Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** В сосуде объёмом 2 л смешали 4,5 моль газа А и 3 моль газа В. Уравнение реакции:  $A_r + B_r \rightarrow 2C_r$ . Через 2 с в сосуде образовался 1 моль газа С. Определите среднюю скорость реакции и количества непрореагировавших газов А и В.

*Решение.*  $A_r + B_r \rightarrow 2C_r$ .

Число молей веществ, вступивших в реакцию:

$$n_A = \frac{1}{2} n_C = \frac{1}{2} \cdot 1 = 0,5 \text{ моль А.}$$

$$n_B = \frac{1}{2} n_C = \frac{1}{2} \cdot 1 = 0,5 \text{ моль В.}$$

Скорость реакции  $V = \frac{0,5 \text{ моль}}{2 \text{ л} \cdot 2 \text{ с}} = 0,125 \text{ моль/л} \cdot \text{с}$ .

Количество оставшихся газов:

$$n_A = 4,5 - 0,5 = 4,0 \text{ моль}; n_B = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ моль}.$$

**Задача 2. Определите, как изменится скорость прямой реакции  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ , если общее давление в системе увеличится в 4 раза?**

*Решение.* Скорость реакции по уравнению:

$$V_1 = k_1 \cdot C_{\text{SO}_2}^2 \cdot C_{\text{O}_2}.$$

Скорость реакции после увеличения давления:

$$\begin{aligned} V_2 &= (4C_{\text{SO}_2})^2 \cdot (4C_{\text{O}_2}) = 4^2 k_1 \cdot C_{\text{SO}_2}^2 \cdot 4C_{\text{O}_2} = \\ &= 64 \cdot k_1 \cdot C_{\text{SO}_2}^2 \cdot C_{\text{O}_2} = 64V_1. \end{aligned}$$

*Ответ:* скорость прямой реакции увеличится в 64 раза.

**Задача 3. В системе  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  концентрацию CO увеличили от 0,03 до 0,12 моль/л, а концентрацию  $\text{Cl}_2$  – от 0,02 до 0,06 моль/л. Во сколько раз возросла скорость прямой реакции?**

*Решение.* Скорость первоначальной реакции:

$$V_1 = k_1 \cdot 0,03 \cdot 0,02 = k_1 \cdot 0,0006.$$

Скорость реакции после изменения концентрации:

$$V_2 = k_1 \cdot 0,12 \cdot 0,06 = 0,0072.$$

Изменение скорости реакции:  $V_2/V_1 = k_1 \cdot 0,0072 / k_1 \cdot 0,0006 = 12$ .

*Ответ:* скорость прямой реакции увеличится в 12 раз.

**Задача 4. В начальный момент протекания реакции  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  концентрации были равны:  $C(\text{N}_2) = 1,5$  моль/л,  $C(\text{H}_2) = 2,5$  моль/л,  $C(\text{NH}_3) = 0$ . Чему будут равны концентрации азота и водорода, когда концентрация аммиака станет равной 0,5 моль/л?**

*Решение.*

Прореагировало:  $n(\text{N}_2) = \frac{1}{2} n(\text{NH}_3) = \frac{1}{2} \times 0,5 = 0,25$  моль;

$$n(\text{H}_2) = \frac{3}{2} n(\text{NH}_3) = \frac{3}{2} \times 0,5 = 0,75 \text{ моль};$$

Осталось:  $C^*(\text{N}_2) = 1,5 - 0,25 = 1,25$  моль;  $C^*(\text{H}_2) = 2,5 - 0,75 = 1,75$  моль.

*Ответ:* концентрация азота 1,25 моль,  
концентрация водорода 1,75 моль.

**Задача 5.** Реакция при  $t^\circ = 50^\circ\text{C}$  протекает за  $\tau = 2$  мин 15 с. За сколько времени закончится эта реакция при  $t^\circ = 70^\circ\text{C}$ , если температурный коэффициент скорости реакции  $\gamma = 3$ ?

*Решение.*

$$\frac{V_{t1}}{V_{t2}} = \frac{V_{t1}}{V_{t2}} = 3^{\frac{70-50}{10}}; \quad 3^2 = 9; \quad V = \frac{1}{\tau}; \quad \frac{\tau}{\tau_2} = 9.$$

$$\tau_1 = 135 \text{ с}; \quad \tau_2 = 135/9 = 15 \text{ с}.$$

*Ответ:* за 15 с.

**Задача 6.** Температурный коэффициент скорости реакции  $\gamma = 2,8$ . Во сколько раз возрастёт скорость реакции при повышении температуры с 20 до  $75^\circ\text{C}$ ?

*Решение.*

$$\Delta t = 75 - 20 = 55^\circ; \quad \frac{V_{t1}}{V_{t2}} = \gamma^{\frac{55}{10}}; \quad = 2,8^{5,5}; \quad \lg \frac{V_{t2}}{V_{t1}} = 5,5 \times \lg 2,8 = 5,5 \cdot 0,447;$$

$$\lg \frac{V_{t2}}{V_{t1}} = 2,458; \quad V_{t2} / V_{t1} = 287.$$

*Ответ:* скорость реакции увеличится в 287 раз.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Как изменится скорость реакции:  
 $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(г)}$   
 при увеличении концентрации кислорода в 2 раза?
2. Как изменится скорость реакции:  
 $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(г)}$   
 при увеличении концентрации кислорода в 3 раза?
3. Как изменится скорость реакции:  
 $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(г)}$   
 при увеличении концентрации оксида азота (II) NO в 3 раза?
4. Как изменится скорость реакции:  
 $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(г)}$   
 при уменьшении объёма реакционного сосуда в 3 раза?
5. Как изменится скорость реакции:  
 $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(г)}$   
 при увеличении объёма реакционного сосуда в 2 раза?

6. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{NO}_{(r)} + 2\text{H}_{2(r)} \rightarrow \text{N}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$$
 при увеличении концентрации NO в 3 раза?
7. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{NO}_{(r)} + 2\text{H}_{2(r)} \rightarrow \text{N}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$$
 при уменьшении концентрации NO в 3 раза?
8. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{NO}_{(r)} + 2\text{H}_{2(r)} \rightarrow \text{N}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$$
 при увеличении концентрации H<sub>2</sub> в 2 раза?
9. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{NO}_{(r)} + 2\text{H}_{2(r)} \rightarrow \text{N}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$$
 при уменьшении концентрации H<sub>2</sub> в 3 раза?
10. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{NO}_{(r)} + 2\text{H}_{2(r)} \rightarrow \text{N}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$$
 при увеличении объёма реакционного сосуда в 3 раза?
11. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{NO}_{(r)} + 2\text{H}_{2(r)} \rightarrow \text{N}_{2(r)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(r)}$$
 при уменьшении объёма реакционного в 2 раза?
12. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{N}_2\text{O}_{(r)} \rightarrow 2\text{N}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)}$$
 при увеличении концентрации N<sub>2</sub>O в 3 раза?
13. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{N}_2\text{O}_{(r)} \rightarrow 2\text{N}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)}$$
 при увеличении давления N<sub>2</sub>O в 2 раза?
14. Как изменится скорость реакции:  

$$2\text{N}_2\text{O}_{(r)} \rightarrow 2\text{N}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)}$$
 при уменьшении давления N<sub>2</sub>O в 3 раза?
15. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от 100 до 120°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 2$ ?
16. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от 100 до 120°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 3$ ?
17. Как изменится скорость реакции при понижении температуры от 120 до 100°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 4$ ?
18. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от 80 до 120°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 2$ ?

19. Как изменится скорость реакции при повышении температуры от 80 до 120°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 3$ ?
20. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от 20 до 40°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 2$ ?
21. Как изменится скорость реакции при понижении температуры от 40 до 20°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 3$ ?
22. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от 20 до 40°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 4$ ?
23. Как изменится скорость реакции при повышении температуры от 20 до 80°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 3$ ?
24. Как изменится скорость реакции при понижении температуры от 60 до 20°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 2$ ?
25. Как изменится скорость реакции при повышении температуры от 20 до 60°C, если температурный коэффициент  $\gamma = 3$ ?

### Ответы

<b>1</b>	увеличится в 2 раза	<b>2</b>	увеличится в 3 раза	<b>3</b>	увеличится в 9 раз	<b>4</b>	увеличится в 27 раз
<b>5</b>	уменьшится в 8 раз	<b>6</b>	увеличится в 9 раз	<b>7</b>	уменьшится в 9 раз	<b>8</b>	увеличится в 4 раза
<b>9</b>	уменьшится в 9 раз	<b>10</b>	уменьшится в 81 раз	<b>11</b>	увеличится в 16 раз	<b>12</b>	увеличится в 9 раз
<b>13</b>	увеличится в 4 раза	<b>14</b>	уменьшится в 9 раз	<b>15</b>	в 4 раза	<b>16</b>	в 9 раз
<b>17</b>	уменьшится в 16 раз	<b>18</b>	в 16 раз	<b>19</b>	увеличится в 81 раз	<b>20</b>	в 4 раза
<b>21</b>	уменьшится в 9 раз	<b>22</b>	в 16 раз	<b>23</b>	увеличится в 729 раз	<b>24</b>	уменьшится в 16 раз
<b>25</b>	увеличится в 81 раз						

## Химическое равновесие

1. Какое состояние системы называется химическим равновесием?
2. Напишите математическое выражение константы равновесия для реакции  $2A + B \rightleftharpoons C + 3D$ .
3. Сформулируйте принцип Ле Шателье.
4. Как влияет уменьшение концентрации исходных веществ на смещение равновесия?
5. В какую сторону смещается равновесие реакции при увеличении концентрации исходных веществ?
6. В какую сторону смещается равновесие реакции при удалении продуктов реакции?
7. В какую сторону смещается химическое равновесие экзотермической реакции при повышении температуры?
8. В какую сторону смещается химическое равновесие эндотермической реакции при повышении температуры?
9. Как влияет изменение давления на смещение химического равновесия?
10. Как влияет присутствие катализатора на смещение химического равновесия?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** Константа равновесия реакции  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ ,  $K_{равн} = 0,1$ . Равновесные концентрации  $[H_2] = 0,6$  моль/л и  $[NH_3] = 0,18$  моль/л. Вычислите начальную  $C(N_2)$  и равновесную концентрации  $[N_2]$  азота.

*Решение.*

$$K_{равн.} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}; \quad 0,1 = \frac{(0,18)^2}{x \cdot (0,6)^3};$$

$$0,18^2 = 0,1 \cdot x \cdot (0,6)^3; \quad x = 0,0324 / 0,216 = 0,15 \text{ моль/л.}$$

Равновесная концентрация азота:  $[N_2] = 0,15$  моль/л; для образования 0,18 моль/л  $NH_3$  израсходовано:

$$n(N_2) = \frac{1}{2} n(NH_3) = \frac{1}{2} \cdot 0,18 = 0,09 \text{ моль/л.}$$

Тогда начальная концентрация азота  $C(N_2) = 0,15 + 0,09 = 0,24$  моль.

*Ответ:*  $[N_2] = 0,15$  моль/л;  $C(N_2) = 0,24$  моль.

**Задача 2.** В газофазной системе  $A + 2B = C$  равновесные концентрации равны:  $[A] = 0,06$  моль/л,  $[B] = 0,12$  моль/л,  $[C] = 0,216$  моль/л. Найти  $K_{равн.}$  и начальные концентрации веществ.

*Решение.*

$$K_{равн.} = \frac{[C]}{[A] \cdot [B]^2} = \frac{0,216}{0,06 \cdot (0,12)^2} = 250.$$

Для реакции израсходовано: 0,216 моль А и  $0,216 \times 2 = 0,432$  моль В.

Начальные концентрации равны:  $C_A = 0,06 + 0,216 = 0,276$  моль/л;

$$C_B = 0,12 + 0,432 = 0,552 \text{ моль/л.}$$

*Ответ:*  $K_{равн.} = 250$ ;  $C_A = 0,276$  моль/л;  $C_B = 0,552$  моль/л.

**Задача 3.** В какую сторону смещается равновесие реакции:



а) при уменьшении концентрации  $CO_2$ ;

б) при увеличении давления;

в) при повышении температуры?

*Решение.* Согласно принципу Ле Шателье уменьшение концентрации продукта реакции смещает равновесие в сторону протекания прямой реакции. Увеличение давления в данной реакции также вызовет смещение равновесия в сторону образования  $CO_2$  (так как в правой части реакции число молей газообразных веществ меньше). Повышение температуры сместит равновесие реакции влево, в сторону образования исходных веществ, потому что данная реакция экзотермическая, т. е. протекает с выделением тепла.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Найдите константу равновесия реакции:  $2A_{(г)} + B_{(г)} \rightleftharpoons C_{(г)}$ , если  $[A_{(г)}] = 0,06$  моль/л,  $[B_{(г)}] = 0,12$  моль/л,  $[C_{(г)}] = 0,216$  моль/л.
2. Найдите константу равновесия реакции:  $A_{(г)} + 2B_{(г)} \rightleftharpoons C_{(г)}$ , если  $[A_{(г)}] = 0,1$  моль/л,  $[B_{(г)}] = 0,2$  моль/л,  $[C_{(г)}] = 0,36$  моль/л.
3. Найдите константу равновесия реакции:  $A_{(г)} + 2B_{(г)} \rightleftharpoons C_{(г)}$ , если  $[A_{(г)}] = 0,02$  моль/л,  $[B_{(г)}] = 0,04$  моль/л,  $[C_{(г)}] = 0,72$  моль/л.
4. Найдите константу равновесия реакции:  $A_{(г)} + 2B_{(г)} \rightleftharpoons C_{(г)}$ , если  $[A_{(г)}] = 0,03$  моль/л,  $[B_{(г)}] = 0,06$  моль/л,  $[C_{(г)}] = 0,108$  моль/л.
5. Найдите константу равновесия реакции:  $2A_{(г)} + B_{(г)} \rightleftharpoons C_{(г)}$ , если  $[A_{(г)}] = 0,04$  моль/л,  $[B_{(г)}] = 0,08$  моль/л,  $[C_{(г)}] = 0,144$  моль/л.

6. Найдите константу равновесия реакции:  $A_{(r)} + 2B_{(r)} \rightleftharpoons C_{(r)}$ , если  $[A_{(r)}] = 0,05$  моль/л,  $[B_{(r)}] = 0,10$  моль/л,  $[C_{(r)}] = 0,180$  моль/л.
7. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при понижении температуры и почему?
8. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при повышении давления и почему?
9. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при увеличении концентрации CO и почему?
10. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при увеличении концентрации  $O_2$  и почему?
11. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при повышении температуры и почему?
12. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при понижении давления и почему?
13. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при увеличении концентрации  $CO_2$  и почему?
14. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при уменьшении концентрации CO и почему?
15. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2CO_{(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2CO_{2(r)} \quad \Delta H = -566 \text{ кДж}$   
 при уменьшении концентрации  $O_2$  и почему?
16. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2H_{2(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(r)} + Q$   
 при понижении температуры и почему?
17. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2H_{2(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(r)} + Q$   
 при повышении давления и почему?
18. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2H_{2(r)} + O_{2(r)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(r)} + Q$   
 при увеличении концентрации  $H_2$  и почему?

19. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2\text{H}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + \text{Q}$   
 при увеличении концентрации  $\text{O}_2$  и почему?
20. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2\text{H}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + \text{Q}$   
 при понижении давления и почему?
21. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2\text{H}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + \text{Q}$   
 при повышении температуры и почему?
22. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2\text{H}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + \text{Q}$   
 при уменьшении концентрации  $\text{H}_2$  и почему?
23. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2\text{H}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + \text{Q}$   
 при уменьшении концентрации  $\text{O}_2$  и почему?
24. В какую сторону смещается равновесие реакции:  
 $2\text{H}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + \text{Q}$   
 при повышении температуры и понижении давления и почему?

### Ответы

<b>1</b>	500	<b>2</b>	90	<b>3</b>	22 500	<b>4</b>	1000
<b>5</b>	1125	<b>6</b>		<b>6</b>	360		
<b>7</b>	в сторону образования продуктов реакции			<b>8</b>	в сторону образования продуктов реакции		
<b>9</b>	в сторону образования продуктов реакции	<b>10</b>	в сторону образования продуктов реакции	<b>11</b>	в сторону образования исходных веществ	<b>12</b>	в сторону образования исходных веществ
<b>13</b>	в сторону исходных веществ	<b>14</b>	в сторону исходных веществ	<b>15</b>	в сторону исходных веществ	<b>16</b>	в сторону продуктов реакции
<b>17</b>	в сторону продуктов реакции	<b>18</b>	в сторону продуктов реакции	<b>19</b>	в сторону продуктов реакции	<b>20</b>	в сторону исходных веществ
<b>21</b>	в сторону исходных веществ	<b>22</b>	в сторону исходных веществ	<b>23</b>	в сторону исходных веществ	<b>24</b>	в сторону исходных веществ

# Растворы

1. Что такое растворы?
2. Из каких компонентов состоит раствор? Приведите пример.
3. Каким процессом (физическим или химическим) является процесс растворения? Ответ объясните.
4. Что такое растворимость? Что такое коэффициент растворимости?
5. От чего зависит растворимость вещества?
6. Как зависит растворимость твёрдых веществ от температуры?
7. Что такое растворитель? Какие растворители вы знаете?
8. Как зависит растворимость газообразных веществ от температуры?
9. Как влияет давление на растворимость газов?
10. На какие виды делятся вещества по растворимости? Приведите примеры.
11. Какой раствор называется насыщенным?
12. Какой раствор называется ненасыщенным?
13. Какой раствор называется пересыщенным?
14. Что такое гидраты? Приведите пример.
15. Какой процесс растворения называется экзотермическим?
16. Какой процесс растворения называется эндотермическим?
17. Что такое гидратация?
18. Какие вещества называются кристаллогидратами? Приведите пример.
19. Что показывает концентрация раствора?
20. Какие растворы называются разбавленными?
21. Какие растворы называются концентрированными?
22. Какие способы выражения количественного состава растворов вы знаете?
23. Что называется массовой долей растворённого вещества?
24. В каких единицах выражают массовую долю растворённого вещества?
25. Что такое молярная концентрация раствора?
26. В каких единицах выражается молярная концентрация раствора?
27. Что такое нормальная концентрация раствора?
28. В каких единицах выражается нормальная концентрация раствора?

29. Как найти необходимый для нейтрализации объём раствора кислоты, если известны нормальности кислоты и щёлочи и исходный объём раствора щёлочи?
30. Назовите основные положения гидратной теории растворов Д. И. Менделеева.

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Определите массовую долю соли ( $\omega$ ) в растворе, содержащем 100 г воды и 51,2 г соли.**

*Решение.*

$$\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{раствора})} = \frac{51,2 \text{ г}}{100 \text{ г} + 51,2 \text{ г}} = 0,34.$$

*Ответ:*  $\omega = 0,34$ .

**Задача 2. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) в растворе, полученном при смешивании 200 г 15%-ного и 300 г 5%-ного растворов  $\text{NaNO}_3$ .**

*Решение.*

1. Масса соли в первом растворе равна

$$m_1(\text{соли}) = \omega_1 \cdot m(\text{раствора})_1 = 0,15 \cdot 200 \text{ г} = 30 \text{ г};$$

во втором растворе:

$$m_2(\text{соли}) = \omega_2 \cdot m(\text{раствора})_2 = 0,05 \cdot 300 \text{ г} = 15 \text{ г}.$$

2. Масса полученного раствора:

$$m = 200 \text{ г} + 300 \text{ г} = 500 \text{ г};$$

масса соли в полученном растворе:

$$m(\text{соли}) = m_1(\text{соли}) + m_2(\text{соли}) = 30 \text{ г} + 15 \text{ г} = 45 \text{ г}.$$

3. Массовая доля ( $\omega$ ) в полученном растворе:

$$\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{раствора})} = \frac{45 \text{ г}}{500 \text{ г}} = 0,09.$$

*Ответ:*  $\omega = 0,09$ .

**Задача 3. Определите массу соли  $\text{NaNO}_3$ , которая требуется для приготовления 2 л 0,3 моль/л раствора.**

*Решение.* Молярная концентрация раствора:  $C_M = n/V$ , где  $n$  – количество растворённого вещества (моль),  $V$  – объём раствора (л).

Масса соли:  $m(\text{NaNO}_3) = n \times M = C_M \times V \times M = 51 \text{ г}$ .

*Ответ:*  $m = 51 \text{ г}$ .

**Задача 4. Определите массовую долю ( $\omega$ )  $\text{HNO}_3$  в 3,6 моль/л растворе  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,08$  г/мл).**

*Решение 1.*

1. Примем объём раствора за 1 л. Тогда масса раствора  
 $m_p = V \times \rho = 1000 \text{ мл} \cdot 1,08 \text{ г/мл} = 1080 \text{ г}.$
2. 1 л раствора содержит 3,6 моль  $\text{HNO}_3$ ,  
 $m(\text{HNO}_3) = n \times M = 3,6 \text{ моль} \times 63 \text{ г/моль} = 226,8 \text{ г}.$
3. Массовая доля кислоты ( $\omega$ ) в растворе:

$$\omega = \frac{m_b}{m_p} = \frac{226,8 \text{ г}}{1080 \text{ г}} = 0,21.$$

*Ответ:*  $\omega = 0,21.$

*Решение 2.*

1. Масса  $\text{HNO}_3$  в растворе ( $m_b$ ):  
 $m_b = n \times M = C_M \times V \times M.$
2. Масса раствора кислоты,  $m_p$ :  
 $m_p = V \times \rho.$
3. Массовая доля кислоты ( $\omega$ ) в растворе:

$$\omega = \frac{m_b}{m_p} = \frac{C_M \cdot V \cdot M}{V \cdot \rho} = \frac{C \cdot M}{\rho} = \frac{3,6 \text{ моль/л} \cdot 63 \text{ г/моль}}{1,08 \cdot 1000 \text{ г/л}} = 0,21.$$

Следует обратить внимание на то, что в условии задачи плотность раствора  $\rho$  дана в г/мл. Для того чтобы выразить  $\rho$  в г/л, её умножили на 1000.

*Ответ:*  $\omega = 0,21.$

**Задача 5. Определите молярную концентрацию раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с  $\omega = 20\%$ ,  $\rho = 1,14$  г/мл.**

*Решение.*

1. Примем объём раствора за 1 л. Тогда масса раствора  
 $m_p = V \times \rho = 1000 \text{ мл} \times 1,14 \text{ г/мл} = 1140 \text{ г}.$
2. Массовая доля вещества ( $\omega_b$ ) в растворе:

$$\omega = \frac{m_b}{m_p} = 0,20.$$

3. Масса вещества  $m(\text{H}_2\text{SO}_4)$ :  
 $m_b = \omega \times m_p = 0,2 \times 1140 \text{ г} = 228 \text{ г}.$
4. Количество вещества  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  
 $n_b = m_b / M = 2,33 \text{ моль}.$

5. Молярная концентрация (количество вещества в 1 л раствора) равна

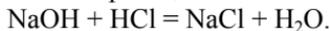
$$C_M = n/V = 2,33 \text{ моль} / 1 \text{ л} = 2,33 \text{ моль/л.}$$

*Ответ:*  $C = 2,33 \text{ моль/л.}$

**Задача 6. Сколько граммов 20%-ного раствора HCl необходимо для нейтрализации 10 г раствора NaOH ( $\omega = 20\%$ )?**

*Решение.*

1. Уравнение реакции:



2. Находим количество вещества NaOH:

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{раствора})} = \frac{x}{10 \text{ г}} = 0,20,$$

$$m(\text{NaOH}) = 2 \text{ г},$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 0,05 \text{ моль}.$$

3. Количество вещества HCl также должно быть равно 0,05 моль (по уравнению реакции). Тогда масса вещества HCl:

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \times M(\text{HCl}) = 0,05 \text{ моль} \times 36,5 \text{ г/моль} = 1,825 \text{ г}.$$

4. Найдём массу раствора HCl:

$$m_p = \frac{m_e}{\omega} = \frac{1,825 \text{ г}}{0,2} = 9,125 \text{ г}.$$

*Ответ:*  $m = 9,125 \text{ г}.$

**Задача 7. Определите молярную концентрацию раствора гидроксида натрия NaOH, если в 50 мл раствора содержится 4 г растворённого вещества.**

*Решение.*

1. Число молей NaOH в растворе:

$$n(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH})/M = 4 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}.$$

2. Молярная концентрация NaOH :

$$C(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH})/V = 0,1 \text{ моль}/0,05 \text{ л} = 2 \text{ моль/л}.$$

*Ответ:*  $C_M = 2 \text{ моль/л}.$

**Задача 8. Какую массу гидроксида бария Ba(OH)<sub>2</sub> нужно взять для получения 500 мл раствора с  $C_H = 0,4 \text{ Н}$ ?**

*Решение.*

$$1. C_H(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{n_{\text{экв}}}{V_p}; \quad M_{\text{экв}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 171 \text{ г/моль} \times \frac{1}{2} = 85,5 \text{ г/моль}.$$

$$2. n_{\text{экв}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = C_H(\text{Ba}(\text{OH})_2) \times V_p = 0,4 \text{ моль/л} \times 0,5 \text{ л} = 0,2 \text{ моль};$$

$$3. m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = n_{\text{экв}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) \times M_{\text{экв}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,2 \text{ моль} \times 85,5 \text{ г/моль} = 17,1 \text{ г}.$$

*Ответ:* 17,1 г.

**Задача 9. В каком объёме раствора ортофосфорной кислоты с нормальной концентрацией  $C_H = 0,3$  моль/л содержится 9,78 г  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ?**

*Решение.*

$$1. M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) \times f_{\text{экв}} = 98 \text{ г/моль} \times \frac{1}{3} = 32,6 \text{ г/моль}.$$

$$2. n_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m \text{ г}}{M_{\text{экв}} \text{ г/моль}} = \frac{9,78 \text{ г}}{32,6 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}.$$

$$3. V_p = \frac{n_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4)}{C_H(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{0,3 \text{ г}}{0,3 \text{ моль/л}} = 1 \text{ л}.$$

*Ответ:* в 1 л.

**Задача 10. Найдите, какой объём раствора ортофосфорной кислоты с нормальной концентрацией  $C_H = 0,3$  моль/л нужно добавить к 200 мл раствора гидроксида натрия (нормальность раствора 0,5) для его полной нейтрализации.**

*Решение.*

Используем выражение закона эквивалентов: ( $n_{\text{экв}}(\text{A}) = n_{\text{экв}}(\text{B})$ ).

Для растворов оно запишется так:

$$C_H(\text{H}_3\text{PO}_4) \times V_p(\text{H}_3\text{PO}_4) = C_H(\text{NaOH}) \times V_p(\text{NaOH}),$$

откуда получим, что

$$\begin{aligned} V_p(\text{NaOH}) &= \frac{C_H(\text{H}_3\text{PO}_4) \times V_p(\text{H}_3\text{PO}_4)}{C_H(\text{NaOH})} = \\ &= \frac{0,3 \text{ моль/л} \times 0,2 \text{ л}}{0,5 \text{ моль/л}} = 0,12 \text{ л}. \end{aligned}$$

*Ответ:* необходимо 0,12 л кислоты.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Определите массовую долю соли ( $\omega$ ) в растворе, содержащем 100 г воды и 42,7 г соли.
2. Определите массовую долю соли ( $\omega$ ) в растворе, содержащем 100 г воды и 12,3 г соли.
3. Определите массовую долю соли ( $\omega$ ) в растворе, содержащем 100 г воды и 17,4 г соли.
4. Определите массовую долю соли ( $\omega$ ) в растворе, содержащем 100 г воды и 15,6 г соли.
5. Определите массовую долю ( $\omega$ ) сульфата меди в насыщенном растворе при  $50^\circ\text{C}$ , если растворимость  $p$  при этой температуре составляет 380 г/л.
6. Вычислите массу воды и вещества, которые необходимы для приготовления 200 г раствора  $\text{LiOH}$  с массовой долей  $\omega = 0,2$ .
7. Вычислите массу воды и вещества, которые необходимы для приготовления 400 г раствора  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  с массовой долей  $\omega = 0,15$ .
8. Вычислите массу воды и вещества, которые необходимы для приготовления 500 г раствора  $\text{HNO}_3$  с массовой долей  $\omega = 0,18$ .
9. Вычислите массу воды и вещества, которые необходимы для приготовления 0,3 л раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (плотность  $\rho = 1,053$  г/мл) с массовой долей  $\omega = 0,10$ .
10. Вычислите массу воды и вещества, которые необходимы для приготовления 0,5 л раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (плотность  $\rho = 1,026$  г/мл) с массовой долей  $\omega = 0,20$ .
11. К 500 г 25%-ного раствора вещества добавили 120 г воды. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
12. К 300 г 10%-ного раствора вещества добавили 100 г воды. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
13. К 200 г 15%-ного раствора вещества добавили 100 г воды. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
14. К 200 г 30%-ного раствора вещества добавили 200 г воды. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
15. Определите массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе, полученном при прибавлении к 200 мл 15%-ной кислоты ( $\rho = 1,1$  г/мл) 40 г воды.
16. К 500 г 25%-ного раствора вещества добавили 120 г этого вещества. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.

17. К 500 г 25%-ного раствора КОН добавили 50 г КОН. Найдите массовую долю КОН в полученном растворе.
18. К 300 г 20%-ного раствора вещества добавили 50 г этого вещества. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
19. К 200 г 30%-ного раствора вещества добавили 60 г этого вещества. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
20. К 100 г 15%-ного раствора вещества добавили 20 г этого вещества. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
21. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) в растворе, полученном при смешивании 100 г 10%-ного и 150 г 5%-ного растворов KCl.
22. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) в растворе, полученном при смешивании 200 г 10%-ного и 40 г 12%-ного растворов  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
23. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) в растворе, полученном при смешивании 300 г 5%-ного и 500 г 10%-ного растворов  $\text{BaCl}_2$ .
24. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) в растворе, полученном при смешивании 500 г 10%-ного и 400 г 5%-ного растворов  $\text{KNO}_3$ .
25. Рассчитайте массовую долю ( $\omega$ ) в растворе, полученном при смешивании 200 г 12%-ного и 100 г 10%-ного растворов NaCl.
26. Определите массу соли  $\text{NaNO}_3$ , которая требуется для приготовления 2 л 0,1 моль/л раствора.
27. Определите массу соли  $\text{NaNO}_3$ , которая требуется для приготовления 1 л 0,1 моль/л раствора.
28. Определите массу соли  $\text{NaNO}_3$ , которая требуется для приготовления 500 мл 0,1 моль/л раствора.
29. Определите массу соли  $\text{NaNO}_3$ , которая требуется для приготовления 300 мл 0,1 моль/л раствора.
30. Определите массу соли  $\text{NaNO}_3$ , которая требуется для приготовления 100 мл 0,1 моль/л раствора.
31. Определите массу карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 250 мл 2 моль/л раствора.
32. Определите массу карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 200 мл 2 моль/л раствора.
33. Определите массу карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 300 мл 3 моль/л раствора.
34. Определите массу карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 400 мл 1,5 моль/л раствора.
35. Сколько молей КОН содержится в 500 мл раствора ( $\omega = 40\%$ ,  $\rho = 1,40$  г/мл)?

36. Сколько молей КОН содержится в 350 мл раствора ( $\omega = 40\%$ ,  $\rho = 1,40$  г/мл)?
37. Сколько молей КОН содержится в 400 мл раствора ( $\omega = 40\%$ ,  $\rho = 1,40$  г/мл)?
38. Сколько молей КОН содержится в 100 мл раствора ( $\omega = 40\%$ ,  $\rho = 1,40$  г/мл)?
39. Определите молярную концентрацию раствора гидроксида натрия NaOH, если в 50 мл раствора содержится 4 г растворённого вещества.
40. Определите молярную и нормальную концентрации раствора гидроксида натрия NaOH, если в 100 мл раствора содержится 30 г растворённого вещества.
41. Определите молярную и нормальную концентрации раствора гидроксида натрия NaOH, если в 200 мл раствора содержится 20 г растворённого вещества.
42. Определите молярную и нормальную концентрации раствора сульфата марганца  $MnSO_4$ , если в 200 мл раствора содержится 4,5 г соли.
43. Определите молярность и нормальность раствора серной кислоты  $H_2SO_4$ , если в 200 мл раствора содержится 49 г растворённого вещества.
44. Определите массовую долю ( $\omega$ )  $HNO_3$  в 4,3 моль/л растворе  $HNO_3$  ( $\rho = 1,14$  г/мл).
45. Определите массовую долю ( $\omega$ )  $HNO_3$  в 4 моль/л растворе  $HNO_3$  ( $\rho = 1,12$  г/мл).
46. Определите массовую долю ( $\omega$ )  $HNO_3$  в 3,8 моль/л растворе  $HNO_3$  ( $\rho = 1,10$  г/мл).
47. Определите молярную концентрацию раствора NaCl с  $\omega = 7\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,2$  г/мл.
48. Определите молярную концентрацию раствора KCl с  $\omega = 10\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,3$  г/мл.
49. Определите молярную концентрацию раствора LiCl с  $\omega = 8\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,2$  г/мл.
50. Определите молярную концентрацию раствора  $HNO_3$  с  $\omega = 20\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,15$  г/мл.
51. Определите молярную концентрацию раствора  $Ca(NO_3)_2$  с  $\omega = 10\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,3$  г/мл.

52. Определите молярную концентрацию раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с  $\omega = 40\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,3$  г/мл.
53. Определите молярную концентрацию раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с  $\omega = 24\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,17$  г/мл.
54. Определите молярную концентрацию раствора  $\text{NaOH}$  с  $\omega = 4\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,043$  г/мл.
55. Определите молярную концентрацию раствора  $\text{NaOH}$  с  $\omega = 40\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,43$  г/мл.
56. Определите молярную концентрацию раствора  $\text{HCl}$  с  $\omega = 20\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,1$  г/мл.
57. Определите молярную и нормальную концентрации раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , если массовая доля вещества  $\omega = 0,15$ , плотность раствора  $\rho = 1,026$  г/мл.
58. Определите молярную и нормальную концентрации раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , если массовая доля вещества  $\omega = 0,96$ , плотность раствора  $\rho = 1,84$  г/мл.
59. Определите молярную и нормальную концентрации раствора соляной кислоты  $\text{HCl}$ , если массовая доля вещества  $\omega = 38\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,19$  г/мл.
60. Определите молярную и нормальную концентрации раствора фосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , если массовая доля вещества  $\omega = 15\%$ , плотность раствора  $\rho = 1,10$  г/мл.
61. Определите молярную и нормальную концентрации раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , если массовая доля вещества  $\omega = 0,10$ , плотность раствора  $\rho = 1,07$  г/мл.
62. Найдите массовую долю 7,9 М раствора  $\text{HNO}_3$ ;  $\rho = 1,25$  г/мл.
63. Найдите массовую долю 7,9 N раствора  $\text{HNO}_3$ ;  $\rho = 1,25$  г/мл.
64. Найдите массовую долю 1,4 М раствора  $\text{CuSO}_4$ ;  $\rho = 1,11$  г/мл.
65. Найдите массовую долю 1,4 N раствора  $\text{CuSO}_4$ ;  $\rho = 1,11$  г/мл.
66. Найдите массовую долю 0,05 N раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;  $\rho = 1,10$  г/мл.
67. Найдите массовую долю 0,05 М раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;  $\rho = 1,10$  г/мл.
68. Сколько граммов 20%-ного раствора  $\text{HCl}$  необходимо для нейтрализации 10 г раствора  $\text{NaOH}$  ( $\omega = 20\%$ )?
69. Сколько граммов 20%-ного раствора  $\text{HCl}$  необходимо для нейтрализации 20 г раствора  $\text{KOH}$  ( $\omega = 20\%$ )?
70. Сколько граммов 20%-ного раствора  $\text{HCl}$  необходимо для нейтрализации 25 г раствора  $\text{KOH}$  ( $\omega = 10\%$ )?

71. Сколько граммов 20%-ного раствора  $\text{HCl}$  необходимо для нейтрализации 35 г раствора  $\text{LiOH}$  ( $\omega = 15\%$ )?
72. Сколько граммов соли получится при взаимодействии избытка  $\text{HNO}_3$  с 50 г раствора  $\text{NaOH}$  ( $\omega = 15\%$ )?
73. Сколько граммов соли получится при взаимодействии избытка  $\text{HNO}_3$  с 30 г раствора  $\text{NaOH}$  ( $\omega = 10\%$ )?
74. Сколько граммов соли получится при взаимодействии избытка  $\text{HNO}_3$  с 20 г раствора  $\text{KOH}$  ( $\omega = 14\%$ )?
75. Сколько граммов соли получится при взаимодействии избытка  $\text{HNO}_3$  с 10 г раствора  $\text{LiOH}$  ( $\omega = 12\%$ )?
76. Сколько граммов соли получится при взаимодействии избытка  $\text{HNO}_3$  с 25 г раствора  $\text{NaOH}$  ( $\omega = 10\%$ )?
77. Найдите массу соли, которая получится после реакции 2,7 г алюминия с 200 мл раствора серной кислоты (молярность 0,5 моль/л).
78. Сколько граммов хлорида алюминия  $\text{AlCl}_3$  образуется при взаимодействии 200 мл 0,5 М раствора соляной кислоты  $\text{HCl}$  с 3,9 г гидроксида алюминия?
79. Найдите массу осадка, который получится при добавлении к 4 г гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  200 мл раствора сульфата меди  $\text{CuSO}_4$  с молярной концентрацией 0,5 моль/л.
80. Найдите массу осадка, который получится при добавлении 200 мл 0,5 М раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  к 13 г нитрата бария  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ .
81. Найдите массу хлорида серебра, который получится при взаимодействии раствора нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$  с 200 мл 0,2 М раствора хлорида кальция  $\text{CaCl}_2$ .
82. Какой объём 0,2 М раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нужно для нейтрализации 250 мл 0,1 Н раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ ?
83. Какая масса гидроксида калия  $\text{KOH}$  нужна для нейтрализации 100 мл 2 Н раствора фосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ?
84. Для нейтрализации 60 мл 0,1 Н раствора щёлочи нужно 24 мл раствора кислоты. Определите нормальность раствора.
85. Сколько миллилитров 0,2 Н раствора щёлочи нужно для нейтрализации 500 мл 0,25Н раствора кислоты?
86. Сколько граммов сульфата алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  образуется при взаимодействии 200 мл 0,5 Н раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с гидроксидом алюминия?

87. Из 500 г раствора с массовой долей 0,20 при охлаждении выделилось 40 г растворённого вещества. Рассчитайте  $\omega$  этого вещества в оставшемся растворе.
88. Массовая доля нитрата калия  $KNO_3$  в насыщенном растворе при  $20^\circ C$  составляет 0,355. Определите коэффициент растворимости  $p$  этой соли в г/л.
89. Растворимость соли – 19 г в 100 г растворителя. Какая масса соли содержится в 240 г насыщенного раствора? Какова массовая доля растворённого вещества в этом растворе?
90. Растворимость соли – 40 г на 100 г воды. Какая масса соли содержится в 400 г насыщенного раствора? Какова массовая доля растворённого вещества в этом растворе?

### Ответы

<b>1</b>	0,30	<b>2</b>	0,11	<b>3</b>	0,15	<b>4</b>	0,13
<b>5</b>	27,5%, $\omega = p/1000+p$	<b>6</b>	$m(H_2O) = 160$ г, $m(LiOH) = 40$ г	<b>7</b>	$m(H_2O) = 340$ г, $m(Sr(OH)_2) = 60$ г	<b>8</b>	$m(H_2O) = 410$ г, $m(HNO_3) = 90$ г
<b>9</b>	$m(H_2O) = 284,3$ г, $m(H_3PO_4) = 31,59$ г	<b>10</b>	$m(H_2O) = 410,4$ г, $m(CH_3COOH) = 102,6$ г	<b>11</b>	0,2	<b>12</b>	0,075
<b>13</b>	0,1	<b>14</b>	0,15	<b>15</b>	0,13	<b>16</b>	0,4
<b>17</b>	0,32	<b>18</b>	0,31	<b>19</b>	0,46	<b>20</b>	0,29
<b>21</b>	0,07	<b>22</b>	0,10	<b>23</b>	0,08	<b>24</b>	0,08
<b>25</b>	0,11	<b>26</b>	17 г	<b>27</b>	8,5 г	<b>28</b>	4,25 г
<b>29</b>	2,55 г	<b>30</b>	0,85 г	<b>31</b>	53 г	<b>32</b>	42,4 г
<b>33</b>	95,4 г	<b>34</b>	63,6 г	<b>35</b>	5 моль	<b>36</b>	3,5 моль
<b>37</b>	4 моль	<b>38</b>	1 моль	<b>39</b>	2 моль/л	<b>40</b>	7,5 моль/л
<b>41</b>	$C_M = C_N = 2,5$ моль/л	<b>42</b>	$C_M = 1,5$ моль/л, $C_N = 3$ моль/л	<b>43</b>	$C_M = 2,5$ моль/л, $C_N = 5$ моль/л	<b>44</b>	0,23
<b>45</b>	0,23	<b>46</b>	0,22	<b>47</b>	1,44 моль/л	<b>48</b>	1,74 моль/л
<b>49</b>	2,26 моль/л	<b>50</b>	3,65 моль/л	<b>51</b>	0,79 моль/л	<b>52</b>	5,31 моль/л
<b>53</b>	2,87 моль/л	<b>54</b>	1,04 моль/л	<b>55</b>	14,3 моль/л	<b>56</b>	6,02 моль/л
<b>57</b>	$C_M = 1,57$ моль/л, $C_N = 3,14$ моль/л	<b>58</b>	$C_M = 18,02$ моль/л, $C_N = 36,05$ моль/л	<b>59</b>	$C_M = C_N = 12,38$ моль/л	<b>60</b>	$C_M = 1,68$ моль/л, $C_N = 5,1$ моль/л

<b>61</b>	$C_M = 1,09$ моль/л, $C_N = 2,18$ моль/л	<b>62</b>	0,4	<b>63</b>	0,4	<b>64</b>	20,2%
<b>65</b>	10,1%	<b>66</b>	0,15%	<b>67</b>	0,45%	<b>68</b>	9,13 г
<b>69</b>	13,04 г	<b>70</b>	8,15 г	<b>71</b>	39,9 г	<b>72</b>	15,94 г
<b>73</b>	6,38 г	<b>74</b>	5,05 г	<b>75</b>	2,88 г	<b>76</b>	5,31 г
<b>77</b>	11,3 г	<b>78</b>	4,4 г	<b>79</b>	4,9 г	<b>80</b>	11,65 г
<b>81</b>	11,56 г	<b>82</b>	0,2 л	<b>83</b>	11,2 г	<b>84</b>	0,25 Н
<b>85</b>	625 мл	<b>86</b>	5,7 г	<b>87</b>	0,13	<b>88</b>	541,9 г/л, $p = 1000 \cdot \omega / (1 - \omega)$
<b>89</b>	$m = 38,32$ г, $\omega = 0,159$	<b>90</b>	$m = 114,2$ г, $\omega = 0,29$				

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

1. Определите массовую долю гидроксида натрия в растворе, полученном при взаимодействии 13,8 г металлического натрия и 200 г воды.
2. К 500 г 25%-ного раствора КОН добавили 50 г КОН. Найдите массовую долю КОН в полученном растворе.
3. В 350 г воды растворили 350 г медного купороса ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Определите массовые доли медного купороса, сульфата меди и меди в полученном растворе.
4. Определите объём воды, в котором необходимо растворить 188 г оксида калия  $\text{K}_2\text{O}$  для получения 5,6%-ного раствора КОН.
5. Сколько граммов раствора сульфата магния  $\text{MgSO}_4$  с массовой долей 0,03 можно приготовить из 100 г кристаллогидрата  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ? Сколько воды для этого потребуется?
6. Сколько граммов раствора  $\text{FeCl}_2$  с  $\omega = 0,3$  нужно добавить к 500 г воды, чтобы получить раствор с  $\omega = 0,15$ ?
7. Сколько граммов вещества нужно добавить к 500 г 25%-ного раствора, чтобы получить 40%-ный раствор этого вещества?
8. Сколько граммов воды нужно добавить к 500 г 25%-ного раствора, чтобы получить 20%-ный раствор этого вещества?
9. Определите массы растворов серной кислоты с массовыми долями 0,15 и 0,3, необходимые для приготовления 600 г раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей 0,2.

10. Найдите объём 30%-ного раствора серной кислоты  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,3$  г/мл), который прореагировал с цинком, если при этом выделилось 50 л водорода (н.у.)?
11. Найдите массовую долю раствора, который добавили к 200 г раствора с массовой долей 0,3. После смешения растворов получили 600 г 20%-ного раствора.
12. Какой объём 20%-ного раствора серной кислоты  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,2$  г/мл) нужен для приготовления 2 л 0,5 Н раствора этого вещества?
13. Какой объём воды нужно прибавить к 100 мл 0,1 М раствора соли, чтобы получить 0,04 М раствор этого вещества?
14. Какая масса осадка образуется при сливании 250 мл 0,1 Н раствора сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3$  и 100 мл 0,3 М раствора гидроксида натрия NaOH?
15. Какой объём воды нужно прибавить к 200 мл 0,5 М раствора хлорида кальция  $CaCl_2$ , чтобы получить 0,1 М раствор?
16. Для нейтрализации 50 г раствора серной кислоты  $H_2SO_4$  нужно 2 г гидроксида натрия NaOH. Определите массовую долю серной кислоты в растворе.
17. Растворимость хлорида аммония  $NH_4NO_3$  при  $50^\circ C$  равна 500 г/л, а при  $15^\circ C$  – 350 г/л. Какая масса соли выпадет в осадок, если 330 г насыщенного при  $50^\circ C$  раствора охладить до  $15^\circ C$ ?
18. Какая масса нитрата калия  $KNO_3$  выпадет в осадок, если 0,5 кг насыщенного при  $60^\circ C$  раствора охладить до  $0^\circ C$ ? Растворимость нитрата калия при  $60^\circ C$  равна 110 г (на 100 г воды) а при  $0^\circ C$  – 15 г.

## Ответы

<b>1</b>	11,2%	<b>2</b>	0,32	<b>3</b>	$\omega(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 0,5,$ $\omega(CuSO_4) = 0,32,$ $\omega(Cu) = 0,13$	<b>4</b>	3,8 л
<b>5</b>	$m(\text{раствора}) = 1628$ г, $m(\text{воды}) = 528$ г	<b>6</b>	500 г	<b>7</b>	125 г	<b>8</b>	125 г
<b>9</b>	$m_1 = 400$ г, $m_2 = 200$ г	<b>10</b>	560,9 мл	<b>11</b>	15%	<b>12</b>	0,2 л
<b>13</b>	150 мл	<b>14</b>	0,65 г	<b>15</b>	800 мл	<b>16</b>	4,9%
<b>17</b>	33 г	<b>18</b>	226,2				

# Электролитическая диссоциация.

## Ионные уравнения реакций

1. Какие вещества называются электролитами? Приведите пример.
2. Какие вещества называются неэлектролитами? Приведите пример.
3. Какой процесс называется процессом электролитической диссоциации?
4. Что такое электролитическая диссоциация?
5. Что такое ионы? Приведите пример.
6. Что такое катионы и анионы? Приведите пример.
7. Напишите основные положения теории электролитической диссоциации.
8. Какими причинами обусловлена электролитическая диссоциация?
9. Какие два процесса находятся в равновесии при электролитической диссоциации?
10. Какие соединения с точки зрения теории электролитической диссоциации называются кислотами (кислотными гидроксидами)? Приведите пример.
11. Какие соединения с точки зрения теории электролитической диссоциации называются основаниями (основными гидроксидами)? Приведите пример.
12. Какие соединения с точки зрения теории электролитической диссоциации называются солями? Приведите пример.
13. Какая величина характеризует электролитическую диссоциацию?
14. От чего зависит степень диссоциации?
15. На какие группы делятся вещества по степени диссоциации? Приведите примеры.
16. Укажите примеры сильных, слабых и средних электролитов.
17. Как написать уравнение электролитической диссоциации в молекулярной и ионно-молекулярной форме? Приведите пример.
18. Как диссоциируют многокислотные основания (основные гидроксиды)? Приведите пример.
19. Как диссоциируют многоосновные кислоты (кислотные гидроксиды)? Приведите пример.
20. Как диссоциируют кислые соли? Приведите пример.

21. Каково соотношение степеней диссоциации по различным ступеням диссоциации для слабого электролита, который содержит многокислотные (многоосновные) ионы?
22. Какова концентрация ионов  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  в чистой воде при  $20^\circ C$ ? В кислой среде? В щелочной среде?
23. Чем отличается диссоциация в растворе от диссоциации в расплаве?
24. Какие электролиты относятся к сильным электролитам?
25. Какие электролиты относятся к слабым электролитам?
26. Какие реакции называются ионными? Приведите пример.
27. Какие вещества записывают в ионных уравнениях в виде ионов?
28. Какие вещества записывают в ионных уравнениях в недиссоциированной форме?
29. Что показывает сокращённое ионное уравнение реакции?
30. Какие вы знаете условия необратимости реакций?
31. В каких случаях реакции идут до конца? Приведите примеры.

## Типовые задачи с решениями

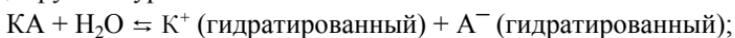
### Задача 1. Какими причинами обусловлена электролитическая диссоциация?

*Модель ответа на вопрос.* Электролитическая диссоциация обусловлена:

- 1) сольватацией молекул или ионов растворённых веществ полярными молекулами растворителя, что приводит к ослаблению связей между полярными частями молекулы;
- 2) тепловым движением, которое приводит к разрыву ослабленных связей между сольватированными частями молекул и переходу ионов в раствор.

### Задача 2. Какие два процесса находятся в равновесии при электролитической диссоциации?

*Модель ответа на вопрос.* Процесс диссоциации молекул электролита на гидратированные ионы и обратный процесс ассоциации ионов в молекулы. Электролит  $KA$ , который диссоциирует по уравнению



скорость диссоциации:  $v_{\text{дисс.}} = k_{\text{дисс.}} \cdot [KA]$ ,

скорость ассоциации:  $v_{\text{асс.}} = k_{\text{асс.}} \cdot [K^+] \cdot [A^-]$ .

**Задача 3. Какая величина характеризует электролитическую диссоциацию?**

*Модель ответа на вопрос.* Степень диссоциации  $\alpha$ :

( $n$  – количество вещества,  $N$  – число частиц,  $m$  – масса вещества)

$$\alpha = \frac{n(\text{диссоциированного})}{n(\text{растворенного})} = \frac{N(\text{диссоциированного})}{N(\text{растворенного})} = \frac{m(\text{диссоциированного})}{m(\text{растворенного})}.$$

**Задача 4. Каково соотношение степеней диссоциации по различным ступеням диссоциации для слабого электролита, который содержит многокислотные (многоосновные) ионы? Чем это обусловлено?**

*Модель ответа на вопрос.*

$\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$ . Одна из причин – подавление диссоциации по более высокой ступени продуктами диссоциации по первой ступени.

**Задача 5. Напишите схемы диссоциации электролитов:**

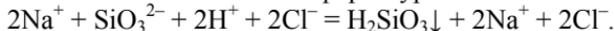


*Решение.*

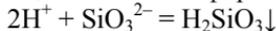


**Задача 6. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$ .**

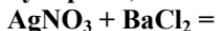
*Решение.* Полная ионная форма уравнения:



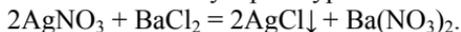
Сокращённая ионная форма:



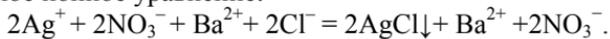
**Задача 7. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:**



*Решение.* Молекулярное уравнение:



Полное ионное уравнение:

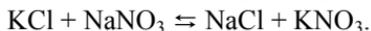


Сокращённое ионное уравнение:  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$ .

**Задача 8. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:**



*Решение.* Молекулярное уравнение:



Полное ионное уравнение:  $\text{K}^+ + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{NO}_3^- \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$ .

Сокращённое ионное уравнение не пишется.

**Задача 9. Определите степень диссоциации ( $\alpha$ ), если из 100 молекул электролита 15 молекул распались на ионы.**

*Решение.* Степень диссоциации  $\alpha$  – это отношение числа молекул, распавшихся на ионы ( $n'(X)$ ), к общему числу растворённых молекул ( $n(X)$ ):

$$\alpha = \frac{n'(X)}{n(X)}.$$

Тогда для данной задачи степень диссоциации равна:  $\alpha = 15/100 = 0,15$ .

*Ответ:*  $\alpha = 0,15$ .

**Задача 10. Определите pH 0,012 М раствора серной кислоты ( $\alpha = 100\%$ ).**

*Решение.* Уравнение электролитической диссоциации  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :



Из 0,12 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образуется  $0,012 \times 2 = 0,024$  моль катионов  $\text{H}^+$ , т. е. концентрация  $[\text{H}^+]$  в растворе будет равна 0,024 моль/л. Поэтому  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 0,024 = 1,62$ .

*Ответ:*  $\text{pH} = 1,62$ .

**Задача 11. Рассчитайте значения pH в 0,0025 М растворе гидроксида бария  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .**

*Решение.*  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$ .

$\text{Ba}(\text{OH})_2$  – сильный электролит,  $\alpha = 1$ . Концентрация гидроксид-ионов равна:  $\text{C}(\text{OH}^-) = 2\text{C}(\text{Ba}(\text{OH})_2)$ ;  $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$ ;

$$\text{pH} = 14 + \lg \text{C}(\text{OH}^-) = 14 + \lg 2\text{C}(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 14 + \lg(2 \times 0,0025) = 11,7.$$

*Ответ:*  $\text{pH} = 11,7$ .

**Задача 12.** Определите степень диссоциации для уксусной кислоты,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в 1 М растворе, если константа диссоциации её равна  $1,74 \cdot 10^{-5}$ .

*Решение.* Формула закона Оствальда  $\alpha = \sqrt{K/C}$ . Подставляем значения, получаем

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,754 \cdot 10^{-5}}{1}} = 4 \cdot 10^{-3} = 0,004.$$

*Ответ:*  $\alpha = 0,004$ .

**Задача 13.** Определите pH 0,1 Н раствора синильной кислоты HCN, константа диссоциации которой равна  $4,9 \cdot 10^{-10}$ .

*Решение.* Находим степень диссоциации HCN:

$$\alpha = \sqrt{K/C} = \sqrt{\frac{4,9 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = 7 \cdot 10^{-5}.$$

Концентрация  $[\text{H}^+] = 0,1 \cdot 10^{-5} = 0,7 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

Тогда  $\text{pH} = -\lg 0,7 \cdot 10^{-5} = 5,15$ .

*Ответ:*  $\text{pH} = 11,7$ .

**Задача 14.** Определите концентрацию гидроксид-ионов и рОН в растворе, если pH этого раствора равен 10,8.

*Решение.* Из соотношения  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$  находим

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 10,8 = 3,2.$$

Отсюда  $-\lg[\text{OH}^-] = 3,2$ , откуда  $[\text{OH}^-] = 6,31 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

*Ответ:*  $[\text{OH}^-] = 6,31 \cdot 10^{-4}$  моль/л,  $\text{pOH} = 3,2$ .

**Задача 15.** Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{AgCl}$  в насыщенном растворе, если  $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,1 \cdot 10^{-10}$ .

*Решение.* Уравнение диссоциации для  $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$ .

Константа растворимости  $K_S$  (произведение растворимости ПР):

$$K_S(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,1 \cdot 10^{-10}.$$

Концентрации ионов в насыщенном растворе:

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Молярная концентрация соли в насыщенном растворе:

$$C_M(\text{AgCl}) = 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

*Ответ:*  $C_M = 10^{-5}$  моль/л.

**Задача 16.** Определите, образуется ли осадок при смешении равных объёмов 0,01 М растворов сульфата натрия и хлорида кальция, если  $K_s(\text{CaSO}_4) = 1,3 \cdot 10^{-4}$ .

*Решение.* Уравнение диссоциации  $\text{CaSO}_4 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ .

Найдём концентрации ионов  $[\text{Ca}^{2+}]$  и  $[\text{SO}_4^{2-}]$ .

Общий объём раствора при смешивании увеличился в 2 раза, следовательно, концентрации ионов  $[\text{Ca}^{2+}]$  и  $[\text{SO}_4^{2-}]$  уменьшатся в 2 раза:  $[\text{Ca}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = 0,01 \text{ моль/л} : 2 = 0,005 \text{ моль/л} = 5 \cdot 10^{-3}$ .

Произведение концентраций ионов будет

$$[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = (5 \cdot 10^{-3})^2 = 2,5 \cdot 10^{-5}.$$

Значит,  $[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] < K_s(\text{CaSO}_4)$ ;  $2,5 \cdot 10^{-5} < 1,3 \cdot 10^{-4}$ . Осадок не выпадет.

*Ответ:* осадок не выпадет.

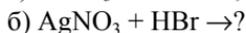
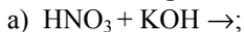
**Задача 17.** Могут ли в растворе одновременно находиться вещества:  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ?

*Решение.* Гидроксид бария  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и сульфат калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$  – сильные электролиты, следовательно, они существуют в растворе преимущественно в виде ионов. Если в растворе одновременно находятся ионы  $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , то между ними протекает реакция:  
 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$ .

Поэтому одновременное существование  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$  в растворе невозможно.

*Ответ:* одновременное существование в растворе невозможно.

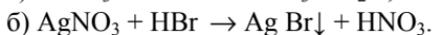
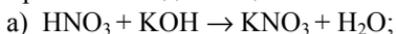
**Задача 18.** Какие реакции в растворе практически идут до конца:



Практически до конца протекают реакции, в результате которых образуются осадки, газы или слабые электролиты. Напишем реакции в ионном виде:



В реакции а) образуется слабый электролит вода, в реакции б) образуется осадок  $\text{AgBr}$ . Следовательно, обе эти реакции в растворе идут практически до конца:



*Ответ:* обе реакции в растворе идут практически до конца.

## Задачи для самостоятельной работы

1. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaCl}$ .
2. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
3. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{KHCO}_3$ .
4. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .
5. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HBr}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ .
6. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HI}$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{NaHS}$ .
7. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{KHS}$ .
8. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HNO}_3$ ,  $\text{RbOH}$ ,  $\text{CuCl}_2$ .
9. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ .
10. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
11. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
12. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HI}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
13. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaHS}$ .
14. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KHS}$ .
15. Напишите схемы диссоциации электролитов:  
 $\text{HClO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ .
16. Выпишите формулы сильных кислот и напишите уравнения их диссоциации:  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .
17. Выпишите формулы сильных электролитов и напишите уравнения их диссоциации:  $\text{KOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{LiOH}$ .
18. Выпишите формулы сильных электролитов и напишите уравнения их диссоциации:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{RbOH}$ ,  $\text{HNO}_3$ .

19. Могут ли в растворе одновременно находиться вещества: NaOH и HNO<sub>3</sub>?
20. Могут ли в растворе одновременно находиться вещества: Ba(OH)<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>?
21. Могут ли в растворе одновременно находиться вещества: Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> и HCl?
22. Какие реакции в растворе практически идут до конца:  
HCl + AgNO<sub>3</sub> →;  
NaOH + KNO<sub>3</sub> →?
23. Какие реакции в растворе практически идут до конца:  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + NaCl →;  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + BaCl<sub>2</sub> →?
24. Какие реакции в растворе практически идут до конца:  
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Ba(OH)<sub>2</sub> →;  
Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> →?
25. Какие реакции в растворе практически идут до конца:  
HNO<sub>3</sub> + KOH →;  
KCl + HNO<sub>3</sub> →?
26. Какие реакции в растворе практически идут до конца:  
NaCl + KOH →;  
AgNO<sub>3</sub> + HBr →?

### Ответы\*

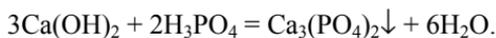
<b>1</b>	HNO <sub>3</sub> ⇌ H <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; Ca(OH) <sub>2</sub> ⇌ CaOH <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> ; CaOH <sup>+</sup> ⇌ Ca <sup>2+</sup> + OH <sup>-</sup> ; NaCl ⇌ Na <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup>	<b>2</b>	HCl ⇌ H <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup> ; Ba(OH) <sub>2</sub> ⇌ BaOH <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> ; BaOH <sup>+</sup> ⇌ Ba <sup>2+</sup> + OH <sup>-</sup> ; Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ⇌ 2Na <sup>+</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>3</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ⇌ H <sup>+</sup> + HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ; HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ⇌ 2H <sup>+</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ; KOH ⇌ K <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> ; KHCO <sub>3</sub> ⇌ K <sup>+</sup> + HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ; HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ⇌ H <sup>+</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	<b>4</b>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ⇌ H <sup>+</sup> + H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ; H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ⇌ H <sup>+</sup> + HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ; HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ⇌ H <sup>+</sup> + PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ; LiOH ⇌ Li <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> ; Ca(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ⇌ Ca <sup>2+</sup> + 2CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
<b>5</b>	HBr ⇌ H <sup>+</sup> + Br <sup>-</sup> ; Sr(OH) <sub>2</sub> ⇌ SrOH <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> ; SrOH <sup>+</sup> ⇌ Sr <sup>2+</sup> + OH <sup>-</sup> ; NaHS ⇌ Na <sup>+</sup> + HS <sup>-</sup> , HS <sup>-</sup> ⇌ H <sup>+</sup> + S <sup>2-</sup>	<b>6</b>	HI ⇌ H <sup>+</sup> + I <sup>-</sup> ; Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ⇌ Al <sup>3+</sup> + 3NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; NaHCO <sub>3</sub> ⇌ Na <sup>+</sup> + HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ; HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ⇌ H <sup>+</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
<b>7</b>	H <sub>2</sub> S ⇌ H <sup>+</sup> + HS <sup>-</sup> , HS <sup>-</sup> ⇌ H <sup>+</sup> + S <sup>2-</sup> ;	<b>8</b>	HNO <sub>2</sub> ⇌ H <sup>+</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ;

	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$ ; $\text{KHS} \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{HS}^-$ , $\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$		$\text{RbOH} \rightleftharpoons \text{Rb}^+ + \text{OH}^-$ ; $\text{CuCl}_2 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$
9	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$ ; $\text{K}_2\text{SiO}_3 \rightleftharpoons 2\text{K}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$ ; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$	10	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ ; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \rightleftharpoons 2\text{K}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ ; $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ ; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-}$
11	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ ; $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{MgOH}^+ + \text{OH}^-$ ; $\text{MgOH}^+ \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{OH}^-$ ; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$	12	$\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$ ; $\text{K}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{K}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ; $\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSiO}_3^-$ ; $\text{HSiO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$
13	$\text{H}_3\text{AsO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{AsO}_4^-$ ; $\text{H}_2\text{AsO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HASO}_4^{2-}$ ; $\text{HASO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{AsO}_4^{3-}$ ; $\text{CsOH} \rightleftharpoons \text{Cs}^+ + \text{OH}^-$ ; $\text{NaHSO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{HSO}_4^-$ ; $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	14	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ; $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ; $\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ; $\text{KHS} \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{HS}^-$ , $\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$
15	$\text{HClO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}_4^-$ ; $\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{FeOH}^+ + \text{OH}^-$ ; $\text{FeOH}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{OH}^-$ ; $\text{FeCl}_3 \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 3\text{Cl}^-$	16	$\text{H}_2\text{SeO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSeO}_4^-$ ; $\text{HSeO}_4^- \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SeO}_4^{2-}$
17	$\text{KOH} \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{OH}^-$	18	$\text{RbOH} \rightleftharpoons \text{Rb}^+ + \text{OH}^-$ ; $\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$
19	Не могут, так как: $\text{NaOH} + \text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{Na}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ ; $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	20	Не могут, так как: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightarrow$ $\text{BaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
21	Могут: $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{HCl} \rightleftharpoons \text{AlCl}_3 + 3\text{HNO}_3$ ; $\text{Al}^{3+} + 3\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 3\text{Cl}^- \rightleftharpoons$ $\text{Al}^{3+} + 3\text{Cl}^- + 3\text{H}^+ + 3\text{NO}_3^-$	22	$\text{HCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$ ; $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$
23	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$ ; $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$	24	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2$ $\rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow$ $\text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
25	До конца идёт только реакция: $\text{HNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	26	$\text{AgNO}_3 + \text{HBr} \rightarrow \text{AgBr} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{AgBr} \downarrow$

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014, глава 10).

## Составление ионных уравнений для самостоятельной работы\*

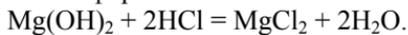
1. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ .
2. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
3. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{AlCl}_3 + 3\text{AgNO}_3 = 3\text{AgCl}\downarrow + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ .
4. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{BaCO}_3\downarrow + 2\text{HNO}_3$ .
5. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
6. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .
7. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ .
8. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl}\downarrow + \text{HNO}_3$ .
9. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = 2\text{KCl} + \text{CaCO}_3\downarrow$ .
10. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ .
11. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:  
 $(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{NaOH} = 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{S}$ .
12. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



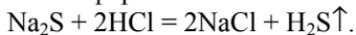
13. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



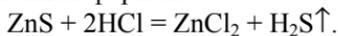
14. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



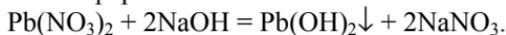
15. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



16. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



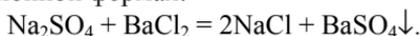
17. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



18. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



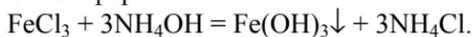
19. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



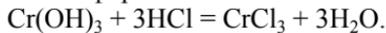
20. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



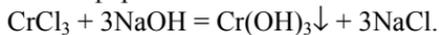
21. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



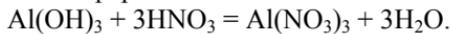
22. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



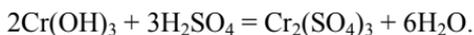
23. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



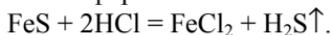
24. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



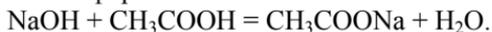
25. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



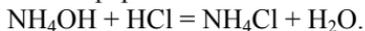
26. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



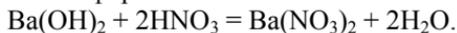
27. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



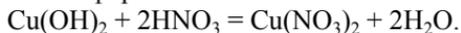
28. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



29. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



30. Напишите уравнения реакции в полной ионной и сокращённой ионной формах:



31. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



32. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



33. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



34. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



35. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



36. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



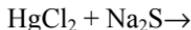
37. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



38. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



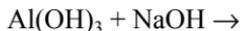
39. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



40. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



41. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



42. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



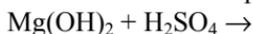
43. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



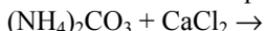
44. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



45. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



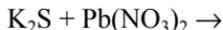
46. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



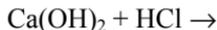
47. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



48. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



49. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



50. Допишите схемы реакций и составьте уравнения в молекулярной, полной ионной и сокращённой ионной формах:



51. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$ .

52. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow$ .
53. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{Ni}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2\downarrow$ .
54. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ .
55. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$ .
56. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{S}^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow$ .
57. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
58. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$ .
59. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow$ .
60. Для сокращённого ионного уравнения напишите возможное молекулярное уравнение реакции:  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ .

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 105–106).

## Задачи для самостоятельного решения

1. Определите pH 0,1 М раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , если степень диссоциации  $\alpha = 0,15$ .
2. Определите pH 3 М раствора  $\text{LiOH}$ , если степень диссоциации  $\alpha = 0,2$ .
3. Определите pH 2 М раствора  $\text{NaOH}$ , если степень диссоциации  $\alpha = 0,6$ .
4. Растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  при  $18^\circ\text{C}$  равна  $1,7 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Найдите ПР  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .
5. В 500 мл воды при  $18^\circ\text{C}$  растворили 0,0166 г  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . Рассчитайте ПР соли.
6. Рассчитайте концентрацию ионов  $\text{K}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  (моль/л и г/л) в растворе, который содержит 8,72 г  $\text{K}_2\text{SO}_4$  в 500 мл раствора.

- В 1 л раствора муравьиной кислоты  $\text{HCOOH}$  содержится  $7,41 \cdot 10^{21}$  её молекул и ионов. Молярная концентрация кислоты  $0,01$  моль/л. Рассчитайте степень диссоциации кислоты в данных условиях.
- Рассчитайте  $C_M$  катионов  $\text{NH}_4^+$  в  $0,004$  М растворе  $\text{NH}_4\text{OH}$ , если  $\alpha = 6,6\%$ .
- В  $1,5$  л  $0,01$  М раствора слабой кислоты  $\text{HA}$  содержится  $2,4 \cdot 10^{20}$  ионов  $\text{A}^-$ . Вычислите степень диссоциации  $\alpha$  кислоты.
- Определите степень диссоциации ( $\alpha$ ), если из  $80$  молекул электролита  $40$  молекул распалось на ионы.

### Ответы

<b>1</b>	12,47	<b>2</b>	13,78	<b>3</b>	14,08	<b>4</b>	$1,96 \cdot 10^{-11}$	<b>5</b>	$4 \cdot 10^{-12}$
<b>6</b>	$C(\text{K}^+) = 0,2$ моль/л, $C(\text{SO}_4^{2-}) = 0,1$ моль/л, $[\text{K}^+] = 7,8$ г/л, $[\text{SO}_4^{2-}] = 9,6$ г/л	<b>7</b>	0,12	<b>8</b>	$2,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л	<b>9</b>	2,65%	<b>10</b>	50%

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

- В каком из растворов электролит  $\text{M}^{z+}$  ненасыщен:
  - $[\text{M}^{z+}][\text{X}^{z-}] < \text{ПР}$ ;
  - $[\text{M}^{z+}][\text{X}^{z-}] = \text{ПР}$ ;
  - $[\text{M}^{z+}][\text{X}^{z-}] > \text{ПР}$ ?
- Рассчитайте  $C_M$  кислоты  $\text{HA}$  в растворе с  $\text{pH} = 2,43$ , если в процессе диссоциации участвует  $5\%$  молекул  $\text{HA}$ .
- Рассчитайте  $\text{pH}$  в  $0,005$  М растворе  $\text{NH}_4\text{OH}$ , если  $\alpha = 1,9\%$ .
- Рассчитайте степень диссоциации и  $\text{pH}$  в  $0,1$  М растворе  $\text{HClO}$ .  $K(\text{HClO}) = 5,0 \cdot 10^{-8}$ .
- Найдите концентрацию гидроксид-ионов и  $\text{pH}$  в  $0,01$  Н растворе  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .
- Рассчитайте степень диссоциации  $\alpha$  кислоты  $\text{HA}$  в  $0,01$  М растворе с  $\text{pH} = 3,78$ .
- Вычислите ПР соли  $\text{PbBr}_2$  при  $25^\circ\text{C}$ , если растворимость соли при этой температуре равна  $1,32 \cdot 10^{-2}$  моль/л.
- Вычислите концентрации всех ионов в  $2\%$ -ном растворе сульфата калия, если степень диссоциации  $\alpha$  соли равна  $70\%$ .
- Вычислите концентрации всех ионов в  $2\%$ -ном растворе нитрата свинца, если степень диссоциации  $\alpha$  соли равна  $70\%$ .

10. Найдите растворимость сульфида кадмия в моль/л и в г/моль, если  $ПР(CdS) = 1,9 \cdot 10^{-28}$ .

**Ответы**

<b>1</b>	a)	<b>2</b>	0,074 моль/л	<b>3</b>	10,98	<b>4</b>	0,071%, 4,15
<b>5</b>	0,01 моль/л, 12	<b>6</b>	1,66%	<b>7</b>	$9,2 \cdot 10^{-6}$	<b>8</b>	$[K^+] = 0,168$ моль/л, $[SO_4^{2-}] =$ 0,084 моль/л
<b>9</b>	$[Pb^{2+}] = 0,042$ моль/л, $[NO_3^-] = 0,084$ моль/л			<b>10</b>	$1,38 \cdot 10^{-14}$ моль/л, $1,99 \cdot 10^{-12}$ г/моль		

# Окислительно-восстановительные реакции

1. На какие виды делятся реакции по признаку изменения степеней окисления элементов? Приведите примеры.
2. Какие реакции называются окислительно-восстановительными? Приведите пример.
3. Назовите типы окислительно-восстановительных реакций.
4. Какие окислительно-восстановительные реакции называют межмолекулярными? Приведите пример.
5. Какие окислительно-восстановительные реакции называют внутримолекулярными? Приведите пример.
6. Какие окислительно-восстановительные реакции называют диспропорционированием? Приведите пример.
7. Какие окислительно-восстановительные реакции называют конпропорционированием? Приведите пример.
8. Приведите пример реакций с несколькими окислителями или несколькими восстановителями.
9. Какой процесс называется окислением? Приведите пример.
10. Какой процесс называется восстановлением? Приведите пример.
11. Какие вещества называются окислителями? Приведите пример.
12. Какие вещества называются восстановителями? Приведите пример.
13. Как изменяются окислительные свойства элементов в периодах Периодической системы элементов?
14. Как изменяются окислительные свойства элементов *s*- и *p*-блоков Периодической системы элементов?
15. Какие вещества могут быть восстановителями? Приведите пример.
16. Какие вещества могут быть окислителями? Приведите пример.
17. Перечислите типичные восстановители.
18. Перечислите типичные окислители.
19. Как изменяются восстановительные свойства элементов в периодах Периодической системы элементов?
20. Как изменяются восстановительные свойства элементов *s*- и *p*-блоков Периодической системы элементов?

21. Какими свойствами обладают элементы с промежуточной степенью окисления в окислительно-восстановительных реакциях? Приведите пример.
22. Какой главный принцип метода электронного баланса, используемого для расстановки коэффициентов в окислительно-восстановительных реакциях?
23. Как изменяется степень окисления элемента в процессе окисления? Приведите пример.
24. Как изменяется степень окисления элемента в процессе восстановления? Приведите пример.
25. Как изменяется окислительная активность элементов в зависимости от радиуса их атомов?
26. Как изменяется окислительная активность элементов в зависимости от заряда ядра их атомов?
27. Какие окислительно-восстановительные свойства характерны для простых веществ-металлов?
28. Какие окислительно-восстановительные свойства характерны для большинства простых веществ-неметаллов?
29. Возможно ли окисление вещества без одновременного восстановления другого вещества? Ответ объясните.
30. Какими окислительно-восстановительными свойствами обладает элемент с минимальным значением степени окисления? Приведите пример.
31. Какими окислительно-восстановительными свойствами обладает элемент с максимальным значением степени окисления? Приведите пример.
32. Определите, является ли реакция превращения озона в кислород ( $O_3 \rightarrow O_2$ ) окислительно-восстановительной. Ответ объясните.

# КАК СОСТАВЛЯТЬ УРАВНЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

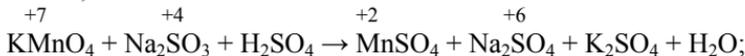
## Составление уравнений методом электронного баланса

*Пример 1.* Реакция  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в кислой среде.

1. Записываем формулы исходных веществ и конечных продуктов реакции:

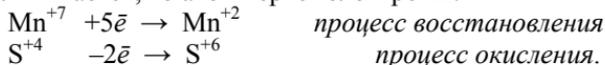


2. Определяем вещества, в которых элементы изменили свои степени окисления, т. е. окислитель и восстановитель.

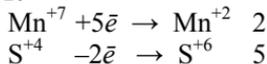


$\text{KMnO}_4$  – окислитель (степень окисления марганца понизилась),  
 $\text{Na}_2\text{SO}_3$  – восстановитель (степень окисления серы повысилась).

3. Составляем схему электронного баланса. Для этого выписываем атомы элементов, которые изменили свои степени окисления. Подсчитываем числа передаваемых электронов: если степень окисления элемента уменьшается, значит, он приобретает электроны, а если увеличивается, то атом теряет электроны:



4. Умножаем каждую реакцию на соответствующие коэффициенты, чтобы число отданных электронов было равно числу принятых электронов:



(принято  $10 \bar{e}$  и отдано  $10 \bar{e}$ ).

5. Полученные коэффициенты (2 и 5) ставим перед окислителем и восстановителем, окисленными и восстановленными веществами:



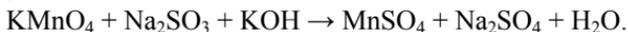
6. Уравниваем число атомов элементов, которые **не изменили** свои степени окисления: **Na, K, S, H, O**. Записываем окончательные коэффициенты всей реакции:



7. Проверяем правильность коэффициентов по числу атомов O до и после реакции (по 35 атомов O).

**Пример 2.** Реакция  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в щелочной среде.

1. Записываем формулы исходных веществ и конечных продуктов реакции:

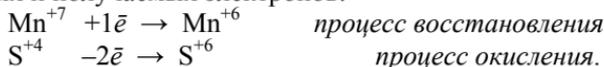


2. Находим вещества, в которых элементы изменили свои степени окисления, определяем окислитель и восстановитель.

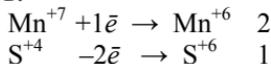


$\text{KMnO}_4$  – окислитель,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  – восстановитель.

3. Составляем схему электронного баланса – подсчитываем числа отдаваемых и получаемых электронов:



4. Умножаем каждую реакцию на соответствующие коэффициенты, чтобы число отданных электронов было равно числу принятых электронов:

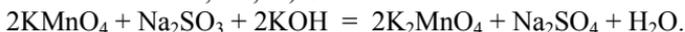


(принято  $2\bar{e}$  и отдано  $2\bar{e}$ ).

5. Полученные коэффициенты (2 и 1) ставим перед окислителем и восстановителем, окисленными и восстановленными веществами:



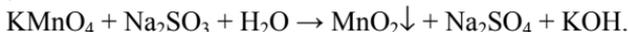
6. Уравниваем число атомов других элементов, которые не меняли степени окисления: **K, Na, H, O**:



7. Проверяем правильность коэффициентов по числу атомов O до и после реакции (по 13 атомов O).

**Пример 3.** Реакция  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в нейтральной среде.

1. Записываем формулы исходных веществ и конечных продуктов реакции:

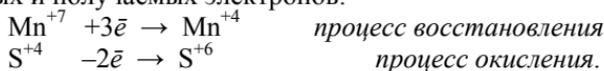


2. Определяем вещества, в которых элементы изменили свои степени окисления, окислитель и восстановитель.

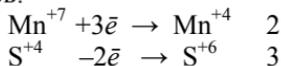


$\text{KMnO}_4$  – окислитель,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  – восстановитель.

3. Составляем схему электронного баланса – подсчитываем числа отдаваемых и получаемых электронов:

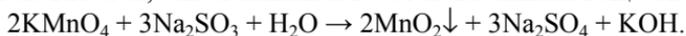


4. Умножаем каждую реакцию на соответствующие коэффициенты, чтобы число отданных электронов было равно числу принятых электронов:

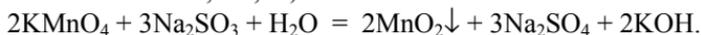


(принято  $6\bar{e}$  и отдано  $6\bar{e}$ ).

5. Полученные коэффициенты ставим перед окислителем и восстановителем, окисленными и восстановленными веществами:



6. Уравниваем число атомов других элементов, которые не меняли степени окисления: **K, Na, H, O**:



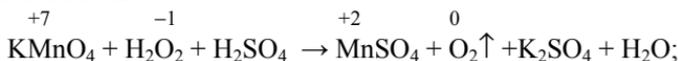
7. Проверяем правильность коэффициентов по числу атомов O до и после реакции (по 18 атомов O).

**Пример 4.** Реакция  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{H}_2\text{O}_2$  в кислой среде.

1. Записываем формулы исходных веществ и конечных продуктов реакции:

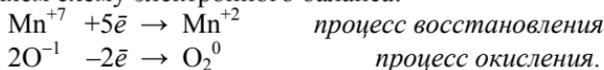


2. Определяем степени окисления элементов и находим окислитель и восстановитель.

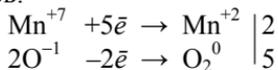


$\text{KMnO}_4$  – окислитель,  $\text{H}_2\text{O}_2$  – восстановитель.

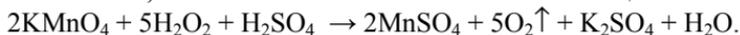
3. Составляем схему электронного баланса:



4. Умножаем каждую реакцию на соответствующие коэффициенты, чтобы число отданных электронов было равно числу принятых электронов:



5. Полученные коэффициенты ставим перед окислителем и восстановителем, окисленными и восстановленными веществами:



6. Уравниваем число атомов других элементов, которые не меняли степени окисления: **K, S, H, O**:



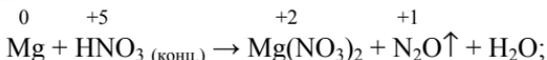
7. Проверяем правильность коэффициентов по числу атомов O до и после реакции (по 30 атомов O).

**Пример 5.** Реакция Mg с концентрированной азотной кислотой  $\text{HNO}_3$ .

1. Записываем формулы исходных веществ и конечных продуктов реакции:

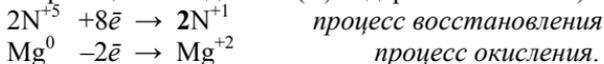


2. Определяем степени окисления элементов и находим окислитель и восстановитель.

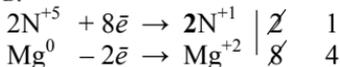


$\text{HNO}_3$  – окислитель, Mg – восстановитель.

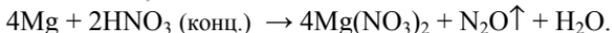
3. Составляем схему электронного баланса (записываем 2 атома N, так как после реакции оксид азота (II) содержит 2 атома N):



4. Умножаем каждую реакцию на соответствующие коэффициенты, чтобы число отданных электронов было равно числу принятых электронов:



5. Полученные коэффициенты ставим перед окислителем и восстановителем, окисленными и восстановленными веществами:



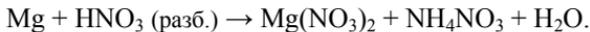
6. Уравниваем число атомов других элементов, которые не меняли степени окисления, в том числе атомы N (перед  $\text{HNO}_3$  коэффициент  $2+8=10$ ) и атомы H:



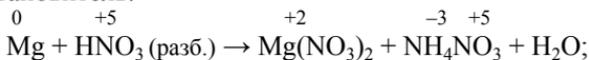
7. Проверяем правильность коэффициентов по числу атомов O до и после реакции (по 30 атомов O).

**Пример 6.** Реакция Mg с разбавленной азотной кислотой  $\text{HNO}_3$ .

1. Записываем формулы исходных веществ и конечных продуктов реакции:

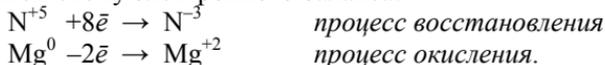


2. Определяем степени окисления элементов и находим окислитель и восстановитель.

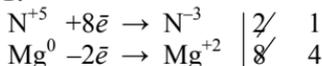


$\text{HNO}_3$  – окислитель,  $\text{Mg}$  – восстановитель.

3. Составляем схему электронного баланса:



4. Умножаем каждую реакцию на соответствующие коэффициенты, чтобы число отданных электронов было равно числу принятых электронов:



5. Полученные коэффициенты ставим перед окислителем и восстановителем, окисленными и восстановленными веществами:



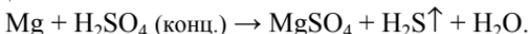
6. Уравниваем число атомов других элементов, которые не меняли степени окисления, в том числе атомы **N** (перед  $\text{HNO}_3$  коэффициент  $1+1+8=10$ ) и атомы **H**:



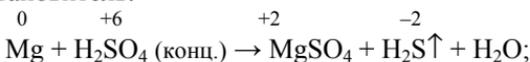
7. Проверяем правильность коэффициентов по числу атомов **O** до и после реакции (по 30 атомов **O**).

**Пример 7.** Реакция  $\text{Mg}$  с концентрированной серной кислотой  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

1. Записываем формулы исходных веществ и конечных продуктов реакции:

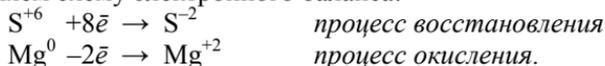


2. Определяем степени окисления элементов и находим окислитель и восстановитель.

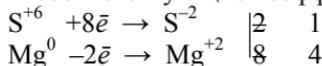


$\text{H}_2\text{SO}_4$  – окислитель,  $\text{Mg}$  – восстановитель.

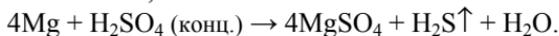
3. Составляем схему электронного баланса:



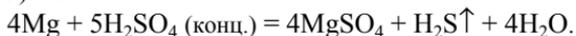
4. Выносим соответствующие коэффициенты:



5. Полученные коэффициенты ставим перед окислителем и восстановителем, окисленными и восстановленными веществами:

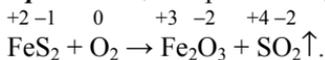


6. Уравниваем число атомов других элементов, которые не меняли степени окисления, в том числе атомы S (перед  $\text{H}_2\text{SO}_4$  коэффициент  $1+4=5$ ) и атомы H:

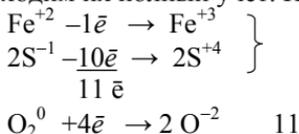


Проверяем правильность коэффициентов по числу атомов O до и после реакции (по 20 атомов O).

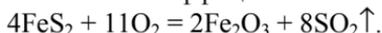
**Пример 8.** Реакция горения  $\text{FeS}_2$  в кислороде:



При составлении уравнений реакций соединений, в которых окисляются или восстанавливаются атомы нескольких элементов, необходим их полный учет. Полный баланс электронов будет таким:



Окончательные коэффициенты таковы:



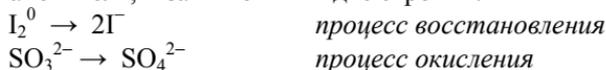
## Составление уравнений в электронно-ионной форме

При разборе конкретных уравнений реакций учитывают баланс ионов и электронов.

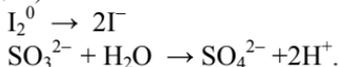
**Пример 1.**  $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \dots$

1. Определим окислитель и восстановитель. Йод, как любой галоген, практически всегда проявляет окислительные свойства (если учесть к тому же, что сернистая кислота не является сильным окислителем). Тогда сернистая кислота будет проявлять свойства восстановителя.

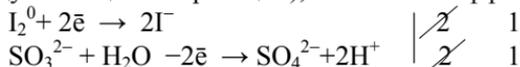
2. Определим формы, в которые переходят окислитель и восстановитель, и запишем их в две строчки:



3. В ту часть реакции, где не хватает атомов кислорода, дописываем воду, соответственно в другую часть – ионы водорода (число атомов элементов до реакции равно числу атомов этих элементов после реакции).



4. Подсчитываем суммарный заряд ионов и электронов, восстанавливаем электронный баланс в реакции восстановления и окисления (суммарный заряд частиц до реакции равен суммарному заряду частиц после реакции), выносим коэффициенты:

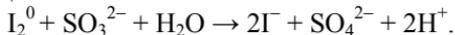


5. Делаем проверку отдельно для процессов восстановления и окисления:

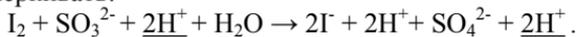
*процесс восстановления:*  $0 + (-2) = -2$ ;  $-2 = -2$

*процесс окисления:*  $-2 - (-2) + 0 = -2 + (+2)$ ;  $0 = 0$

6. Переписываем уравнение в одну строчку с учетом коэффициентов. Сокращаем одинаковые молекулы и ионы в разных частях уравнения реакции:



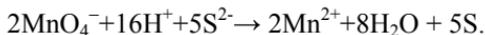
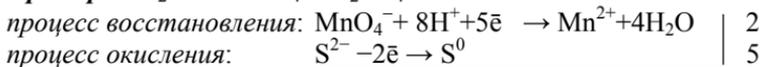
7. Дописываем к имеющимся ионам противоположно заряженные ионы, необходимые для составления молекулы. При дописывании ионов в левую часть уравнения исходим из имеющихся в начальных условиях молекул, а при дописывании ионов в правую часть уравнения – из соображений, что число дописанных ионов в левой и в правой частях должно быть одинаковым. Дописанные ионы будем подчёркивать:



8. Переписываем уравнение в молекулярной форме. Проверяем равенство всех атомов в левой и в правой частях уравнения:



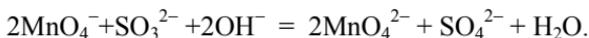
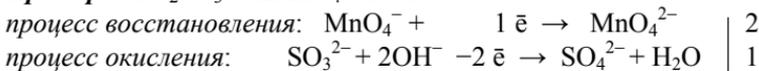
**Пример 2.**  $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$



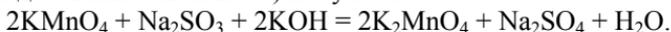
После «дописывания» противоионов в левую и правую части ( $2K^+$ ,  $3SO_4^{2-}$ ) имеем:



**Пример 3.**  $Na_2SO_3 + KMnO_4 + KOH \rightarrow$

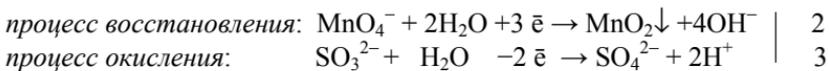


После «дописывания» к имеющимся в левой и правой частях уравнения ионам противоположно заряженных (и в левую и в правую части добавили  $4K^+$  и  $2Na^+$ ) получаем:

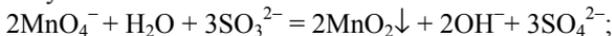


**Пример 4.**  $Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

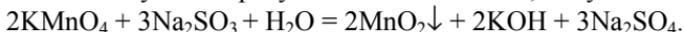
поскольку среда нейтральная, для уравнивания атомов кислорода в левую часть полуреакций добавляем воду,  $H_2O$ :



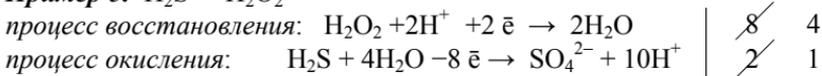
$2MnO_4^- + 4H_2O + 3SO_3^{2-} + 3H_2O = 2MnO_2\downarrow + 8OH^- + 3SO_4^{2-} + 6H^+$ ,  
исключив из левой части уравнения  $6H_2O$  и из правой части  $6OH^-$  и  $6H^+$ , получаем:



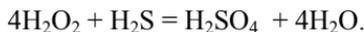
добавляя и в левую и в правую части  $2K^+$  и  $6Na^+$ , получаем:



**Пример 5.**  $H_2S + H_2O_2 \rightarrow$

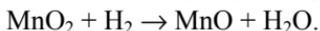
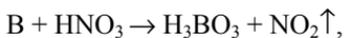


т. е.

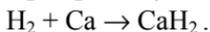
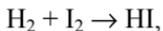


## Упражнения для самостоятельной работы

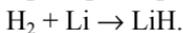
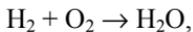
- Какие реакции являются окислительно-восстановительными:  
$$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl},$$
$$\text{Na}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O},$$
$$\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow?$$
- Какие реакции являются окислительно-восстановительными:  
$$\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\uparrow,$$
$$\text{ZnSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{ZnCO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4,$$
$$\text{Zn} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + \text{H}_2\text{O}?$$
- Какие реакции являются окислительно-восстановительными:  
$$\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O},$$
$$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2\uparrow,$$
$$\text{KOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}?$$
- Какие реакции являются окислительно-восстановительными:  
$$\text{P}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10},$$
$$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O},$$
$$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}?$$
- Какие реакции являются окислительно-восстановительными:  
$$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow,$$
$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4,$$
$$\text{Zn} + \text{S} \rightarrow \text{ZnS}?$$
- Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:  
$$\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\uparrow,$$
$$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}.$$
- Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:  
$$\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2\downarrow + \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{H}_2\text{O},$$
$$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2\uparrow.$$
- Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:  
$$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow,$$
$$\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$$
- Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:  
$$\text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O},$$
$$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow.$$
- Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:  
$$\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O},$$
$$\text{MnO}_2 + \text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$$
- Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:



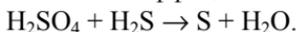
12. Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:



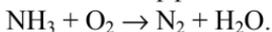
13. Укажите восстановитель и окислитель в реакциях, уравняйте:



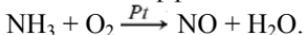
14. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



15. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



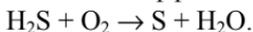
16. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



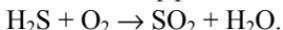
17. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



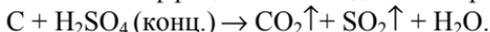
18. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



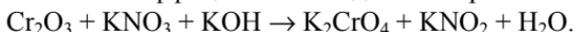
19. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



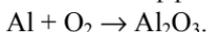
20. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



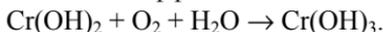
21. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



22. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



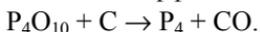
23. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



24. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



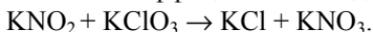
25. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



26. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



27. Поставьте коэффициенты методом электронного баланса:



28. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



29. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



30. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



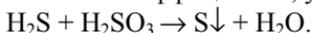
31. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



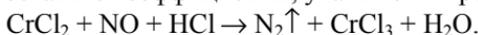
32. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



33. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



34. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



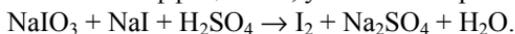
35. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



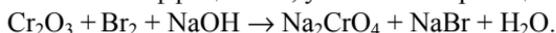
36. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



37. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



38. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



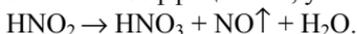
39. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



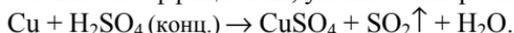
40. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



41. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



42. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



43. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



44. Поставьте коэффициенты, укажите тип реакции:



45. Поставьте коэффициенты:



46. Поставьте коэффициенты:



47. Поставьте коэффициенты:

- $\text{Ba} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
48. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{Ca} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
49. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{Ba} + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}.$
50. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{Hg} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
51. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{Hg} + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
52. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{S} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{SO}_2 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
53. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{P}_4 + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}\uparrow.$
54. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{P}_4 + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
55. Поставьте коэффициенты:  
 $\text{Ag} + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
56. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{Mg} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
57. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
58. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CuO} + \text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow.$
59. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KBr} + \text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{O}.$
60. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}.$
61. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{Al} + \text{KClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}.$
62. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{AsH}_3 + \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{Ag}\downarrow + \text{HNO}_3.$
63. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{NaCrO}_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}.$
64. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



65. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



66. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



67. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



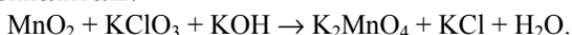
68. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



69. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



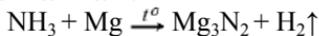
70. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



71. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



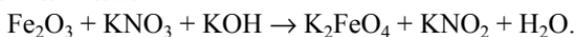
72. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



73. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



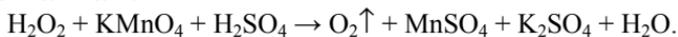
74. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



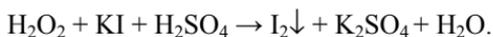
75. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



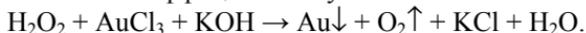
76. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



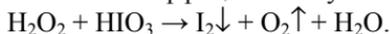
77. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



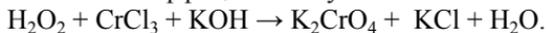
78. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



79. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



80. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:



## Ответы

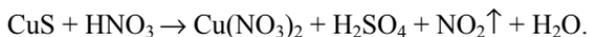
1	1 и 3	2	1 и 3	3	1 и 2	4	1 и 3	5	1 и 3						
Восстановители в реакциях 1 и 2:															
6	$\text{Al}^0$ $\text{S}^{-2}$	7	$\text{I}^-$ , $\text{O}^{-2}$	8	$\text{Zn}^0$ $\text{N}^{-3}$	9	$\text{Cl}^-$ , $\text{O}^{-2}$	10	$\text{O}^{-2}$ $\text{Mn}^{+4}$	11	$\text{B}^0$ , $\text{H}_2$	12	$\text{H}_2$ , $\text{Ca}^0$	13	$\text{H}_2$ , $\text{Li}^0$

14	1+3 → 4+4	15	4+3→2+6	16	4+5→4+6	17	4+7→4+6
18	2+1→2+2	19	2+3→2+2	20	1+2→1+2+2	21	1+3+4→ 2+3+2
22	4+3→2	23	4+1+2→4	24	1+2→1+2	25	1+10→1+10
26	1+2→1+2+2	27	3+1→1+3	28	2+16→ 2+5+2+8	29	1+6+7→ 3+1+1+3+7
30	1+14→ 2+3+2+7	31	3+2+2→3+2	32	5+2+8→ 5+2+6+8	33	2+1→3+3
34	4+2+4→ 1+4+2	35	1+4+4→ 1+4+8	36	1+3+4→ 3+1+1+7	37	1+5+3→ 3+3+3
38	1+3+10→ 2+6+5	39	8+5→ 4+1+4	40	3+6→2+1+3	41	3→1+2+1
42	1+2→1+1+2	43	1+4→1+2+2	44	3+8→ 3+2+4	45	8+10→ 8+1+5
46	8+10→ 8+1+3	47	4+10→ 4+1+5	48	4+5→4+1+4	49	4+10→4+1+3
50	1+4→1+2+2	51	3+8→3+2+4	52	1+4→1+4+2	53	3+20+8→ 12+20
54	1+20→ 4+20+4	55	3+4→3+1+2	56	5+12→ 5+1+6 межмолеку- лярная	57	5+2+1→ 1+5+1+1 межмолеку- лярная
58	2→2+4+1 внутримоле- кулярная	59	1+6→5+1+3 диспропор- ционирования	60	2+1→3+2 конпропор- ционирования	61	8+3+12→ 4+3+12
62	1+8+4→	63	2+3+8→2+6+4	64	5+6+9→	65	1+2→1+2

	1+8+8				10+3+6+9		
66	1+2+2→ 2+1+2+1	67	2+1→1+1+1	68	1+3→1+3	69	2+5+3→ 2+5+1+3
70	3+1+6→ 3+1+3	71	1+8→1+8+4	72	2+3→1+3	73	3+2→2+1+4
74	1+3+4→ 2+3+2	75	2+3+16→ 2+6+6+8	76	5+2+3→ 5+2+1+8 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> –вос- становитель	77	1+2+1→ 1+1+2 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – окислитель
78	3+2+6 → 1+3+6+6 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – восстано- витель	79	5+2→1+5+6 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – восстанови- тель	80	3+2+10→ 2+6+8 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – окислитель		

## Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

81. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{K} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \dots$
82. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{Na} + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 + \dots$
83. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \dots$
84. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + \dots$
85. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S} + \dots$
86. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \dots$
87. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \dots$
88. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{KI} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \dots$
89. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{NaBr} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Br}_2 + \dots$
90. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{K}_2\text{S} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$
91. Напишите продукты реакции и поставьте коэффициенты:  
 $\text{Br}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \dots$
92. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:



93. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaBiO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}.$
94. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{FeSO}_4 + \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}.$
95. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{S} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{K}_2\text{SO}_4.$
96. Поставьте коэффициенты и укажите тип реакции:  
 $\text{PH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
97. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4.$
98. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{FeS} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
99. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
100. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{SO}_2 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$
101. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}\uparrow.$
102. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{As}_2\text{S}_5 + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}\uparrow.$
103. Поставьте коэффициенты и укажите восстановитель и окислитель:  
 $\text{KMnO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$
104. Какой объём  $\text{H}_2\text{S}$  (н.у.) прореагирует с раствором  $\text{I}_2$  (масса раствора 100 г, массовая доля растворенного вещества 3%)?  
 $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 \rightarrow \text{HI} + \text{S}\downarrow.$
105. При взаимодействии  $\text{KI}$  с  $\text{KMnO}_4$  (в растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) образовалось 1,2 г  $\text{MnSO}_4$ . Вычислите массу  $\text{KI}$ , который вступил в реакцию.

## Ответы

<b>81</b>	$K_2SO_4 + H_2O;$ $8+5 \rightarrow 1+4+4$	<b>82</b>	$+NaNO_3 + H_2O;$ $8+10 \rightarrow 1+8+3$	<b>83</b>	$MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O;$ $2+5+8 \rightarrow 5+2+6+8$
<b>84</b>	$+FeCl_2 + HCl;$ $2+1 \rightarrow 1+2+2$	<b>85</b>	$+MnO_2 + KOH;$ $2+3+4 \rightarrow 3+2+8$	<b>86</b>	$+K_2MnO_4 + H_2O;$ $3+1+6 \rightarrow 1+3+3$
<b>87</b>	$+K_2SO_4 + Na_2SO_4 + H_2O;$ $1+6+7 \rightarrow 1+3+3+1+7$	<b>88</b>	$+MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O;$ $10+2+8 \rightarrow 5+2+6+8$	<b>89</b>	$+MnO_2 + NaOH + KOH;$ $6+2+4 \rightarrow 3+2+6+2$
<b>90</b>	$+K_2SO_4 + H_2O;$ $3+4+16 \rightarrow 4+7+16$	<b>91</b>	$+Na_2SO_4 + H_2O;$ $3+1+16 \rightarrow 2+6+3+8$	<b>92</b>	$1+10 \rightarrow 1+1+8+4$ межмолекулярная
<b>93</b>	$2+3+6 \rightarrow 1+3+3+2$ межмолекулярная	<b>94</b>	$10+2+5 \rightarrow 1+5+6$ межмолекулярная	<b>95</b>	$4+3+16+16 \rightarrow 8+3$ межмолекулярная
<b>96</b>	$10+16+9 \rightarrow 5+1+8+24$ межмолекулярная	<b>97</b>	$1+7+6 \rightarrow 2+3$ восстановители $As^{+3}$ и $S^{-2}$ , окислитель $O_2$	<b>98</b>	$1+12 \rightarrow 1+9+1+5$ восстановители $Fe^{+2}$ и $S^{-2}$ , окислитель $N^{+5}$
<b>99</b>	$1+28 \rightarrow 2+3+28+8$ восстановители $As^{+3}$ и $S^{-2}$ , окислитель $N^{+5}$	<b>100</b>	$1+22 \rightarrow 2+3+22+8$ восстановители $As^{+3}$ и $S^{-2}$ , окислитель $N^{+5}$	<b>101</b>	$3+28+4 \rightarrow 6+9+28$ восстановители $As^{+3}$ и $S^{-2}$ , окислитель $N^{+5}$
<b>102</b>	$3+40+4 \rightarrow 6+15+40$ восстановитель $S^{-2}$ , окислитель $N^{+5}$	<b>103</b>	$2+5+3 \rightarrow 2+5+1+3$	<b>104</b>	0,26 л
<b>105</b>	6,6 г				

# Электрохимический ряд напряжений металлов

1. Что такое электродный потенциал?
2. Что такое стандартный водородный электрод (электрод сравнения)?
3. От чего зависит величина электродного потенциала?
4. Как создать гальванический элемент? Приведите пример.
5. Что такое электрохимический ряд напряжений металлов?
6. Что показывает положение элемента в ряду напряжений металлов?
7. Какая связь между величиной электродного потенциала металла и его восстановительной способностью?
8. Как влияет положение металла в ряду напряжений на его способность вытеснять другие металлы из растворов их солей? Приведите пример.

## Задачи для самостоятельной работы

1. Какие металлы могут вытеснить серебро  $\text{Ag}$  из водного раствора  $\text{AgNO}_3$ ?
2. Какие металлы могут вытеснить ртуть  $\text{Hg}$  из водного раствора  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ?
3. Какие металлы могут вытеснить медь  $\text{Cu}$  из водного раствора  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ?
4. Какие металлы могут вытеснить свинец  $\text{Pb}$  из водного раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ?
5. Какие металлы могут вытеснить золото  $\text{Au}$  из водного раствора  $\text{AuCl}_3$ ?
6. Какие металлы могут вытеснить олово  $\text{Sn}$  из водного раствора  $\text{SnSO}_4$ ?
7. Какие металлы могут вытеснить железо  $\text{Fe}$  из водного раствора  $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ?
8. Какие металлы могут вытеснить медь  $\text{Cu}$  из водного раствора  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ?
9. Какие металлы могут вытеснить платину  $\text{Pt}$  из водного раствора  $\text{Pt}(\text{NO}_3)_2$ ?

10. Какие металлы могут вытеснить марганец Mn из водного раствора  $Mn(NO_3)_2$ ?

**Ответы\***

<b>1</b>	металлы от Mg до Hg	<b>2</b>	металлы от Mg до Cu	<b>3</b>	металлы от Mg до Pb	<b>4</b>	металлы от Mg до Sn	<b>5</b>	металлы от Mg до Pt
<b>6</b>	металлы от Mg до Ni	<b>7</b>	металлы от Mg до Cr	<b>8</b>	металлы от Mg до Pb	<b>9</b>	металлы от Mg до Ag	<b>10</b>	металлы от Mg до Al

*\*Замечания:*

*Каждый предыдущий металл в электрохимическом ряду напряжений металлов вытесняет последующие из растворов солей.*

*Щелочные и щелочноземельные металлы нельзя использовать, так как они взаимодействуют с водой.*

*При затруднениях с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 162, 171).*

## **Электролиз расплавов и растворов электролитов**

1. Что такое электролиз?
2. Какие виды электролиза вы знаете?
3. Какие электроды вы знаете?
4. Что такое катод? Какую полярность (какой знак заряда) имеет катод в электролизере и в гальваническом элементе?
5. Что такое анод? Какую полярность (какой знак заряда) имеет анод в электролизере и в гальваническом элементе?
6. Какой вид электролиза используют для получения высокоактивных металлов? (Объясните на примере получения натрия.)
7. Какие преимущества имеет электролиз расплавов по сравнению с электролизом растворов?
8. Какие выводы можно сделать из ряда напряжений?
9. В какую энергию превращается электрическая энергия при электролизе?
10. Как читается обобщённый закон Фарадея?

## **Электролиз расплавов с инертным анодом**

1. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $KCl$ ?
2. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $NaCl$ ?
3. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $K_2S$ ?
4. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $BaCl_2$ ?
5. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $KBr$ ?
6. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $NaOH$ ?
7. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $KOH$ ?
8. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $LiOH$ ?

9. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $\text{Na}_2\text{S}$ ?
10. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертным анодом расплава  $\text{NaBr}$ ?

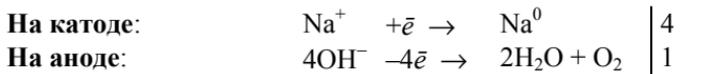
## **Электролиз водного раствора с инертным анодом**

1. Зачем при электролизе воды в нее добавляют инертный электролит (например,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )?
2. Какой анодный процесс (анод инертный) происходит при электролизе растворов солей бескислородных кислот (кроме фторидов)?
3. Какой анодный процесс (анод инертный) происходит при электролизе растворов фторидов или солей кислородсодержащих кислот?
4. Какие преимущества имеет электролиз растворов по сравнению с электролизом расплавов?
5. Какой катодный процесс идет при электролизе с инертным анодом растворов солей активных металлов ( $\text{Li}-\text{Al}$ )? Приведите пример.
6. Какой катодный процесс идет при электролизе с инертным анодом растворов солей металлов средней активности ( $\text{Zn}-\text{Pb}$ )? Приведите пример.
7. Какой катодный процесс идет при электролизе с инертным анодом растворов солей малоактивных металлов ( $\text{Cu}-\text{Au}$ )? Приведите пример.
8. Стандартные электродные потенциалы металлов  $\text{Zn}-\text{Pb}$  меньше, чем водорода. Почему при электролизе растворов их солей на катоде в первую очередь выделяется металл, а не водород?
9. В какой последовательности будут выделяться на катоде металлы из раствора, который содержит ионы:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ? Напряжение достаточно для восстановления любого металла.
10. Стандартный электродный потенциал кислорода больше, чем хлора. Почему при электролизе растворов хлоридов на аноде в первую очередь выделяется хлор, а не кислород?

## Типовые задачи с решениями

### Задача 1. Опишите процесс электролиза расплава NaOH.

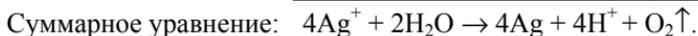
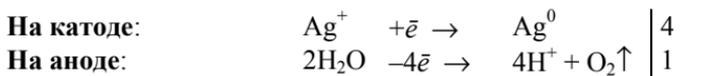
*Решение.* В расплаве NaOH происходит диссоциация:  $\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ . Катионы натрия движутся к катоду, где выделяется металлический натрий. На аноде происходит процесс окисления ионов  $\text{OH}^-$  с образованием воды и кислорода:



### Задача 2. Опишите процесс электролиза раствора $\text{AgNO}_3$ (инертные электроды). Какой газ выделяется на аноде?

*Решение.*

В растворе происходит диссоциация:  $\text{AgNO}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ .



Уравнение электролиза:  $4\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 4\text{Ag} + 4\text{HNO}_3 + \text{O}_2\uparrow$ .  
На аноде окисляются молекулы воды, выделяется кислород.

### Задача 3. Опишите процесс электролиза раствора $\text{CaCl}_2$ (инертные электроды).

*Решение.*

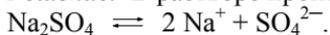
В растворе происходит диссоциация:  $\text{CaCl}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ .

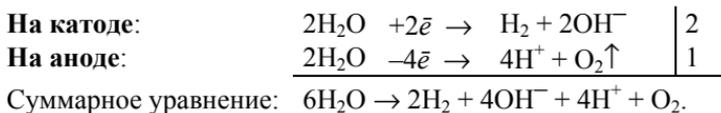


Уравнение электролиза:  $\text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$ .  
На катоде восстанавливаются молекулы воды.

### Задача 4. Опишите процесс электролиза раствора $\text{Na}_2\text{SO}_4$ (инертные электроды).

*Решение.* В растворе происходит диссоциация:





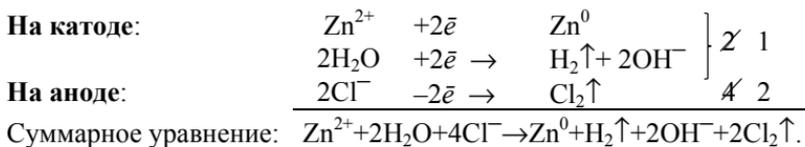
Уравнение электролиза:  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ .

При электролизе водного раствора соли активного металла и кислородсодержащей кислоты ни катионы металла, ни ионы кислотного остатка не разряжаются. На катоде выделяется водород, на аноде – кислород. Электролиз сводится к электролитическому разложению воды.

**Задача 5. Опишите процесс электролиза раствора  $\text{ZnCl}_2$  (инертные электроды).**

*Решение.*

В растворе происходит диссоциация:  $\text{ZnCl}_2 \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ .



На катоде одновременно с Zn восстанавливаются молекулы воды.

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ?
2. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ?
3. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?
4. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ?
5. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{HCl}$ ?
6. Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ?

- Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{HNO}_3$ ?
- Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{BaCl}_2$ ?
- Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{NaOH}$ ?
- Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{NiSO}_4$ ?
- Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{KI}$ ?
- Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{ZnSO}_4$ ?
- Какие процессы будут происходить при электролизе с инертными электродами водного раствора  $\text{AuCl}_3$ ?
- После электролиза раствора  $\text{NaCl}$  (инертные электроды) получили раствор, который содержит 20 г  $\text{NaOH}$ . Какой газ и в каком количестве выделился на аноде?
- Найдите массу никеля, который выделится при пропускании через раствор  $\text{NiCl}_2$  тока силой 10 А в течение 1 часа.

### Ответы

1	$\text{K: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	2	$\text{K: } \text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^0$ $\text{A: } \text{Cu}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$
3	$\text{K: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	4	$\text{K: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$
5	$\text{K: } 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow$ $\text{A: } 2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow$	6	$\text{K: } \text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Al}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$
7	$\text{K: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	8	$\text{K: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow$
9	$\text{K: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	10	$\text{K: } \text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Ni}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$
11	$\text{K: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{I}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{I}_2\uparrow$	12	$\text{K: } \text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{A: } 2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$

<b>13</b>	<b>К:</b> $\text{Au}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Au}^0$ <b>А:</b> $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow$	<b>14</b>	5,6 л $\text{Cl}_2$
<b>15</b>	10,95 г Ni		

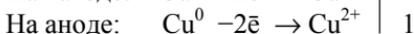
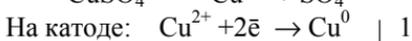
## Электролиз водного раствора с растворимым анодом

1. Из каких металлов чаще всего изготавливают растворимые аноды?
2. В чем отличие катодного процесса от анодного при электролизе раствора с растворимым анодом? Приведите пример.
3. Какие новые вещества образуются при электролизе растворов с растворимым анодом?
4. Где используют электролиз растворов солей с растворимыми анодами?

## Типовые задачи с решениями

**Задача. Опишите процесс электролиза водного раствора  $\text{CuSO}_4$  (электроды из меди).**

*Решение.* В растворе происходит диссоциация:



*Ответ.* На катоде осаждается медь из раствора, а анод из меди растворяется.

## Задачи для самостоятельной работы

1. Какие процессы будут происходить при электролизе водного раствора нитрата кобальта (II)  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  с анодом из кобальта?
2. Какие процессы будут происходить при электролизе водного раствора  $\text{CdSO}_4$  с анодом из кадмия?
3. Какие процессы будут происходить при электролизе водного раствора  $\text{ZnCl}_2$  с анодом из цинка?
4. Какие процессы будут происходить при электролизе водного раствора  $\text{AgNO}_3$  с анодом из серебра?

- Какие процессы будут происходить при электролизе водного раствора  $\text{SnCl}_2$  на аноде из меди?
- При электролизе водного раствора  $\text{CuSO}_4$  (электроды из меди) масса катода увеличилась на 5 г. Какое количество электричества пропущено? Напишите уравнение электролиза.
- При электролизе водного раствора  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  (электроды из углерода) масса катода возросла на 0,01 кг. Какое количество электричества и в течение какого времени пропущено? Напишите уравнение электролиза.

### Ответы

1	<b>К:</b> $\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Co}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ <b>А:</b> $\text{Co}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Co}^{2+}$	2	<b>К:</b> $\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}^0$ $2\text{H}_2\text{O}$ $+ 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ <b>А:</b> $\text{Cd}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}^{2+}$	3	<b>К:</b> $\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}^0$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ <b>А:</b> $\text{Co}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Co}^{2+}$
4	<b>К:</b> $\text{Ag}^+ + 1\bar{e} \rightarrow \text{Ag}^0$ <b>А:</b> $\text{Ag}^0 - 1\bar{e} \rightarrow \text{Ag}^+$	5	<b>К:</b> $\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Sn}^0$ $2\text{H}_2\text{O}$ $+ 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ <b>А:</b> $\text{Cu}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$	6	$1,6 \cdot 10^{-4}$ Кл
7	55 900 Кл, 15,5 ч				

# КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

## ОКСИДЫ

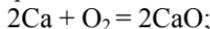
1. Какие 2 вида простых веществ вы знаете? Приведите примеры.
2. Какие вещества называются оксидами?
3. На какие две группы делятся оксиды? Приведите примеры.
4. Что такое несолеобразующие оксиды? Приведите примеры.
5. На какие группы делятся солеобразующие оксиды? Приведите примеры.
6. Напишите классы сложных веществ. Приведите примеры.
7. Какие оксиды относятся к основным? Приведите примеры.
8. Какие оксиды относятся к кислотным? Приведите примеры.
9. Какие оксиды относятся к амфотерным? Приведите примеры.
10. Как образуются названия оксидов? Приведите примеры.
11. Напишите способы получения основных оксидов.
12. Напишите способы получения кислотных оксидов.
13. Напишите способы получения амфотерных оксидов.
14. Напишите химические свойства основных оксидов.
15. Напишите химические свойства кислотных оксидов.
16. Напишите химические свойства амфотерных оксидов.

## Типовые задачи с решениями

### Задача 1. Напишите уравнения реакций получения оксидов:



*Решение.* CaO – это основной оксид, его можно получить, например, взаимодействием простых веществ – кальция с кислородом:



при термическом разложении карбоната кальция:



Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – это амфотерный оксид, его можно получить взаимодействием простых веществ:  $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

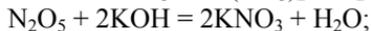
при разложении гидроксида алюминия:  $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{SO}_2$  – кислотный оксид, его можно получить взаимодействием простых веществ (серы и кислорода):  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ ;  
при разложении, например, сульфита магния:  $\text{MgSO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{MgO} + \text{SO}_2 \uparrow$ .

### Задача 2. Закончите уравнения реакций:



*Решение.*  $\text{PbO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;



## Упражнения для самостоятельной работы

### с ответами

1. Какое из кислородных соединений не относится к оксидам?  
а)  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ; б)  $\text{OF}_2$ ; в)  $\text{MoO}_3$ ; г)  $\text{SiO}_2$ .
2. Какова формула оксида, соответствующего основанию  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ?  
а)  $\text{AlO}_2$ ; б)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; в)  $\text{Al}_2\text{O}$ ; г)  $\text{Al}_2\text{O}_4$ .
3. Какова формула оксида, соответствующего основанию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ?  
а)  $\text{CaO}_2$ ; б)  $\text{Ca}_2\text{O}$ ; в)  $\text{CaO}$ ; г)  $\text{Ca}_2\text{O}_2$ .
4. Какова формула оксида, соответствующего основанию  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ?  
а)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{CrO}_3$ ; в)  $\text{Cr}_2\text{O}_4$ ; г)  $\text{Cr}_2\text{O}_5$ .
5. Какова формула оксида, соответствующего щёлочи  $\text{KOH}$ ?  
а)  $\text{K}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{K}_2\text{O}$ ; в)  $\text{KO}_2$ ; г)  $\text{K}_2\text{O}_2$ .
6. Какова формула оксида, соответствующего основанию  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ?  
а)  $\text{BaO}_2$ ; б)  $\text{BaO}$ ; в)  $\text{Ba}_2\text{O}$ ; г)  $\text{Ba}_2\text{O}_3$ .
7. Какова формула оксида, соответствующего основанию  $\text{RbOH}$ ?  
а)  $\text{RbO}$ ; б)  $\text{Rb}_2\text{O}$ ; в)  $\text{Rb}_2\text{O}_3$ ; г)  $\text{RbO}_2$ .
8. Какова формула оксида, соответствующего кислоте  $\text{HMnO}_4$ ?  
а)  $\text{MnO}_3$ ; б)  $\text{MnO}_2$ ; в)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ; г)  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ .
9. Какова формула оксида, соответствующего кислоте  $\text{HNO}_3$ ?  
а)  $\text{N}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{N}_2\text{O}$ ; в)  $\text{NO}_2$ ; г)  $\text{N}_2\text{O}_5$ .
10. Какова формула оксида, соответствующего кислоте  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?  
а)  $\text{SO}_2$ ; б)  $\text{SO}$ ; в)  $\text{SO}_3$ ; г)  $\text{S}_2\text{O}$ .
11. Какова формула оксида, соответствующего кислоте  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ?  
а)  $\text{P}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ; в)  $\text{PO}_2$ ; г)  $\text{P}_2\text{O}_4$ .
12. Какова формула оксида, соответствующего кислоте  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ?

- а)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{CrO}$ ; в)  $\text{CrO}_3$ ; г)  $\text{CrO}_2$ .
13. Какова формула оксида, соответствующего кислоте  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ?  
а)  $\text{B}_2\text{O}$ ; б)  $\text{BO}$ ; в)  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; г)  $\text{BO}_2$ .
14. Какие оксиды относятся к кислотным?  
а)  $\text{MgO}$ ; б)  $\text{N}_2\text{O}_5$ ; в)  $\text{CO}$ ; г)  $\text{ZnO}$ .
15. Какие оксиды относятся к кислотным?  
а)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{CaO}$ ; в)  $\text{K}_2\text{O}$ ; г)  $\text{SO}_2$ .
16. Какие оксиды относятся к кислотным?  
а)  $\text{SO}_3$ ; б)  $\text{Na}_2\text{O}$ ; в)  $\text{BeO}$ ; г)  $\text{MnO}_2$ .
17. Какие оксиды относятся к кислотным?  
а)  $\text{MnO}_2$ ; б)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ; в)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ; г)  $\text{PdO}$ .
18. Какие оксиды относятся к амфотерным?  
а)  $\text{MgO}$ ; б)  $\text{BeO}$ ; в)  $\text{CO}_2$ ; г)  $\text{CO}$ .
19. Какие оксиды относятся к амфотерным?  
а)  $\text{ZnO}$ ; б)  $\text{Na}_2\text{O}$ ; в)  $\text{SO}_2$ ; г)  $\text{SO}_3$ .
20. Какие оксиды относятся к амфотерным?  
а)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ; б)  $\text{MnO}_2$ ; в)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ; г)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
21. Какие оксиды относятся к амфотерным?  
а)  $\text{N}_2\text{O}_5$ ; б)  $\text{N}_2\text{O}_3$ ; в)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; г)  $\text{MnO}$ .
22. Какие оксиды относятся к амфотерным?  
а)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{CaO}$ ; в)  $\text{SiO}_2$ ; г)  $\text{NO}$ .
23. Какие оксиды относятся к основным?  
а)  $\text{MnO}_2$ ; б)  $\text{CaO}$ ; в)  $\text{NO}_2$ ; г)  $\text{BeO}$ .
24. Какие оксиды относятся к основным?  
а)  $\text{MnO}_3$ ; б)  $\text{MnO}$ ; в)  $\text{SiO}_2$ ; г)  $\text{Na}_2\text{O}$ .
25. Какие оксиды относятся к основным?  
а)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{Rb}_2\text{O}$ ; в)  $\text{SO}_2$ ; г)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ .
26. Какие оксиды относятся к основным?  
а)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{CrO}_3$ ; в)  $\text{Li}_2\text{O}$ ; г)  $\text{MnO}_2$ .
27. Какие оксиды относятся к несолеобразующим?  
а)  $\text{CO}$ ; б)  $\text{CrO}_3$ ; в)  $\text{Li}_2\text{O}$ ; г)  $\text{MnO}_2$ .
28. Какие оксиды относятся к несолеобразующим?  
а)  $\text{Na}_2\text{O}$ ; б)  $\text{NO}$ ; в)  $\text{SiO}_2$ ; г)  $\text{SiO}$ .
29. Какие оксиды относятся к солеобразующим?  
а)  $\text{Na}_2\text{O}$ ; б)  $\text{CaO}$ ; в)  $\text{NO}$ ; г)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
30. Какие оксиды относятся к солеобразующим?  
а)  $\text{Rb}_2\text{O}$ ; б)  $\text{BeO}$ ; в)  $\text{CO}$ ; г)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
31. Какие из веществ не реагируют с водой?  
а)  $\text{N}_2\text{O}_5$ ; б)  $\text{CaO}$ ; в)  $\text{SiO}_2$ ; г)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .

32. Какие из веществ не реагируют с водой?  
 а)  $\text{Li}_2\text{O}$ ; б)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ; в)  $\text{MnO}_2$ ; г)  $\text{CrO}_3$ .
33. Химически чистый оксид кальция получают:  
 а) сжиганием кальция на воздухе;  
 б) взаимодействием кальция с водой;  
 в) разложением  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  при нагревании;  
 г) разложением известняка при нагревании.
34. Какой из оксидов является кислотным, твёрдым и реагирует с водой? а)  $\text{CO}_2$ ; б)  $\text{SiO}_2$ ; в)  $\text{NO}_2$ ; г)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ .
35. Какие оксиды реагируют между собой?  
 а)  $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$ ; б)  $\text{CaO} + \text{ZnO}$ ; в)  $\text{CaO} + \text{Cl}_2\text{O}$ ; г)  $\text{CaO} + \text{NO}$ .
36. Какие оксиды реагируют между собой?  
 а)  $\text{SiO}_2 + \text{CO}_2$ ; б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Cl}_2\text{O}_7$ ; в)  $\text{K}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}_5$ ; г)  $\text{CO}_2 + \text{CO}$ .
37. Какие оксиды реагируют между собой?  
 а)  $\text{CaO} + \text{MgO}$ ; б)  $\text{NO} + \text{N}_2\text{O}_5$ ; в)  $\text{BaO} + \text{CO}_2$ ; г)  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ .
38. Какие оксиды реагируют между собой?  
 а)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ; б)  $\text{Mn}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ ; в)  $\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O}_5$ ; г)  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O}$ .
39. В каких реакциях суммы коэффициентов равны?  
 а)  $\text{BaO} + \text{SO}_3$ ; б)  $\text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ; в)  $\text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ ; г)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{Cr}_2\text{O}_3$ .
40. В каких реакциях суммы коэффициентов равны?  
 а)  $\text{SrO} + \text{SO}_2$ ; б)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ; в)  $\text{Rb}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}_5$ ; г)  $\text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ .

## Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	б	в	а	б	б	б	в	г	в	б	в	в	б	г
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
а	б, в	б	а	б, г	в	а	б	б, г	б	в	а	б, г	а, б, г	а, б, г
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
в	в	в	г	б, в	б, в	в	б, г	а и б; в и г	а и б, в и г					

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Назовите оксиды  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
2. Назовите оксиды  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ .
3. Назовите оксиды  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{SiO}_2$ .
4. Назовите оксиды  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{CO}_2$ .
5. Назовите оксиды  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .
6. Напишите графические формулы  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
7. Напишите графические формулы  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ .
8. Напишите графические формулы  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{SiO}_2$ .
9. Напишите графические формулы  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{CO}_2$ .
10. Напишите графические формулы  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .
11. Выпишите формулы основных, кислотных и амфотерных оксидов из следующих соединений:  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
12. Выпишите формулы основных, кислотных и амфотерных оксидов из следующих соединений:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ .
13. Выпишите формулы основных, кислотных и амфотерных оксидов из следующих соединений:  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{SiO}_2$ .
14. Выпишите формулы основных, кислотных и амфотерных оксидов из следующих соединений:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{CO}_2$ .
15. Выпишите формулы основных, кислотных и амфотерных оксидов из следующих соединений:  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .
16. Напишите уравнения реакций получения оксидов:  
 $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BeO}$ .
17. Напишите уравнения реакций получения оксидов:  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{ZnO}$ .
18. Напишите уравнения реакций получения оксидов:  
 $\text{BaO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PbO}$ .
19. Напишите уравнения реакций получения оксидов:  
 $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SnO}$ .
20. Напишите уравнения реакций получения оксидов:  
 $\text{CaO}$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ .
21. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ ;  
 $\text{ZnO} + \text{NaOH}$  (раствор)  $\rightarrow$ ;  
 $\text{CO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow$ .
22. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{MgO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;

- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ .
23. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{SiO}_2 + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow$ ;  
 $\text{CuO} + \text{HCl} \rightarrow$ .
24. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$ ;  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ .
25. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{P}_4\text{O}_{10} + \text{KOH} \rightarrow$ ;  
 $\text{BaO} + \text{HNO}_3 \rightarrow$ ;  
 $\text{K}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow$ .
26. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  ;  
 $\text{FeO} + \text{HCl} \rightarrow$ ;  
 $\text{ZnO} + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ}$ .
27. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{CaO} + \text{HI} \rightarrow$  ;  
 $\text{P}_4\text{O}_{10} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{BeO} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ}$ .
28. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow$ ;  
 $\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{Li}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow$ .
29. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{NiO} + \text{HNO}_3 \rightarrow$ ;  
 $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{SrO} + \text{CO}_2 \rightarrow$ .

*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 142–150).*

## ОСНОВАНИЯ (основные и амфотерные гидроксиды)

1. Какие вещества называются гидроксидами?
2. На какие группы можно разделить гидроксиды? Как классифицируются основные гидроксиды?
3. Какие соединения называются щелочами? Приведите пример.
4. Какие гидроксиды относятся к основным? Приведите пример.
5. На какие группы можно разделить нерастворимые основания? Приведите примеры.
6. Какие гидроксиды относятся к амфотерным гидroxидам?
7. Напишите способы получения растворимых основных гидроксидов.
8. Напишите способ получения нерастворимых основных гидроксидов.
9. Напишите способ получения амфотерных гидроксидов.
10. Как изменяется сила оснований в периоде? Приведите пример.
11. Как изменяется сила оснований металлов 1-й и 2-й групп? Приведите пример.
12. Напишите химические свойства щелочей.
13. Напишите химические свойства нерастворимых оснований.
14. Напишите химические свойства амфотерных гидроксидов.
15. Чем отличаются по химическим свойствам щёлочи от нерастворимых оснований?
16. Чем отличаются по химическим свойствам амфотерные гидроксиды от основных нерастворимых оснований? Приведите пример.
17. Какие вещества называются индикаторами?
18. Какую окраску имеет метилоранж в кислой, нейтральной и щелочной средах?
19. Какую окраску имеет фенолфталеин в кислой, нейтральной и щелочной средах?
20. Какую окраску имеет лакмус в кислой, нейтральной и щелочной средах?

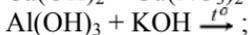
## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Выпишите формулы щелочей, нерастворимых основных и амфотерных гидроксидов из следующих соединений:**

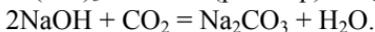
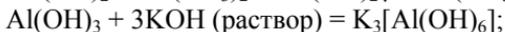


*Решение.*  $\text{Ca(OH)}_2$  – щёлочь;  $\text{Mg(OH)}_2$  – нерастворимый основной гидроксид;  $\text{Al(OH)}_3$  – амфотерный гидроксид.

**Задача 2. Закончите уравнения реакций:**



*Решение.*  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Cu(NO}_3)_2 = \text{Cu(OH)}_2\downarrow + \text{Ca(NO}_3)_2$ ;



## Упражнения для самостоятельной работы с ответами

- Какие гидроксиды относятся к основным:  
а)  $\text{KOH}$ ; б)  $\text{LiOH}$ ; в)  $\text{Cr(OH)}_3$ ; г)  $\text{HOCl}$ ?
- Какие гидроксиды относятся к основным:  
а)  $\text{Fe(OH)}_3$ ; б)  $\text{Al(OH)}_3$ ; в)  $\text{Sr(OH)}_2$ ; г)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ?
- Какие гидроксиды относятся к основным:  
а)  $\text{LiOH}$ ; б)  $\text{Ba(OH)}_2$ ; в)  $\text{H}_2\text{O}$ ; г)  $\text{Mn(OH)}_2$ ?
- Какие гидроксиды относятся к основным:  
а)  $\text{Ni(OH)}_2$ ; б)  $\text{NaOH}$ ; в)  $\text{Mg(OH)}_2$ ; г)  $\text{Be(OH)}_2$ ?
- Какие гидроксиды относятся к щелочам:  
а)  $\text{NaOH}$ ; б)  $\text{LiOH}$ ; в)  $\text{Mn(OH)}_2$ ; г)  $\text{Al(OH)}_3$ ?
- Какие гидроксиды относятся к щелочам:  
а)  $\text{Mg(OH)}_2$ ; б)  $\text{Al(OH)}_3$ ; в)  $\text{Cr(OH)}_3$ ; г)  $\text{KOH}$ ?
- Какие гидроксиды относятся к щелочам:  
а)  $\text{Be(OH)}_2$ ; б)  $\text{CsOH}$ ; в)  $\text{Cu(OH)}_2$ ; г)  $\text{LiOH}$ ?
- Какие гидроксиды относятся к щелочам:  
а)  $\text{Cr(OH)}_3$ ; б)  $\text{Co(OH)}_3$ ; в)  $\text{RbOH}$ ; г)  $\text{Ba(OH)}_2$ ?
- Какие гидроксиды относятся к амфотерным:  
а)  $\text{KOH}$ ; б)  $\text{Sn(OH)}_2$ ; в)  $\text{Cu(OH)}_2$ ; г)  $\text{Zn(OH)}_2$ ?
- Какие гидроксиды относятся к амфотерным:  
а)  $\text{Zn(OH)}_2$ ; б)  $\text{Al(OH)}_3$ ; в)  $\text{CsOH}$ ; г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?

11. Какие гидроксиды относятся к амфотерным:  
 а)  $\text{Sn}(\text{OH})_4$ ; б)  $\text{KOH}$ ; в)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; г)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ?
12. Какие гидроксиды относятся к амфотерным:  
 а)  $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ; б)  $\text{LiOH}$ ; в)  $\text{H}_2\text{O}$ ; г)  $\text{RbOH}$ ?
13. Какие гидроксиды реагируют и с кислотами и со щелочами:  
 а)  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{NaOH}$ ; г)  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ?
14. Какие гидроксиды реагируют и с кислотами и со щелочами:  
 а)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; б)  $\text{KOH}$ ; в)  $\text{Ti}(\text{OH})_4$ ; г)  $\text{LiOH}$ ?
15. Какие гидроксиды реагируют и с кислотами и со щелочами:  
 а)  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ; б)  $\text{LiOH}$ ; в)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; г)  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ?
16. Какие гидроксиды реагируют и с кислотами и со щелочами:  
 а)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{NaOH}$ ; г)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ?
17. Какие гидроксиды реагируют и с кислотами и со щелочами:  
 а)  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{LiOH}$ ; в)  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ; г)  $\text{KOH}$ ?
18. Какие гидроксиды реагируют и с кислотами и со щелочами:  
 а)  $\text{RbOH}$ ; б)  $\text{KOH}$ ; в)  $\text{Sn}(\text{OH})_4$ ; г)  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ?
19. Какие гидроксиды реагируют и с кислотами и со щелочами:  
 а)  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; в)  $\text{CsOH}$ ; г)  $\text{KOH}$ ?
20. Какие реакции будут протекать:  
 а)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{O}$ ; б)  $\text{KOH} + \text{NaOH}$ ;  
 в)  $\text{NaOH} + \text{K}_2\text{O}$ ; г)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{HCl}$ ?
21. Какие реакции будут протекать:  
 а)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl}$ ; б)  $\text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3$ ;  
 в)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{O}$ ; г)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH}$ ?
22. Какие реакции будут протекать:  
 а)  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ; б)  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{NaOH}$ ;  
 в)  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{KOH}$ ; г)  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{NO}$ ?
23. Какие реакции будут протекать:  
 а)  $\text{Be}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3$ ; б)  $\text{Be}(\text{OH})_2 + \text{KOH}$ ;  
 в)  $\text{Be}(\text{OH})_2 + \text{CO}$ ; г)  $\text{Be}(\text{OH})_2 + \text{N}_2\text{O}$ ?

## Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
а, б	в	а, б, г	а, б, в	а, б	г	б, г	в, г	б, г	а, б	а	а, в	б	а, в	а
16	17	18	19	20	21	22	23							
б	в	в, г	б	а, г	а, б, г	а, б	а, б							

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Назовите гидроксиды:  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ .
2. Назовите гидроксиды:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$ ,  $\text{CuOH}$ .
3. Назовите гидроксиды:  $\text{Cu(OH)}_2$ ,  $\text{CuOH}$ ,  $\text{KOH}$ .
4. Назовите гидроксиды:  $\text{Be(OH)}_2$ ,  $\text{Cr(OH)}_2$ ,  $\text{Cr(OH)}_3$ .
5. Назовите гидроксиды:  $\text{Pb(OH)}_2$ ,  $\text{Pb(OH)}_4$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$ .
6. Напишите графические формулы:  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ .
7. Напишите графические формулы:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{CuOH}$ .
8. Напишите графические формулы:  $\text{Cu(OH)}_2$ ,  $\text{CuOH}$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ .
9. Напишите графические формулы:  $\text{Ti(OH)}_4$ ,  $\text{Cr(OH)}_3$ ,  $\text{KOH}$ .
10. Напишите графические формулы:  $\text{KOH}$ ,  $\text{Sr(OH)}_2$ ,  $\text{Cr(OH)}_3$ .
11. Выпишите формулы щелочей, нерастворимых оснований и амфотерных гидроксидов из следующих соединений:  
 $\text{LiOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ .
12. Выпишите формулы щелочей, нерастворимых основных и амфотерных гидроксидов из следующих соединений:  
 $\text{KOH}$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Be(OH)}_2$ .
13. Выпишите формулы щелочей, нерастворимых основных и амфотерных гидроксидов из следующих соединений:  
 $\text{NaOH}$ ,  $\text{Cr(OH)}_3$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$ .
14. Выпишите формулы щелочей, нерастворимых основных и амфотерных гидроксидов из следующих соединений:  
 $\text{NaOH}$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$ ,  $\text{Pb(OH)}_2$ .
15. Выпишите формулы щелочей, нерастворимых основных и амфотерных гидроксидов из следующих соединений:  
 $\text{Cu(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ .
16. Напишите формулы следующих гидроксидов, а также оксидов, которые соответствуют им:  
гидроксид цезия, гидроксид магния, гидроксид марганца (II).

17. Напишите формулы следующих гидроксидов, а также оксидов, которые соответствуют им:  
гидроксид меди (I), гидроксид индия (III), гидроксид свинца (IV).
18. Напишите формулы следующих гидроксидов, а также оксидов, которые соответствуют им:  
гидроксид железа (II), гидроксид хрома (III), гидроксид олова (IV).
19. Напишите формулы следующих гидроксидов, а также оксидов, которые соответствуют им:  
гидроксид калия, гидроксид магния, гидроксид марганца (II).
20. Напишите формулы следующих гидроксидов, а также оксидов, которые соответствуют им: гидроксид натрия, гидроксид марганца (II), гидроксид молибдена (III).
21. Напишите уравнения реакций получения гидроксидов:  
 $\text{LiOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ .
22. Напишите уравнения реакций получения гидроксидов:  
 $\text{KOH}$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Be(OH)}_2$ .
23. Напишите уравнения реакций получения гидроксидов:  
 $\text{NaOH}$ ,  $\text{Cr(OH)}_3$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$ .
24. Напишите уравнения реакций получения гидроксидов:  
 $\text{Fe(OH)}_3$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$ ,  $\text{Pb(OH)}_2$ .
25. Напишите уравнения реакций получения гидроксидов:  
 $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ .
26. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ ;  
 $\text{Be(OH)}_2 + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{Cr(OH)}_3 \xrightarrow{t^\circ}$ .
27. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH (раствор)} \rightarrow$ ;  
 $\text{Cu(OH)}_2 + \text{HBr} \rightarrow$ ;  
 $\text{Ca(OH)}_2 \xrightarrow{t^\circ}$ .
28. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{Zn(OH)}_2 + \text{NaOH (раствор)} \rightarrow$ ;  
 $\text{Mg(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ .
29. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{KOH} + \text{SO}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Pb(OH)}_2 \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{Ba(OH)}_2 + \text{FeCl}_2 \rightarrow$ .

30. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{NaOH} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow$ .
31. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;  
 $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow$ ;  
 $\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow$ .
32. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{LiOH} + \text{CuCl}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{KOH} (\text{раствор}) \rightarrow$ ;  
 $\text{Pb}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$ .
33. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{KOH} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow$ .
34. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{NaOH} + \text{N}_2\text{O}_3 \rightarrow$ ;  
 $\text{Cr}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow$ ;  
 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^\circ}$ .
35. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} \rightarrow$  ;  
 $\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow$ .

*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 151–156).*

## КИСЛОТЫ (кислотные гидроксиды)

1. Какие соединения называются кислотами?
2. На какие группы можно разделить кислоты по их основности? Приведите примеры.
3. Что показывает основность кислоты?
4. Что такое кислотный остаток?
5. На какие группы можно разделить кислоты по их составу? Приведите примеры.
6. К какому классу веществ относятся гидроксиды неметаллов? Приведите пример.
7. Чем определяется заряд кислотного остатка?
8. Что показывают графические формулы кислот?
9. Напишите способы получения бескислородных кислот.
10. Напишите способы получения кислородсодержащих кислот.
11. По какому признаку кислоты делятся на сильные и слабые?
12. Приведите пример сильных и слабых кислот.
13. Как изменяется сила кислот в периодах? Приведите пример.
14. Как изменяется сила кислородсодержащих кислот в группах 13–17? Приведите пример.
15. Напишите химические свойства бескислородных кислот.
16. Напишите химические свойства кислородсодержащих кислот.
17. Как взаимодействуют разбавленные кислоты ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) с металлами? Приведите примеры реакций.
18. Как взаимодействует разбавленная азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ ) с металлами? Приведите примеры реакций.
19. Как взаимодействует концентрированная азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ ) с металлами? Приведите примеры реакций.
20. Как взаимодействует концентрированная азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ ) с неметаллами? Приведите примеры реакций.
21. Как взаимодействует концентрированная серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) с неметаллами? Приведите примеры реакций.
22. Как взаимодействует концентрированная серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) с металлами? Приведите примеры реакций.
23. Как и почему изменяется сила кислот с изменением степени окисления основного элемента? (Объясните на примере кислот  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .)

- Какой цвет имеют индикаторы фенолфталеин, метилоранж, лакмус в кислой среде?
- Как изменяется сила бескислородных кислот в группах 16 и 17? Приведите пример.

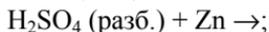
## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Выпишите формулы одноосновных, двухосновных и трёхосновных кислот из следующих соединений:**

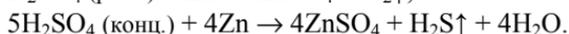
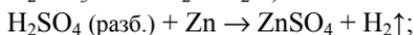
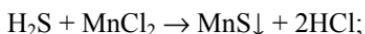


*Решение.*  $\text{HNO}_3$  – одноосновная кислота,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  – двухосновная кислота,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – трёхосновная кислота.

**Задача 2. Закончите уравнения реакций:**



*Решение.*



## Упражнения для самостоятельной работы

### с ответами

- Какие вещества относятся к кислотам:
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; б)  $\text{HNO}_3$ ; в)  $\text{NaOH}$ ; г)  $\text{NaCl}$ ?
- Какие вещества относятся к кислотам:
  - $\text{H}_2\text{S}$ ; б)  $\text{BaCl}_2$ ; в)  $\text{KOH}$ ; г)  $\text{BF}_3$ ?
- Какие вещества относятся к кислотам:
  - $\text{H}_2\text{SO}_3$ ; б)  $\text{HClO}_3$ ; в)  $\text{MnCl}_2$ ; г)  $\text{AgNO}_3$ ?
- Какие вещества относятся к кислотам:
  - $\text{HMnO}_4$ ; б)  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ; в)  $\text{KMnO}_4$ ; г)  $\text{RbOH}$ ?
- Какую окраску приобретает индикатор лакмус в кислой среде:
  - красный; б) синий; в) бесцветный; г) фиолетовый?
- Какую окраску приобретает индикатор лакмус в щелочной среде:
  - красный; б) синий; в) бесцветный; г) фиолетовый?

7. Какую окраску приобретает индикатор фенолфталеин в щелочной среде: а) красный; б) синий; в) малиновый; г) бесцветный?
8. Какую окраску приобретает индикатор фенолфталеин в кислой среде: а) красный; б) синий; в) малиновый; г) бесцветный?
9. Какую окраску приобретает индикатор метилоранж в кислой среде: а) красный; б) синий; в) малиновый; г) жёлтый?
10. Какую окраску приобретает индикатор метилоранж в щелочной среде: а) красный; б) синий; в) жёлтый; г) бесцветный?
11. В какой строке все три кислоты сильные?
 

а) $\text{HCl}$ , $\text{HClO}_3$ , $\text{HNO}_2$ ;	б) $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{H}_2\text{SiO}_3$ , $\text{HClO}_4$ ;
в) $\text{HI}$ , $\text{HClO}_4$ , $\text{HNO}_3$ ;	г) $\text{H}_2\text{CO}_3$ , $\text{BCl}_3$ , $\text{HClO}_3$ .
12. В какой строке все три кислоты сильные?
 

а) $\text{HI}$ , $\text{HClO}_4$ , $\text{HNO}_3$ ;	б) $\text{HF}$ , $\text{HClO}_2$ , $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
в) $\text{HF}$ , $\text{H}_2\text{SO}_3$ , $\text{HNO}_3$ ;	г) $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{HCl}$ .
13. В какой строке все три кислоты сильные?
 

а) $\text{HBr}$ , $\text{H}_2\text{CO}_3$ , $\text{HNO}_3$ ;	б) $\text{HCl}$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{HClO}_4$ ;
в) $\text{HNO}_2$ , $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;	г) $\text{H}_2\text{SO}_3$ , $\text{HCl}$ , $\text{HMnO}_4$ .
14. В какой строке все три кислоты слабые?
 

а) $\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{SeO}_4$ , $\text{HNO}_3$ ;	б) $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{H}_2\text{SO}_3$ , $\text{H}_2\text{CO}_3$ ;
в) $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{H}_2\text{CO}_3$ , $\text{HCN}$ ;	г) $\text{HNO}_3$ , $\text{HF}$ , $\text{H}_2\text{S}$ .
15. В какой строке все три кислоты слабые?
 

а) $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{HCN}$ ;	б) $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{HNO}_2$ , $\text{HNO}_3$ ;
в) $\text{HCN}$ , $\text{H}_2\text{CO}_3$ , $\text{HCl}$ ;	г) $\text{HBr}$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{HF}$ .
16. Какие оксиды соответствуют марганцовой кислоте ( $\text{HMnO}_4$ )?
 

а) $\text{MnO}_2$ ;	б) $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ;	в) $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ;	г) $\text{MnO}$ .
---------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------
17. Какие оксиды соответствуют серной кислоте ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )?
 

а) $\text{SO}_2$ ;	б) $\text{SO}_3$ ;	в) $\text{SO}$ ;	г) $\text{S}_2\text{O}$ .
--------------------	--------------------	------------------	---------------------------
18. Какие оксиды соответствуют азотной кислоте ( $\text{HNO}_3$ )?
 

а) $\text{N}_2\text{O}$ ;	б) $\text{NO}$ ;	в) $\text{N}_2\text{O}_3$ ;	г) $\text{N}_2\text{O}_5$ .
---------------------------	------------------	-----------------------------	-----------------------------
19. В каких реакциях происходит выделение водорода?
 

а) $\text{Fe} + \text{HCl}$ ;	б) $\text{Cu} + \text{HCl}$ ;
в) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (разб.);	г) $\text{Fe} + \text{HNO}_3$ .
20. В каких реакциях происходит выделение водорода?
 

а) $\text{Cr} + \text{HCl}$ ;	б) $\text{Hg} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;	в) $\text{Hg} + \text{HNO}_3$ ;	г) $\text{Ag} + \text{HCl}$ .
-------------------------------	--	---------------------------------	-------------------------------
21. В каких реакциях происходит выделение водорода?
 

а) $\text{Mg} + \text{HCl}$ ;	б) $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (разб.);
в) $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.);	г) $\text{Mg} + \text{HNO}_3$ .
22. В каких реакциях происходит выделение водорода?
 

а) $\text{Zn} + \text{HCl}$ ;	б) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (разб.);
-------------------------------	---

- в)  $Zn + HNO_3(\text{разб.})$ ; г)  $Zn + HNO_3(\text{конц.})$ .
23. В каких реакциях происходит выделение водорода?  
 а)  $K + HCl$ ; б)  $K + HNO_3(\text{разб.})$ ;  
 в)  $K + HNO_3(\text{конц.})$ ; г)  $K + H_2SO_4(\text{разб.})$ .
24. В каких реакциях происходит выделение водорода?  
 а)  $Li + HCl$ ; б)  $Li + H_2SO_4(\text{разб.})$ ;  
 в)  $Li + HNO_3(\text{конц.})$ ; г)  $Li + HNO_3(\text{разб.})$ .
25. В каких реакциях происходит выделение водорода?  
 а)  $Au + HCl$ ; б)  $Au + H_2SO_4$ ;  
 в)  $Mn + H_2SO_4(\text{разб.})$ ; г)  $Mn + H_2SO_4(\text{конц.})$ .
26. Какая будет среда после реакции между 980 г 10%-ной серной кислоты  $H_2SO_4$  и 0,5 моль  $BaCO_3$ ?  
 а) кислая; б) щелочная; в) нейтральная.
27. Какая будет среда после реакции между 490 г 10%-ной серной кислоты  $H_2SO_4$  и 0,5 моль  $BaCO_3$ ?  
 а) кислая; б) щелочная; в) нейтральная.
28. Какая будет среда после реакции между 400 г 10%-ного гидроксида натрия  $NaOH$  и 49 г серной кислоты  $H_2SO_4$ ?  
 а) кислая; б) щелочная; в) нейтральная.
29. Определите, какие реакции не должны протекать.  
 а)  $CuO + H_2SO_4$ ; б)  $Zn(OH)_2 + Na_2O$ ;  
 в)  $MnS + H_2S$ ; г)  $NaHS + HCl$ .
30. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а)  $Zn(OH)_2 + NaOH$ ; б)  $Fe_2O_3 + H_2SO_4$ ;  
 в)  $CuO + H_2O$ ; г)  $H_2SO_4 + Fe$ .
31. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а)  $BaSO_4 + HCl$ ; б)  $H_3PO_4 + Cu(OH)_2$ ;  
 в)  $H_2SO_4 + Na$ ; г)  $H_2SO_4(\text{разб.}) + Cu$ .
32. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а)  $H_2SO_4 + FeO$ ; б)  $H_2SO_4(\text{разб.}) + Fe$ ;  
 в)  $H_2SO_4(\text{конц.}) + Fe$ ; г)  $CH_3COOH + K$ .
33. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а)  $KHSO_4 + H_2SO_4$ ; б)  $HNO_3 + K$ ;  
 в)  $H_2SO_4 + Ag$ ; г)  $H_2SO_4(\text{разб.}) + Mg$ .
34. Укажите формулу самой слабой кислоты:  
 а)  $HI$ ; б)  $HBrO_4$ ; в)  $HNO_3$ ; г)  $HOCl$ .
35. Укажите формулу самой сильной кислоты:  
 а)  $HClO_2$ ; б)  $HClO_4$ ; в)  $HClO_3$ ; г)  $HClO$ .

## Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
а, б	а	а, б	а, б	а	б	в	г	а	в	в	а	б	б, в	а
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
в	б	г	а, в	а	а, б	а, б	а, г	а, б	в	а	в	б	в	в, г
31	32	33	34	35										
а, г	в	а, в	г	б										

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Назовите кислоты:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
2. Назовите кислоты:  $\text{HBr}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HPO}_3$ .
3. Назовите кислоты:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
4. Назовите кислоты:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .
5. Назовите кислоты:  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
6. Напишите графические формулы:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
7. Напишите графические формулы:  $\text{HBr}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HPO}_3$ .
8. Напишите графические формулы:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
9. Напишите графические формулы:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .
10. Напишите графические формулы:  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
11. Выпишите формулы одноосновных, двухосновных и трёхосновных кислот из следующих соединений:  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
12. Выпишите формулы одноосновных, двухосновных и трёхосновных кислот из следующих соединений:  
 $\text{HBr}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HPO}_3$ .
13. Выпишите формулы одноосновных, двухосновных и трёхосновных кислот из следующих соединений:  
 $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
14. Выпишите формулы одноосновных, двухосновных и трёхосновных кислот из следующих соединений:  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .
15. Выпишите формулы одноосновных, двухосновных и трёхосновных кислот из следующих соединений:  
 $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ .
16. Напишите уравнения реакций получения кислот:  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

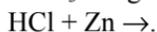
17. Напишите уравнения реакций получения кислот:  
HBr, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, HPO<sub>3</sub>.
18. Напишите уравнения реакций получения кислот:  
HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.
19. Напишите уравнения реакций получения кислот:  
HCl, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S.
20. Напишите уравнения реакций получения кислот:  
H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>.
21. Закончите уравнения реакций:  
HCl + CaCO<sub>3</sub> →;  
H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>  $\xrightarrow{t^{\circ}}$ ;  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (разб.) + Al →.
22. Закончите уравнения реакций:  
HNO<sub>3</sub> + Al(OH)<sub>3</sub> →;  
H<sub>2</sub>S + CuCl<sub>2</sub> →;  
HBr + CaO →.
23. Закончите уравнения реакций:  
H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + KOH →;  
HClO<sub>4</sub> + CaO →;  
H<sub>2</sub>S  $\xrightarrow{t^{\circ}}$ .
24. Закончите уравнения реакций:  
HBr + Zn →;  
HI  $\xrightarrow{t^{\circ}}$ ;  
HNO<sub>2</sub> + Ba(OH)<sub>2</sub> →.
25. Закончите уравнения реакций:  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + BaCl<sub>2</sub> →;  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (разб.) + Zn →;  
HNO<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> →.
26. Закончите уравнения реакций:  
HCl + K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> →;  
HCl + Fe → ;  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Ca(OH)<sub>2</sub> →.
27. Закончите уравнения реакций:  
H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → ;  
HNO<sub>3</sub> + CuO →;  
H<sub>2</sub>S + KOH →.
28. Закончите уравнения реакций:  
H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>  $\xrightarrow{t^{\circ}}$ ;



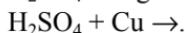
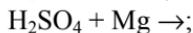
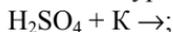
29. Закончите уравнения реакций:



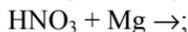
30. Закончите уравнения реакций:



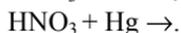
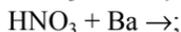
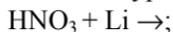
31. Закончите уравнения реакций с концентрированной кислотой:



32. Закончите уравнения реакций с концентрированной кислотой:



33. Закончите уравнения реакций с очень разбавленной кислотой:



*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 157–164).*

# СОЛИ

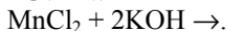
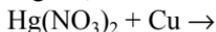
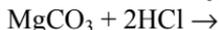
1. Какие соединения называются солями?
2. На какие группы делятся соли? Приведите примеры.
3. Какие соли называются средними (нормальными)? Приведите пример.
4. Какие соли называются кислыми? Приведите пример.
5. Какие соли называются основными? Приведите пример.
6. Как образуются названия нормальных солей? Приведите пример.
7. Как образуются названия основных солей? Приведите пример.
8. Как образуются названия кислых солей? Приведите пример.
9. Напишите химические свойства солей.
10. Какую основность должна иметь кислота, чтобы из неё могла образоваться кислая соль? Приведите пример.
11. Какую кислотность должно иметь основание, чтобы из него могла образоваться основная соль? Приведите пример.
12. В каких случаях происходит вытеснение (замещение) металлов из растворов солей? Приведите пример.
13. Какие продукты получаются при термическом разложении карбонатов и гидрокарбонатов? Приведите примеры.
14. Какие продукты получаются при термическом разложении нитратов металлов? Приведите примеры.
15. Как из кислой соли получить нормальную соль и далее основную соль? Приведите примеры реакций.

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ .**

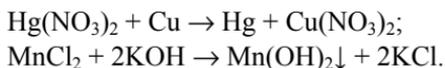
*Решение.*  $\text{KMnO}_4$  – средняя соль,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – кислая соль,  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$  – основная соль.

**Задача 2. Закончите уравнения реакций:**



*Решение.*





**Задача 3. Напишите уравнения реакций возможных способов получения  $\text{CaCl}_2$ .**

*Решение.*

- 1) металл + неметалл:  $\text{Ca} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2$ ;
- 2) металл + кислота:  $\text{Ca} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ .
- 3) металл + соль:  $\text{Ca} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Cu}$ ;
- 4) оксид металла + кислота:  $\text{CaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5) основание + кислота:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6) основание + соль:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Cu}(\text{OH})_2$ ;
- 7) соль + кислота:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ ;
- 8) соль + соль:  $\text{CaSO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{BaSO}_4\downarrow$ .

**Задача 4. Напишите уравнения реакций возможных способов получения  $\text{BaSO}_4$ .**

*Решение.*

- 1) металл + кислота:  $\text{Ba} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб.}) \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{H}_2\uparrow$ ;
- 2) оксид металла + кислота:  $\text{BaO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 3) основной оксид + кислотный оксид:  $\text{BaO} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$ ;
- 4) основание + кислотный оксид:  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{SO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5) основание + кислота:  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6) основание + соль:  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KOH}$ ;
- 7) соль + кислота:  $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HCl}$ ;
- 8) соль + соль:  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaCl}$ .

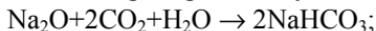
**Задача 5. Напишите уравнения реакций, при помощи которых из трёх сложных веществ можно получить кислую соль.**

*Решение.*

а) из оксида углерода (IV), аммиака и воды получаем гидрокарбонат аммония:



б) из основного оксида, кислотного оксида и воды при соблюдении необходимых пропорций получаем соль:



в) из щёлочи, кислотного оксида и воды получаем соль:



**Задача 6. Напишите уравнения реакций, при помощи которых из лития, кислорода, водорода и серы можно получить три средних соли, три кислые соли и три кислоты.**

*Решение.*

1) получаем оксид серы (IV), далее окисляем его до оксида серы (VI):



2) получаем оксид лития:  $2\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{O}$ ;

3) получаем две средние соли:



4) третью среднюю соль получаем:  $2\text{Li} + \text{S} \rightarrow \text{Li}_2\text{S}$ ;

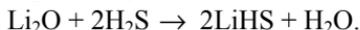
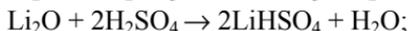
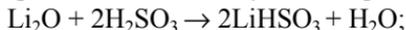
5) получаем воду:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ;

6) две кислоты получаем взаимодействием оксидов серы с водой:



7) третья кислота – сероводородная:  $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ ;

8) три кислые соли получаем по реакциям:



**Задача 7. Напишите уравнения реакций средних солей аммония с а) кислотой; б) щёлочью.**

*Решение.*

а) соли аммония и слабых кислот реагируют с кислотой с образованием других солей:

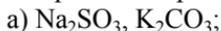


б) соли аммония реагируют со щёлочью с образованием соли и выделением аммиака:



## **Упражнения для самостоятельной работы с ответами**

1. Выберите два примера средних солей:



г) нет.

2. Выберите два примера средних солей:



- в)  $[\text{Fe}(\text{OH})]\text{Br}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})\text{Cl}$ ; г) нет.
3. Выберите два примера средних солей:  
 а)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; б)  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]\text{SO}_4$ ,  $\text{KHCO}_3$ ;  
 в)  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ ; г) нет.
4. Выберите два примера средних солей:  
 а)  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ; б)  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ;  
 в)  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ; г) нет.
5. Выберите два примера кислых солей:  
 а)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{HS})_2$ ;  
 в)  $[\text{Cu}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}$ ; г) нет.
6. Выберите два примера кислых солей:  
 а)  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; б)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ;  
 в)  $[\text{Fe}(\text{OH})]\text{Br}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})\text{Cl}$ ; г) нет.
7. Выберите два примера кислых солей:  
 а)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; б)  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]\text{SO}_4$ ,  $\text{KHCO}_3$ ;  
 в)  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ ; г) нет.
8. Выберите два примера кислых солей:  
 а)  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ; б)  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ;  
 в)  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ; г) нет.
9. Выберите два примера основных солей:  
 а)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;  $\text{Ba}(\text{HS})_2$ ;  
 в)  $[\text{Cu}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}$ ; г) нет.
10. Выберите два примера основных солей:  
 а)  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; б)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ;  
 в)  $[\text{Fe}(\text{OH})]\text{Br}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})\text{Cl}$ ; г) нет.
11. Выберите два примера основных солей:  
 а)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; б)  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]\text{SO}_4$ ,  $\text{KHCO}_3$ ;  
 в)  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ ; г) нет.
12. Выберите два примера основных солей:  
 а)  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ; б)  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ;  
 в)  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ; г) нет.
13. Выберите пример комплексной соли:  
 а)  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ; б)  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ; в)  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ .
14. Выберите пример комплексной соли:  
 а)  $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2$ ; б)  $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ; в)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .
15. Выберите пример комплексной соли:  
 а)  $\text{FeS}$ ; б)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; в)  $\text{NaHCO}_3$ ; г)  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ .
16. Выберите пример комплексной соли:  
 а)  $\text{BaBr}_2$ ; б)  $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$ ; в)  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ; г)  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ .

17. Укажите пару веществ, которые полностью растворяются в соляной кислоте:  
 а) FeS, Pb; б) BaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>; в) CrCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>3</sub>; г) AgCl, AgBr.
18. Тетрагидроксоалюминат натрия — это:  
 а) нерастворимое в воде основание;  
 б) кислая соль;  
 в) четырехосновная кислота;  
 г) растворимая в воде комплексная соль.
19. При действии азотной кислоты на карбонат магния выделяется:  
 а) угарный газ (CO); б) гремучий газ (H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>);  
 в) веселящий газ (N<sub>2</sub>O); г) углекислый газ (CO<sub>2</sub>).
20. Только одна соль получится при взаимодействии:  
 а) Ba(OH)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; б) LiOH + HI;  
 в) CsOH + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; г) Fe(OH)<sub>2</sub> + HNO<sub>3</sub>.
21. При взаимодействии 2 моль Ca(OH)<sub>2</sub> и 2 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> получится соль:  
 а) ортофосфат гидроксикальция; б) дигидрофосфат кальция;  
 в) гидроксифосфат кальция; г) гидрофосфат кальция.
22. При взаимодействии 2 моль Ca(OH)<sub>2</sub> и 4 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> получится соль:  
 а) ортофосфат гидроксикальция; б) дигидрофосфат кальция;  
 в) гидроксифосфат кальция; г) гидрофосфат кальция.
23. При взаимодействии 3 моль Ca(OH)<sub>2</sub> и 2 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> получится соль:  
 а) ортофосфат кальция; б) дигидрофосфат кальция;  
 в) гидроксифосфат кальция; г) гидрофосфат кальция.
24. При взаимодействии 3 моль Ca(OH)<sub>2</sub> и 1 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> получится соль:  
 а) ортофосфат гидроксикальция; б) дигидрофосфат кальция;  
 в) гидроксифосфат кальция; г) гидрофосфат кальция.
25. Из раствора гидрокарбоната кальция выпадет осадок, если добавить:  
 а) Ca(OH)<sub>2</sub>; б) CaO; в) CO<sub>2</sub>; г) HCl.
26. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а) CuO + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) Zn(OH)<sub>2</sub> + Na<sub>2</sub>O;  
 в) MnS + H<sub>2</sub>S; г) NaHS + HCl.
27. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а) Zn(OH)<sub>2</sub> + NaOH; б) CuSO<sub>4</sub> + HCl;  
 в) Na<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>S; г) FeO + HNO<sub>3</sub>.

28. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а)  $\text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.})$ ; б)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{P}_4\text{O}_{10}$ ;  
 в)  $\text{NaHSO}_3 + \text{NaOH}$ ; г)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{SO}_2$ .
29. Определите, какие реакции не должны протекать:  
 а)  $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{HCl}$ ; б)  $\text{BaSO}_4 + \text{HCl}$ ;  
 в)  $\text{SO}_3 + \text{HCl}$ ; г)  $\text{Zn} + \text{HCl}$ .
30. Укажите реакции, которые не протекают в растворах:  
 а)  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{Cs}_2\text{SO}_4$ ;  
 в)  $\text{SnO} + \text{HNO}_3$ ; г)  $\text{BaS} + \text{AgF}$ .
31. Укажите реакции, которые не протекают в растворах:  
 а)  $\text{NaHCO}_3 + \text{HBr}$ ; б)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH}$ ;  
 в)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HNO}_3$ ; г)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{NaCl}$ .
32. Укажите реакции, которые не протекают в растворах:  
 а)  $\text{AlCl}_3 + \text{HNO}_3$ ; б)  $\text{CuF}_2 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ;  
 в)  $\text{NaOH} + \text{SO}_2$ ; г)  $\text{ZnCl}_2 + \text{KOH}$ .
33. Какие реакции не протекают «до конца» в растворах?  
 а)  $\text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ; б)  $\text{NH}_4\text{Br} + \text{AgNO}_3$ ;  
 в)  $\text{CuSO}_4 + \text{KNO}_3$ ; г)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{CsOH}$ .
34. Какие реакции не протекают «до конца» в растворах?  
 а)  $\text{NaOH} + \text{Ba}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ;  
 в)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{HCl}$ ; г)  $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$ .
35. Какие реакции не протекают «до конца» в растворах?  
 а)  $\text{NaHSO}_3 + \text{HCl}$ ; б)  $\text{CaCO}_3 + \text{HNO}_3$ ;  
 в)  $\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4$ ; г)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{BaCl}_2$ .

## Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
а	а	г	а	б	б	г	г	в	в	г	г	в	в	г
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
г	а, в	г	г	б, в	г	б	а	в	а, б	в	б	а	б, в	б, г
31	32	33	34	35										
г	а, б	г	а	г										

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Назовите соли:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .
2. Назовите соли:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .
3. Назовите соли:  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .
4. Назовите соли:  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{CaOHCl}$ .
5. Назовите соли:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ .
6. Напишите графические формулы:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .
7. Напишите графические формулы:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .
8. Напишите графические формулы:  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .
9. Напишите графические формулы:  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{CaOHCl}$ .
10. Напишите графические формулы:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ .
11. Напишите графические формулы:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ .
12. Напишите графические формулы:  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ .
13. Напишите графические формулы:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{KHSO}_4$ .
14. Напишите графические формулы:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .
15. Напишите графические формулы:  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ .
16. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .
17. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .
18. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .
19. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{CaOHCl}$ .
20. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ .
21. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ .
22. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ .
23. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{BaOHNO}_3$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{KHSO}_4$ .
24. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$ .
25. Выпишите средние, кислые и основные соли из следующих соединений:  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ .
26. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

27. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{NaNO}_3, \text{NaHSO}_4, \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7.$
28. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{NaHCO}_3, \text{NaNO}_2, \text{Na}_2\text{SO}_3.$
29. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, \text{Ca}(\text{OH})\text{Cl}.$
30. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{Na}_2\text{HPO}_4, \text{KMnO}_4.$
31. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{NaHSO}_4, \text{NaNO}_3.$
32. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{KHSO}_4, \text{KMnO}_4, \text{K}_2\text{S}.$
33. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{CaCO}_3, \text{MnSO}_4, \text{KHSO}_4.$
34. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{NaHCO}_3, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3.$
35. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3, \text{NaH}_2\text{PO}_4, \text{K}_2\text{S}.$
36. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{CaCl}_2 + \text{AgNO}_3 \rightarrow; \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{KOH} \rightarrow; \text{CuSO}_4 + \text{Fe} \rightarrow.$
37. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t^\circ}; \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow; \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow.$
38. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{ZnCl}_2 + \text{KOH} (\text{раствор}) \rightarrow;$   
 $\text{Na}_2\text{S} + \text{FeCl}_3 \rightarrow; \text{AgNO}_3 + \text{Hg} \rightarrow.$
39. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{K}_2\text{S} + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow; \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaOH} \rightarrow; \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Al} \rightarrow.$
40. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow;$   
 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow; \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{HCl} \rightarrow.$
41. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Ca}(\text{OH})\text{Cl} + \text{HCl} \rightarrow;$   
 $\text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{S} \rightarrow; \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Zn} \rightarrow.$
42. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{NiSO}_4 + \text{KOH} \rightarrow; \text{MgCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow; \text{AgNO}_3 + \text{AlCl}_3 \rightarrow.$
43. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Cu} \rightarrow; \text{KHSO}_4 + \text{KOH} \rightarrow; \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{FeCl}_2 \rightarrow.$
44. Закончите уравнения реакций:

- $\text{MnCl}_2 + \text{KOH} \rightarrow$ ;     $\text{AgNO}_3 + \text{Zn} \rightarrow$ ;     $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ .
45. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;     $\text{CuCl}_2 + \text{Al} \rightarrow$ ;     $\text{ZnSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$ .
  46. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{ZnCl}_2 + ? \rightarrow \text{ZnSiO}_3 + ?$ ,     $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + ? \rightarrow \text{PbS} + ?$ .
  47. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + ? \rightarrow \text{PbCO}_3 + ?$ ,     $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + ? \rightarrow \text{FePO}_4 + ?$ .
  48. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{NaCl} + ? \rightarrow \text{NaNO}_3 + ?$ ,     $\text{K}_2\text{SO}_4 + ? \rightarrow \text{KCl} + ?$ .
  49. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{CuCl}_2 + ? \rightarrow \text{NaCl} + ?$ ,     $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + ? \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + ?$ .
  50. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + ? \rightarrow \text{NaCl} + ?$ ,     $\text{K}_3\text{PO}_4 + ? \rightarrow \text{KNO}_3 + ?$ .
  51. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + ? \rightarrow \text{NaNO}_3 + ?$ ,     $\text{K}_2\text{SiO}_3 + ? \rightarrow \text{KCl} + ?$ .
  52. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + ? \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + ?$ ,     $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + ? \rightarrow \text{KNO}_3 + ?$ .
  53. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{MgCl}_2 + ? \rightarrow \text{BaCl}_2 + ?$ ,     $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + ? \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ .
  54. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + ? \rightarrow \text{Sr}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + ?$ ,     $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + ? \rightarrow \text{PbI}_2 + ?$ .
  55. Напишите уравнения реакций получения солей:  
 $\text{SrCl}_2 + ? \rightarrow \text{CuCl}_2 + ?$ ;     $\text{MgCO}_3 + ? \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + ?$ .

*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 167–173).*

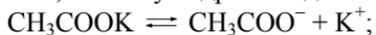
## ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

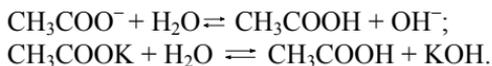
1. Почему растворы нормальных солей не всегда являются нейтральными?
2. Что такое гидролиз солей?
3. В каких случаях гидролиз протекает обратимо? Приведите пример.
4. В каких случаях гидролиз протекает необратимо? Приведите пример.
5. Какие соли подвергаются гидролизу?
6. В каком случае гидролиз идет по катиону? Приведите пример.
7. В каком случае гидролиз идет по аниону? Приведите пример.
8. В каком случае гидролиз идет и по катиону и по аниону? Приведите пример.
9. Какой вид солей не подвергается гидролизу? Приведите пример.
10. Как можно усилить процесс гидролиза? Приведите пример.
11. Как можно уменьшить гидролиз соли? Приведите пример.
12. В каких случаях гидролиз протекает необратимо? Приведите пример.
13. Как протекает гидролиз соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой? Приведите пример.
14. Как протекает гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой? Приведите пример.
15. Как протекает гидролиз соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой? Приведите пример.
16. Является ли вода электролитом?
17. Как протекает диссоциация воды?
18. Сравните концентрацию ионов  $\text{H}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) и  $\text{OH}^-$  в чистой воде.
19. Сравните концентрацию ионов  $\text{H}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) и  $\text{OH}^-$  в растворах кислот.
20. Сравните концентрацию ионов  $\text{H}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) и  $\text{OH}^-$  в растворах щелочей.

### Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** Напишите уравнения реакции гидролиза ацетата калия. Какова кислотность полученного раствора?

*Решение.* Соль образована сильным основанием и слабой кислотой, поэтому гидролиз идет по аниону:

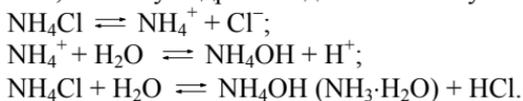




Раствор имеет щелочную среду,  $\text{pH} > 7$ .

**Задача 2. Напишите уравнения реакции гидролиза хлорида аммония. Какова кислотность полученного раствора?**

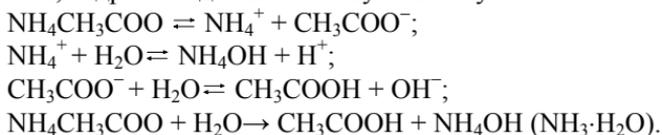
*Решение.* Соль образована слабым основанием и сильной кислотой, поэтому гидролиз идет по катиону:



Раствор имеет кислую среду,  $\text{pH} < 7$ .

**Задача 3. Напишите уравнения реакции гидролиза ацетата аммония. Какова кислотность полученного раствора?**

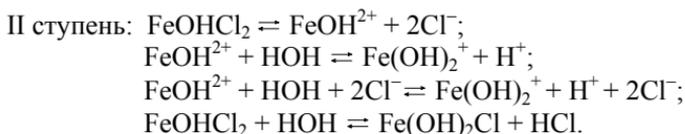
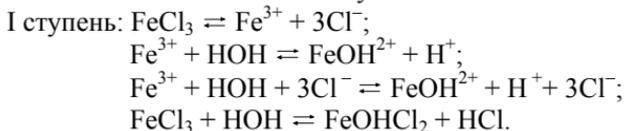
*Решение.* Соль образована слабым основанием и слабой кислотой, гидролиз идет по катиону и аниону:



Раствор имеет нейтральную среду,  $\text{pH} \approx 7$ .

**Задача 4. Напишите уравнения реакции гидролиза хлорида железа (III).**

*Решение.* Соль  $\text{FeCl}_3$  образована слабым многокислотным основанием и одноосновной кислотой. Гидролиз идет многоступенчато по катиону, в **основном** по I-й ступени и в небольшой степени по II-й ступени.



## Упражнения для самостоятельной работы с ответами

- Соли, которые подвергаются гидролизу, – это:  
а)  $\text{FeSO}_4$ ;                      в)  $\text{CaBr}_2$ ;  
б)  $\text{BaSO}_4$ ;                      г)  $\text{KF}$ .
- Соли, которые не подвергаются гидролизу, – это:  
а)  $\text{FeBr}_2$ ;                      в)  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ ;  
б)  $\text{NaBr}$ ;                      г)  $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$ .
- Соли, которые подвергаются гидролизу по катиону, – это:  
а)  $\text{CaBr}_2$ ;                      в)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;  
б)  $\text{FeBr}_3$ ;                      г)  $\text{KNO}_3$ .
- Соли, которые подвергаются гидролизу по аниону, – это:  
а)  $\text{MnCl}_2$ ;                      а)  $\text{KClO}_4$ ;  
б)  $\text{AgF}$ ;                      г)  $\text{KClO}$ .
- Щелочную среду будет иметь раствор:  
а)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;                      в)  $\text{NaHSO}_4$ ;  
б)  $\text{KBr}$ ;                      г)  $\text{FeSO}_4$ .
- Водные растворы многих солей могут иметь щелочную или кислую среды. Причиной этого является:  
а) электролиз солей;                      в) гидролиз солей;  
б) диспропорционирование солей;                      г) гидратирование солей.
- Водный раствор соли имеет нейтральную реакцию, если соль образована:  
а) сильным основанием и слабой кислотой;  
б) сильным основанием и сильной кислотой;  
в) слабым основанием и слабой кислотой;  
г) слабым основанием и сильной кислотой.
- Какое вещество практически полностью гидролизуеться в водном растворе?  
а)  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ;                      в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  
б)  $\text{KCl}$ ;                      г) таких веществ не существует.
- При сливании растворов  $\text{AlBr}_3$  (2 моль) и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (3 моль) при нагревании образуется:  
а) осадок и газ;                      в) газ;  
б) осадок;                      г) не происходит никаких изменений.
- Водные растворы какой пары солей могут сосуществовать в растворе?  
а)  $\text{NaClO}_4$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ;                      в)  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{BaBr}_2$ ;  
б)  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ;                      г)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

## Ответы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а, г	б, в	г, в	б, г	а	в	а, в	а	а	а, б

### Упражнения для самостоятельной работы\*

1. Составьте уравнения реакций гидролиза нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
2. Составьте уравнения реакций гидролиза ацетата натрия  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
3. Составьте уравнения реакций гидролиза хлорида меди (II)  $\text{CuCl}_2$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
4. Составьте уравнения реакций гидролиза карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
5. Составьте уравнения реакций гидролиза карбоната калия  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
6. Составьте уравнения реакций гидролиза хлорида железа (II)  $\text{FeCl}_2$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
7. Составьте уравнения реакций гидролиза ацетата цинка  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
8. Составьте уравнения реакций гидролиза карбоната аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
9. Составьте уравнения реакций гидролиза карбоната рубидия  $\text{Rb}_2\text{CO}_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
10. Составьте уравнения реакций гидролиза нитрита марганца (II)  $\text{Mn}(\text{NO}_2)_2$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.

11. Составьте уравнения реакций гидролиза сульфида калия  $K_2S$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
12. Составьте уравнения реакций гидролиза сульфида рубидия  $Rb_2S$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
13. Составьте уравнения реакций гидролиза бромид аммония  $NH_4Br$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
14. Составьте уравнения реакций гидролиза ацетата алюминия  $Al(CH_3COO)_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
15. Составьте уравнения реакций гидролиза ацетата железа (III)  $Fe(CH_3COO)_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
16. Составьте уравнения реакций гидролиза ацетата железа (II)  $Fe(CH_3COO)_2$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
17. Составьте уравнения реакций гидролиза йодида аммония  $NH_4I$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
18. Составьте уравнения реакций гидролиза хлорида алюминия  $AlCl_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
19. Составьте уравнения реакций гидролиза ацетата магния  $Mg(CH_3COO)_2$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
20. Составьте уравнения реакций гидролиза нитрита аммония  $NH_4NO_2$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
21. Составьте уравнения реакций гидролиза сульфида аммония  $(NH_4)_2S$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
22. Составьте уравнения реакций гидролиза фосфата аммония  $(NH_4)_3PO_4$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
23. Составьте уравнения реакций гидролиза сульфита калия  $K_2SO_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.

24. Составьте уравнения реакций гидролиза сульфита натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.
25. Составьте уравнения реакций гидролиза сульфита аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  в молекулярной, полной ионной и, если возможно, сокращённой ионной формах.

*\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 174–177).*

# ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ КЛАССАМИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

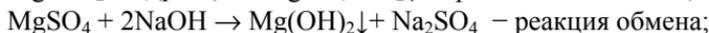
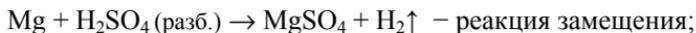
1. Как можно получить из кислоты и соли новую соль? Приведите пример реакции и определите её тип.
2. Как получить сложное вещество из простых веществ? Приведите пример реакции и определите её тип.
3. Как получить простые вещества из сложных? Приведите пример реакции и определите её тип.
4. Как можно получить из металла оксид? Приведите пример реакции и определите её тип.
5. Как можно получить из неметалла оксид? Приведите пример реакции и определите её тип.
6. Как можно получить оксид из основания? Приведите пример реакции и определите её тип.
7. Как можно получить оксид из кислородсодержащей кислоты? Приведите пример реакции и определите её тип.
8. Как можно получить соль из кислоты и основания? Приведите пример реакции и определите её тип.
9. Как можно получить из металла и соли другую соль? Приведите пример реакции и определите её тип.
10. Как можно получить из двух солей новую соль? Приведите пример реакции и определите её тип.
11. Как можно получить соль из металла и кислоты? Приведите пример реакции и определите её тип.
12. Как можно получить соль из металла и неметалла? Приведите пример реакции и определите её тип.

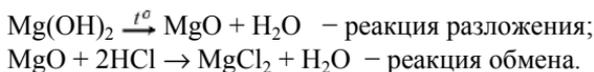
## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Напишите уравнения реакций превращений и укажите тип реакции:**

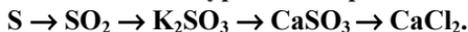


*Решение.*

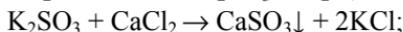
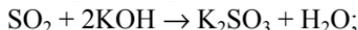
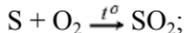




**Задача 2. Напишите уравнения реакций превращений:**



*Решение.*

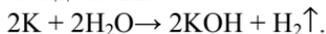


**Задача 3. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно сделать следующие превращения:**

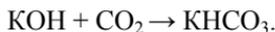


*Решение.*

1) Взаимодействие металла с водой приводит к образованию гидроксида калия:



2) Взаимодействие щелочи с кислотным оксидом в строгом соотношении количеств веществ приводит к образованию кислой соли:



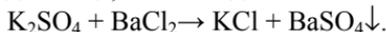
3) Гидрокарбонат при нагревании разлагается:



4) Сульфат можно получить действием серной кислоты на карбонат:



5) Хлорид калия получаем реакцией обмена между солями; реакция идёт до конца, так как одна из солей выпадает в осадок:



6) Калий получим при электролизе расплава KCl:



**Упражнения для самостоятельной работы**

1. Напишите уравнения реакций превращений:



2. Напишите уравнения реакций превращений:



3. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{NaAlO}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ .
4. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{K} \rightarrow \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{K}_2\text{ZnO}_2 \rightarrow \text{KCl} \rightarrow \text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2$ .
5. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CO}_2$ .
6. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Fe} \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ .
7. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$ .
8. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3$ .
9. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Br}_2 \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{ZnBr}_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_4$ .
10. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{S} \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{KHS} \rightarrow \text{K}_2\text{S} \rightarrow \text{PbS}$ .
11. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_3 \rightarrow \text{CaO}$ .
12. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaSO}_4$ .
13. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ .
14. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ .
15. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Cu} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{CuCl}_2$ .
16. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{ZnCl}_2$ .
17. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Hg} \rightarrow \text{HgO} \rightarrow \text{HgSO}_4 \rightarrow \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}$ .
18. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ .
19. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{H}_2 \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$ .
20. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Cu} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuO}$ .
21. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{AlCl}_3$ .

22. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{MnO} \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{MnS}$ .
23. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \text{PbCl}_2$ .
24. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Cu}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{AgCl}$ .
25. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Ba} \rightarrow \text{BaO} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_2)_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$ .
26. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{K} \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KAlO}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3$ .
27. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{HgO} \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}$ .
28. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2$ .
29. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{ZnO} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{ZnO}$ .
30. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_3 \rightarrow \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$ .
31. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KHSO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4$ .
32. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Hg} \rightarrow \text{HgO} \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Hg} \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4$ .
33. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ .
34. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ .
35. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{P}_4 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{HPO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4$ .
36. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{KHCO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2$ .
37. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{CaSO}_3 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .
38. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Mg} \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgSO}_4$ .
39. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{PbSiO}_3$ .
40. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}$ .

41. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4$ .
42. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{HCl}$ .
43. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{P}_4 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .
44. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaOCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ .
45. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Cu}_2\text{O} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}$ .

## Ответы

В ответах последовательно приведены вещества или действия для получения нужного продукта

1	+H <sub>2</sub> O; +CO <sub>2</sub> ; +CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O; +HCl; электролиз расплава	2	+O <sub>2</sub> ; +O <sub>2</sub> ; +NaOH; +CO <sub>2</sub> ; t°
3	+O <sub>2</sub> ; +NaOH; +HCl; +NaOH; +NaOH	4	+H <sub>2</sub> O; +ZnO; +HCl; +AgNO <sub>3</sub> ; t°
5	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> O; +CO <sub>2</sub> ; +CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O; t°	6	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; +KOH; t°; +O <sub>2</sub>
7	+H <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; +BaCl <sub>2</sub> ; +KOH; t°	8	+H <sub>2</sub> ; +HCl; KOH; +HNO <sub>3</sub> ; +KOH
9	+H <sub>2</sub> ; +ZnO; +NaOH; t°; +SO <sub>3</sub>	10	+Fe; +HCl; +KOH; +KOH; +Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
11	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> O; +NaOH; +Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ; +HCl;	12	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> O; +Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ; t°; +SO <sub>3</sub>
13	+H <sub>2</sub> O; +CO <sub>2</sub> ; +HCl; +AgNO <sub>3</sub> ; t°	14	+Cu; +Fe; +NaOH; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; +BaCl <sub>2</sub>
15	+Cl <sub>2</sub> ; +NaOH; t°; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; +BaCl <sub>2</sub>	16	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; +KOH; +KOH; +HCl
17	t°; +O <sub>2</sub> ; SO <sub>3</sub> ; +HCl; +Fe	18	+HCl; +AgNO <sub>3</sub> ; t°; +HCl; +KOH
19	Cl <sub>2</sub> ; +Zn; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; t°; Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ; KOH	20	+Cl <sub>2</sub> ; +NaOH; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; +Fe; +O <sub>2</sub>
21	+Cl <sub>2</sub> ; +AgNO <sub>3</sub> ; +KOH; +KOH; +HCl	22	+HNO <sub>3</sub> ; +KOH; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; +BaCl <sub>2</sub> ; +K <sub>2</sub> S
23	+Fe; +O <sub>2</sub> ; +HNO <sub>3</sub> ; t°; +HCl	24	+H <sub>2</sub> O; CuCl <sub>2</sub> ; +NaOH; +HCl; +AgNO <sub>3</sub>
25	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> O; +N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; t°; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	26	+H <sub>2</sub> O; AlCl <sub>3</sub> ; t°; +K <sub>2</sub> O; +HCl
27	+HNO <sub>3</sub> ; +Cu; +KOH; +HCl; +Fe	28	+S; +HCl; +O <sub>2</sub> ; +KOH; +HCl
29	+HCl; +KOH; +HNO <sub>3</sub> ; +K <sub>2</sub> S; +O <sub>2</sub>	30	+O <sub>2</sub> ; +KOH; +Ba(OH) <sub>2</sub> ; +HCl; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
31	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> O; +KOH; +KOH; +BaCl <sub>2</sub>	32	+O <sub>2</sub> ; +HNO <sub>3</sub> ; +Fe; +AgNO <sub>3</sub> ; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.)

<b>33</b>	+O <sub>2</sub> ; +Ca(OH) <sub>2</sub> ; t°; +HCl; +AgNO <sub>3</sub>	<b>34</b>	+Zn; +O <sub>2</sub> ; +BaO; +HNO <sub>3</sub> ; t°
<b>35</b>	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> O; +H <sub>2</sub> O; Ca(OH) <sub>2</sub> ; +H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	<b>36</b>	+H <sub>2</sub> O; +KOH; +KOH; +Ca(OH) <sub>2</sub> ; +HCl
<b>37</b>	t°; +CaO; +H <sub>2</sub> O+SO <sub>2</sub> ; t°; HNO <sub>3</sub>	<b>38</b>	+HCl; +AgNO <sub>3</sub> ; +KOH; t°; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>39</b>	+O <sub>2</sub> ; +KOH; +HCl; t°; +PbO	<b>40</b>	+Fe; +HNO <sub>3</sub> ; +KOH; t°; +H <sub>2</sub>
<b>41</b>	+KOH; t°; + HNO <sub>3</sub> ; +Fe; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.)	<b>42</b>	t°; +Cu; +H <sub>2</sub> ; +Cl <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , t°
<b>43</b>	+O <sub>2</sub> ; +H <sub>2</sub> O; +Ca(OH) <sub>2</sub> ; +Ca(OH) <sub>2</sub> ; +Ca(OH) <sub>2</sub>	<b>44</b>	+Ca(OH) <sub>2</sub> ; +Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ; t°; +C; +H <sub>2</sub> O
<b>45</b>	+O <sub>2</sub> ; + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ; t°; +H <sub>2</sub>		

*При затруднении с написанием реакций см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 182–183), а также в главе 15 разделы «Химические свойства оксидов, оснований, кислот, солей» или «Получение оксидов, оснований, кислот, солей».*

# МЕТАЛЛЫ

## Положение металлов в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева

1. Какие элементы по электронному строению атомов относятся к металлам?
2. Где расположены металлы в Периодической системе элементов?
3. Как называются металлы первой и второй групп Периодической системы элементов?
4. Чем обуславливаются металлические свойства элемента?
5. Какие степени окисления могут иметь металлы?
6. Как изменяются величины энергии ионизации металлов 1–18-й групп Периодической системы элементов?
7. Какой тип химической связи реализуется в металлах?
8. В чём особенности свойств металлов?
9. Каковы основные характеристики металлической связи?
10. Напишите электронную конфигурацию *s*-элементов.
11. Металлы каких групп относятся к *d*-элементам?
12. Почему *f*-элементы являются металлами?
13. На какие группы делят металлы по их химическим свойствам?
14. Какие металлы относятся к переходным металлам?
15. В каких металлах IV периода имеет место проскок электронов? Почему?
16. Почему большинство элементов являются металлами?
17. Элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$ . Это металл или неметалл?
18. Элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$ . Это металл или неметалл?
19. Элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ . Это металл или неметалл?
20. Элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^5 5s^2$ . Это металл или неметалл?
21. Элемент имеет электронную конфигурацию (формулу)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$ . Это металл или неметалл?
22. Какие из следующих элементов являются металлами:  
Br (№ 35), Ti (№ 22), W (№ 74), Bi (№ 83), La (№ 57)?

23. Какие из следующих элементов являются металлами:  
V (№ 23), Co (№ 27), Xe (№ 54), Ta (№ 73), Mo (№ 42)?
24. Какие из следующих элементов являются металлами:  
Ra (№ 88), Te (№ 52), Si (№ 14), I (№ 53), Pb (№ 82)?
25. Какие из следующих элементов являются металлами:  
U (№ 92), Cs (№ 55), P (№ 15), Ar (№ 18), Zr (№ 40)?
26. Какие из следующих элементов являются металлами:  
Nb (№ 41), Pt (№ 78), Rb (№ 37), He (№ 4), Tl (№ 81)?
27. Какие общие физические свойства металлов вы знаете?
28. Почему прочность связи между атомами *s*-металлов меньше, чем у *d*-металлов?
29. Почему в химических реакциях металлы являются восстановителями?
30. Какие из *p*-элементов металлы?
31. Чем различаются *s*- и *d*-металлы по физическим свойствам?
32. Чем различаются *s*- и *d*-металлы по химическим свойствам?
33. На каких орбиталях находятся валентные электроны в атомах переходных металлов?
34. Почему максимальная степень окисления переходных металлов равна номеру группы (короткий вариант Периодической системы), хотя на внешнем уровне их атомов находится не более 2 электронов?
35. Среди известных элементов каких больше – металлов или неметаллов?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Как называются продукты соединения металлов с кислородом?  
Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Hg} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow$ .
2. Как называются продукты соединения металлов с серой?  
Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Cu} + \text{S} \rightarrow$ ;  
 $\text{Ag} + \text{S} \rightarrow$ ;  
 $\text{Al} + \text{S} \rightarrow$ .

- Как называются продукты соединения металлов с водородом?  
Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Na} + \text{H}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Ca} + \text{H}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{K} + \text{H}_2 \rightarrow$ .
- Как называются продукты соединения металлов с галогенами?  
Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Al} + \text{I}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Cu} + \text{Br}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Fe} + \text{Cl}_2 \rightarrow$ .
- Как называются продукты соединения металлов с азотом?  
Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Ca} + \text{N}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Al} + \text{N}_2 \rightarrow$ .
- Какие из металлов K, Hg, Mg, Na, Au реагируют с водой?  
Напишите уравнения реакций.
- Какие из металлов Mg, Cu, Ag, Al, Zn реагируют с разбавленной серной кислотой  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Напишите уравнения реакций.
- Какие из металлов Cu, Al, Mg, Ag, Au реагируют с концентрированной азотной кислотой  $\text{HNO}_3$  при комнатной температуре? Напишите уравнения реакций.
- Какие из металлов Mg, Al, Cu, Zn реагируют с раствором щёлочи  $\text{NaOH}$ ? Напишите уравнения реакций.
- Какие из металлов Fe, Hg, Mg, Ag, Zn реагируют с раствором соли  $\text{CuSO}_4$ ? Напишите уравнения реакций.

## Ответы

<b>1</b>	$2\text{Hg} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{HgO}$ оксид ртути (II), $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Al}_2\text{O}_3$ оксид алюминия, $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ оксид магния	<b>2</b>	$\text{Cu} + \text{S} \xrightarrow{t^\circ} \text{CuS}$ сульфид меди (II), $\text{Ag} + \text{S} \xrightarrow{t^\circ} \text{Ag}_2\text{S}$ сульфид серебра, $2\text{Al} + \text{S} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Al}_2\text{S}_3$ сульфид алюминия
<b>3</b>	$2\text{Na} + \text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{NaNH}$ гидрид натрия, $\text{Ca} + \text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CaH}_2$ гидрид кальция, $2\text{K} + \text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{KH}$ гидрид калия	<b>4</b>	$2\text{Al} + 3\text{I}_2 \rightarrow 2\text{AlI}_3$ йодид алюминия, $\text{Cu} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CuBr}_2$ бромид меди (II)

			$2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$ хлорид железа (III)
5	$3\text{Ca} + \text{N}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{Ca}_3\text{N}_2$ нитрид кальция, $6\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}$ нитрид лития, $2\text{Al} + \text{N}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{AlN}$ нитрид алюминия	6	$2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2\uparrow$ , $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$
7	$\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ , $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ , $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$	8	$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , $4\text{Mg} + 10\text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ $4\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Ag} + 2\text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow$ $\text{AgNO}_3 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
9	$2\text{Al} + 6\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ}$ $2\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\uparrow$ , $\text{Zn} + 2\text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\uparrow$	10	$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ , $\text{Mg} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{Cu}$ , $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$

При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014, с. 162 (электрохимический ряд напряжений металлов, взаимодействие металлов с кислотами), с. 171 (взаимодействие металлов с солями), с. 154 (взаимодействие металлов со щелочами), а также разделы, посвящённые химии конкретных элементов).

## Получение металлов из руд

1. В каком виде в природе встречаются *s*-металлы? Почему? Приведите пример.
2. В каком виде в природе встречаются *d*-металлы? Почему? Приведите пример.
3. Что такое руда? Приведите пример.
4. Какие промышленные способы получения металлов из руд вы знаете?
5. Что такое пирометаллургия? Приведите пример получения металла из руды методом пирометаллургии.
6. Что такое гидрометаллургия? Приведите пример получения металла из руды методом гидрометаллургии.
7. Приведите примеры получения металла из руд методом обжига.
8. Приведите примеры получения металла из руд электролизом расплава.

9. Приведите примеры получения металла из руд электролизом раствора.
10. Какой метод получения активных металлов (K, Na, Al) обычно используется в промышленности? Объясните на примере получения Na из NaCl, приведите уравнения реакций.
11. Какой метод получения металлов средней активности (Fe, Zn, Sn) из оксидов вы знаете? Объясните на примере получения Fe из  $Fe_2O_3$ , приведите уравнения реакций.

## **Коррозия металлов**

1. Что такое коррозия металлов?
2. Какие виды коррозии металлов вы знаете?
3. Какие факторы ускоряют процесс коррозии?
4. Перечислите методы защиты металлов от коррозии.
5. В какое время года (зимой или летом) коррозия металла происходит быстрее? Ответ объясните.
6. Можно ли для защиты металла от коррозии использовать покрытие из более активного металла? Ответ объясните.
7. Можно ли для защиты металла от коррозии использовать покрытие из менее активного металла? Ответ объясните.
8. Какие из металлов Mg, Cu, Zn можно использовать в качестве протектора для защиты от коррозии изделий из железа? Ответ объясните.
9. Почему коррозия металла в воде идет быстрее, если в воде растворен кислород?
10. Что такое пассивация металлов?

# Свойства отдельных представителей металлов

## Щелочные металлы

1. Охарактеризуйте положение щелочных металлов в Периодической системе элементов, электронное строение их атомов и характерную степень окисления.
2. В каком виде щелочные металлы находятся в природе? Как получают щелочные металлы в промышленности?
3. Какие физические свойства характерны для щелочных металлов? Почему температура плавления и твёрдость щелочных металлов уменьшается в ряду Li – Na – K – Rb – Cs?
4. Какие химические свойства характерны для щелочных металлов? Объясните на примере калия K (приведите уравнения реакций).
5. Какие химические свойства характерны для оксидов и гидроксидов щелочных металлов? Объясните на примере оксида натрия  $\text{Na}_2\text{O}$  и гидроксида натрия NaOH (приведите уравнения реакций).
6. Каковы особенности взаимодействия щелочных металлов с кислородом?
7. В чём проявляются аномальные свойства лития?
8. Как получают щёлочи?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Поставьте щелочные металлы Na, K, Li, Cs, Rb в порядке увеличения металлических свойств.
2. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Na} + \text{S} \rightarrow$ ;                       $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{K} + \text{Cl}_2 \rightarrow$ ;                       $\text{K} + \text{HCl} \rightarrow$ .
3. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.)  $\rightarrow$ ;     $\text{Na} + \text{Br}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{K} + \text{H}_2 \rightarrow$ ;                       $\text{K} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ .
4. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Na} + \text{S} \rightarrow$ ;                       $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{K} + \text{Cl}_2 \rightarrow$ ;                       $\text{K} + \text{HCl} \rightarrow$ .

5. Напишите уравнения реакций кислот  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (разб.),  $\text{HNO}_3$  (конц.) с натрием  $\text{Na}$ .
6. Напишите уравнения реакций кислот  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.),  $\text{HNO}_3$ (разб.) с калием  $\text{K}$ .
7. С какими веществами может реагировать оксид натрия  $\text{Na}_2\text{O}$ :  
 $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{SO}_2$ ?  
Напишите уравнения соответствующих реакций.
8. С какими веществами может реагировать оксид калия  $\text{K}_2\text{O}$ :  
 $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ?  
Напишите уравнения соответствующих реакций.
9. С какими веществами может реагировать гидроксид калия  $\text{KOH}$ :  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ?  
Напишите уравнения соответствующих реакций.
10. С какими веществами может реагировать гидроксид натрия  $\text{NaOH}$ :  
 $\text{CaO}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ?  
Напишите уравнения соответствующих реакций.
11. С какими веществами может реагировать сульфид калия  $\text{K}_2\text{S}$ :  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ?  
Напишите уравнения соответствующих реакций.
12. С какими веществами может реагировать карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :  
 $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{O}_2$ ?  
Напишите уравнения соответствующих реакций.
13. Укажите три разных способа получения гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ . Приведите уравнения реакций.
14. Укажите три разных способа получения калия  $\text{K}$ . Приведите уравнения реакций.
15. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{KOH} \rightarrow \text{K} \rightarrow \text{KCl} \rightarrow \text{AgCl}$
16. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{Na}$ .

### Ответы\*

1	$\text{Li}$ , $\text{Na}$ , $\text{K}$ , $\text{Rb}$ , $\text{Cs}$
2	$\text{Na} + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}$ ; $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{K} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl}$ ; $2\text{K} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{H}_2\uparrow$
3	$8\text{Na} + 5\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.) $\rightarrow 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{Na} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{NaBr}$ ; $2\text{K} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{KH}$ ; $\text{K} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{K}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\uparrow$

4	$2\text{Na} + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S};$ $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow;$ $2\text{K} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl}; 2\text{K} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{H}_2\uparrow$
5	$2\text{Na} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\uparrow;$ $2\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб.}) \rightarrow 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\uparrow;$ $8\text{Na} + 10\text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow 8\text{NaNO}_3 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$
6	$2\text{K} + 2\text{HF} \rightarrow 2\text{KF} + \text{H}_2\uparrow;$ $8\text{K} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) \rightarrow 4\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O};$ $8\text{K} + 10\text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow 8\text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
7	$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH};$ $3\text{Na}_2\text{O} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\uparrow;$ $\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$
8	$\text{K}_2\text{O} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O};$ $\text{K}_2\text{O} + \text{ZnO} \xrightarrow{t^\circ} \text{K}_2\text{ZnO}_2$
9	$2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O};$ $3\text{KOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6];$ $2\text{KOH} + \text{SnO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4];$ $2\text{KOH} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KCl}$
10	$\text{NaOH} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O};$ $2\text{NaOH} + \text{Zn} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\uparrow;$ $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
11	$\text{K}_2\text{S} + \text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{S}\uparrow;$ $\text{K}_2\text{S} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow + 2\text{KNO}_3;$ $\text{K}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{CuS}\downarrow$
12	$3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2\uparrow;$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{NaNO}_3 + \text{BaCO}_3\downarrow$
13	$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow;$ $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow;$ $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH}$
14	$2\text{KCl} (\text{расплав}) \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{K} + \text{Cl}_2;$ $4\text{KOH} (\text{расплав}) \xrightarrow{\text{электролиз}} 4\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow;$ $2\text{KH} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{K} + \text{H}_2\uparrow$
15	электролиз расплава; +HCl; +AgNO <sub>3</sub>
16	+H <sub>2</sub> O; +HCl; электролиз расплава

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014, раздел 17.2 (с. 195–198)).

## Щёлочноземельные металлы

1. Охарактеризуйте положение щёлочноземельных металлов в Периодической системе элементов, электронное строение их атомов и характерную степень окисления.
2. В каком виде щёлочноземельные металлы находятся в природе? Как получают щёлочноземельные металлы в промышленности?
3. Какие физические свойства характерны для щёлочноземельных металлов? Почему температура плавления щёлочноземельных металлов уменьшается в ряду Ca – Sr – Ba?
4. Какие химические свойства характерны для щёлочноземельных металлов? Объясните на примере кальция Ca (приведите уравнения реакций).
5. Какие химические свойства характерны для оксидов и гидроксидов щёлочноземельных металлов? Объясните на примере оксида кальция CaO и гидроксида кальция Ca(OH)<sub>2</sub> (приведите уравнения реакций).
6. Что происходит при нагревании карбонатов щёлочноземельных металлов?
7. Что происходит при нагревании нитратов щёлочноземельных металлов?
8. Какова биологическая роль *s*-элементов?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите щёлочноземельные металлы Ba, Ca, Sr, Ra в порядке увеличения металлических свойств.
2. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Ca} + \text{S} \rightarrow$ ;                       $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;                       $\text{Ca} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow$ .
3. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Ba} + \text{Br}_2 \rightarrow$ ;                       $\text{Ba} + \text{HCl} \rightarrow$ ;  
 $\text{Ba} + \text{N}_2 \rightarrow$ ;                       $\text{Ba} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ .
4. С какими веществами может реагировать оксид кальция CaO: ZnO, H<sub>2</sub>O, MnO, HCl?
5. Напишите уравнения реакций кислот HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(разб.), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(конц.) с кальцием Ca.
6. Напишите уравнения реакций кислот HNO<sub>3</sub>(конц.) и HNO<sub>3</sub>(разб.) с кальцием Ca.

- С какими веществами может реагировать гидроксид кальция  $\text{Ca(OH)}_2$ :  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Fe}$ ?
- С какими веществами может реагировать карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ :  $\text{HCl}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{O}_2$ ?
- Укажите три разных способа получения оксида кальция  $\text{CaO}$ . Приведите уравнения реакций.
- Укажите три разных способа получения гидроксида кальция  $\text{Ca(OH)}_2$ . Приведите уравнения реакций.
- Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO}$ .
- Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{MgO} \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2$ .

### Ответы\*

1	Ca, Sr, Ba, Ra
2	$\text{Ca} + \text{S} \rightarrow \text{CaS}$ ; $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$ ; $\text{Ca} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$
3	$\text{Ba} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{BaBr}_2$ ; $\text{Ba} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2$ ; $4\text{Ba} + 3\text{N}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Ba}_2\text{N}_3$ ; $\text{Ba} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ba(OH)}_2 + \text{H}_2\uparrow$
4	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ ; $\text{CaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5	$\text{Ca} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ; $\text{Ca} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2$ ; $4\text{Ca} + 5\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow 4\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
6	$4\text{Ca} + 10\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 4\text{Ca(NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; $4\text{Ca} + 10\text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow 4\text{Ca(NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$
7	$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
8	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ ; $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$
9	$2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$ ; $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$ ; $\text{Ca(OH)}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$
10	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ ; $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ; $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{Ca(OH)}_2 + \text{Cl}_2\uparrow$
11	$+ \text{O}_2$ ; $+ \text{H}_2\text{O}$ ; $+ \text{HCl}$ ; $+ \text{CO}_2$ ; $\xrightarrow{t^\circ}$
12	$+ \text{HCl}$ ; $+ \text{AgNO}_3$ ; $\text{KOH}$ ; $\xrightarrow{t^\circ}$ ; $+ \text{H}_2\text{O}$ , $t^\circ$

\*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014, раздел 17.3 (с. 199–202)).

## Алюминий

1. Укажите положение алюминия в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и характерную степень окисления.
2. В каком виде алюминий находится в природе? Как получают алюминий в промышленности?
3. Какие химические свойства характерны для алюминия? Приведите уравнения реакций.
4. Какие химические свойства характерны для оксида алюминия  $Al_2O_3$ ? Приведите уравнения реакций.
5. Какие химические свойства характерны для гидроксида алюминия  $Al(OH)_3$ ? Приведите уравнения реакций.
6. Как алюминий взаимодействует с кислотами-окислителями?
7. Взаимодействует ли алюминий со щелочами?
8. Что такое алюмотермия? Напишите реакцию, укажите, где она применяется.

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите уравнения реакций:  
 $Al + S \rightarrow$ ;                       $Al + Cl_2 \rightarrow$ ;  
 $Al + O_2 \rightarrow$ ;                       $Al + HCl \rightarrow$ .
2. С какими веществами может реагировать оксид алюминия  $Al_2O_3$ :  
 $H_2SO_4$ ,  $CaO$ ,  $H_2O$ ,  $CuCl_2$ ?
3. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $Al(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$ ;     $Al(OH)_3 \xrightarrow{t^o}$ ;  
 $Al(OH)_3 + Zn \rightarrow$ ;         $Al(OH)_3 + NaOH$  (раствор)  $\rightarrow$ .
4. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $AlCl_3 + AgNO_3 \rightarrow$ ;         $Al_2(SO_4)_3 + KOH \rightarrow$ ;  
 $AlCl_3 + Hg \rightarrow$ ;               $Al_2S_3 + HCl \rightarrow$ .
5. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $Al + HCl \rightarrow$ ;     $Al + H_2SO_4$ (конц.)  $\rightarrow$ ;         $Al + HNO_3$ (разб.)  $\rightarrow$ .  
Если надо, укажите условия проведения реакций.
6. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $Al + KOH \rightarrow$ ;     $Al + H_2SO_4$ (разб.)  $\rightarrow$ ;     $Al + HNO_3$ (конц.)  $\rightarrow$ .  
Если надо, укажите условия проведения реакций.

- Напишите уравнения реакций, которые доказывают амфотерность гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .
- Укажите три разных способа получения хлорида алюминия  $\text{AlCl}_3$ . Приведите уравнения реакций.
- Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{KAlO}_2 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ .
- Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{AlCl}_3$ .

### Ответы\*

1	$2\text{Al} + 3\text{S} \xrightarrow{t^\circ} \text{Al}_2\text{S}_3$ ; $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3$ ; $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ; $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$
2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \xrightarrow{t^\circ} \text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$
3	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$
4	$\text{AlCl}_3 + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{AgCl}\downarrow$ ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{KOH} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{K}_2\text{SO}_4$ ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 12\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{K}_2\text{SO}_4$ ; $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$
5	$2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ ; $8\text{Al} + 30\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 8\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3 + 9\text{H}_2\text{O}$
6	$2\text{Al} + 6\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ ; $\text{Al} + 6\text{HNO}_3(\text{конц.}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$
7	$2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ ; $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$
8	$2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3$ ; $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
9	$+\text{HCl}$ ; $+\text{KOH}$ ; $\xrightarrow{t^\circ}$ ; $+\text{KOH}$ ; $+\text{HNO}_3$
10	$+\text{HCl}$ ; $+\text{AgNO}_3$ ; $+\text{NaOH}$ ; $+\text{NaOH}$ ; $+\text{HCl}$

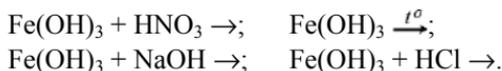
\*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014, раздел 18.1 (с. 206, 209–211)).

## Железо

1. Укажите положение железа в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и характерные степени окисления.
2. В каком виде железо находится в природе? Как получают железо в промышленности?
3. Какие химические свойства характерны для железа? Приведите уравнения реакций.
4. Какие химические свойства характерны для оксида железа (II)  $\text{FeO}$  и гидроксида железа (II)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ? Приведите уравнения реакций.
5. Какие химические свойства характерны для оксида железа (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и гидроксида железа (III)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ? Приведите уравнения реакций.

### Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow$ ;                       $\text{Fe} + \text{Cl}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;                       $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} (\text{пар}) \rightarrow$ .
2. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{Fe} + \text{HCl} \rightarrow$ ;  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб.}) \rightarrow$ ;     $\text{Fe} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow$ .  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
3. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$ ;  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) \rightarrow$ ;  $\text{Fe} + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow$ .  
Если надо, укажите условия проведения реакций.
4. С какими веществами может реагировать оксид железа (II)  $\text{FeO}$ :  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ?  
Если надо, укажите условия проведения реакций.
5. С какими веществами может реагировать оксид железа (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :  
 $\text{HNO}_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ?
6. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$ ;     $\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \rightarrow$ ;     $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow$ .
7. Закончите уравнения реакций, если они возможны:



8. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{FeO}.$
9. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_3.$   
 Укажите условия проведения реакций.
10. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NaFeO}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3.$   
 Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

### Ответы\*

1	$2\text{Fe} + 3\text{S} \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}_2\text{S}_3;$ $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3;$ $2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO};$ $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{пар}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2\uparrow$
2	$\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow;$ $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow;$ $\text{Fe} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
3	$2\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu};$ $2\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O};$ $8\text{Fe} + 30\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 8\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3 + 9\text{H}_2\text{O}$
4	$\text{FeO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O};$ $\text{FeO} + \text{CO} \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe} + \text{CO}_2\uparrow$
5	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O};$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{KFeO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
6	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{FeO} + \text{H}_2\text{O};$ $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
7	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O};$ $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O};$ $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6];$ $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
8	$+\text{HCl}; +\text{NaOH}; +\text{H}_2\text{SO}_4; +\text{Ba}(\text{NO}_3)_2; \xrightarrow{t^\circ}$
9	$+\text{H}_2; +\text{H}_2; +\text{O}_2; +\text{H}_2; +\text{Cl}_2$
10	$+\text{BaCl}_2; +\text{NaOH}; \xrightarrow{t^\circ}; +\text{NaOH} + t^\circ; +\text{H}_2\text{SO}_4$

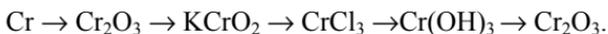
\*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014, раздел 19.8 (с. 271–274)).

# Хром

1. Укажите положение хрома в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и характерные степени окисления
2. Какие физические и химические свойства характерны для хрома Cr? Приведите уравнения реакций.
3. Какие химические свойства характерны для оксида хрома (II) CrO и гидроксида хрома (II) Cr(OH)<sub>2</sub>? Приведите уравнения реакций.
4. Какие химические свойства характерны для оксида хрома (III) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и гидроксида хрома (III) Cr(OH)<sub>3</sub>? Приведите уравнения реакций.
5. Какие химические свойства характерны для оксида хрома (VI) CrO<sub>3</sub> и кислот хрома (H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)? Приведите уравнения реакций.

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{Cr} + \text{Cl}_2 \rightarrow$ ;  $\text{Cr} + \text{O}_2 \rightarrow$ ;  $\text{Cr} + \text{HF} \rightarrow$ .
2. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{Cr} + \text{HCl} \rightarrow$ ;  $\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) \rightarrow$ ;  $\text{Cr} + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow$ .
3. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{Cr} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$ ;  $\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб.}) \rightarrow$ ;  $\text{Cr} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow$ .
4. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{Cr}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{Cr}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow$ .
5. Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t^\circ}$ ;  
 $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{Pb} \rightarrow$ .
6. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Cr} \rightarrow \text{CrCl}_2 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CrO} \rightarrow \text{CrSO}_4 \rightarrow \text{Cr}$ .  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
7. Напишите уравнения реакций превращений:  
 $\text{Cr} \rightarrow \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
8. Напишите уравнения реакций превращений:



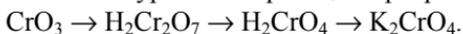
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

9. Напишите уравнения реакций превращений:



Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

10. Напишите уравнения реакций превращений:



11. Докажите амфотерность  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

12. Докажите амфотерность  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

### Ответы\*

1	$2\text{Cr} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{CrCl}_3$ ; $2\text{Cr} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CrO}$ ; $2\text{Cr} + \text{HF} \xrightarrow{\text{t}^\circ} \text{CrF}_2$
2	$2\text{Cr} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{CrCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{Cr} + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \xrightarrow{\text{t}^\circ} \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ ; $8\text{Cr} + 30\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 8\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3 + 9\text{H}_2\text{O}$
3	$2\text{Cr} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{CrSO}_4 + \text{Cu}$ ; $\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow \text{CrSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ ; $\text{Cr} + 6\text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$
4	$\text{Cr}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Cr}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} \text{CrO} + \text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{Cr}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} 2\text{Cr}(\text{OH})_3$
5	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{Cr}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\text{t}^\circ} \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
6	$+\text{HCl}$ ; $+\text{NaOH}$ ; $\xrightarrow{\text{t}^\circ}$ ; $+\text{H}_2\text{SO}_4$ ; $+\text{Zn}$
7	$+\text{Cl}_2$ ; $+\text{KOH}$ ; $\xrightarrow{\text{t}^\circ}$ ; $+\text{KOH}$ ; $+\text{H}_2\text{SO}_4$
8	$+\text{O}_2$ ; $+\text{KOH}$ , $\text{t}^\circ$ ; $+\text{HCl}$ ; $+\text{KOH}$ ; $+\xrightarrow{\text{t}^\circ}$
9	$+\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ; $+\text{H}_2\text{SO}_4$ ; $+\text{KMnO}_4$ ; $+\text{HCl}$ ; $+\text{Zn}$
10	$+\text{H}_2\text{O}$ ; $+\text{H}_2\text{SO}_4$ ; $+\text{KOH}$
11	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{t}^\circ} 2\text{NaCrO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
12	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ ; $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

\*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014, раздел 19.6 (с. 264–266)).

# НЕМЕТАЛЛЫ

## Положение неметаллов в Периодической системе элементов, их свойства

1. Какие элементы по электронному строению атомов относятся к неметаллам? Приведите пример.
2. Где расположены неметаллы в Периодической системе элементов?
3. Какие орбитали занимают валентные электроны в атомах неметаллов? Приведите пример.
4. Сравните электроотрицательность неметаллов и металлов. У каких элементов она больше и почему?
5. Расположите элементы С, О, Cl, N в порядке возрастания неметаллических свойств.
6. Расположите элементы О, F, Br, Te в порядке возрастания неметаллических свойств.
7. Какие окислительно-восстановительные свойства проявляют простые вещества-неметаллы в реакциях с металлами? Приведите пример.
8. Какой тип химической связи в простых веществах-неметаллах? Приведите пример.
9. Какие типы кристаллических решеток характерны для простых веществ-неметаллов? Приведите примеры.
10. Напишите в общем виде формулы летучих водородных соединений неметаллов 14–17-й групп (IVA–VIIA групп в коротком варианте Периодической системы элементов).
11. Напишите в общем виде формулы высших оксидов неметаллов 14-й и 15-й групп (IVA и VA групп в коротком варианте Периодической системы элементов). К какому классу оксидов они относятся?
12. Напишите общие формулы высших гидроксидов неметаллов 13–17-й групп (III–VIIA групп в коротком варианте Периодической системы элементов) и укажите тип этих гидроксидов: основания (основные гидроксиды, амфотерные гидроксиды) или кислородсодержащие кислоты (кислотные гидроксиды).
13. Какие из указанных веществ являются гидроксидами неметаллов:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{B}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ?

- С какими из указанных веществ могут реагировать солеобразующие оксиды неметаллов:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ? Если реакция возможна, напишите её уравнение, используя любой оксид неметалла.
- С какими из указанных веществ могут реагировать гидроксиды неметаллов (кислородсодержащие кислоты):  $\text{CaO}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{CO}_2$ ? Если реакция возможна, напишите её уравнение, используя любой гидроксид неметалла.

## **Свойства отдельных представителей неметаллов**

### **Водород**

- Укажите положение водорода в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления водорода.
- В каком виде водород находится в природе? Как получают водород в лаборатории и в промышленности? Напишите уравнения реакций.
- Напишите схему образования молекулы водорода и укажите вид связи.
- Какие физические свойства имеет водород?
- Какие химические свойства имеет водород? Напишите уравнения реакций.
- Какие химические свойства имеет главное соединение водорода – вода? Напишите уравнения реакций.
- Напишите изотопы водорода (укажите их названия и массовые числа).

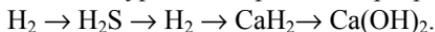
### **Упражнения для самостоятельной работы**

- Даны вещества  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ . Определите степень окисления водорода в каждом веществе.

- Даны вещества  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ . Укажите, где водород может быть только окислителем, только восстановителем и где он может быть как окислителем, так и восстановителем.
- Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow$ ;  $\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow$ ;  
 $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow$ ;  $\text{H}_2 + \text{K} \rightarrow$ .  
 Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
- Закончите уравнения реакций, если они возможны:  
 $\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \rightarrow$ ;  $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow$ ;  
 $\text{H}_2\text{O} + \text{Ca} \rightarrow$ ;  $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow$ .
- Какие металлы могут замещать водород в воде: Fe, Cu, Na, Mg, Ag? Напишите уравнения возможных реакций и укажите, где необходимо, условия их проведения.
- Какие металлы могут замещать водород в соляной кислоте HCl: Fe, Cu, Al, Zn, Hg?  
 Напишите уравнения возможных реакций.
- В каких кислотах Mg замещает водород:  
 $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разб.),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.),  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ?  
 Напишите уравнения возможных реакций.
- Используя метод электронного баланса, поставьте коэффициенты в уравнении:  
 $\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$ .  
 Где водород является окислителем, а где восстановителем?
- Используя метод электронного баланса, поставьте коэффициенты в уравнении  
 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ .  
 Какой из окислителей ( $\text{H}^+$  или  $\text{S}^{+6}$ ) сильнее в этой реакции?
- Используя метод электронного баланса, поставьте коэффициенты в уравнении  $\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ .  
 В этой реакции водород окислитель или восстановитель?
- Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{Na} \rightarrow \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KOH}$ .  
 Если надо, укажите условия проведения реакций.
- Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ .  
 Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
- Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{H}_2 \rightarrow \text{KH} \rightarrow \text{H}_2 \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{HCl}$ .

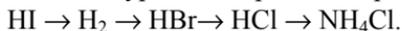
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

14. Напишите уравнения реакций превращения:



Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

15. Напишите уравнения реакций превращения:



Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

16. Напишите уравнения реакций превращения:



Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

### Ответы\*

1	+1, -1, +1, 0	2	Н окислитель в: $\text{NH}_3$ , $\text{HCl}$ ; Н восстановитель в: $\text{CaH}_2$ ; в $\text{H}_2$ Н и окислитель и восстановитель
3	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ ; $\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ ; $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ ; $\text{H}_2 + \text{K} \rightarrow 2\text{KH}$	4	$\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{HClO} + \text{HCl}$ ; $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH}$ ; $\text{H}_2\text{O} + \text{Ca} \rightarrow 2\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$ ; $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$
5	$3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe} \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{H}_2\text{O} + \text{Mg} \xrightarrow{t^\circ} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$	6	$\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ ; $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
7	$\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ ; $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ; $\text{Mg} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{MgS} + \text{H}_2\uparrow$	8	$\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$ ; $2\text{H}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2^0$   1 восстановитель $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2^0$   1 окислитель
9	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow$ $\text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Cu}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$   1 восстановитель $\text{S}^{6+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{S}^{4+}$   1 окислитель $\text{S}^{6+}$ более сильный окислитель, чем $\text{H}^+$	10	$3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ , $\text{H}_2^0 - 2\bar{e} \rightarrow 2\text{H}^+$   3 восстановитель $2\text{N}_2^0 + 6\bar{e} \rightarrow 2\text{N}^{3-}$   1 окислитель
11	+ $\text{H}_2\text{O}$ ; + $\text{O}_2$ ; + $\text{K}$	12	$\xrightarrow{t^\circ}$ ; $\xrightarrow{t^\circ}$ ; $\text{N}_2$ ; + $\text{O}_2$ + кат.
13	$\text{K}$ ; $\xrightarrow{t^\circ}$ (или $\text{H}_2\text{O}$ ); + $\text{Br}_2$ ; + $\text{Cl}_2$	14	+ $\text{S}$ ; $\xrightarrow{t^\circ}$ ; + $\text{Ca}$ , $t^\circ$ ; + $\text{H}_2\text{O}$
15	$\xrightarrow{t^\circ}$ ; + $\text{Br}_2$ ; + $\text{Cl}_2$ ; + $\text{NH}_3$	16	+ $\text{Zn}$ ; + $\text{Cl}_2$ ; + $\text{Na}_2\text{S}$ ; + $\text{O}_2$ , $t^\circ$

\*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 199–195).

## Углерод

1. Укажите положение углерода в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления углерода.
2. В каком виде углерод находится в природе?
3. Какие физические свойства имеет углерод? Какие аллотропные модификации углерода вы знаете?
4. Какие химические свойства имеет углерод? Какие соединения углерода с водородом и с металлами вы знаете?
5. Какие оксиды и кислоты углерода вы знаете?
6. Какие химические свойства имеют кислородные соединения углерода (оксиды углерода, угольная кислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$  и её соли)? Напишите уравнения реакций.
7. Напишите реакции, в которых углерод – восстановитель, углерод – окислитель.
8. Как реагирует углерод со щелочами и кислотами? Напишите уравнения возможных реакций.
9. Что такое полимеры? Приведите пример органического полимера и уравнение реакции его получения.
10. Какова биологическая роль углерода?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите формулы оксидов углерода и укажите их класс. Напишите уравнения их реакций с гидроксидом натрия  $\text{NaOH}$  (если реакции возможны).
2. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CO}_2$ .  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
3. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ .  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
4. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$ .  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
5. Напишите уравнения реакций превращения:



# Кремний

1. Укажите положение кремния в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления кремния.
2. В каком виде кремний находится в природе? Как получают кремний в промышленности?
3. Какие физические свойства имеет кремний и для каких целей его применяют в виде простого вещества?
4. Как реагирует кремний со щелочами и кислотами? Напишите уравнения возможных реакций.
5. Какими свойствами обладает оксид кремния (IV)? Напишите уравнения реакций.
6. Какие химические свойства имеют метакремниевая кислота  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  и её соли? Напишите уравнения реакций.
7. Назовите практически важные природные и искусственные силикаты. Какое применение они находят в технике и строительстве?
8. Что такое силаны?
9. Что такое карбид кремния, как его получают, какими свойствами он обладает?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите формулы кислородных соединений кремния и укажите их класс. Напишите уравнения реакций этих соединений с гидроксидом натрия  $\text{NaOH}$  (если реакции возможны).
2. С какими веществами реагирует оксид кремния  $\text{SiO}_2$ :  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{BaO}$ ?  
Напишите уравнения возможных реакций.
3. Напишите уравнения реакций кремния:  
 $\text{Si} + \text{HNO}_3$  (конц.)  $\rightarrow$ ;  $\text{Si} + \text{KOH} \rightarrow$ .
4. Напишите уравнения реакций:  
 $\text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow$ ,  $\text{SiO}_2 + \text{HF} \rightarrow$ ,  $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ .
5. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3$ .  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

6. Напишите уравнения реакций превращения:



Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

### Ответы\*

1	SiO <sub>2</sub> – кислотный оксид; SiO <sub>2</sub> + NaOH $\xrightarrow{t^\circ}$ Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	2	SiO <sub>2</sub> + NaOH $\xrightarrow{t^\circ}$ Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ; SiO <sub>2</sub> + BaO $\xrightarrow{t^\circ}$ BaSiO <sub>3</sub>
3	Si + 4KOH → K <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> ↑; Si + 4HNO <sub>3</sub> (конц.) → SiO <sub>2</sub> + 4NO <sub>2</sub> ↑ + 2H <sub>2</sub> O	4	SiO <sub>2</sub> + C $\xrightarrow{t^\circ}$ Si + CO <sub>2</sub> ↑; SiO <sub>2</sub> + 6HF → H <sub>2</sub> [SiF <sub>6</sub> ] + 2H <sub>2</sub> O; SiO <sub>2</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> $\xrightarrow{t^\circ}$ Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub> ↑
5	Si + O <sub>2</sub> $\xrightarrow{t^\circ}$ SiO <sub>2</sub> ; SiO <sub>2</sub> + K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> $\xrightarrow{t^\circ}$ K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub> ↑; K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + HCl → 2KCl + H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ↓; H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + 2KOH $\xrightarrow{t^\circ}$ K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + 2H <sub>2</sub> O	6	SiO <sub>2</sub> + 2KOH $\xrightarrow{t^\circ}$ K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O; K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + HCl → 2KCl + H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ↓; H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> $\xrightarrow{t^\circ}$ SiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O; SiO <sub>2</sub> + C $\xrightarrow{t^\circ}$ CO <sub>2</sub> ↑ + Si

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 212–219).

## Азот

1. Укажите положение азота в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления азота.
2. Напишите схему образования молекулы азота и укажите вид связи. Какие валентности и степени окисления проявляет азот?
3. Какие физические свойства имеет азот?
4. Какие химические свойства имеет азот?
5. Какие химические свойства имеют соединения азота со степенью окисления  $-3$  (аммиак  $\text{NH}_3$  и соли аммония)? Напишите уравнения реакций.
6. Как получают аммиак в промышленности?
7. Какие оксиды азота известны? К какому классу оксидов относится каждый из них?
8. Какие химические свойства имеют соединения азота (V) (азотная кислота  $\text{HNO}_3$  и её соли)? Напишите уравнения реакций.
9. Напишите уравнения реакций получения азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  из азота и укажите условия их проведения.
10. Как реагирует концентрированная и разбавленная азотная кислота с металлами и неметаллами?
11. Что такое азотные удобрения и почему важно их производство? Какие вещества используются в этом качестве?
12. Что такое селитра?
13. Что происходит с нитратами при нагревании?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Закончите уравнения реакций:  
 $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ ;  $\text{N}_2 + \text{Ca} \rightarrow$ ;  $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow$ .  
Если надо, укажите условия их проведения. В каких из этих реакций азот является окислителем, а в каких восстановителем?
2. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$ .  
Если надо, укажите условия проведения реакций.
3. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$ .  
Если надо, укажите условия проведения реакций.

4. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $N_2O_5 \rightarrow HNO_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_2$ .  
 Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
5. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $Pb(NO_3)_2 \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2$ .  
 Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
6. Напишите уравнения реакций, которые иллюстрируют восстановительные свойства аммиака. Приведите примеры реакций взаимодействия аммиака с металлами и неметаллами.

### Ответы \*

1	$N_2 + O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2NO$ , $N_2$ – восстановитель; $N_2 + 3Ca \xrightarrow{t^\circ} Ca_3N_2$ , $N_2$ – окислитель; $N_2 + H_2 \xrightarrow[t^\circ]{P}$ $2NH_3$ , $N_2$ – окислитель
2	$N_2 + H_2 \xrightarrow[t^\circ]{P} 2NH_3$ ; $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$ ; $(NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} NH_4HSO_4 + NH_3 \uparrow$ ; $2NH_3 + 3Mg \xrightarrow{t^\circ} Mg_3N_2 + 3H_2 \uparrow$
3	$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow[t^\circ]{\text{катализатор}} 4NO + 6H_2O$ ; $2NO + O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2NO_2$ ; $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$ ; $HNO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4NO_3$
4	$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$ ; $8HNO_3(\text{разб.}) + 3Cu \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$ ; $2NO + O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2NO_2$ ; $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$
5	$2Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2PbO + 4NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ ; $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$ ; $4HNO_3(\text{конц.}) + Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$ ; $2NO_2 + H_2S \rightarrow N_2 \uparrow + H_2SO_4$
6	$2NH_3 + 2Na \rightarrow 2NaNH_2 + H_2 \uparrow$ ; $2NH_3 + 3Mg \xrightarrow{t^\circ} Mg_3N_2 + 3H_2 \uparrow$ ; $8NH_3 + 3Br_2 \rightarrow N_2 \uparrow + 6NH_4Br$ ; $4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 \uparrow + 6H_2O$

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 223–232).

## Фосфор

1. Укажите положение фосфора в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления фосфора.
2. В каком виде фосфор находится в природе? Как получают фосфор в промышленности?
3. Какие физические и химические свойства имеет фосфор? Какие аллотропные модификации фосфора вы знаете?
4. Какие химические свойства имеют оксиды фосфора? Напишите уравнения реакций.
5. Какие известны кислоты фосфора?
6. Какие химические свойства имеют гидроксиды фосфора (орто- и метафосфорная кислота)? Напишите уравнения реакций.
7. Что такое фосфин, как его получают?
8. Сравните основные и кислотные свойства фосфина и аммиака.
9. Какие соединения фосфора используются в сельском хозяйстве как удобрения?
10. Какова биологическая роль фосфора?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите формулы оксидов фосфора и укажите их класс. Для каждого оксида фосфора напишите уравнение его реакции с водой.
2. С какими веществами реагирует оксид фосфора (V)  $P_4O_{10}$ :  
 $SO_3$ ,  $H_2O$ ,  $KCl$ ,  $NaOH$ ,  $Fe$ ?  
Напишите уравнения возможных реакций.
3. С какими веществами реагирует ортофосфорная кислота  $H_3PO_4$ :  
 $H_2O$ ,  $Na$ ,  $KOH$ ,  $SO_2$ ,  $Na_2CO_3$ ?  
Напишите уравнения возможных реакций.
4. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $P_4 \rightarrow P_4O_{10} \rightarrow HPO_3 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$ .
5. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow P_4 \rightarrow P_4O_{10} \rightarrow K_3PO_4 \rightarrow Ag_3PO_4$ .  
Если надо, укажите условия проведения реакций.
6. Напишите уравнения реакций превращения:



Если надо, укажите условия проведения реакций.

7. Закончите уравнения реакций:



### Ответы\*

1	$\text{P}_4\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_3$ кислотный оксид; $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$ кислотный оксид
2	$\text{P}_4\text{O}_{10} + 12\text{NaOH} \rightarrow 4\text{Na}_3\text{PO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$
3	$2\text{H}_3\text{PO}_4 + 6\text{Na} \rightarrow 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\uparrow;$ $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O};$ $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2\uparrow$
4	$\text{P}_4 + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10};$ $\text{P}_4\text{O}_{10} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HPO}_3;$ $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4;$ $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
5	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 10\text{C} + 6\text{SiO}_2 \xrightarrow{t} \text{P}_4 + 10\text{CO}\uparrow + 6\text{CaSiO}_3;$ $\text{P}_4 + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10};$ $\text{P}_4\text{O}_{10} + 12\text{KOH} \rightarrow 4\text{K}_3\text{PO}_4 + 6\text{H}_2\text{O};$ $\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{KNO}_3$
6	$\text{Mg}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{PH}_3\uparrow + 3\text{Mg}(\text{OH})_2;$ $4\text{PH}_3 + 8\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O};$ $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4;$ $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
7	$\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{PH}_3\uparrow + 3\text{Ca}(\text{OH})_2;$ $\text{P}_4 + 10\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4 + 10\text{SO}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O};$ $\text{PH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4;$ $3\text{P}_4 + 20\text{HNO}_3(\text{разб.}) + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow 12\text{H}_3\text{PO}_4 + 20\text{NO}\uparrow$

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 221–230).

## Кислород

1. Укажите положение кислорода в Периодической системе элементов, электронное строение его атома и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления кислорода.
2. В каком виде кислород находится в природе? Какие аллотропные модификации кислорода вы знаете?
3. Как получают кислород в лаборатории и в промышленности? Напишите уравнения реакций.
4. Напишите схему образования молекулы кислорода и укажите вид связи.
5. Какие физические свойства имеет кислород?
6. Какие физические свойства имеет озон? Какая качественная реакция на озон?
7. Какие химические свойства имеет кислород? Напишите уравнения реакций.
8. Отличаются ли химические свойства озона от свойств кислорода?
9. Какие классы сложных веществ содержат кислород? Приведите примеры.
10. Какова биологическая роль кислорода?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Закончите уравнения реакций:  
$$\text{O}_2 + \text{N}_2 \rightarrow; \quad \text{O}_2 + \text{CO} \rightarrow;$$
$$\text{O}_2 + \text{Al} \rightarrow; \quad \text{O}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow.$$
Если надо, укажите условия проведения реакций.
2. Закончите уравнения реакций:  
$$\text{O}_2 + \text{H}_2 \rightarrow; \quad \text{O}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow;$$
$$\text{O}_2 + \text{P}_4 \rightarrow; \quad \text{O}_2 + \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow.$$
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.
3. Используя метод электронного баланса, поставьте коэффициенты в уравнении реакции:  
$$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}.$$
Определите, чем является кислород в этой реакции: окислителем или восстановителем.

4. Используя метод электронного баланса, поставьте коэффициенты в уравнении реакции:  
 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .  
 Определите, чем является кислород в этой реакции: окислителем или восстановителем.
5. Напишите уравнения реакций кислорода со щелочными металлами.
6. Напишите уравнения реакций озона со щёлочью и с хлором, укажите окислитель и восстановитель.
7. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2$ .  
 Если надо, укажите условия проведения реакций.
8. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $\text{HgO} \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2$ .  
 Если надо, укажите условия проведения реакций.

### Ответы \*

1	$2\text{O}_2 + \text{N}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{NO}_2$ ; $\text{O}_2 + 2\text{CO} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{CO}_2$ ; $3\text{O}_2 + 4\text{Al} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ; $2\text{O}_2 + \text{CH}_4 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
2	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \xrightarrow{t^\circ} \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; $5\text{O}_2 + \text{P}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{P}_4\text{O}_{10}$ ; $5\text{O}_2 + \text{C}_3\text{H}_8 \xrightarrow{t^\circ} 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
3	$5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{O}_2\uparrow + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{O}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{O}_2^0$      5 $\text{H}_2\text{O}_2$ – восстановитель $\text{Mn}^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$      2
4	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; $2\text{O}^- + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{O}^{-2}$      1 $\text{H}_2\text{O}_2$ –восстановитель $2\text{I}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{I}_2^0$      1
5	$\text{O}_2 + \text{Li} \rightarrow \text{Li}_2\text{O}$ ; $\text{O}_2 + 2\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$ ; $\text{O}_2 + \text{K} (\text{Rb}) \rightarrow \text{KO}_2 (\text{RbO}_2)$ ; $3\text{O}_2 + 2\text{Cs} (\text{K}) \rightarrow 2\text{CsO}_3 (\text{KO}_3)$
6	$4\text{O}_3 + 4\text{KOH} \rightarrow 4\text{KO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow$ , $\text{O}_3$ – окислитель, $\text{O}^{-2}$ – восстановитель; $3\text{O}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}_2\text{O}_7 + \text{O}_2\uparrow$ , $\text{O}_3$ – окислитель, $\text{Cl}_2$ – восстановитель
7	$\xrightarrow{t^\circ}$ ; $+\text{H}_2$ ; электролиз
8	$\xrightarrow{t^\circ}$ ; электрический разряд; $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2 + \text{O}$

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 235–236, 196).

## Сера

1. Укажите положение серы в Периодической системе элементов, электронное строение её атома и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления серы.
2. Какие валентные состояния возможны для серы?
3. В каком виде сера находится в природе?
4. Какие физические свойства имеет сера? Какие аллотропные модификации серы вы знаете?
5. Какие химические свойства имеют сера и соединения серы (II) (сероводород  $H_2S$  и сульфиды)? Напишите уравнения реакций.
6. Какие химические свойства имеют соединения серы (IV) (оксид серы (IV)  $SO_2$ , сернистая кислота  $H_2SO_3$  и её соли)? Напишите уравнения реакций.
7. Какие химические свойства имеют соединения серы (VI) (оксид серы (VI)  $SO_3$ , серная кислота  $H_2SO_4$  и её соли)? Напишите уравнения реакций.
8. Какие соединения серы могут проявлять окислительно-восстановительную двойственность?
9. Взаимодействует ли сера с металлами? С неметаллами?
10. Какова биологическая роль серы?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Закончите уравнения реакций:  
 $S + O_2 \rightarrow$ ;                       $S + C \rightarrow$ ;  
 $S + Na \rightarrow$ ;                          $S + H_2 \rightarrow$ .  
Если надо, укажите условия их проведения.
2. К какому классу оксидов относятся оксиды серы? Для каждого оксида напишите уравнение его реакции с гидроксидом натрия  $NaOH$ .
3. Напишите формулы самых распространённых кислот, которые содержат серу. Для каждой кислоты напишите уравнение её реакции с гидроксидом калия  $KOH$ .
4. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $S \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow K_2SO_4$ .  
Если надо, укажите условия проведения реакций.

5. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $S \rightarrow SO_2 \rightarrow K_2SO_3 \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3$ .  
 Если надо, укажите условия проведения реакций.
6. Напишите уравнения реакций превращения:  
 $SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow CaSO_3$ .  
 Если надо, укажите условия проведения реакций.
7. Взаимодействует ли сера с солями? Напишите уравнения возможных реакций.

### Ответы\*

<b>1</b>	$S + O_2 \rightarrow SO_2$ ; $2S + C \xrightarrow{t^o} CS_2$ ; $S + Na \rightarrow Na_2S$ ; $S + H_2 \xrightarrow{t^o} H_2S$	<b>2</b>	$SO_2$ и $SO_3$ – кислотные оксиды: $SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$ , $SO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
<b>3</b>	$H_2S + 2KOH \rightarrow K_2S + 2H_2O$ ; $H_2SO_3 + 2KOH \rightarrow K_2SO_3 + 2H_2O$ ; $H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$	<b>4</b>	+ $H_2$ ; + $O_2$ ; + $O_2$ , катализатор; + $KOH$
<b>5</b>	+ $O_2$ ; + $KOH$ ; + $HCl$ ; + $O_2$	<b>6</b>	+ $H_2O$ ; + $S$ ; + $H_2O$ ; + $Ca(OH)_2$
<b>7</b>	Специфическое свойство серы – способность растворяться в концентрированном растворе сульфита. Получившаяся соль называется тиосульфит: $S + Na_2SO_3 \rightarrow Na_2S_2O_3$		

\* При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 236–241).

## Галогены

1. Укажите положение галогенов в Периодической системе элементов, электронное строение их атомов и возможные степени окисления. Приведите примеры веществ с разными степенями окисления хлора Cl.
2. Какие валентные состояния возможны для галогенов?
3. Почему фтор по своим свойствам отличается от свойств других галогенов?
4. В каком виде галогены находятся в природе?
5. Как получают хлор в лаборатории и в промышленности? Напишите уравнения реакций.
6. Напишите схему образования молекулы хлора и укажите вид связи.
7. Какие физические свойства имеет хлор?
8. Какие химические свойства имеет хлор? Напишите уравнения реакций.
9. Какие химические свойства имеют галогеноводороды? Объясните на примере хлороводорода HCl (приведите уравнения реакций).
10. Как можно отличить раствор йодида калия от раствора хлорида калия?
11. Что такое белильная известь? Почему она используется для дезинфекции?
12. Что такое бертолетова соль?

## Упражнения для самостоятельной работы

1. Напишите галогены Br, Cl, F, I в порядке усиления неметаллических свойств.
2. Закончите уравнения реакций:  
$$\text{F}_2 + \text{H}_2 \rightarrow;$$
$$\text{Cl}_2 + \text{NaI} \rightarrow;$$
$$\text{I}_2 + \text{Al} \rightarrow;$$
$$\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow.$$
Если надо, укажите условия проведения реакций.
3. К какому классу солеобразующих оксидов относятся оксиды хлора Cl<sub>2</sub>O и Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>? Напишите уравнения их реакций с гидроксидом натрия KOH.

- С какими веществами может реагировать хлороводородная кислота HCl:  
Na<sub>2</sub>S, HgO, Cu, Ba(OH)<sub>2</sub>?  
Напишите уравнения возможных реакций.
- С какими веществами может реагировать хлорная кислота HClO<sub>4</sub>:  
NaOH, CO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CuO?  
Напишите уравнения возможных реакций.
- Напишите уравнения реакций превращения:  
KBr → Br<sub>2</sub> → AlBr<sub>3</sub> → AlCl<sub>3</sub> → MgCl<sub>2</sub>.  
Если надо, укажите условия проведения реакций.
- Напишите уравнения реакций превращения:  
NaCl → Cl<sub>2</sub> → Ca(ClO)<sub>2</sub> → CaCl<sub>2</sub> → AgCl.  
Если надо, укажите условия проведения реакций.
- Напишите уравнения реакций превращения:  
Cl<sub>2</sub> → KClO<sub>3</sub> → KCl → Cl<sub>2</sub> → FeCl<sub>3</sub>.  
Если необходимо, укажите условия проведения реакций.

### Ответы\*

1	F, Cl, Br, I	2	F <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> → 2HF; Cl <sub>2</sub> + 2NaI → 2NaCl + I <sub>2</sub> ; 3I <sub>2</sub> + 2Al → 2AlI <sub>3</sub> ; Br <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O → HBr + HBrO
3	кислотные оксиды, Cl <sub>2</sub> O + 2KOH → 2KClO + H <sub>2</sub> O; Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + 2KOH → 2KClO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O	4	2HCl + Na <sub>2</sub> S → 2NaCl + H <sub>2</sub> S↑; 2HCl + HgO → HgCl <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O; 2HCl + Ba(OH) <sub>2</sub> → BaCl <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
5	HClO <sub>4</sub> + NaOH → NaClO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O; 2HClO <sub>4</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> → 2NaClO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> ↑; 2HClO <sub>4</sub> + CuO → Cu(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	6	+ Cl <sub>2</sub> ; + Al; + Cl <sub>2</sub> ; + Mg
7	электролиз расплава; +Ca(OH) <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O; $\xrightarrow{t^{\circ}}$ ; AgNO <sub>3</sub>	8	+KOH, t <sup>o</sup> ; $\xrightarrow{t^{\circ}}$ ; электролиз расплава; +Fe

\*При затруднении с ответом см. учебник Л. Д. Борзовой, Н. Ю. Черниковой, В. В. Якушева «Основы общей химии» (СПб.: Лань, 2014. С. 242–247).

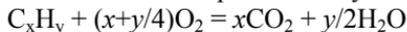
# ПРЕДМЕТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ

1. Что изучает органическая химия?
2. Сформулируйте основные положения теории химического строения А. М. Бутлерова. Каково значение этой теории для развития органической химии?
3. По какому принципу классифицируются органические соединения?
4. Как классифицируются углеводороды?
5. Что такое  $\sigma$ -связь и  $\pi$ -связь? Чем они различаются? Приведите примеры органических соединений, в молекулах которых есть: а) только  $\sigma$ -связи; б)  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи.
6. Напишите электронные конфигурации атома углерода в основном и возбуждённом состояниях.
7. Почему в молекуле метана все связи равноценные?
8. Какие виды гибридизации возможны для атома углерода в органических соединениях? Какую форму и направленность имеют гибридизованные атомы углерода при различных типах гибридизации?
9. Что такое гомологи? Является ли винилбензол гомологом бензола?
10. Что такое свободные радикалы? Приведите примеры органических свободных радикалов.
11. Что такое изомерия? Какие типы изомерии вы знаете?
12. Что такое электронные эффекты? В чем разница между индукционным и мезомерным эффектами? Каким индукционным и мезомерным эффектами обладают атомы галогенов?
13. Что такое функциональные группы?
14. Что такое алифатические соединения?
15. Какие соединения относят к гетероциклическим?
16. Какие типы органических реакций вы знаете?
17. Что такое гомолитические и гетеролитические реакции? Укажите условия, которые способствуют протеканию гомолитических и гетеролитических реакций.
18. Для каких соединений характерны радикальные реакции, а для каких ионные?
19. Назовите нуклеофильные и электрофильные реагенты.

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** При сгорании неизвестного углеводорода образовалось 3,36 л (н.у.) оксида углерода (IV) и 3,6 г воды. Определите молекулярную формулу углеводорода и его массу.

*Решение.* Общая формула всех углеводородов  $C_xH_y$ . Напишем уравнение полного сгорания всех углеводородов:



Найдем количества углерода и водорода:

$$n(C) = n(CO_2) = 3,36 \text{ л} / 22,4 \text{ л} = 0,15 \text{ моль.}$$

$$N(H) = 2 \cdot n(H_2O) = 2 \times 3,6 / 18 = 0,4 \text{ моль.}$$

$$x : y = 0,15 : 0,4 = 3 : 8.$$

Простейшая формула углеводорода  $C_3H_8$ . Она совпадает с истинной формулой. Таким образом, неизвестный углеводород – пропан. Массу сгоревшего углеводорода можно рассчитать по уравнению реакции:  $n(C_3H_8) = n(CO_2) / 3 = 0,05 \text{ моль}$ ,  $m(C_3H_8) = 0,05 \times 44 = 2,2 \text{ г}$ .

*Ответ:* 2,2 г  $C_3H_8$ .

**Задача 2.** Напишите структурную формулу углеводорода, в молекуле которого есть 4  $\pi$ -связи и 5  $\sigma$ -связей.

*Решение.* Двойная связь  $C=C$  включает одну  $\sigma$ -связь и одну  $\pi$ -связь; тройная связь  $C\equiv C$  состоит из одной  $\sigma$ -связи и двух  $\pi$ -связей. Поэтому 4  $\pi$ -связи могут входить в состав четырёх двойных связей или двух тройных связей углерод–углерод.

Напишем структурные формулы простейших углеводородов для обоих вариантов:



В первом варианте есть 4  $\pi$ -связи углерод–углерод, 4  $\sigma$ -связи углерод–углерод и 4  $\sigma$ -связи углерод–водород. Общее число  $\sigma$ -связей равно  $4+4=8$ , и эта формула не соответствует условию задачи.

Во второй формуле есть 4  $\pi$ -связи углерод–углерод, 3  $\sigma$ -связи углерод–углерод и 2  $\sigma$ -связи углерод–водород. Таким образом, условию задачи удовлетворяет только второй углеводород, содержащий две тройные связи, – бутадиин-1,3:



В молекуле бутадиина есть 5  $\sigma$ -связей и 4  $\pi$ -связи.

*Ответ:* бутадиин-1,3  $CH\equiv C-C\equiv CH$ .

**Задача 3.** Приведите примеры бромпроизводных этана, которые а) не имеют изомеров; б) имеют изомеры.

*Решение.* В молекуле этана на галоген можно заместить от одного до шести атомов водорода: от  $C_2H_5Br$  до  $C_2Br_6$ .

В молекуле  $C_2H_5Br$  атом брома может занимать любое место:  $CH_2Br-CH_3$  или  $CH_3-CH_2Br$ . Эти структуры полностью одинаковы – одна получается из другой при повороте молекулы на  $180^\circ$ .

Таким образом, бромэтан не может иметь изомеров. (Также не будет изомеров и в молекулах пентабромэтана  $C_2HBr_5$  и гексабромэтана  $C_2Br_6$ .)

При замещении двух атомов водорода на бром получаем дибромэтан  $C_2H_4Br_2$ , в котором атомы брома могут стоять у одного или у двух атомов углерода:  $CH_2Br-CH_2Br$  и  $CH_3-CHBr_2$ .

Эти две молекулы не могут быть совмещены друг с другом, поэтому это разные вещества, имеющие одну молекулярную формулу, то есть изомеры.

Изомеры есть также у трибромэтана  $C_2H_3Br_3$  и тетрабромэтана  $C_2H_2Br_4$ .

*Ответ:* а) бромэтан  $C_2H_5Br$ ; б) дибромэтан  $C_2H_4Br_2$ .

**Задача 4. Процентный состав вещества (по массе): углерод – 40%, водород – 6,67%, кислород – 53,33%. Молярная масса вещества 180 г/моль. Определите истинную формулу вещества.**

*Решение.* Напишем формулу вещества  $C_xH_yO_z$ . По законам химии, коэффициенты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – небольшие целые числа; эти числа пропорциональны количеству вещества атомов:

$$x : y : z = \frac{\omega(C)}{A_r(C)} : \frac{\omega(H)}{A_r(H)} : \frac{\omega(O)}{A_r(O)} = \frac{40}{12} : \frac{6,67}{1} : \frac{53,33}{16} = 3,33 : 6,67 : 3,33 = 1 : 2 : 1.$$

Следовательно, *простейшая* формула вещества  $CH_2O$ .

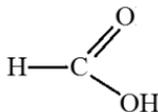
Молярная масса вещества равна 180 г/моль (по условию задачи). Простейшей формуле соответствует молярная масса 30 г/моль, следовательно, истинная формула вещества равна простейшей формуле, умноженной на 6, то есть  $C_6H_{12}O_6$ .

*Ответ:*  $C_6H_{12}O_6$ .

**Задача 5. В каких молекулах содержится функциональная группа альдегидов?**

- 1) муравьиная кислота;
- 2) пропанон;
- 3) диэтиловый эфир;
- 4) пропанол-1.

*Решение.* Среди перечисленных веществ нет альдегидов. Поэтому для ответа на вопрос составим структурные формулы перечисленных веществ. Муравьиная кислота имеет формулу



Пропанон относится к классу кетонов, ему соответствует формула



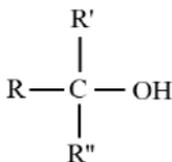
диэтиловый эфир имеет формулу  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ ;

пропанол имеет формулу  $\text{C}_3\text{H}_7-\text{OH}$ .

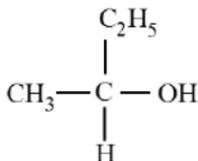
Как видно, альдегидная группа содержится только в молекуле муравьиной кислоты.

**Задача 6. Напишите структурную формулу простейшего предельного одноатомного спирта, который может существовать в виде двух оптических изомеров.**

*Решение.* Общая формула простейших предельных спиртов  $\text{RR}'\text{R}''\text{C}-\text{OH}$ :



Здесь  $\text{R}$ ,  $\text{R}'$ ,  $\text{R}''$  – предельные алифатические радикалы или атомы водорода. Для того, чтобы вещество могло существовать в виде двух оптических изомеров, нужно, чтобы  $\text{R}$ ,  $\text{R}'$ ,  $\text{R}''$  были разными. В самом простом случае это  $\text{H}$ ,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5$ :

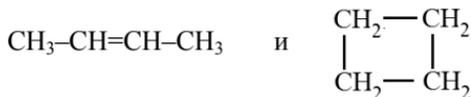


*Ответ:* Оптические изомеры (энантиомеры) бутанола-2.

**Задача 7. Даны вещества: циклобутан, ацетилен, гептан, бутен-2, циклогексан, триметилбутан, бутин-2, бутадиен-1,3, пентан.**

Напишите формулы веществ. Среди перечисленных веществ выберите: а) три пары изомеров; б) четыре пары гомологов.

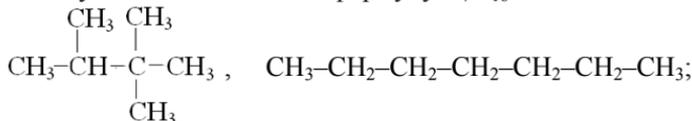
Решение. а) изомеры: бутен-2 и циклобутан – формула  $C_4H_8$ :



Бутин-2 и бутадиен-1,3 имеют формулу  $C_4H_6$ :

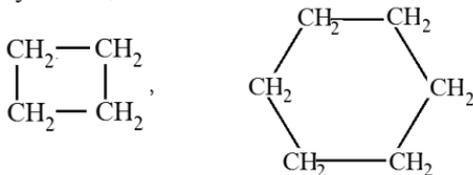


Диметилбутан и гептан имеют формулу  $C_7H_{16}$ :



б) гомологи:

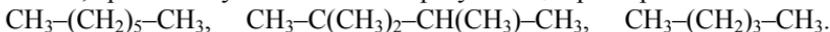
Циклобутан и циклогексан – это гомологический ряд циклоалканов:



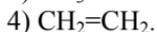
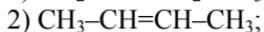
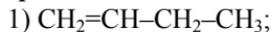
Ацетилен и бутин-2 — это гомологический ряд алкинов:



Гептан, триметилбутан и пентан образуют ещё три пары гомологов:



**Задача 8.** Какое из перечисленных веществ образует *цис-*, *транс-* изомеры?



Решение. Геометрическая изомерия (*цис-*, *транс-* изомерия) возможна для соединений, которые имеют двойную связь и атомы (или группы атомов), которые могут по-разному располагаться относительно плоскости двойной связи.

Бутен-1 (вещество 1) с одной стороны от двойной связи имеет два атома водорода, которые не могут быть по-разному расположены относительно плоскости двойной связи.

Аналогичное строение имеют пропен (3) и этен (4). Поэтому бутен-1, пропен и этен не могут иметь *цис*- и *транс*-изомеры.

Только у бутена-2 (вещество 2) с каждой стороны от двойной связи имеются два разных заместителя: метильный радикал  $\text{CH}_3$  и атом водорода, что даёт возможность их расположения как по одну (*цис*-), так и по разные стороны (*транс*-) относительно плоскости двойной связи.

**Задача 9. Какие из следующих реакций протекают по ионному механизму?**

- 1)  $n\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ ;
- 2)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl}$ ;
- 3)  $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)\text{Br}-\text{CH}_3$ ;
- 4)  $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ ;
- 5)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CH}_3$ ;
- 6)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ .

*Решение.* Образование ионов возможно при разрыве связей в галогеноводородах. Это и вызывает протекание реакции присоединения по ионному механизму с разрывом  $\pi$ -связи. Именно по ионному механизму протекают реакции 2, 3, 5 между веществами в соответствии с правилом Марковникова. Остальные реакции (1 – полимеризации, 4 – присоединения хлора, 6 – присоединения водорода) протекают по радикальному механизму.

*Ответ:* реакции 2, 3, 5.

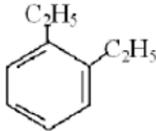
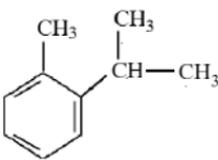
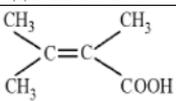
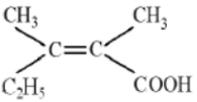
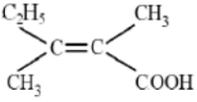
### **Задачи для самостоятельного решения**

1. К каким классам нужно отнести следующие соединения?
  - а) бутадиен-1,3;
  - б) изобутиловый спирт;
  - в) пропанон;
  - г) циклопентан;
  - д) хлорбензол;
  - е) анилин.
2. Напишите молекулярную формулу углеводорода, если известно, что плотность его паров по воздуху равна 2,41.

- Какой газ можно добавить к смеси равных объемов метана и пропена, чтобы их плотность: а) увеличилась; б) уменьшилась?
- Процентный состав вещества (по массе): углерод – 42,6%, водород – 7,1%, хлор – 50,3%. Известно, что в состав молекулы входят два атома хлора. Определите истинную формулу вещества.
- Напишите формулу 3,3-диэтилпентана. Напишите формулу гомолога, который имеет на один атом углерода больше и не содержит вторичных атомов углерода.
- Напишите структурную формулу 2,4,5,5-тетраметил-3-этилоктана и укажите все первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.
- Напишите возможные структурные формулы для соединений состава  $C_3H_8$ ,  $C_3H_8O$ . Сколько изомеров есть для каждого из этих веществ?
- Напишите структурную формулу 1,2-диэтилбензола. Напишите формулу его изомера, который имеет только один разветвлённый заместитель в бензольном кольце.
- Приведите формулы двух непредельных кислот, одна из которых имеет *цис*-, *транс*-изомеры, а другая нет.
- Приведите формулы всех простых эфиров с одной разветвлённой углеродной цепью, являющихся изомерами диметилбутанола.
- Напишите формулы всех спиртов, изомерных диэтиловому эфиру.
- Из перечисленных веществ выберите вещество, которое имеет оптические изомеры: глицерин, ацетальдегид, молочная кислота.
- Приведите примеры простейших органических реакций замещения, присоединения и отщепления.
- Приведите примеры реакций, протекающих с разрывом  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей между атомами углерода. Напишите условия протекания этих реакций.

## Ответы

1	а) диены, б) спирты, в) кетоны, г) циклоалканы, д) хлорпроизводные углеводородов, е) амины	2	$C_5H_{10}$
3	а) любой газ, молекулярная масса которого больше $M(CH_4)$ , например пропен; б) любой газ, молекулярная масса которого меньше $M(C_3H_6)$ , например метан	4	$C_5H_{10}Cl_2$

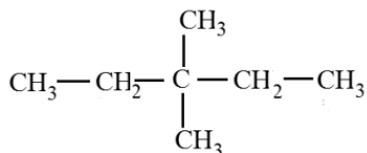
5	например, 2,2,3,3,4-пентаметилпентан	
6	$\longrightarrow$ Атомы углерода 1, 8, 9, 10, 11, 13, 14 – первичные; атомы 6, 7, 12 – вторичные; атомы 2, 3, 4 – третичные, атом 5 – четвертичный	
7	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> – 1 изомер, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O – 2 изомера	
8	 диэтилбензол	 изомер: 1-метил-3-изопропилбензол
9	 2,3-диметилбутен-2-овая кислота не имеет <i>цис</i> -, <i>транс</i> -изомеров	
	 2,3-диметил-пентен-2-овая кислота имеет <i>цис</i> -, <i>транс</i> -изомеры	
		
10	8 изомеров	11
12	молочная кислота	
13	$\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ – реакция замещения; $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{HBr} = \text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ – реакция присоединения; $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t > 150^\circ} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ – реакция отщепления	
14	$\text{C}_8\text{H}_{18} \xrightarrow{t^\circ, \text{Ni}} \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_4\text{H}_8$ – разрыв $\sigma$ -связи; $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \xrightarrow{200^\circ, \text{Ag}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$ – разрыв $\pi$ -связи этиленоксид	

# АЛКАНЫ

1. Напишите общую формулу гомологического ряда алканов.
2. Напишите электронные формулы молекул метана и этана.
3. Какие виды изомерии характерны для алканов?
4. Напишите формулы алканов, которые не имеют изомеров.
5. Что такое конформация молекулы?
6. Назовите главные природные источники алканов.
7. Какой тип гибридизации атомных орбиталей атомов углерода характерен для молекул алканов?
8. Почему алканы химически малоактивны при обычных условиях?
9. По какому механизму протекают реакции замещения алканов?

## Типовые задачи с решениями

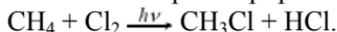
**Задача 1. Как называется вещество, структурная формула которого**



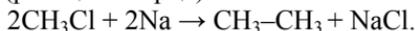
*Решение.* Для того чтобы выбрать правильный ответ, нужно составить название вещества. Для этого выбирают самую длинную цепь: она включает 5 атомов углерода. Две группы  $\text{CH}_3$ -, которые соединены с третьим атомом углерода, не попадают в цепь. К названию «метил» добавляют приставку «ди-», потому что в молекуле две метильные группы. Полученное название: 3,3-диметилпентан.

**Задача 2. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно из метана получить бутан.**

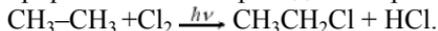
*Решение.* 1. При хлорировании метана получается хлорметан:



2. При нагревании хлорметана с металлическим натрием образуется этан (реакция Вюрца):



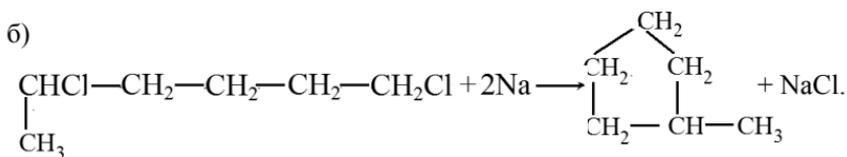
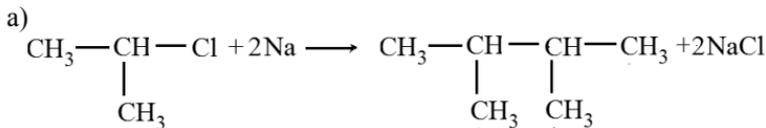
3. Хлорирование этана приводит к образованию хлорэтана:



4. При нагревании хлорэтана с металлическим натрием образуется бутан (реакция Вюрца):  
 $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + 2\text{Na} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 2\text{NaCl}$ .

**Задача 3. Как, используя реакцию Вюрца, получить: а) 2,3-диметил-бутан; б) метилциклопентан?**

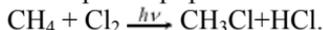
*Решение:*



**Задача 4. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:**



*Решение.* При хлорировании метана получается хлорметан:



По реакции Вюрца из хлорметана получаем этан:

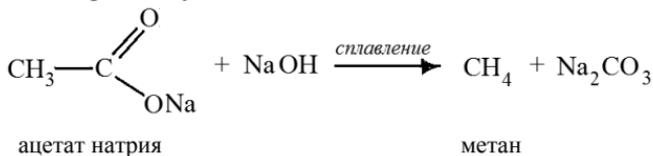


Окисление этана в присутствии катализатора приводит к образованию уксусной кислоты:



**Задача 5. Как из ацетата натрия получить оксид углерода (II), не используя других органических веществ? Напишите уравнения реакций и условия их протекания.**

*Решение.* 1. При сплавлении ацетата натрия с избытком гидроксида натрия получается метан:

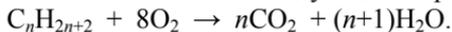


2. Сжигание метана в недостатке кислорода приводит к образованию оксида углерода (II):



**Задача 6. При сжигании 2 л алкана израсходовали 16 л кислорода (объёмы газов измерены в одинаковых условиях). Определите формулу алкана. Сколько изомеров он имеет?**

*Решение.* Напишем формулу алкана  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Учитывая, что объём кислорода в 8 раз больше, чем объём алкана, уравнение реакции можно записать следующим образом:



Определим число атомов кислорода в обеих частях уравнения:

слева:  $n(\text{O})=8 \cdot 2=16$  атомов; справа  $n(\text{O})=[2n+(n+1)]=(3n+1)$  атомов.

Поскольку число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения должно быть одинаково, то:  $(3n+1)=16$ .

Решая это уравнение, получаем  $n = 5$ , то есть формула алкана  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  – пентан. Пентан может иметь 3 изомера: *n*-пентан, 2-метилбутан и 2,2-диметилпропан.

**Задача 7. Сколько продуктов получается при полном крекинге 11,2 л метана (н.у.)?**

*Решение.* При полном крекинге метана образуются сажа и водород:

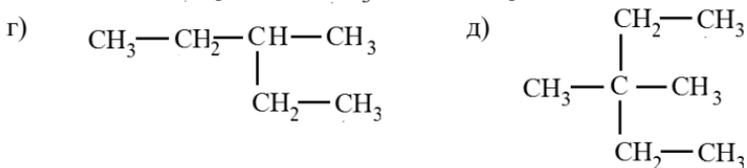
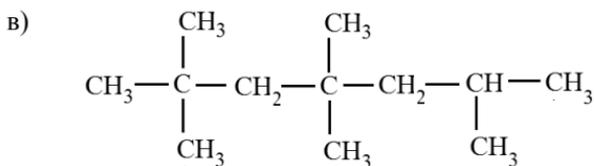
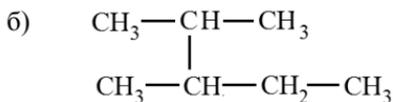
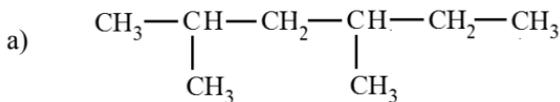


11,2 л (н.у.) метана составляют 0,5 моль. Следовательно, масса полученного углерода (сажи) составит также 0,5 моль, или 6 г, а объём водорода  $V = 2 \cdot 0,5 \cdot V_M = 22,4$  л.

*Ответ:* 6 г углерода, 22,4 л  $\text{H}_2$ .

### **Задачи для самостоятельного решения**

1. Напишите общую формулу гомологического ряда алканов.
2. Напишите формулы алканов, которые не имеют изомеров.
3. Напишите структурные формулы следующих углеводородов:  
а) 3,3-диметилоктан; б) 2-метил-3-этилгептан; в) 2,5-диметил-5-изопропил-3-этилдекан; г) 2,2,4-триметилпентан; д) 2,3-диметилпентан.
4. Назовите следующие алканы по заместительной номенклатуре:



- Напишите структурные формулы всех изомерных алканов, содержащих пять атомов углерода. Назовите их по систематической номенклатуре. Укажите число первичных, вторичных, третичных и четвертичных атомов углерода в каждом изомере.
- Сколько изомеров имеет гептан? Напишите структурные формулы этих изомеров и назовите их.
- Напишите структурную формулу изомера нонана, который не содержит третичных атомов углерода.
- Напишите структурную формулу изомера октана с максимальным числом метильных групп и назовите его по систематической номенклатуре.
- В молекуле алкана есть только первичные и третичные атомы углерода, причем первичных атомов в два раза больше, чем третичных. Напишите формулу алкана.
- В молекуле алкана есть только первичные и вторичные атомы углерода, причем вторичных атомов в два раза больше, чем первичных. Напишите формулу алкана.

11. Молекула алкана содержит 42 электрона. Напишите структурные формулы всех его изомеров.
12. Молекула алкана содержит 18 электронов. Напишите молекулярную формулу алкана. Сколько электронов участвует в образовании химических связей в этой молекуле?
13. Напишите формулу изомера 2,3,4-триметилпентана, который содержит 6 атомов углерода в главной цепи.
14. Напишите формулу изомера 2,5-диметилгексана, который содержит только первичные и четвертичные атомы углерода.
15. Напишите формулу 2,3-диметилпентана. Напишите формулу его изомера, который содержит только первичные и вторичные атомы углерода.
16. Напишите формулу 3,3-диэтилпентана. Напишите формулу гомолога, который имеет на два атома углерода больше и не содержит вторичных и третичных атомов углерода.
17. Из перечисленных соединений выберите изомеры и напишите их структурные формулы: 2,2,3,3-тетраметилпентан, 2,3,4-триметилпентан, 4,4-диметилгептан, 3-метил-3-этилгексан.
18. Из перечисленных соединений выберите пары изомеров и напишите их структурные формулы: 3-метил-3-этилпентан, 2,3-диметилбутан, 2,5-диметилгексан, 3-метилпентан.
19. Как в лаборатории можно получить метан? Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания.
20. Какой газ нужно добавить к смеси равных объемов метана и пропана, чтобы плотность смеси по водороду не изменилась?
21. Рассчитайте среднюю молярную массу смеси, состоящей из 30% пропана и 70% бутана.
22. Плотность смеси пропана и бутана по гелию равна 12,55. Найдите объёмные доли газов в этой смеси.
23. Напишите структурную формулу алкана, в молекуле которого есть 4 первичных и 1 четвертичный атом углерода.
24. Напишите структурные формулы всех алканов, плотность которых по водороду равна 36.
25. Напишите структурные формулы всех изомеров алкана, плотность которого по воздуху равна 2,48.
26. Напишите структурные формулы всех изомеров алкана, который содержит 82,76% углерода (по массе).
27. Молекула алкана имеет 82,76% углерода (по массе). При хлорировании этого углеводорода получают два изомерных

- монохлорпроизводных – первичное и вторичное. Напишите структурную формулу исходного алкана.
28. Какой изомер пентана при хлорировании дает только одно монохлор-производное?
  29. Какие продукты образуются при хлорировании этана?
  30. Напишите реакцию изомеризации *n*-гексана. Какие продукты могут образоваться при этой реакции?
  31. Какие продукты могут образоваться при крекинге *n*-октана? Напишите уравнения реакций.
  32. Какой изомер алкана с молекулярной массой 86 может дать только два монобромпроизводных?
  33. При гидролизе карбида алюминия образовалось 3,36 л метана (н.у.). Сколько гидроксида алюминия образовалось при этой реакции?
  34. Как получить хлорметан из карбида алюминия без использования органических реагентов? Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания.
  35. Метан можно получить декарбосилированием ацетата натрия (сплавлением безводного ацетата натрия с избытком гидроксида натрия). Какой объем метана (н.у.) можно получить по этой реакции, если взять 15 г ацетата натрия?
  36. При хлорировании метана получили дихлорметан, выход реакции составил 50%. Рассчитайте массу полученного продукта, если в реакцию вступило 6,72 л метана (н.у.).
  37. Как получить хлорэтан из йодметана, не используя другие органические вещества? Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания.
  38. При крекинге 10 л метана получили 10 л водорода (объемы газов измерены при одинаковых условиях). Какой углеводород получился в этой реакции?
  39. Рассчитайте объем водорода, выделившегося при полном крекинге 100 л метана.
  40. При полном сгорании углеводорода образовалось 36 г воды и 33,6 л CO<sub>2</sub> (н.у.). Относительная плотность углеводорода по аргону равна 1,1. Напишите молекулярную формулу углеводорода.
  41. Какой объем водорода (н.у.) выделится при каталитическом дегидрировании 43 г гексана в бензол, если выход реакции составляет 75%?

42. При гидролизе  $\text{Al}_4\text{C}_3$  образовался метан объемом 2,24 л (н.у.). Рассчитайте массу образовавшегося гидроксида алюминия.
43. При сгорании алкана получили 2,24 л углекислого газа. Рассчитайте, какая масса воды образовалась при этой реакции.
44. Для сжигания 10 л алкана израсходовали 80 л кислорода (объемы газов измерены при одинаковых условиях). Какой алкан был взят для реакции?
45. Напишите уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:  
 $\text{Al}_4\text{C}_3 \rightarrow \text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{Br} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CH}_4$ .
46. Рассчитайте минимальный объем 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,1 г/мл), который требуется для поглощения продуктов полного сгорания 20 л бутана (н.у.).
47. Газ, образовавшийся при полном сгорании 0,1 моль алкана, пропустили через избыток известковой воды; при этом выпало 50 г осадка. Определите молекулярную формулу и строение алкана, если известно, что он содержит один третичный атом углерода.
48. Рассчитайте объем хлора (н.у.) который необходим для получения 100 г хлороформа. Выход реакции составляет 60%.
49. При дегидрировании 15 л бутана выделилось 15 л водорода (объемы газов измерены при одинаковых условиях). Напишите молекулярную формулу полученного продукта и структурные формулы возможных изомеров.
50. Рассчитайте объем 10%-ного раствора азотной кислоты (плотность 1,1 г/мл), который необходим для нитрования 2,24 л этана (н.у.).
51. При нагревании бромметана массой 1,9 г с металлическим натрием массой 0,65 г получили 179,2 мл этана (н.у.). Определите выход продукта реакции.
52. При хлорировании 40 л природного газа (н.у.) получили хлорметан массой 30,0 г. Рассчитайте содержание метана в природном газе (об.%), если выход реакции хлорирования составляет 40% от теоретического.
53. Какой изомер пентана при реакции с бромом образует только одно монобромпроизводное?
54. При хлорировании 112 мл (н.у.) алкана образовался хлороводород, для нейтрализации которого потребовалось 7,26 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность

1,1 г/мл). Определите, сколько атомов водорода заместилось на хлор в молекуле исходного соединения.

55. Смесь монобромпроизводных, полученных при бромировании 2-метилпропана, обработана металлическим натрием. Какие углеводороды можно получить в этой реакции?

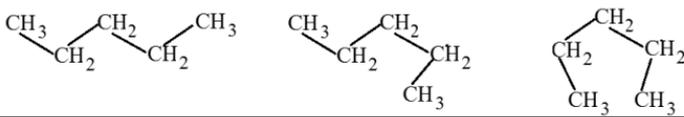
### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

56. Напишите возможные конформации для молекулы пентана.  
 57. Какой изомер пентана – *n*-пентан или 2-метилбутан – будет легче вступать в реакцию нитрования по Коновалову? Ответ объясните.  
 58. Смесь ацетата натрия и гидроксида натрия массой 41 г (гидроксид натрия был взят в избытке) прокалили, выделившийся газ вступил в реакцию с хлором при освещении. В результате образовалось 5,05 г хлорметана. Выход реакции хлорирования составил 50% от теоретического. Найдите массовую долю ацетата натрия в исходной смеси.

### Ответы

1	$C_nH_{2n+2}$	2	$CH_4, C_2H_6, C_3H_8$
3	а) $CH_3-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ; б) $CH_3-CH(CH_3)-CH(C_2H_5)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ; в) $CH_3-CH(CH_3)-CH(C_2H_5)-CH_2-C(CH_3)(\text{изо}C_3H_7)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ; г) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$ ; д) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$		
4	а) 2,4-диметилгексан; б) 2,3-диметилпентан; в) 2,2,4,4,6-пентаметилгептан; г) 3-метилпентан; д) 2,2-диметилпентан		
5	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ – <i>n</i> -пентан, 2 первичных и 3 вторичных атома углерода; $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ – 2-метилбутан, 3 первичных, 1 вторичный и 1 третичный атом; $CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$ – 2,2-диметилпропан, 4 первичных и 1 четвертичный атом углерода		
6	9 изомеров	7	например: $CH_3-C(CH_3)_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$
8	$CH_3-C(CH_3)_2-C(CH_3)_2-CH_3$ – 2,2,3,3-тетраметилбутан		
9	2,3-диметилбутан	10	гексан
11	$C_5H_{12}$ , 3 изомера	12	$C_2H_6$ , 14 электронов



41	33,6 л водорода; $C_6H_{14} \rightarrow C_6H_6 + 4H_2$	42	10,4 г
43	3,6 г	44	$C_5H_{12}$
45	1) $Al_4C_3 + 12H_2O = 3CH_4 + 4Al(OH)_3$ ; 2) $CH_4 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Br + HBr$ ; 3) $2CH_3Br + 2Na \xrightarrow{\Delta} CH_3-CH_3 + NaBr$ ; 4) $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$ ; 5) $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ ; 6) $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$		
46	2597,4 мл	47	$C_5H_{12}$ , 2,2-диметилпропан
48	93,73 л хлора	49	$C_4H_8$ , 3 изомера
50	57,27 мл	51	80%
52	83,2% метана	53	2,2-диметилпропан
54	4 атома		
55	2,5-диметилгексан, 2,2,4-триметилпентан и 2,2,3,3-тетраметилбутан		
56	<p>Конформации – это разные формы углеродной цепи молекулы, вызванные способностью атомов углерода свободно вращаться вокруг простых связей. Например, возможные формы молекулы нормального пентана <math>n-C_5H_{12}</math>:</p> 		
57	<p>При радикальных реакциях (в том числе и при реакции нитрования) в первую очередь замещаются атомы водорода у третичных, потом у вторичных, а затем у первичных атомов углерода. Это объясняется тем, что энергия связи третичного атома водорода (376 кДж/моль) меньше, чем у вторичного (390 кДж/моль) и чем у первичного (415 кДж/моль). Поэтому 2-метилбутан будет легче вступать в реакцию нитрования, чем <math>n</math>-пентан</p>		
58	40% ацетата натрия		

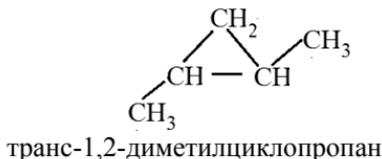
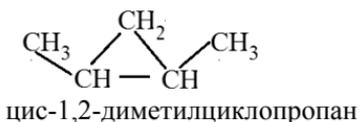
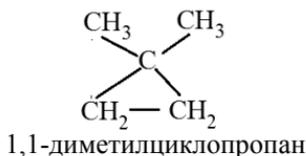
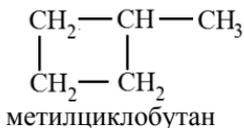
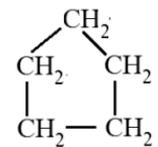
# ЦИКЛОАЛКАНЫ

1. Какие углеводороды называются циклоалканами?
2. Напишите общую формулу циклоалканов.
3. Какая изомерия возможна для циклоалканов?
4. Что такое малые циклы?
5. Почему малые циклы отличаются от других циклоалканов по химическим свойствам?
6. Какие химические реакции характерны для малых циклов?

## Типовые задачи с решениями

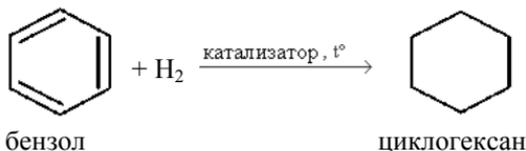
**Задача 1.** Сколько изомеров возможно для циклоалкана, содержащего 5 атомов углерода? Напишите их структурные формулы.

*Решение.* Циклоалкан  $C_5H_{10}$  имеет 5 изомеров: 4 структурных изомера и 1,2-диметилциклопропан могут существовать в виде *цис*- и *транс*-изомеров.



**Задача 2.** Напишите уравнения реакции получения циклогексана из бензола. Укажите условия проведения реакции.

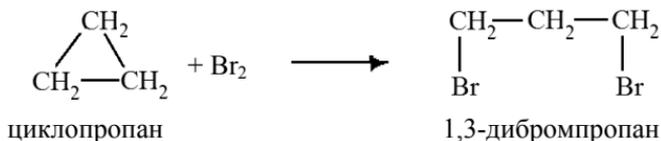
*Решение.* Уравнение реакции гидрогенизации бензола:



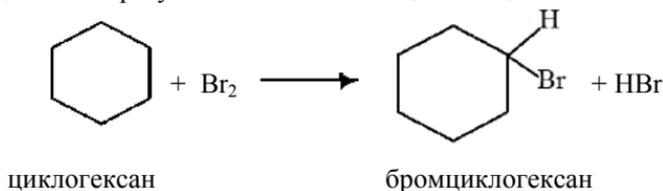
**Задача 3. Как реагируют циклопропан и циклогексан с бромом? Напишите схемы реакции, объясните различия в этих реакциях.**

*Решение.* В молекулах циклоалканов с малым числом атомов углерода в цикле валентные углы отклоняются от величины  $109^\circ 28'$ , что приводит к неустойчивости молекулы. Поэтому для малых циклов характерны реакции присоединения с разрывом циклов и образованием производных алканов.

Циклопропан присоединяет бром:



Циклоалканы с большим (больше пяти) числом атомов углерода в цикле по своим химическим свойствам похожи на алканы, и для них характерны реакции замещения. При действии брома на циклопентан, циклогексан и другие высшие циклоалканы *не происходит* разрыва цикла и образуются галогенозамещенные циклоалканы:



**Задача 4. Плотность газообразного углеводорода (при н.у.) равна 2,5 г/л. Углеводород не обесцвечивает водный раствор перманганата калия, при реакции с водородом в присутствии катализатора образует смесь двух изомеров. Напишите структурную формулу исходного углеводорода.**

*Решение.* Если при нормальных условиях плотность углеводорода равна 2,5 г/л, то масса 1 моль этого углеводорода составляет 2,5 г/л  $\times$  22,4 л/моль = 56 г/моль.

Этот углеводород может содержать только 4 атома углерода, и число атомов водорода будет равно 8. Молекулярная формула исходного соединения  $C_4H_8$ .

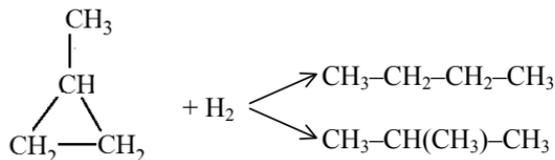
Поскольку углеводород не реагирует с водным раствором  $KMnO_4$ , он содержит только простые углерод-углеродные связи и, следовательно, относится к классу циклоалканов ( $C_nH_{2n}$ ).

Циклоалкан состава  $C_4H_8$  может быть циклобутаном или метилциклопропаном.

При гидрировании циклобутана получается только 1 продукт – бутан, а при гидрировании метилциклопропана можно получить 2 продукта – метилпропан и бутан.

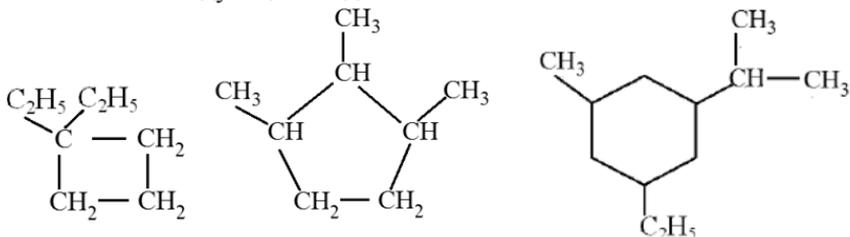
Следовательно, исходный углеводород – это метилциклопропан.

*Ответ:* метилциклопропан;



### Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите формулу одного из углеводородов, который имеет только вторичные атомы углерода.
2. Назовите следующие соединения:



3. Какое из перечисленных веществ имеет пространственные *цис*-, *транс*-изомеры: 1) 3,4-диметилгексан, 2) 1,1-диметилциклопентан, 3) 1,3-диметилциклобутан.

4. Составьте структурные формулы всех изомеров диметилциклопропана.
5. Приведите пример циклического углеводорода, в молекуле которого все атомы углерода находятся в состоянии  $sp^3$ -гибридизации.
6. Напишите структурные формулы всех циклоалканов, в молекулах которых находятся 32 электрона.
7. Напишите структурные формулы первых трёх представителей гомологического ряда циклоалканов, имеющих: а) одну боковую цепь; б) две боковые цепи.
8. Плотность паров циклоалкана по водороду равна 42. Молекула циклоалкана не имеет боковых цепей. Определите формулу циклоалкана и напишите его название.
9. Циклоалкан содержит 85,71% углерода (по массе). Напишите все возможные изомеры этого циклоалкана.
10. Напишите реакцию получения метилциклопропана по реакции Вюрца.
11. На сгорание 1 объёма циклоалкана затратили 6 объёмов кислорода. Напишите молекулярную формулу циклоалкана и структурные формулы всех возможных изомеров.
12. При горении циклоалкана образовалось 18 г воды. Вычислите объём кислорода (н.у.), который потребовался для реакции.
13. Газ, образующийся при полном сгорании 0,2 моль циклоалкана, пропустили через избыток известковой воды. При этом выпало 80 г осадка. Определите молекулярную формулу и строение углеводорода, если известно, что он содержит один четвертичный атом углерода.
14. При помощи каких реакций можно различить 1,2-диметилциклопропан и циклопентан?
15. При помощи каких реакций можно различить циклобутан и бутан?

## Ответы

1	Например, циклобутан	
2	а) 1,1-диэтилциклобутан; б) 1,2,3-триметилциклопентан; в) 1-метил-3-изопропил-5-этилциклогексан	
3	1,3-диметилциклобутан	
4	1,1-диметилциклопропан, <i>транс</i> -1,2-диметилциклопропан, <i>цис</i> -1,2-диметилциклопропан, метилциклобутан, циклопентан	
5	Например, циклопропан C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	
6	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> , циклобутан и метилциклопропан	
7	а) метилциклопропан, этилциклопропан, пропилциклопропан; б) 1,1-диметилциклопропан, 1,2-диметилциклопропан, 1-метил-2-этилциклопропан	
8	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> , циклогексан	9 Циклобутан, метилциклопропан
10	$\text{CH}_3\text{—CHCl—CH}_2\text{—CH}_2\text{Cl} + 2\text{Na} \rightarrow \text{CH}_3\text{—} \triangle + 2\text{NaCl}$	
11	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> , циклобутан и метилциклопропан	
12	33,6 л O <sub>2</sub>	13 Метилциклопропан
14	Для циклоалканов с малым числом атомов углерода в цикле характерны реакции присоединения, например галогеноводородов. Поэтому 1,2-диметилциклопропан будет вступать в реакцию с HBr. Для циклопентана реакция с бромоводородом не характерна	
15	Для циклобутана возможны реакции присоединения. Например, циклобутан <b>присоединяет водород</b> (при нагревании в присутствии Ni как катализатора): $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH}_2 \\   \quad   \\ \text{CH}_2\text{—CH}_2 \end{array} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{катализатор, } t^\circ} \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>циклобутан</span> <span>бутан</span> </div>	
	Бутан – это насыщенный углеводород, не реагирует с водородом	

# АЛКЕНЫ

1. Какие углеводороды называются алкенами?
2. Напишите общую формулу алкенов.
3. В каком состоянии гибридизации находятся атомы углерода, имеющие двойную связь?
4. Какой валентный угол характерен для атома углерода, который находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации?
5. Какая изомерия возможна для алкенов?
6. Напишите реакции промышленного получения алкенов.
7. Как можно получить алкены в лаборатории?
8. Напишите структурные формулы всех алкенов состава  $C_5H_{10}$ . Назовите их. Для каких из них возможна *цис-транс*-изомерия?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Какие из перечисленных ниже веществ могут иметь *цис-*, *транс*-изомеры?**

- 1)  $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ ;
- 2)  $CH_3-CH=CH-CH_3$ ;
- 3)  $CH_3-CH=CH_2$ ;
- 4)  $CH_2=CH_2$ .

*Решение.* Геометрическая *цис-транс*-изомерия характерна для веществ, которые имеют двойную связь в молекуле и атомы (группы атомов), которые могут по-разному располагаться относительно плоскости двойной связи.

Из приведённых веществ только бутен-2 (вещество 2) удовлетворяет этим двум требованиям: имеет двойную связь и группы атомов, которые могут по-разному располагаться относительно плоскости двойной связи, то есть образовывать *цис-* и *транс*-изомеры.

Остальные три вещества имеют двойную связь, но при двойной связи стоят атомы водорода, относительно которых атомы, расположенные с другой стороны двойной связи, не могут быть расположены по-разному.

*Ответ:* только вещество 2 – бутен-2.

**Задача 2. С какими из перечисленных веществ могут реагировать алкены:**  $C_3H_8$ ,  $KMnO_4$ ,  $H_2O$ ,  $C_6H_6$ ,  $CH_3OCH_3$ ,  $HCHO$ ,  $H_2$ ,  $HBr$ ,  $O_2$ ?

*Решение.* Основной тип реакций, характерный для алкенов, – это реакции присоединения. Алкены могут присоединять водород, галогены, галогеноводороды, воду.

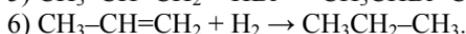
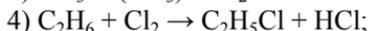
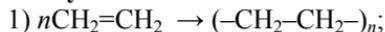
Также алкены могут вступать в окислительно-восстановительные реакции с перманганатом калия и кислородом.

Присоединять алканы и арены ( $C_3H_8$ ,  $C_6H_6$ ) алкены не могут.

Реакции с простыми эфирами и альдегидами ( $CH_3OCH_3$ ,  $HCHO$ ) для алкенов также не характерны.

*Ответ:* алкены могут реагировать с  $KMnO_4$ ,  $H_2O$ ,  $H_2$ ,  $HBr$ ,  $O_2$ .

**Задача 3. Какие из указанных реакций протекают по ионному механизму?**



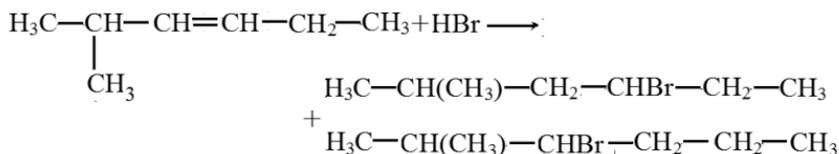
*Решение.* Образование ионов возможно при разрыве связи в галогеноводородах. Это вызывает протекание реакции присоединения по ионному механизму с разрывом  $\pi$ -связи.

Поэтому реакции присоединения галогеноводородов (реакции 2, 3, 5) протекают по ионному механизму, а реакции полимеризации и реакции с хлором и водородом протекают по радикальному механизму.

*Ответ:* реакции 2, 3, 5.

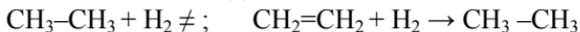
**Задача 4. Напишите реакцию присоединения  $HBr$  к 2-метилгексену-3.**

*Решение.* Присоединение бромоводорода может идти с образованием двух продуктов – 4-бром-2-метилгексана и 3-бром-2-метилгексана:





*Решение.* Этан не взаимодействует с водородом, следовательно, весь израсходованный водород вступил в реакцию с этеном, при этом этен восстанавливается до этана:



Объём смеси до реакции составлял 4 л, после реакции – 3 л. Изменение объема равно  $x$  л.  $4-3=1$  л;  $x=1$  л.

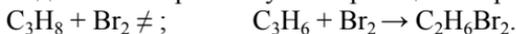
Следовательно, 1 л водорода израсходовали в реакции гидрирования этена, и исходный объём этена составлял 1 л.

Значит, объём ( $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ ) в исходной смеси составлял 1 л; объём ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ) – 1 л.

*Ответ:* состав 50% этан, 50% этен (по объёму).

**Задача 9. 2,24 л (н.у.) смеси пропана и пропена могут обесцветить 100 г 4%-ного раствора брома в четырёххлористом углероде. Определите процентный состав смеси.**

*Решение.* Пропан не взаимодействует с раствором брома, и весь израсходованный бром вступил в реакцию с пропеном:



Молярная масса брома  $M(\text{Br}_2)=160$  г/моль.

Рассчитаем массу и число молей брома, который вступил в реакцию:

$$m(\text{Br}_2) = 0,4 \cdot 100 = 4 \text{ г}, \quad n(\text{Br}_2) = 4 \text{ г} : 160 \text{ г/моль} = 0,025 \text{ моль}.$$

Количество пропена, вступившего в реакцию, будет равно

$$n(\text{C}_3\text{H}_6)=0,025 \text{ моль}; \text{ т.е. } V(\text{C}_3\text{H}_6)=0,56 \text{ л}.$$

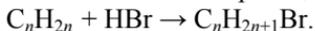
Процентный состав исходной смеси:

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_6)=0,56 \text{ л} : 2,24 \text{ л} = 0,25, \text{ или } 25\%; \quad \varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 75\%.$$

*Ответ:* 25%  $\text{C}_3\text{H}_6$ ; 75%  $\text{C}_3\text{H}_8$  (по объёму).

**Задача 10. К 7 г алкена присоединили 2,24 л бромистого водорода (н.у.). Определите формулу и строение углеводорода, если известно, что он является *цис*-изомером и содержит три метильные группы.**

*Решение.* Напишем реакцию присоединения  $\text{HBr}$  к алкену:



В реакцию вступило  $n(\text{HBr}) = 2,24 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,1 \text{ моль HBr}$ .

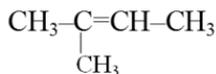
Количество алкена также равно  $n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = n(\text{HBr}) = 0,1 \text{ моль}$ .

Молярная масса исходного алкена  $M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = m:n = 70 \text{ г/моль}$ , т.е. молекулярная формула алкена  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ .

Молекулярной формуле  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  отвечают четыре изомера:

пентен-1, пентен-2, 2-метилбутен-1 и 2-метилбутен-2.

Из этих изомеров только пентен-2 и 2-метилбутен-2 могут иметь *цис-транс*-изомеры. Пентен-2 содержит только две метильные группы:  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3$ . Следовательно, искомое соединение: 2-метилбутен-2:



Ответ:  $\text{CH}_3\text{-C(CH}_3\text{)=CH-CH}_3$ .

**Задача 11.** 8,4 г углеводорода обесцвечивают бромную воду, присоединяют 3,36 л (н.у.)  $\text{H}_2$  в присутствии катализатора. При окислении водным раствором  $\text{KMnO}_4$  образуется соединение симметричного строения формулы  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ . Определите строение исходного углеводорода.

*Решение.* Углеводород, который обесцвечивает бромную воду, присоединяет водород и окисляется водным раствором перманганата калия, должен содержать кратные (двойные или тройные) связи углерод-углерод.



$$n(\text{H}_2) = 3,36 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,15 \text{ моль,}$$

следовательно,  $n(\text{C}_x\text{H}_y) = 0,15 \text{ моль,}$

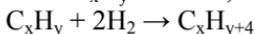
$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = m:n = 8,4 \text{ г} : 0,15 \text{ моль} = 56 \text{ г/моль,}$$

значит, формула –  $\text{C}_4\text{H}_8$ .



Так как углеводород симметричного строения – это бутен-2.

Если  $\text{C}_x\text{H}_y$  – алкин, то реакция гидрирования:



$$n(\text{C}_x\text{H}_y) = \frac{1}{2} n(\text{H}_2) = 0,075 \text{ моль; } M(\text{C}_x\text{H}_y) = 8,4 \text{ г} : 0,075 = 112 \text{ г/моль;}$$

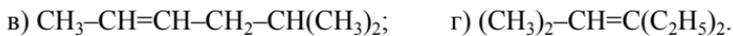
$$x = 9;$$

углеводород несимметричен,  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$  не получится.

Ответ: бутен-2  $\text{C}_4\text{H}_8$ .

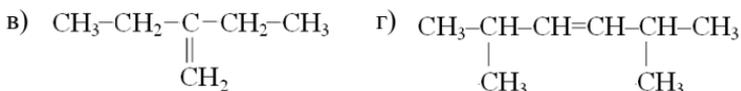
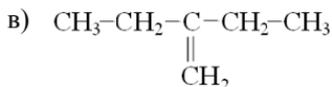
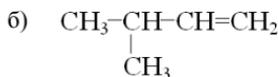
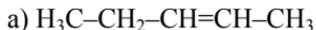
### Задачи для самостоятельного решения

- Напишите структурные формулы следующих соединений: а) 3-метилбутен-2; б) 2,3-диметилбутен-2; в) 3-метилпентен-1; г) 2,3,4-триметилгексен-1; д) 3,4,4-триметилпентен-2; е) 3,5-диметил-4-этилгексен-2.
- Назовите следующие соединения: а)  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-CH=C(CH}_3\text{)}_2$ ; б)  $(\text{CH}_3\text{)}_2\text{C=CH-CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)}_2$ ;



Для каких из них возможна *цис-транс*-изомерия?

3. Напишите формулы *цис*- и *транс*-изомеров для гексена-2 и 2-метилпентена-2.
4. Какие из следующих соединений могут существовать в виде *цис-транс*-изомеров?

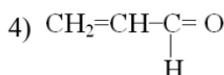
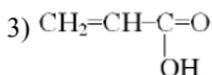


Назовите эти соединения.

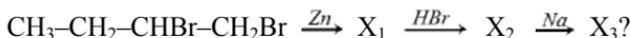
5. У каких соединений возможны *цис-транс*-изомеры?  
 $\text{H}_2\text{C=CH-CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{BrCH=CBBr}_2$ ,  $\text{CHBr=CHBr}$ .  
 Напишите формулы *цис-транс*-изомеров.
6. Сколько структурных изомеров соответствует формуле  $\text{C}_4\text{H}_8$ ?
7. Какой тип реакций наиболее характерен для алкенов?
8. Какие алкены можно получить при каталитическом крекинге *n*-бутана и *n*-пентана?
9. Реакция гидрирования бутена-2 обратимая и экзотермическая. В какую сторону смещается равновесие реакции при повышении температуры?
10. Напишите реакцию бутена-1 с хлороводородом.
11. Какой алкен нужно взять, чтобы при реакции с хлороводородом получить 2-хлор-3,4-диметил-4-этилгептан?
12. Какой спирт нужно взять, чтобы получить 2-метилбутен-2?
13. Из какого бромпроизводного при действии спиртового раствора гидроксида калия можно получить 2,3-диметилбутен-1? Напишите уравнение реакции.
14. Какие вещества получатся при действии  $\text{Zn}$  на следующие дигалогенпроизводные?  
 а)  $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CHBr-CHBr-CH}_2\text{-CH}_3$ ;  
 б)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHBr-CH}_2\text{-CH}_2\text{Br}$ ;  
 в)  $(\text{CH}_3)_3\text{C-CHCl-CH}_2\text{Cl}$ .

Напишите уравнения реакций и назовите полученные соединения.

15. Напишите реакцию дегидратации бутанола-1 в присутствии серной кислоты.
16. Какой алкен можно получить при дегидрогалогенировании 2-хлор-2-метилпропана?
17. Установите формулу алкена, если известно, что при его окислении образовалась пропионовая кислота  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ,  $\text{CO}_2$  и вода.
18. 14 г алкена присоединяют 32 г брома. Напишите молекулярную формулу исходного углеводорода.
19. Как из пентена-1 получить пентен-2? Напишите уравнения реакций.
20. Как можно осуществить следующие превращения?
- а)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}_2\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C}(\text{CH}_3)(\text{OH})\text{—CH}_3$ ;  
 б)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{—CHBr—CH}_3$ ;  
 в)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C}(\text{CH}_3)(\text{OH})\text{—CH}_3$ .
21. Какое из веществ вступает в реакцию гидратации в соответствии с правилом Марковникова?



22. Какое вещество получится в результате следующих превращений:



23. Какое вещество получится в результате следующих превращений?



24. Как различить бутан и бутен?
25. Рассчитайте массу бромной воды с массовой долей брома 3,2%, которая может обесцветить 1,12 л (н.у.) пропилена.
26. 1 г смеси бутана и бутена обесцвечивают 10 г раствора брома, содержащего 4% брома. Определите содержание бутена в смеси.
27. 89,6 л (н.у.) этана дегидрировали. Выход этилена составил 80%. Какой объём 1,2-дихлорэтана можно получить из этого этилена? Плотность 1,2-дихлорэтана равна 1,24 г/мл.

28. Напишите молекулярную формулу алкена, если 2,24 г его присоединяют 3,2 г брома.
29. Какой алкен нужно взять, чтобы при его гидратации получить бутанол-2?
30. Этиленовый углеводород массой 7 г присоединил 2,24 л бромоводорода (н.у.). Определите формулу и строение углеводорода, если известно, что он является *цис*-изомером и содержит 2 метильные группы.
31. Напишите реакцию полимеризации пропилена.

### **Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)**

32. Как получить 3-метилгексен-3 из 3-бром-3-метилгексана?
33. Какие продукты образуются при жёстком окислении бутена-1 и бутена-2?
34. Углеводород состава  $C_5H_{10}$  обесцвечивает бромную воду, при гидрировании даёт *n*-пентан, при окислении в жёстких условиях образует смесь двух кислот. Напишите структурную формулу углеводорода.
35. Какие продукты можно получить при гидратации метилбутенов?
36. Плотность смеси этана, этена и пропена по водороду равна 15,9. К 1 л этой смеси добавили 1 л (н.у.) водорода, и полученную смесь газов пропустили при нагревании над платиновым катализатором. При этом объём смеси уменьшился до 1,5 л (н.у.). Вычислите состав исходной смеси.
37. Этиленовый углеводород присоединяет 6,72 л  $HCl$  (н.у.). При гидролизе продукта этой реакции водным раствором гидроксида натрия образуется 22,4 г предельного одноатомного спирта, содержащего три метильные группы. Определите строение исходного углеводорода и полученного спирта.
38. При нагревании этанола с серной кислотой получили 7,9 г смеси паров двух органических веществ. Одно из этих веществ окисляется водным раствором перманганата калия с образованием 9,3 г этиленгликоля. Определите строение и количества веществ, полученных при окислении исходного этанола, и количество этанола, необходимого для этой реакции.

## Ответы

1	<p>а) <math>\text{CH}_3-\text{CH}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3</math> б) <math>\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3</math> в) <math>\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}=\text{CH}_2</math></p> <p>г) <math>\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2</math> д) <math>\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}=\text{CH}_2</math></p> <p>е) <math>\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_3</math></p>
2	<p>а) 2-метилгексен-2; б) 2,5-диметилгексен-2; в) 5-метилгексен-2; г) 2-метил-4-этилпентен-2. <i>Цис-транс-изомерия возможна только для в)</i></p>
3	<p><math>\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{H}}{\text{CH}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\overset{\text{H}}{\text{C}}</math>     <math>\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{H}}{\text{CH}}-\overset{\text{H}}{\text{C}}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}</math></p> <p>В случае 2-метилпентена-2 изомеров цис- и транс- нет</p>
4	<p><i>Цис-транс-изомерия возможна только для вещества а).</i> Названия веществ: а) пентен-2, б) 3-метилбутен-1, в) 2-этилбутен-1, г) 2,5-диметилгексен-3</p>
5	<p><i>Цис-транс-изомеры возможны для <math>\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_5</math> и <math>\text{CHBr}=\text{CHBr}</math>.</i></p>
6	<p>5 структурных изомеров (3 алкена и 2 циклоалкана)</p>
7	<p>Реакции присоединения</p>
8	<p>При крекинге бутана – этен и пропен, при крекинге пентана – этен, пропен и бутен</p>
9	<p>В сторону образования исходных продуктов</p>
10	<p><math>\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3+\text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}_3</math></p>
11	<p>3,4-диметил-4-этилпентен-1</p>
12	<p>3-метил-бутанол-2</p>
13	<p><math>\text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3</math></p>
14	<p>а) <math>(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CHBr}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{CH}_3+\text{Zn} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3+\text{ZnBr}_2</math>;</p> <p>б) <math>(\text{CH}_3)_2-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br} + \text{Zn} \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\overset{\text{CH}_2}{\text{C}}-\text{CH}_2 + \text{ZnBr}_2</math>;</p> <p>в) <math>(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{CHCl}-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{Zn} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{ZnCl}_2</math></p>
15	<p>При <math>t &gt; 150^\circ</math> (в присутствии <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>) отщепляется одна молекула воды с образованием бутена-1: <math>\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3</math>. При <math>t &lt; 150^\circ\text{C}</math> образуется дибутиловый эфир: <math>2\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{H}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3</math></p>

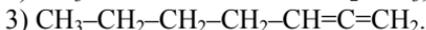
16	2-метилпропен	17	Бутен-1	18	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>
19	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3+\text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3;$ $\text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3+\text{KOH}(\text{спирт}) \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3+\text{KCl}+\text{H}_2\text{O}$				
20	а) провести реакции дегидрогалогенирования и затем гидратации полученного алкена в кислой среде (см. задачу 23); б) также надо провести две реакции: дегидратации с образованием алкена и затем присоединения HCl; в) провести две реакции: дегидратации и затем гидратации полученного алкена				
21	Пропен (вещество 1)				
22	$\text{X}_1: \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2;$ $\text{X}_2: \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHBr}-\text{CH}_3;$ $\text{X}_3: \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$				
23	$\text{X}_1$ – 2-метилбутен-1, $\text{X}_2$ – 2-метилбутанол-2, $\text{X}_3$ – 2-метилбутен-2, $\text{X}_4$ – 2-метилбутанол-2				
24	Бутен обесцвечивает бромную воду, бутан с бромной водой не реагирует				
25	250 г	26	14%	27	255,5 мл
28	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	29	бутен-1	30	цис-пентен-2
31	$n \text{ CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-)_n$				
32	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{KOH, спирт}}$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$				
33	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{[\text{O}], \text{H}^+} \text{CO}_2 + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH};$ $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{[\text{O}], \text{H}^+} 2\text{CH}_3-\text{COOH}$				
34	Пентен-2: $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$				
35	2-метилбутен-1 и 2-метилбутен-2 при гидратации образуют 2-метилбутанол-2; 3-метилбутен-1 образует 3-метилбутанол-2				
36	50% этана, 30% этена, 20% пропена	37	Исходный углеводород: 2-метилпропен, полученный спирт: 2-метилпропанол-2		
38	4,2 г этилена, 3,7 г диэтилового эфира, 11,5 г этанола				

## АЛКАДИЕНЫ

1. Какие углеводороды называются алкадиенами?
2. Напишите общую формулу алкадиенов.
3. На какие группы делят алкадиены по взаимному положению двойных связей?
4. Какие типы изомерии возможны для алкадиенов?
5. Каким классам углеводородов изомерны алкадиены?
6. В каком состоянии гибридизации находятся атомы углерода, имеющие двойную связь?
7. Какой валентный угол характерен для атома углерода, который находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации?
8. Напишите реакции промышленного получения алкадиенов.
9. Как можно получить алкадиены в лаборатории?
10. Напишите структурные формулы всех алкадиенов состава  $C_5H_8$ . Назовите их. Для каких из них возможна *цис-транс*-изомерия?

### Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** Какое из приведённых веществ образует *цис*-, *транс*-изомеры?



*Решение.* Геометрическая *цис-транс*-изомерия характерна для веществ, которые имеют одну или несколько двойных связей в молекуле и атомы (группы атомов), которые могут по-разному располагаться относительно плоскости двойной связи.

Из приведённых веществ только гексадиен-2,4 (вещество 2) удовлетворяет этим двум требованиям: имеет двойные связи и группы атомов, которые могут по-разному располагаться относительно плоскости двойной связи, то есть образовывать *цис*- и *транс*-изомеры.

Остальные три вещества имеют две двойные связи, но при двойной связи стоят атомы водорода, относительно которых атомы, расположенные с другой стороны двойной связи, не могут быть расположены по-разному.

*Ответ:* вещество 2 – гексадиен-2,4  $CH_3-CH=CH-CH=CH-CH_2-CH_3$ .

**Задача 2. Какое из приведённых веществ относится к сопряжённым алкадиенам?**

- 1)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ ;
- 2)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ;
- 3)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ ;
- 4)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ .

*Решение.* К сопряжённым алкадиенам относятся алкадиены, в которых двойные связи разделены одной простой связью. Этому условию удовлетворяет только вещество 3 – гексадиен-2,4.

*Ответ:* вещество 3 – гексадиен-2,4  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ .

**Задача 3. При гидрировании бутадиена-1,3 массой 8,1 г получили смесь бутана и бутена-1. При пропускании этой смеси через бромную воду образовался 1,2-дибромбутан массой 10,8 г. Определите массовые доли углеводов в продуктах реакции гидрирования.**

*Решение.* Гидрирование бутадиена-1,3 протекает по уравнениям:  
 $\text{C}_4\text{H}_6 + \text{H}_2 = \text{C}_4\text{H}_8$  (1);       $\text{C}_4\text{H}_6 + 2\text{H}_2 = \text{C}_4\text{H}_{10}$  (2).

Полученный бутен-1 взаимодействует с бромной водой по уравнению (бутан с бромной водой не взаимодействует):



Вычислим количество вещества полученного 1,2-дибромбутана:

$$n(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2)}{M(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2)} = \frac{10,8}{216} = 0,05 \text{ моль.}$$

Из уравнения (3) следует:  $n(\text{C}_4\text{H}_8) = n(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2) = 0,05$  моль.

Масса полученного бутена-1:

$$m(\text{C}_4\text{H}_8) = n(\text{C}_4\text{H}_8) \cdot M(\text{C}_4\text{H}_8); \quad m(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,05 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 2,8 \text{ г.}$$

Из уравнения (1) следует, что количество вещества бутадиена, гидрированного по уравнению (1) до бутена:

$$n(\text{C}_4\text{H}_6) = n(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,05 \text{ моль.}$$

Масса исходного бутадиена была равна 8,1 г, что составляет 0,15 моль. Следовательно, количество вещества бутадиена, гидрированного по уравнению (2) до бутана, составило:

$$0,15 \text{ моль} - 0,05 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль.}$$

Вычислим массу бутана:

$$m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = n(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 5,8 \text{ г.}$$

Масса полученной смеси углеводов (бутана и бутена) равна  $2,8 \text{ г} + 5,8 \text{ г} = 8,6 \text{ г}$ .

Рассчитаем массовые доли углеводов в смеси:

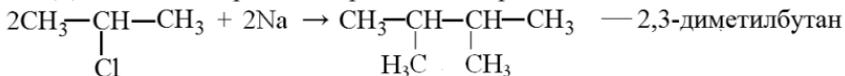
$$\omega(\text{C}_4\text{H}_8) = m(\text{C}_4\text{H}_8)/m = 2,8 \text{ г}/8,6 \text{ г} = 0,326, \text{ или } 32,6\%;$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = m(\text{C}_4\text{H}_{10})/m = 5,8 \text{ г}/8,6 \text{ г} = 0,674, \text{ или } 67,4\%.$$

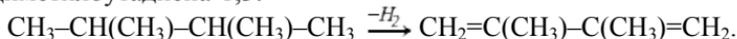
#### Задача 4. Какой диеновый углеводород можно получить по реакции Вюрца из пропена?

*Решение.* Реакция Вюрца – это реакция галогенпроизводных углеводов с металлическим натрием. Поэтому сначала нужно из пропена получить галогенпроизводное:  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_3$  (учитываем, что присоединение  $\text{HCl}$  протекает по правилу Марковникова: водород присоединяется к первому атому углерода, а хлор – ко второму).

Далее можно проводить реакцию Вюрца:



Дегидрирование 2,3-диметилбутана приводит к образованию 2,3-диметилбутадиена-1,3:



#### Задачи для самостоятельного решения

- Напишите структурные формулы следующих алкадиенов: а) гексадиен-2,4; б) 2,3-диметилбутадиен-1,3; в) 2,5-диметилгексадиен-1,5.
- Назовите следующие углеводороды:
  - $\text{CH}_2=\underset{\text{H}_3\text{C}}{\text{C}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2$       в)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$     г)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$
  - $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$
- Напишите структурные формулы возможных изомеров изопрена  $\text{C}_5\text{H}_8$  и назовите их.
- Напишите уравнение реакции 2-метилбутадиена-1,3 с бромом при высокой температуре.

5. Напишите уравнения реакции полимеризации 2,3-диметилбутадиена-1,3.
6. Какое максимальное количество брома может прореагировать с 5,6 л бутадиена (н.у.)?

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

7. Напишите схемы реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:  
 Бутадиен-1,3  $\xrightarrow{Br_2, H_2O}$  A  $\xrightarrow{2NaOH}$  B  $\xrightarrow{H_2, Pt, t^0}$  C  $\xrightarrow{KMnO_4, H_2SO_4}$  D.
8. Какие продукты получатся при реакции эквимольных количеств изопрена и хлороводорода?

### Ответы

1	$\text{а) } \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3; \quad \text{б) } \text{CH}_2=\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{CH}_2;$ $\text{в) } \text{CH}_2=\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{CH}_2$
2	а) 2,3-диметилбутадиен-1,3; б) 2-метилпентадиен-1,3; в) пентадиен-1,3; г) 3,4-диметилгептадиен-1,6; д) бутадиен-1,2
3	$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ пентадиен-1,2; $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ пентадиен-1,3; $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ пентадиен-1,2; $\text{CH}_2=\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-метилбутадиен-1,3; $\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{C}=\text{CH}_2$ 3-метилбутадиен-1,2
4	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \xrightarrow{t^0} \text{CH}_2\text{Br}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br}$
5	$n\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2 \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-]$ <b>6</b> 80 г
7	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2(\text{водный раствор}) \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br};$ $\text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH};$ $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2 \xrightarrow{Pt, t^0} \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH};$ $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{KMnO_4, H_2SO_4} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
8	При низкой температуре реакция протекает по типу 1,2-присоединения с образованием 3-метил-3-хлорбутена-1, при высокой температуре – по типу 1,4-присоединения с образованием 2-метил-2-хлорбутена-2 и 2-метил-4-хлорбутена-2

## АЛКИНЫ

1. Какие углеводороды относятся к алкинам?
2. Напишите общую формулу алкинов.
3. В каком состоянии гибридизации находятся атомы углерода, имеющие тройную связь?
4. Какой валентный угол характерен для атома углерода, который находится в состоянии *sp*-гибридизации?
5. Какие типы изомерии возможны для алкинов?
6. Почему для алкинов невозможна *цис*-, *транс*-изомерия?
7. Каким классам углеводородов изомерны алкины?
8. Как можно получить алкины в лаборатории?
9. Напишите реакции промышленного получения алкинов.
10. Сравните химическую активность алканов, алкенов и алкинов. Какие из этих углеводородов более активны и почему?
11. Какие реакции характерны для алкинов?
12. Напишите качественную реакцию на алкины с концевой тройной связью.

## Типовые задачи с решениями

### Задача 1. Каким классам углеводородов изомерны алкины?

- 1) алкенам;
- 2) циклоалканам;
- 3) алкадиенам;
- 4) ароматическим углеводородам.

*Решение.* Общая формула алкинов  $C_nH_{2n-2}$ . Алкены и циклоалканы имеют общую формулу  $C_nH_{2n}$ , алкадиены –  $C_nH_{2n-2}$ , ароматические углеводороды –  $C_nH_{2n-6}$ .

Из общих формул видно, что алкины и алкадиены имеют одинаковую общую формулу, следовательно, они изомерны друг другу.

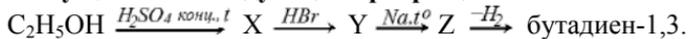
*Ответ:* 3, алкины изомерны алкадиенам.

### Задача 2. Какое вещество преимущественно образуется при действии спиртового раствора щёлочи на 1,2-дибромбутан?

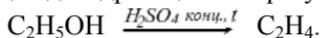
*Решение.* Реакция дигалогеналканов со спиртовым раствором щёлочи – это лабораторный способ получения алкинов:



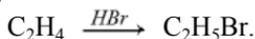
**Задача 3. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:**



*Решение.* При нагревании этанола  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  с концентрированной серной кислотой при высокой температуре ( $>150^\circ\text{C}$ ) происходит реакция дегидратации и образуется этилен (вещество X):



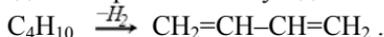
В результате присоединения  $\text{HBr}$  к этилену образуется бромэтан  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ :



Нагревание бромэтана в присутствии натрия приводит к образованию бутана:



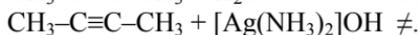
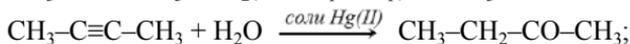
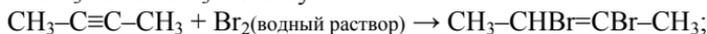
Дегидрирование бутана в присутствии катализатора ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  или  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) приводит к образованию бутадиена-1,3:



**Задача 4. Вещество имеет молекулярную формулу  $\text{C}_4\text{H}_6$ . Оно обесцвечивает бромную воду, не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра, но присоединяет воду в присутствии солей ртути (II). Напишите структурную формулу вещества, название вещества и уравнения всех реакций.**

*Решение.* Молекулярная формула углеводорода ( $\text{C}_4\text{H}_6$ ) показывает, что он может относиться к алкинам, алкадиенам или циклоалкенам.

Реакция гидратации в присутствии солей ртути характерна только для алкинов. Поскольку углеводород не реагирует с аммиачным раствором серебра, он не содержит тройную связь при концевом атоме углерода. Следовательно, структурная формула алкина  $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$  – это бутин-2.



**Задача 5. 8,96 л ацетилена (н.у.) присоединяют 29,2 г хлороводорода. Какой продукт получается в результате реакции?**

*Решение.* Одна молекула ацетилена может присоединить 1 или 2 молекулы хлороводорода по реакции:



По условию задачи 8,96 л ацетилена (0,4 моль) присоединяют 29,2 г HCl (0,8 моль). Следовательно, 1 молекула ацетилена присоединяет 2 молекулы хлороводорода.

Присоединение хлороводорода происходит по правилу Марковникова, поэтому оба атома хлора присоединяются к одному атому углерода и полученный продукт – 1,1-дихлорэтан.

*Ответ:* 1,1-дихлорэтан.

**Задача 6.** При гидрировании ацетилена получили эквимольную смесь этана и этена; масса смеси равна 58 г. Вычислите, какой объём (н.у.) ацетилена вступил в реакцию.

*Решение.* Гидрирование ацетилена может приводить к образованию этана или этена:



По условию задачи получилась эквимольная смесь этена и этана (т.е. число молей этена и этана одинаково).

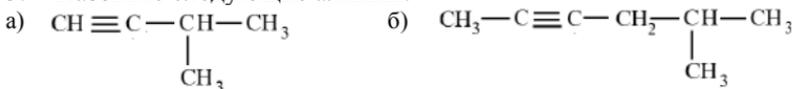
Молярные массы этена и этана равны  $M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28$  г/моль,  $M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30$  г/моль. Смесь эквимольная, следовательно, средняя молярная масса смеси составляет  $(28 + 30)/2 = 29$  г/моль.

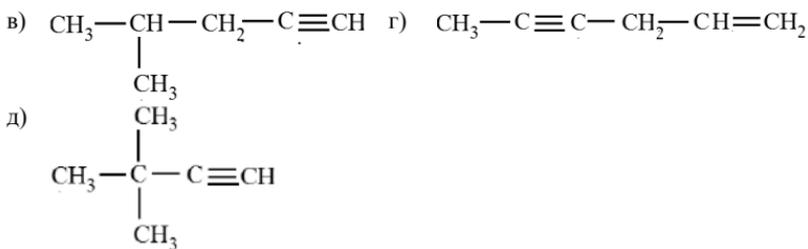
В результате реакции получилось 58 г, или 2 моль смеси. Следовательно, в реакцию вступили 2 моль ацетилена, или 44,8 л (н.у.).

*Ответ:* 44,8 л ацетилена.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите структурные формулы углеводородов: а) 2,7-диметилэтин-3; б) 3,3-диметилбутин-1; в) 2,2,5-триметилгексин-3; г) 3-метилгексен-1-ин-4.
2. Напишите структурную формулу углеводорода, у которого все 6 атомов находятся в состоянии *sp*-гибридизации.
3. Назовите следующие алкины:





- Напишите структурные формулы алкинов, содержащих 6 атомов углерода, и назовите их.
- Напишите структурные формулы алкинов, которые изомерны изопрену.
- Выберите формулы веществ, изомерных 3-метилпентину-1:
  - $\text{HC}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$     г)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-\text{CH}_2$
  - $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}_2\text{H}_5$     д)  $\text{HC}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$     е)  $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
- Напишите уравнения реакций присоединения к бутину-1: а) брома; б) бромоводорода; в) водорода; г) воды.
- Напишите формулы всех алкинов, которые при гидрировании образуют 2,2-диметилгексан.
- Как получить 1,1-дихлорэтан и 1,2-дихлорэтан из ацетилена? Напишите уравнения реакций.
- Какие вещества можно получить при действии спиртового раствора KOH на 1,1-дибромбутан и 1,2-дибромбутан?
- Какие дигалогенпроизводные алканов нужно взять, чтобы из них получить 2,2-диметилгексин-3?
- Какую формулу имеет продукт Z в схеме превращений:  

$$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{Na}} \text{X} \xrightarrow{\text{CH}_3\text{Cl}} \text{Y} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Z}$$
- Напишите реакции пропина с избытком следующих веществ: водород, бром, хлороводород, вода в присутствии солей ртути

- (II), аммиачный раствор оксида серебра, концентрированный раствор перманганата калия в присутствии серной кислоты.
14. Какие из веществ будут реагировать с аммиачным раствором оксида серебра: а) бутин-1; б) бутин-2; в) 4-метил-гексин-2; г) 5-метилгексин-3?
  15. В трех склянках находятся три жидкости: пентан, пентен-1 и пентин-1. Как различить эти вещества? Напишите уравнения реакций.
  16. Как химическим путем выделить бутин-2 из его смеси с бутином-1? Напишите уравнения реакций.
  17. Как разделить смесь гексина-1 и гексина-2?
  18. Углеводород с молекулярной формулой  $C_4H_6$  взаимодействует с раствором брома в воде и с натрием с выделением водорода. Определите строение углеводорода и напишите его название.
  19. При окислении алкина получили только один продукт – уксусную кислоту  $CH_3COOH$ . Напишите формулу исходного алкина.
  20. Определите максимальную массу брома, который может вступить в реакцию с 5,6 л ацетилена (н.у.).
  21. Напишите молекулярную формулу продукта, который получится после присоединения 56,8 г хлора к 20,8 г ацетилена.
  22. Какой объём ацетилена (н.у.) нужно взять для реакции с 16 г брома, чтобы получить 1,1,2,2-тетрабромэтан?
  23. Из технического карбида кальция массой 1 кг получен ацетилен объемом 260 л (н.у.). Рассчитайте массовую долю примесей (в %), содержащихся в образце карбида кальция.

### **Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)**

24. Напишите формулу продукта реакции 1,2-дихлоралкана с избытком спиртового раствора КОН. Масса выделившегося газа в 2,775 раза меньше массы исходного дихлоралкана.
25. При пропускании смеси пропана и ацетилена через склянку с бромной водой масса склянки увеличилась на 1,3 г. При полном сгорании такого же количества исходной смеси углеводородов выделилось 14 л (н.у.) оксида углерода (IV). Определите массовую долю пропана в исходной смеси и рассчитайте среднюю молярную массу смеси.

26. При пропускании через избыток бромной воды смеси метана, пропена и ацетилена объём смеси уменьшился в 4 раза. При пропускании такого же объёма этой смеси углеводородов через избыток аммиачного раствора оксида серебра объём смеси уменьшился в 1,75 раза. Вычислите массовую долю углеводородов в исходной смеси.
27. Смесь ацетилена и углекислого газа при пропускании через избыток известковой воды образует 20 г осадка. При обработке такого же количества этой смеси избытком хлора образуется 21,9 г HCl. Вычислите объём исходной смеси газов (при н.у.).

### Ответы

1	$\text{a) } \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\text{б) } \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \quad \text{в) } \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \qquad \qquad   \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{CH}_3 \end{array}$ $\text{г) } \begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$				
2	Например: $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}$ – гексатриин-1,3,5				
3	а) 3-метилбутин-1; б) 5-метилгексин-2; в) 4-метилпентин-1; г) гексен-1-ин-4; д) 3,3-диметилбутин-1				
4	7 изомеров	5	3 изомера	6	а, в, е
7	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CBr}=\text{CHBr} \xrightarrow{\text{Br}_2}$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CBr}_2-\text{CHBr}_2;$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CBr}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{HBr}} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CBr}_2-\text{CH}_3;$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{H}_2} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3;$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_3$				
8	3 изомера: 2,2-диметилгексин-3, 5,5-диметилгексин-1, 5,5-диметилгексин-2				
9	а) 1,1-дихлорэтан: $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}_2;$ б) 1,2-дихлорэтан: $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2;$ $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$				

10	$\text{CHBr}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + 2\text{KOH}(\text{спирт}) \rightarrow \text{CH}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3 + 2\text{KBr} + \text{H}_2\text{O};$ $\text{CH}_2\text{Br-CHBr-CH}_2\text{-CH}_3 + 2\text{KOH}(\text{спирт}) \rightarrow \text{CH}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3 + 2\text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$						
11	Например: $\text{CH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)_2\text{-CHCl-CHCl-CH}_2\text{-CH}_3 \xrightarrow{\text{KOH, спирт}}$ $\text{CH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)_2\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3$						
12	Бутанон $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$						
13	$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3;$ $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CBr}_2\text{-CHBr}_2;$ $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + 2\text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CBr}_2\text{-CH}_3;$ $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4} \text{CH}_3\text{-CO-CH}_3;$ $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NH}_3} \text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CAg}\downarrow;$ $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CO}_2$						
14	С аммиачным раствором $\text{Ag}_2\text{O}$ реагирует только бутин-1, потому что он имеет тройную связь на конце молекулы (терминальную тройную связь). Остальные алкины имеют тройную связь в середине молекулы, поэтому они не проявляют кислотных свойств и не могут реагировать с аммиачным раствором оксида серебра						
15	Пентен и пентин обесцвечивают бромную воду, пентан с бромной водой не реагирует: $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{Br}_2\text{aq} \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-CHBr-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3;$ $\text{CH}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{Br}_2\text{aq} \rightarrow \text{CHBr=CBr-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3.$ Пентин-1 реагирует с аммиачным раствором оксида серебра с образованием осадка (см. задачи 16, 17), пентен-1 – не реагирует						
16	Бутин-2 не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра. Бутин-1 в реакции с $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ реагирует с образованием осадка: $\text{HC}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3 + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{AgC}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3\downarrow + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$						
17	Гексин-2 не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра. Гексин-1 в реакции с $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ реагирует с образованием осадка: $\text{HC}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow$ $\text{AgC}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3\downarrow + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}.$ Далее осадок можно обработать соляной кислотой и получить гексин-1: $\text{AgC}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{HC}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{AgCl}\downarrow$						
18	Бутин-1: $\text{CH}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3$	19	$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_3$	20	80 г	21	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$
22	2,24 л	23	25,7%	24	1,2-дихлорпропан		
25	84% пропана; $M(\text{ср.}) = 41,12$ г/моль	26	25% метана, 32,1% пропена, 42,9 % ацетилена	27	11,2 л		

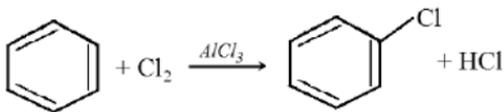
# АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АРЕНЫ)

1. Какие углеводороды относятся к ароматическим?
2. Напишите общую формулу аренов.
3. В каком состоянии гибридизации находятся атомы углерода в молекуле бензола?
4. Какой валентный угол характерен для атомов углерода в молекуле бензола?
5. Какие типы изомерии возможны для аренов?
6. Как можно получить бензол в лаборатории?
7. Напишите реакции промышленного получения бензола.
8. Какие реакции характерны для аренов?
9. Сравните реакции замещения для алканов и аренов.
10. Сравните химические свойства бензола и его гомологов.
11. Почему реакции присоединения и окисления для бензола и его гомологов протекают только в жёстких условиях?
12. Что такое ориентанты I и II рода? Приведите примеры ориентантов.

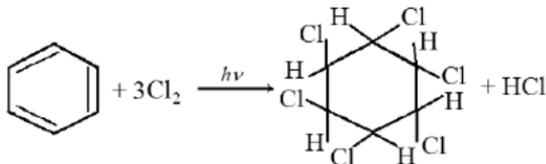
## Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** В каких условиях идет взаимодействие бензола с хлором по типу: а) замещения; б) присоединения? Напишите уравнения реакций.

*Решение.* Реакция бензола с хлором по типу замещения идёт в присутствии катализаторов:



Реакция по типу присоединения протекает на свету:

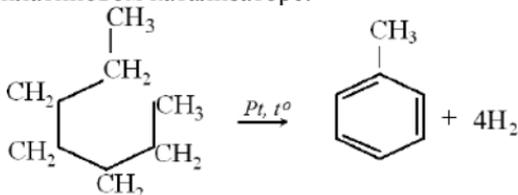


гексахлорциклогексан

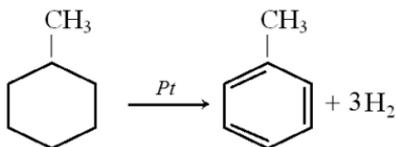
**Задача 2. Напишите три способа получения толуола. Укажите условия реакций.**

*Решение.* Тoluол можно получить:

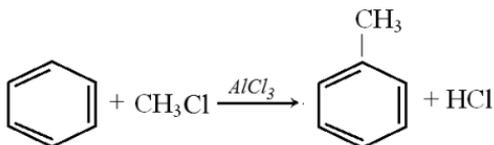
- 1) дегидроциклизацией предельных углеводородов (гептана) на платиновом катализаторе:



- 2) дегидрированием метилциклогексана при повышенной температуре (катализатор – платина):



- 3) алкилированием бензола алкилгалогенидами или алкенами (реакция Фриделя – Крафтса). Катализатор – хлорид или бромид алюминия.

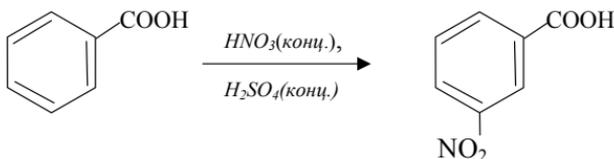
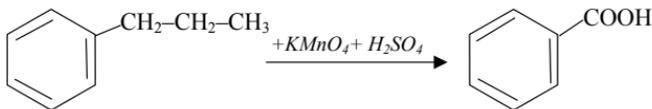


**Задача 3. Как из пропилбензола получить 3-нитробензойную кислоту в 2 стадии?**

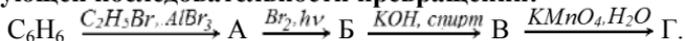
*Решение.* 1. Окисление пропилбензола перманганатом калия в кислой среде приводит к образованию бензойной кислоты.

2. Нитрование полученной бензойной кислоты протекает при использовании концентрированной азотной кислоты в присутствии концентрированной серной кислоты в качестве катализатора.

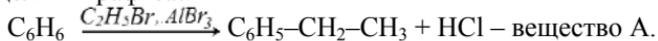
Карбоксильная группа  $-\text{COOH}$  – это ориентант II рода, она направляет электрофильное замещение в *мета*-положение бензольного кольца. Поэтому при нитровании бензойной кислоты получается 3-нитробензойная кислота:



**Задача 4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:**



*Решение.* При действии галогеналкила ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ ) на бензол в присутствии катализатора  $\text{AlBr}_3$  образуется этилбензол – реакция Фриделя – Крафтса:



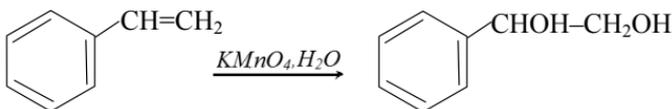
Галогенирование этилбензола на свету приводит к замещению на галоген атома водорода у атома углерода боковой цепи, ближайшего к бензольному кольцу:



При действии спиртового раствора щелочи на вещество Б происходит отщепление бромоводорода с образованием двойной связи в боковой цепи:



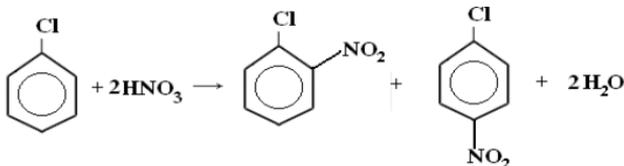
При взаимодействии стирола с водным раствором перманганата калия двойная связь в боковой цепи окисляется и образуется двухатомный спирт:



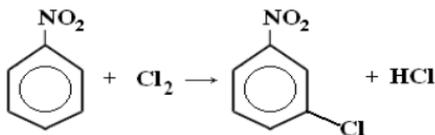
### Задача 5. Как получить *o*-нитрохлорбензол и *m*-нитрохлорбензол?

*Решение.* В молекуле бензола  $\pi$ -электронное облако распределено равномерно по всем атомам углерода. Введение заместителей нарушает распределение.

Заместители I рода (группы  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ , галогены) способствуют электрофильному замещению в *орто*- и *пара*-положения бензольного кольца:



Заместители II рода ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{CCl}_3$ ,  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{COH}$ ) направляют электрофильное замещение в *мета*-положение бензольного кольца:



**Задача 6. 5 г смеси бензола с циклогексеном обесцвечивают 100 г бромной воды (массовая доля брома составляет 4%). Рассчитайте количество воды, которая образуется при сгорании в кислороде такого же количества этой смеси.**

*Решение.* С бромной водой бензол не взаимодействует. Циклогексен с бромной водой реагирует по уравнению



Вычислим массу и количество вещества брома, вступившего в реакцию с циклогексеном:

$$m(\text{Br}_2) = m(\text{бромной воды}) \cdot \omega(\text{Br}_2); \quad m(\text{Br}_2) = 100 \cdot 0,04 = 4 \text{ г.}$$

$$n(\text{Br}_2) = m(\text{Br}_2) / M(\text{Br}_2) = 4 / 160 = 0,025 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что количество вещества циклогексена равно количеству вещества брома:

$$n(\text{циклогексен}) = n(\text{Br}_2) = 0,025 \text{ моль.}$$

Рассчитаем массу и массовую долю циклогексена в исходной смеси:

$$\begin{aligned} m(\text{циклогексен}) &= n(\text{циклогексен}) \cdot M(\text{циклогексен}) = \\ &= 0,025 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г/моль} = 2,05 \text{ г.} \end{aligned}$$

$\omega(\text{циклогексен}) = m(\text{циклогексен})/m(\text{смеси}) = 2,05 \text{ г}/5 \text{ г} = 0,41$   
(= 41%).

Массовая доля бензола в смеси составит

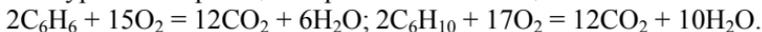
$$\omega(\text{бензол}) = 1 - 0,41 = 0,59 \text{ (=59\%)}$$

Вычислим массу и количество вещества бензола в смеси:

$$m(\text{бензол}) = 0,59 \cdot 5 \text{ г} = 2,95 \text{ г};$$

$$n(\text{бензол}) = m(\text{бензол})/M(\text{бензол}) = 2,95 \text{ г}/78 \text{ г/моль} \approx 0,0378 \text{ моль}.$$

Напишем уравнения реакций горения бензола и циклогексена:



По уравнению реакции горения бензола:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{6}{2} \times 0,0378 \text{ моль} = 0,113 \text{ моль H}_2\text{O}.$$

По уравнения реакции горения циклогексена:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{10}{2} \times 0,025 \text{ моль} = 0,125 \text{ моль H}_2\text{O}.$$

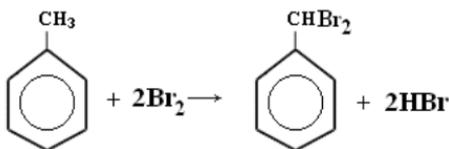
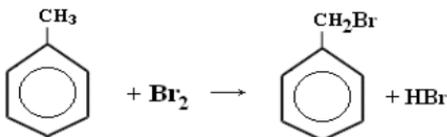
Общее количество вещества воды, которая получилась при горении смеси, равно:  $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,113 \text{ моль} + 0,125 \text{ моль} = 0,238 \text{ моль}$ .

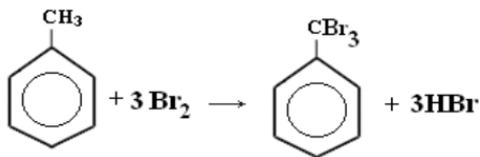
Масса воды  $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,238 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 4,284 \text{ г}$ .

*Ответ:*  $m(\text{H}_2\text{O}) = 4,284 \text{ г}$ .

**Задача 7.** Смесь бензола и толуола (масса смеси 26,22 г) подвергли бромированию при освещении без катализатора. Получившийся HBr нейтрализовали 168 г 10%-ного раствора NaHCO<sub>3</sub>. Определите состав исходной смеси и строение полученного бромпроизводного, если известно, что оно содержит 46,8% брома (по массе).

*Решение.* 1. Бензол не реагирует с Br<sub>2</sub> без катализатора. Поэтому весь вступивший в реакцию бром пошел на бромирование толуола. В реакции толуола с бромом могут получиться 3 продукта (в зависимости от соотношения реагентов):





2. Вычислим молярные массы возможных продуктов бромирования толуола:

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Br}) = 171 \text{ г/моль}; \quad M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBr}_2) = 250 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CBr}_3) = 329 \text{ г/моль}.$$

3. Какой из продуктов содержит 46,8% Br?

$$M = \frac{80 \times 100}{46,8} = 171 \text{ г/моль, следовательно, это } \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Br}.$$

4. Вычислим количество HBr, полученного при бромировании толуола. Для этого рассчитаем количество вещества  $\text{NaHCO}_3$ , вступившего в реакцию с HBr:



Молярная масса гидрокарбоната натрия  $M = 84 \text{ г/моль}$ . Тогда

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,1 \times 168 \text{ г} = 16,8 \text{ г}; \quad n = (16,8 \text{ г} : 84 \text{ г/моль}) = 0,2 \text{ моль}.$$

5. По уравнению реакции количество вещества HBr также равно 0,2 моль и количество вещества толуола, вступившего в реакцию с бромом, также составляет 0,2 моль.

Вычислим массу толуола, вступившего в реакцию с бромом:

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 92 \text{ г/моль}, \quad n(\text{толуола}) = 0,2 \text{ моль};$$

$$m = 0,2 \text{ моль} \times 92 \text{ г/моль} = 18,4 \text{ г}.$$

6. Рассчитаем количество бензола в исходной смеси:

$$m(\text{бензола}) = 26,22 \text{ г} - 18,4 \text{ г} = 7,82 \text{ г}.$$

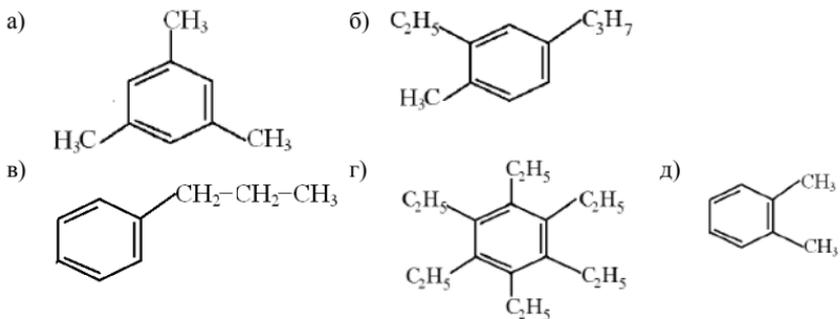
7. Рассчитаем процентный состав смеси (по массе):

$$\omega(\text{толуол}) = \frac{18,4 \text{ г}}{26,22 \text{ г}} = 0,702 = 70,2\%;$$

$$\omega(\text{бензол}) = 100 - 70,2 = 29,8\%.$$

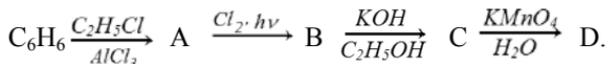
## Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите структурные формулы всех изомеров бензола  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ . Назовите их.
2. Назовите следующие углеводороды:



- Напишите структурные формулы следующих углеводородов: а) *o*-ксилол; б) 1,2,3-триметилбензол; в) 1-этил-3-пропилбензол; г) винилбензол; д) 1-метил-4-этилбензол; е) 1,2-диэтил-4-пропилбензол; ж) *o*-диэтилбензол; з) *n*-метилизопропилбензол.
- Напишите структурные формулы изомеров состава  $(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{Br}$  и назовите их.
- Почему стирол не является гомологом бензола?
- Какие вещества получаются при каталитическом гидрировании а) метилциклогексана; б) изопропилциклогексана? Напишите условия реакций.
- Напишите уравнения реакций получения бензола из: а) гексана; б) циклогексана.
- Какой ароматический углеводород получается при полимеризации метилацетилена? Укажите условия реакций.
- Какое соединение нужно взять для реакции с хлорбензолом, чтобы получить изопропилбензол? Напишите уравнение реакции и условия ее проведения. Как называется эта реакция?
- При взаимодействии толуола с бромом в зависимости от условий происходит замещение водорода в бензольном ядре или в метильной группе. Напишите уравнения реакций толуола с бромом в присутствии катализатора или при нагревании.
- Какие вещества образуются при взаимодействии 1 моль толуола с 1 моль брома?
- Углеводород имеет формулу  $\text{C}_7\text{H}_8$ . Он не обесцвечивает бромную воду, но присоединяет водород и превращается в метилциклогексан. Напишите структурную формулу этого углеводорода и уравнение его реакции с водородом.

13. Напишите схему реакций, соответствующих следующим превращениям:



14. Имеется смесь бензола и стирола. Как из этой смеси выделить бензол?
15. Приведите уравнения реакций, необходимых для превращений: гексан  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  циклогексан.
16. Приведите уравнения реакций, необходимых для превращений: ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  гексахлорциклогексан.
17. Углеводород состава  $\text{C}_8\text{H}_6$  обесцвечивает бромную воду, при окислении образует бензойную кислоту, с аммиачным раствором нитрата серебра дает осадок. Напишите структурную формулу углеводорода и уравнения реакций.
18. Какие вещества образуются при окислении в жёстких условиях этилбензола и изопропилбензола? Напишите уравнения реакций и укажите условия реакций.
19. Напишите возможные формулы ароматических углеводородов состава  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ , при окислении которых получается бензойная кислота. Напишите уравнения реакций.
20. Ароматический углеводород, содержащий 8 атомов углерода, при окислении раствором  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде при нагревании превращается в бензойную кислоту  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ . Напишите формулу исходного углеводорода и уравнение реакции его окисления.
21. Какие монобромпроизводные образуются при бромировании в присутствии катализатора: а) нитробензола; б) толуола? Почему?
22. При взаимодействии толуола с бромом в зависимости от условий реакция может пойти в двух направлениях: с замещением в ядре или с замещением в боковой цепи. В каком направлении реакция идёт в присутствии катализатора  $\text{FeBr}_3$ ? Напишите уравнение реакции.
23. Сколько граммов бензола и сколько литров водорода вступили в реакцию, если в результате образовалось 4,2 г циклогексана?
24. Выход бензола при тримеризации ацетилена составляет 42%. Чему равна масса ацетилена, необходимого для получения бензола количеством вещества 1 моль?
25. При бромировании 156 г бензола получилось 157 г бромбензола. Вычислите выход продукта реакции от теоретического.

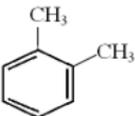
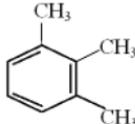
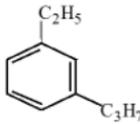
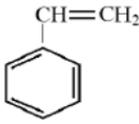
26. 15,6 г бензола вступили в реакцию бромирования с 64 г брома в присутствии катализатора. Какие бромпроизводные бензола получатся, если весь бром вступил в реакцию?
27. Вычислите объём водорода (н.у.), который образуется при реакции гидроциклизации 150 мл *n*-гексана в бензол (плотность *n*-гексана 0,66 г/мл). Выход реакции составляет 60%.
28. Бензол вступил в реакцию бромирования в присутствии катализатора (FeBr<sub>3</sub>). Полученный в реакции бромоводород пропустили через избыток раствора нитрата серебра; при этом образовалось 3,76 г осадка. Вычислите массу полученного продукта бромирования бензола.
29. При дегидрировании этилбензола массой 4,24 г получили стирол; выход продукта реакции составил 75%. Вычислите массу бромной воды, с которой может прореагировать полученный стирол, если массовая доля брома в бромной воде составляет 4%.
30. При нагревании углеводорода с платиновым катализатором образовалось 39 г бензола и 22,4 л водорода (н.у.). Напишите формулу исходного углеводорода.

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

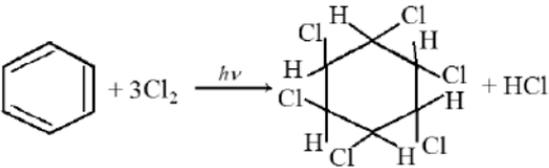
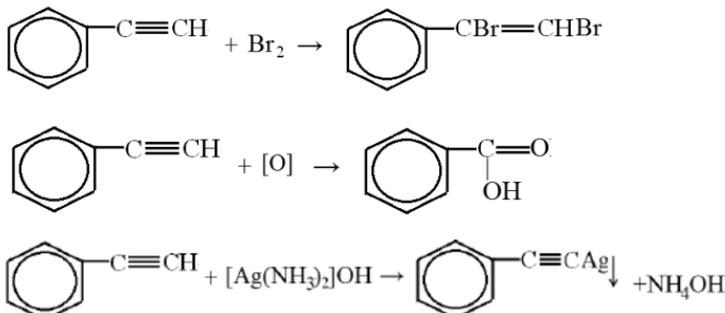
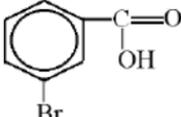
31. Какое строение имеет ароматический углеводород состава C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>, если при монохлорировании бензольного кольца образуются три изомера?
32. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:  

$$C_6H_6 \xrightarrow{\text{этилен, } H_3PO_4} A \xrightarrow{Br_2, h\nu} B \xrightarrow{KOH, \text{ спирт}} C \xrightarrow{H_2SO_4, t} D \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} E \xrightarrow{Br_2, Fe} F$$
33. Как из бензола получить *n*-нитрохлорбензол и *m*-нитрохлорбензол?

### Ответы

1	9 изомеров	2	а) 1,3,5-триметилбензол; б) 1-метил-4-пропил-2-этилбензол; в) пропилбензол; г) гексаэтилбензол; д) 1,2( <i>орто</i> -)-диметилбензол		
3	а) 	б) 	в) 	г) 	

	д)	е)	ж)	з)	
4	6 изомеров	5	Молекулярная формула стирола $C_8H_8$ , а общая формула бензола и его гомологов $C_nH_{2n-6}$	6	а) метилбензол; б) изопропилбензол
7	<p>а) </p> <p>б) </p>				
8	1,3,5-триметилбензол		9	2-хлорпропан; реакция Вюрца	
10	<p></p> <p></p>				
11	орто- и пара-бромтолуол		12	толуол; $C_6H_5-CH_3 + 3H_2 = C_6H_{11}-CH_3$	
13	A: $C_6H_5-C_2H_5$ ; B: $C_6H_5-CHCl-CH_3$ ; C: $C_6H_5-CH=CH_2$ ; D: $C_6H_5-CHOH-CH_2OH$		14	Стирол реагирует с бромной водой, и продукт этой реакции растворяется в воде. Бензол с бромной водой не реагирует и не растворяется в воде	
15	$C_6H_{14} - 3H_2 \xrightarrow{Pt, t^o} C_6H_6$ ;		$C_6H_6 + 3H_2 \xrightarrow{t^o, P, Ni} C_6H_{12}$		

16	$3\text{CH}\equiv\text{CH} \xrightarrow{600^\circ, \text{C}} \text{C}_6\text{H}_6;$ 		
17			
18	Бензойная кислота $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	19	пропилбензол, изопропилбензол, метилэтилбензол (3 изомера), триметилбензол (3 изомера)
20	Например, этилбензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{CH}_3$	21	а) <i>m</i> -бромнитробензол; б) <i>o</i> - и <i>n</i> -бромтолуол
22 В присутствии катализатора $\text{FeBr}_3$ происходит реакция замещения атома водорода в ядре: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{FeBr}_3} \text{C}_6\text{H}_4\text{Br-CH}_3$			
23	3,9 г бензола; 3,36 л водорода (н.у.)		24 185,7 г
25	50%	26 1,2-дибромбензол и 1,4-дибромбензол	27 61,9 л
28	3,14 г бромбензола	29 120 г	30 циклогексен $\text{C}_6\text{H}_{10}$
31	1,3-диметилбензол		
32	А: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ ; Б: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CHBr-CH}_3$ ; В: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH}_2$ ; Г: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CHOH-CH}_2\text{OH}$ ; Д: $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ; Е: – метабромбензойная  кислота $\text{C}_6\text{H}_4\text{BrCOOH}$ :		
33	Для получения <i>n</i> -нитрохлорбензола сначала проводят реакцию хлорирования бензола, затем – реакцию нитрования полученного хлорбензола		

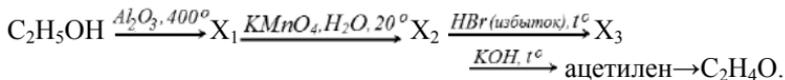
(хлор – это ориентант I рода, он способствует электрофильному замещению в *орто*- и *пара*-положениях бензольного кольца). Для получения *м*-нитрохлорбензола сначала нужно получить нитробензол, а затем его хлорировать (нитрогруппа  $-\text{NO}_2$  – это ориентант II рода, он направляет электрофильное замещение в *мета*-положение бензольного кольца)

# СПИРТЫ (АЛКОГОЛИ)

1. Какие вещества относятся к спиртам?
2. Какие типы спиртов вы знаете?
3. Напишите общую формулу предельных одноатомных спиртов.
4. Какие типы изомерии возможны для спиртов?
5. Как можно получить предельные одноатомные спирты в лаборатории?
6. Напишите реакции промышленного получения этанола.
7. Какие реакции характерны для предельных одноатомных спиртов?
8. Сравните реакции замещения гидроксильного водорода для предельных одноатомных и многоатомных спиртов.
9. Сравните реакции окисления первичных, вторичных и третичных спиртов.
10. Что такое правило Зайцева? Приведите пример.
11. Как из этанола получить диэтиловый эфир?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения?



*Решение.* Составим уравнения реакций:

- 1)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{Al}_2\text{O}_3, 400^\circ} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O};$
- 2)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{O}, 20^\circ} \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH};$
- 3)  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{HBr} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{H}_2\text{O};$
- 4)  $\text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{KOH (спирт.)} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{KBr};$
- 5)  $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4} \text{CH}_3-\text{CHO}.$

**Задача 2.** Какие взаимодействия характерны для предельных одноатомных спиртов?

- 1) с раствором NaOH;
- 2) с Na;
- 3) с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ;
- 4) с Cu.

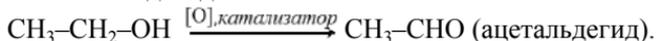
*Решение.* Предельные одноатомные спирты обладают очень слабыми кислотными свойствами и реагируют со щелочными

металлами с образованием алкоголятов и выделением водорода:  $2R-OH + 2Na = 2R-ONa + H_2\uparrow$ . С менее активными металлами, например с медью, спирты не реагируют. С гидроксидами металлов реакции предельных одноатомных спиртов также невозможны.

*Ответ:* с натрием.

**Задача 3. Какой продукт образуется при нагревании этанола с кислородом в присутствии медного катализатора?**

*Решение.* Окисление первичных одноатомных спиртов кислородом в присутствии медного катализатора приводит к образованию альдегидов:



**Задача 4. Как из пропанола-1 получить пропанол-2?**

*Решение.* 1). При дегидратации спиртов в присутствии  $H_2SO_4$  (конц.) при температуре  $>150^\circ C$  образуются алкены:



2). Гидратация алкенов протекает по правилу Марковникова, следовательно, при гидратации пропена получается пропанол-2:



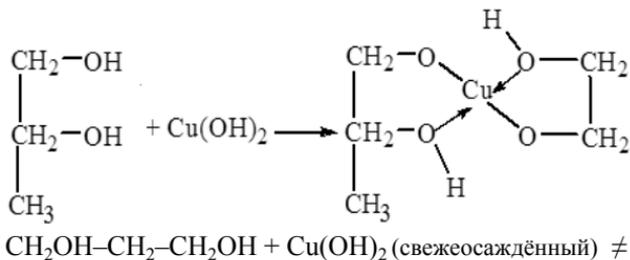
**Задача 5. Расположите следующие спирты в порядке возрастания их кислотных свойств: бутандиол-1,2; бутантетраол-1,2,3,4; бутанол-1; бутантриол-1,2,3.**

*Решение.* Кислотные свойства спиртов возрастают с увеличением числа гидроксильных групп в молекуле: бутанол-1 < бутандиол-1,2 < бутантриол-1,2,3 < бутантетраол-1,2,3,4.

**Задача 6. Как можно отличить пропандиол-1,2 от пропандиола-1,3? Напишите уравнение реакции.**

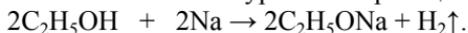
*Решение.* Многоатомные спирты, имеющие гидроксильные группы у соседних атомов углерода, вступают в реакцию со свежеосаждённым гидроксидом меди (II) с образованием ярко-синего раствора.

Многоатомные спирты, у которых гидроксильные группы расположены далеко друг от друга, не реагируют с гидроксидом меди.



**Задача 7. Вычислите объём (н.у.) газа, выделившегося при взаимодействии натрия массой 9,2 г с этиловым спиртом объёмом 100 мл ( $\rho = 0,8$  г/мл) с массовой долей 96%.**

*Решение.* Напишем уравнение реакции:



Молярные массы веществ:  $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46$  г/моль,  $M(\text{Na}) = 23$  г/моль.

1. Рассчитаем количество вещества этанола:

$$m(\text{р-ра}) = 0,8 \times 100 = 80 \text{ г}; \quad m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 80 \times 0,96 = 76,8 \text{ г};$$

$$n = 76,8/46 = 1,7 \text{ моль.}$$

2. Количество вещества натрия:  $n(\text{Na}) = 9,2 : 23 = 0,4$  моль; следовательно, натрий находится в недостатке.

3. Рассчитаем объём водорода, который выделяется при реакции 0,4 моль натрия с этанолом:

$$n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Na}) = 0,2 \text{ моль}; \quad V = 0,2 \times 22,4 = 4,48 \text{ л.}$$

*Ответ:* 4,48 л водорода.

**Задача 8. Какой газообразный углеводород нужно пропустить через водный раствор перманганата калия, чтобы получить простейший двухатомный спирт? Какой объём этого углеводорода (н.у.) нужно взять, чтобы получить 31 г спирта (выход реакции 60% от теоретического)?**

*Решение.* Простейший двухатомный спирт – это этиленгликоль  $\text{CH}_2\text{OH-CH}_2\text{OH}$ . Его можно получить окислением этилена водным раствором  $\text{KMnO}_4$  (реакция Вагнера):



Молярная масса этиленгликоля равна 62 г/моль. Количество вещества этиленгликоля равно

$$n = 31 \text{ г} : 62 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль}, \quad n(\text{этиленгликоля}) = n(\text{этилена}).$$

Тогда объём этилена при н.у. будет составлять:

$$V(\text{этилена}) = 0,5 \text{ моль} \times 22,4 \text{ л/моль} = 11,2 \text{ л.}$$

По условию задачи выход продукта реакции составляет 60% от теоретического, следовательно, нужно взять  $11,2 \text{ л} \times 0,6 = 18,67 \text{ л}$ .

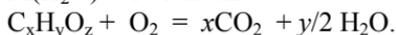
*Ответ:* 18,67 л этилена.

**Задача 9.** При сгорании кислородсодержащего органического вещества массой 2,3 г образуется 4,4 г  $\text{CO}_2$  и 2,7 г воды. Относительная плотность паров этого вещества по воздуху 1,59. Определите молярную массу этого вещества.

*Решение.* 1. Вычислим молярную массу исходного вещества и продуктов реакции:

$$M = 29 \text{ г/моль} \times 1,59 = 46 \text{ г/моль}; \quad M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}.$$



2. Рассчитаем количества веществ  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  после в реакции:

$$n(\text{CO}_2) = 4,4 \text{ г} : 44 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2,7 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 0,15 \text{ моль}.$$

$$\text{Отношение } n(\text{C}) : n(\text{H}) = 1:3.$$

3. Вычислим, какая масса приходится на кислород и  $n(\text{O})$ :

$$m(\text{O}) = 2,3 \text{ г} - 0,1 \text{ моль} \times 12 \text{ г/моль} - 0,3 \text{ моль} \times 1 \text{ г/моль} = 0,8 \text{ г};$$

$$n(\text{O}) = 0,8 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}.$$

4. Соотношение  $\text{C}:\text{O}:\text{H} = 0,1:0,3:0,05 = 2:6:1$ , т. е. формула исходного соединения  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . Молярная масса исходного вещества 46 г/моль.

*Ответ:*  $M = 46 \text{ г/моль}$ .

## Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите формулы спиртов, которые способны окисляться в альдегиды.
2. Напишите структурные формулы всех изомерных спиртов состава  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ .
3. Какой вид химической связи определяет отсутствие среди гидроксисоединений газообразных веществ (при обычных условиях)?
4. Сколько изомерных третичных спиртов могут иметь состав  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$ ?
5. Напишите уравнения реакций пропанола-1 и пропанола-2 с бромоводородом.
6. Сравните кислотные свойства пропанола-1, пропандиола-1,3 и глицерина.

7. Напишите реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации этанола. Укажите условия реакций и назовите полученные продукты.
8. Напишите реакцию получения первичного амина из спирта.
9. Напишите реакцию получения диметилового эфира из метанола.
10. Напишите реакцию получения этиленгликоля из 1,2-дихлорэтана.
11. Как из бутанола-1 получить бутанол-2?
12. Какие вещества получатся при окислении пропанола-1 и пропанола-2?
13. Напишите структурную формулу соединения состава  $C_4H_8O$ , которое реагирует с металлическим натрием с выделением водорода, а при окислении образует кетон.
14. Напишите структурную формулу соединения состава  $C_4H_8O$ , которое реагирует с металлическим натрием с выделением водорода, а при окислении образует альдегид.
15. Напишите молекулярную формулу алкена, при гидратации которого получается спирт, пары которого в 2,07 раза тяжелее воздуха.
16. При взаимодействии 1,48 г предельного одноатомного спирта с металлическим натрием выделился водород в количестве, достаточном для гидрирования 224 мл этилена (н.у.). Определите молекулярную формулу спирта.
17. При дегидратации предельного одноатомного спирта получается симметричный алкен, 14 г которого вступает в реакцию с 40 г брома. Напишите структурную формулу исходного углеводорода.
18. При взаимодействии 8 мл ( $\rho=0,8$  г/мл) одноатомного спирта с натрием выделяется водород в количестве, достаточном для гидрирования 2,24 л этилена. Какой спирт использовали?
19. Продукт окисления этанола оксидом меди (II) вступил в реакцию с натрием. При этом выделилось 3,36 л водорода (н.у.). Сколько граммов спирта было окислено?
20. При нагревании 60 г одноатомного спирта с концентрированной серной кислотой образовалось 17,92 л (н.у.) газообразного алкена (выход реакции 80%). Напишите структурную формулу этого спирта, если известно, что при его окислении оксидом меди (II) образуется вещество, которое дает реакцию серебряного зеркала.
21. Какие вещества и в каком количестве потребуются для получения 50,50 г 13,6%-ного раствора этилата натрия в этиловом спирте?

## Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

22. При межмолекулярной дегидратации смеси двух одноатомных спиртов выделяется 10,8 г воды и образуется 36 г эквимольной смеси трех органических веществ, принадлежащих к одному классу органических соединений. Какие спирты были взяты?
23. Какой из предельных одноатомных спиртов не может вступать в реакцию внутримолекулярной дегидратации?
24. При взаимодействии первичного одноатомного спирта, содержащего 60% углерода и 13,3% водорода, с органической кислотой получили вещество, плотность которого по водороду равна 58. Определите молекулярную формулу исходного спирта и органической кислоты и напишите уравнение реакции этерификации.

## Ответы

1	первичные спирты $R-CH_2OH$	2	8 изомеров	3	водородная связь	4	3 спирта		
5	$CH_3-CH_2-CH_2OH + HBr \xleftarrow{H_2SO_4 \text{ конц.}} CH_3-CH_2-CH_2Br + H_2O;$ $CH_3-CHOH-CH_3 + HBr \xleftarrow{H_2SO_4 \text{ конц.}} CH_3-CHBr-CH_3 + H_2O$								
6	глицерин > пропандиол < пропанол (чем больше гидроксильных групп в молекуле, тем больше кислотные свойства спиртов)								
7	внутримолекулярная дегидратация $2CH_3-CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4, t < 150^\circ} CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$ (диэтиловый эфир) + $H_2O$ ; межмолекулярная дегидратация $CH_3-CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4, t > 150^\circ} CH_2=CH_2$ (этилен) + $H_2O$								
8	$CH_3-CH_2-CH_2OH + NH_3 \xrightarrow{Al_2O_3, t^\circ} CH_3-CH_2-CH_2-NH_2 + H_2O$		9	$CH_3-OH + HO-CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4, t < 150^\circ} CH_3-O-CH_3$					
10	$CH_2Cl-CH_2Cl + 2KOH \xrightarrow{H_2O} CH_2OH-CH_2OH + 2KCl$								
11	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4, t > 150^\circ} CH_3-CH_2-CH_2=CH_2;$ $CH_3-CH_2-CH_2=CH_2 \xrightarrow{H_2O} CH_3-CH_2-CHOH-CH_3$								
12	$CH_3-CH_2-CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3-CHO; CH_3-CHOH-CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3-CO-CH_3$								
13	бута- нол-2	14	бутанол-1	15	$C_3H_6$	16	$C_4H_9O$ H	17	бутанол-2
18	метанол	19	13,8 г	20	пропанол-1	21	2,3 г натрия, 47,8 г спирта		
22	метильный и этиловый спирты		23	метанол	24	пропанол $C_3H_7OH$ и пропионовая кислота $CH_3CH_2COOH$			

# ФЕНОЛЫ

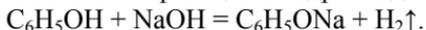
1. Какие вещества относятся к фенолам?
2. Как можно получить фенол в лаборатории?
3. Напишите реакцию получения фенола из изопропилбензола (кумола).
4. Почему фенолы имеют более сильные кислотные свойства, чем спирты?
5. Почему реакционная способность бензольного кольца у фенолов больше, чем у ароматических углеводов? Напишите соответствующую реакцию.
6. Как отличить фенолы от изомерных им ароматических спиртов?
7. Какие качественные реакции на фенол вы знаете?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. С какими из перечисленных ниже веществ может взаимодействовать фенол?**

- 1) соляная кислота;
- 2) гидроксид натрия;
- 3) этилен;
- 4) метан.

*Решение.* Фенолы – это вещества, для которых характерны реакции электрофильного замещения в бензольном ядре, а также реакции взаимодействия со щелочными металлами и щелочами (фенолы проявляют слабые кислотные свойства). Поэтому для фенола возможна реакция с гидроксидом натрия:



Реакции с соляной кислотой, этиленом и метаном для фенола невозможны.

*Ответ:* с гидроксидом натрия.

**Задача 2. Фенолы отличаются от одноатомных предельных спиртов способностью:**

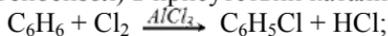
- 1) реагировать с активными металлами;
- 2) образовывать сложные эфиры;
- 3) реагировать с галогеноводородами;
- 4) реагировать со щелочами.

*Решение.* Фенолы, как и предельные одноатомные спирты, имеют в своём составе гидроксильную группу –ОН; поэтому многие свойства фенолов и спиртов похожи. Однако фенолы имеют более сильные кислотные свойства по сравнению со спиртами (из-за влияния бензольного кольца) и поэтому реагируют не только со щелочными металлами, но и со щелочами. Предельные одноатомные спирты со щелочами не взаимодействуют.

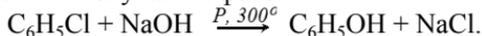
*Ответ:* 4.

### Задача 3. Как из бензола получить тринитрофенол?

*Решение.* Из бензола нельзя получить тринитрофенол в одну стадию. Сначала из бензола нужно получить хлорбензол (или другой галогенбензол) в присутствии катализатора:

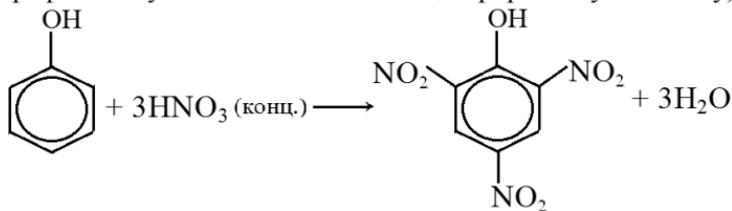


далее при нагревании галогенбензола с гидроксидом натрия под давлением получается фенол:



Из бензола можно получить фенол и другим способом: сначала провести реакцию алкилирования бензола пропенем (в присутствии ионов  $\text{H}^+$ ), а затем реакцию каталитического окисления полученного изопропилбензола (также в присутствии ионов водорода).

Фенол нитруется азотной кислотой (для получения тринитрофенола нужно использовать концентрированную кислоту):



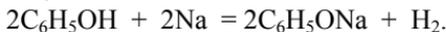
### Задача 4. Какой объём 10%-ного раствора фенола в бензоле ( $\rho = 0,9$ г/мл) должен прореагировать с металлическим натрием, чтобы полученного водорода хватило на полное каталитическое гидрирование 1,12 л (н.у.) ацетилена?

*Решение.* 1). Напишем реакцию гидрирования ацетилена в присутствии катализатора:



Для гидрирования 1 моль ацетилену требуется 2 моль водорода. Для гидрирования 1,12 л = 0,05 моль ацетилену потребуются соответственно 0,1 моль водорода, или 2,24 л  $H_2$ .

2) Водород получается при реакции фенола с металлическим натрием по реакции



По уравнению реакции видно, что для получения 2,24 л, или 0,1 моль, водорода требуется 0,2 моль фенола. Поскольку молярная масса равна  $M = 94$  г/моль, масса фенола для реакции с натрием составит 18,8 г.

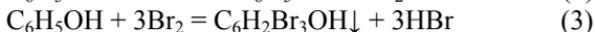
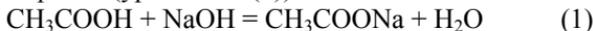
Учитывая, что содержание фенола в растворе равно 10%, рассчитаем массу раствора фенола:  $m(\text{раствора}) = m(\text{фенола}) : \omega(\text{раствора}) = 18,8 \text{ г} : 0,1 = 188 \text{ г}$ . Объём раствора фенола составит

$$V = m(\text{раствора}) : \rho = 188 \text{ г} : 0,9 = 208,9 \text{ мл}.$$

*Ответ:* 208,9 мл.

**Задача 5.** Для нейтрализации 10 г водного раствора фенола и уксусной кислоты потребовалось 47,6 мл 6,4%-ного раствора  $NaOH$  ( $\rho = 1,05$  г/мл). При действии на такое же количество раствора избытка бромной воды образовалось 9,93 г осадка. Найдите массовую долю фенола и уксусной кислоты в растворе.

*Решение.* С гидроксидом натрия взаимодействуют и фенол, и уксусная кислота (уравнения (1) и (2)), а с бромной водой реагирует только фенол (уравнение (3)):



Молярные массы веществ:

$$M(CH_3COOH) = 60 \text{ г/моль}, M(NaOH) = 40 \text{ г/моль},$$

$$M(C_6H_5OH) = 94 \text{ г/моль}, M(C_6H_2Br_3OH) = 331 \text{ г/моль}.$$

1. Рассчитаем количество вещества трибромфенола, который образовался по реакции (3):

$$n(C_6H_2Br_3OH) = \frac{9,93 \text{ г}}{331 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль}.$$

2. Число молей фенола равно числу молей трибромфенола:

$$n(C_6H_5OH) = n(C_6H_2Br_3OH) = 0,03 \text{ моль}; \text{ следовательно,}$$
$$\text{масса фенола: } m = 0,03 \text{ моль} \times 94 \text{ г/моль} = 2,82 \text{ г}.$$

3. Число молей  $NaOH$ , который прореагировал с фенолом:

$n(\text{NaOH}) = 0,03$  моль; его масса  $m(\text{NaOH}) = 1,2$  г.

- В исходном растворе гидроксида натрия было  
 $m(\text{NaOH}) = 47,6 \text{ мл} \times 1,05 \text{ г/мл} \times 0,064 = 3,2$  г.
- На реакцию с уксусной кислотой использовали:  
 $3,2 \text{ г} - 1,2 \text{ г} = 2,0 \text{ г NaOH}$ ;  $n = 0,05$  моль NaOH.
- Количество вещества и масса уксусной кислоты:  
 $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,05$  моль,  $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,05 \text{ моль} \times 60 \text{ г/моль} = 3$  г.
- Масса исходного раствора составляла 10 г, в нём содержалось 3 г уксусной кислоты и 2,82 г фенола. Следовательно, состав исходного раствора:

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m_e}{m} = \frac{3}{10} = 0,3 = 30\%;$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 2,82 \text{ г} : 10 \text{ г} = 0,282 = 28,2\%.$$

Ответ: 30%  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 28,2%  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ .

## Задачи для самостоятельного решения

- Напишите структурные формулы и названия всех изомерных фенолов состава  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$ .
- Напишите структурные формулы всех соединений состава  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ , которые содержат бензольное ядро и гидроксильную группу.
- Сколько существует фенолов, которые содержат 3 гидроксильные группы в молекуле? Напишите их структурные формулы.
- У какого вещества наиболее сильно выражены кислотные свойства?  
1) фенол;      2) метанол;      3) этанол;      4) глицерин.
- Какие продукты образуются при взаимодействии фенола с натрием.
- Как различить этанол, этиленгликоль и фенол?
- Напишите реакции взаимодействия фенола с избытком азотной кислоты и бромной водой.
- Напишите реакции, которые соответствуют следующим превращениям:  
Фенол  $\xrightarrow{\text{NaOH}}$  А  $\xrightarrow{\text{хлорбензол, Cu}}$  Б.
- При взаимодействии 100 г раствора фенола в бензоле с избытком бромной воды получили 66,2 г бромпроизводного. Рассчитайте массовую долю фенола в исходном растворе.

10. К смеси фенола с этанолом добавили металлический натрий (в избытке), при этом выделилось 0,672 л водорода (н.у.). К такому же количеству этой смеси добавили избыток бромной воды; масса образовавшегося осадка составила 6,62 г. Определите массовые доли фенола и этанола в смеси.
11. Для нейтрализации смеси фенола и уксусной кислоты потребовалось 23,4 мл 20%-ного раствора KOH ( $\rho = 1,2$  г/мл). При взаимодействии исходной смеси с бромной водой образовалось 16,6 г осадка. Каков состав исходной смеси в граммах?
12. К смеси фенола и этанола добавили избыток металлического натрия, при этом выделилось 6,72 л водорода (н.у.). Для реакции этой же смеси с гидроксидом калия потребовалось 25 мл 40%-ного раствора KOH ( $\rho = 1,4$  г/мл). Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

### Задачи для самостоятельного решения уровень 2

13. Определите строение вещества состава  $C_7H_8O$ , если известно, что оно не даёт фиолетового окрашивания с хлоридом железа (III), при взаимодействии с HBr образует вещество состава  $C_7H_7Br$  и окисляется перманганатом калия в бензойную кислоту.
14. Вещество состава  $C_8H_{10}O$  реагирует с Na и NaOH, а с бромной водой образует соединение состава  $C_8H_7Br_3O$ . Какую структуру может иметь исходное соединение?

### Ответы

1	9 изомеров	2	3 изомера	3	3 изомера	4	фенол
5	фенолят натрия и водород						
6	из данных веществ только фенол реагирует с бромной водой (с образованием трибромфенола): $C_6H_5OH + 3Br_2 = C_6H_2Br_3OH + 3HBr$ ; только этиленгликоль реагирует со свежесажённым $Cu(OH)_2$ с образованием ярко-синего раствора						
7	$C_6H_5OH + HNO_3$ (разб.) $\rightarrow C_6H_2OH(NO_2)_3$ (2,4,6-тринитрофенол) + $H_2O$ ; $C_6H_5OH + Br_2 \cdot aq \rightarrow C_6H_2(OH)Br_3$ (2,4,6-трибромфенол) + $H_2O$						
8	1) $C_6H_5OH + NaOH = C_6H_5ONa$ – (фенолят натрия) + $H_2O$ , 2) $C_6H_5ONa \xrightarrow{\text{хлорбензол, Cu}} C_6H_5-O-C_6H_5$ – дифениловый эфир						
9	13,24%	10	49,5% $C_2H_5OH$ , 50,5% $C_6H_5OH$	11	4,7 г $C_6H_5OH$ , 3 г $CH_3COOH$		
12	59,3% фенола, 40,7% этанола						
13	бензиловый спирт $C_6H_5CH_2OH$			14	этилфенол или диметилфенол		

## АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

1. Напишите общую формулу гомологического ряда насыщенных альдегидов и кетонов.
2. Какие виды изомерии характерны для альдегидов и кетонов?
3. Чему равно минимальное число атомов углерода в молекуле кетона?
4. Чему равно число изомерных карбонильных соединений формулы  $C_4H_8O$ ?
5. Напишите структурные формулы и названия альдегидов состава  $C_6H_{12}O$ , которые содержат 4 атома углерода в главной цепи.
6. Напишите структурные формулы и названия всех изомерных кетонов состава  $C_6H_{12}O$ .
7. Почему температуры кипения альдегидов ниже, чем у спиртов, содержащих такое же число атомов углерода?
8. Сравните реакционную способность карбонильной группы ацетальдегида и хлорацетальдегида. Ответ объясните.
9. По каком механизму идут реакции присоединения реагентов по двойной  $C=O$  связи в карбонильных соединениях?
10. Какие качественные реакции позволяют различить альдегиды и кетоны? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения.

### Типовые задачи с решениями

**Задача 1. С какими из веществ может взаимодействовать пропионовый альдегид?**

- 1) хлор;
- 2) метанол;
- 3) толуол;
- 4) аммиачный раствор оксида серебра;
- 5) метан.

*Решение.* Для альдегидов характерны реакции присоединения по двойной связи  $C=O$ , поэтому альдегиды взаимодействуют со спиртами с образованием ацеталей и полуацеталей. Хлор замещает водород в  $\alpha$ -положении в карбонильных соединениях. Аммиачным раствором оксида серебра альдегиды окисляются до соответствующих кислот (точнее, их аммониевых солей) с выделением элементарного серебра (реакция серебряного зеркала). Углеводороды – толуол и метан – в реакции с альдегидами не вступают.

*Ответ:* с хлором, метанолом, аммиачным раствором оксида серебра.

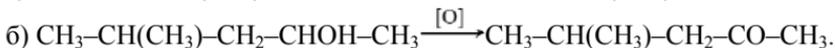
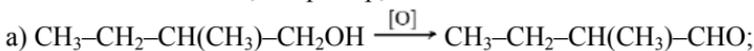
**Задача 2. Как протекают реакции гидратации алкинов в присутствии солей ртути (II)?**

*Решение.* Гидратация алкинов в присутствии солей ртути (в кислой среде) – это реакция Кучерова: получение карбонильных соединений (альдегидов или кетонов) из ацетиленовых углеводородов. При этом из ацетилена получается уксусный альдегид, а из остальных алкинов – кетоны.



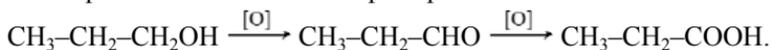
**Задача 3. Какой спирт нужно взять, чтобы при его окислении получить: а) 2-метилбутаналь; б) 4-метилпентанон-2?**

*Решение.* Для получения альдегидов нужно окислить первичный спирт, а для получения кетонов – вторичный. В качестве окислителя можно использовать, например, CuO.



**Задача 4. Почему при получении альдегидов окислением спиртов нужно быстро удалить полученный альдегид из сферы реакции?**

*Решение.* В присутствии окислителя альдегиды легко окисляются дальше в карбоновые кислоты. Например:



**Задача 5. При взаимодействии 13,8 г этанола с 28 г оксида меди (II) получили альдегид массой 9,24 г. Вычислите выход продукта реакции.**

*Решение.* Напишем уравнение реакции  
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CuO} = \text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}.$

Рассчитаем количества веществ этанола и оксида меди (II):

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 13,8 \text{ г} : 46 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{CuO}) = 28 \text{ г} : 80 \text{ г/моль} = 0,35 \text{ моль}.$$

Полученные результаты показывают, что этанол находится в недостатке, следовательно, рассчитываем массу альдегида по этанолу:

$$n(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,3 \text{ моль}; \quad m(\text{CH}_3\text{CHO}) = 13,2 \text{ г}.$$

В реакции получили 9,24 г этанола, следовательно, выход реакции составляет  $9,24 \text{ г} / 13,2 \text{ г} = 0,7$  (или 70%).

*Ответ:* 70%.

**Задача 6.** Рассчитайте объём формальдегида (н.у.), который требуется для получения 1 л раствора ( $\rho = 1,11$  г/мл) с массовой долей формалина 40%.

*Решение.* 1. Рассчитаем массу раствора формалина (формальдегида):

$$m(\text{раствора}) = V(\text{раствора}) \cdot \rho(\text{раствора}) = 1000 \text{ мл} \cdot 1,11 \text{ г/мл} = 1110 \text{ г.}$$

Масса растворённого вещества:

$$m(\text{CH}_2\text{O}) = m(\text{раствора}) \cdot \omega(\text{раствора}) = 1110 \text{ г} \cdot 0,4 = 444 \text{ г.}$$

Количество вещества формальдегида:

$$n = m/M = 444 \text{ г} : 30 \text{ г/моль} = 14,8 \text{ моль.}$$

Найдём объём газа (формальдегида) при н.у.:

$$V(\text{газа}) = 14,8 \text{ моль} \times 22,4 \text{ л/моль} = 331,52 \text{ л.}$$

*Ответ:* 331,52 л.

**Задача 7.** Определите соединение, которое состоит из С – 37,7%, Н – 6,3%, Cl – 56,0%. Известно, что 6,35 г паров этого соединения занимает объём 1,12 л (н.у.), при гидролизе соединения образуется вещество, состоящее из С, Н и О, а при восстановлении последнего образуется вторичный спирт.

*Решение.* 1) Рассчитаем молярную массу исходного вещества:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{6,35 \text{ г} \times 22,4 \text{ л/моль}}{1,12 \text{ л}} = 127 \text{ г/моль.}$$

2) Каков атомный состав вещества  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z$ ?

$$\text{В 1 моле вещества: } z(\text{Cl}) \frac{m(\text{Cl})}{M(\text{Cl})} = \frac{0,56 \times 127}{35,5} = 2,$$

$$x(\text{C}) = x = \frac{0,377 \times 127}{12} = 4,$$

$$y(\text{H}) = y = \frac{0,063 \times 127}{1} = 8,$$

следовательно, формула  $\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2$ .

3) Вещество – 2,2-дихлорбутан, так как:

- при восстановлении кислородсодержащего соединения получили вторичный спирт, следовательно, это соединение – кетон;
- при щелочном гидролизе хлорпроизводного получается кетон в том случае, когда два атома Cl находятся у одного атома С.

*Ответ:* 2,3-дихлорбутан.

## Задачи для самостоятельного решения

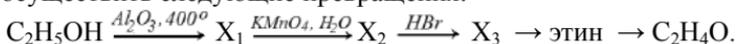
1. Назовите следующие соединения:  
а)  $C(CH_3)_3-CHO$ ; б)  $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CHO$ ;  
в)  $C(CH_3)_3-CO-C(CH_3)_3$ ; г)  $OHC-CH_2-CHO$ ;  
д)  $CH_3-CO-C_6H_5$ ; е)  $CH(CH_3)_2-CH_2-CO-CH_2-CH(CH_3)_2$ .
2. Напишите структурные формулы и назовите по заместительной номенклатуре: а) изомасляный альдегид; б) триметилуксусный альдегид; в) метилфенилуксусный альдегид; г) ацетон; д) диэтилкетон; е) метилизопропилкетон.
3. Какая группа называется карбонильной?
4. Какие карбонильные соединения получаются при окислении:  
а) бутанола-1; б) бутанола-2; в) 2-метилпропанола-1?
5. Какие спирты нужно взять, чтобы при их дегидрировании получить:  
а) 3-метилбутаналь; б) 3-метилбутанон-2?
6. Какое карбонильное соединение можно получить по реакции Кучерова из бутина-1?
7. Какое соединение образуется при пропускании паров вещества  $(CH_3)_3C-CH_2OH$  над нагретой медью?
8. Как из бутанола-1 получить бутанон?
9. Какие вещества получаются при гидролизе:  
а) 1,1-дибромпентана; б) 2,2-дибромпентана?
10. Приведите пример альдегида, который нельзя получить из алкина по реакции Кучерова.
11. Приведите пример кетона, который нельзя получить из алкина по реакции Кучерова.
12. Как можно отличить кетон от изомерного ему альдегида?
13. Какие спирты образуются при каталитическом восстановлении водородом:  
а) метилпропионового альдегида; б) 3-метилбутанона-2?
14. Как можно отличить пропионовый альдегид от ацетона? Напишите уравнения реакций.
15. Напишите уравнения реакций пропанола с этанолом.
16. Напишите уравнения реакций окисления масляного альдегида и  $\beta$ -метилмасляного альдегида. Укажите условия проведения этих реакций.
17. При окислении какого кетона получаются уксусная и пропионовая кислоты и  $CO_2$ ? Напишите уравнение реакции и укажите условия её проведения.
18. Определите строение вещества, которое имеет состав  $C_4H_8O$ , если при его окислении получается изомасляная кислота.

19. Определите строение вещества, которое имеет состав  $C_4H_8O$ , если при его окислении получаются уксусная и пропионовая кислоты, а также  $CO_2$  и  $H_2O$ .
20. Напишите уравнения реакций, которые соответствуют следующим превращениям:  
ацетальдегид  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  ацетальдегид.
21. Напишите реакции, соответствующие следующей схеме превращений:  
бутаналь  $\xrightarrow{H_2, Ni}$   $X_1$   $\xrightarrow{H_2SO_4, 180^\circ C}$   $X_2$   $\xrightarrow{HBr}$   $X_3$   $\xrightarrow{NaOH (H_2O)}$   $X_4$ .
22. Сколько атомов водорода содержит карбонильное соединение состава  $C_nH_{2n}O$ , если плотность его паров по метану равна 2,75?
23. Рассчитайте массу формальдегида, который содержится в 3 л 20%-ного раствора ( $\rho = 1,06$  г/мл).
24. Сколько литров формальдегида нужно растворить в 300 мл воды для получения 40%-ного раствора?
25. Реакция каталитического гидрирования формальдегида протекает с выходом 80%. Полученный спирт прореагировал с избытком металлического натрия (также с выходом 80%), при этом объём полученного водорода составил 8,96 л. Определите массу исходного формальдегида.
26. Для каталитического гидрирования 17,8 г смеси муравьиного и уксусного альдегидов до спиртов потребовалось 11,2 л водорода (н.у.). Определить состав смеси.
27. 8 г водного раствора альдегида с массовой долей 11% вступило в реакцию серебряного зеркала, при этом масса полученного осадка составила 4,32 г. Определите формулу исходного альдегида.
28. При окислении 0,18 г кислородсодержащего вещества аммиачным раствором оксида серебра было получено 0,54 г серебра. Какое вещество вступило в реакцию окисления?
29. Оксид углерода, полученный при сжигании 9 г альдегида, прореагировал с 20%-ным раствором NaOH (объём раствора 164 мл,  $\rho = 1,22$  г/мл) с образованием карбоната натрия. Напишите молекулярную формулу исходного альдегида и структурные формулы возможных изомеров.

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

30. Определите строение вещества, которое имеет состав  $C_8H_8O$ , если известно, что оно даёт реакцию серебряного зеркала, а при окислении в жёстких условиях образует бензойную кислоту.

31. Алкен состава  $C_8H_{16}$  окисляется перманганатом калия в кислой среде до вещества состава  $C_4H_8O$ , которое не даёт реакции серебряного зеркала, а при окислении в жёстких условиях образует уксусную и пропионовую кислоты,  $CO_2$  и  $H_2O$ . Определите строение исходного алкена.
32. Предельный одноатомный спирт, содержащий 5 атомов углерода, при окислении образует кетон состава  $C_5H_{12}O$ . Окисление этого кетона в жёстких условиях приводит к образованию уксусной и пропионовой кислоты. Определите строение исходного спирта.
33. Определите молярную массу и класс кислородсодержащего соединения, если известно, что при взаимодействии 7,4 г этого вещества с металлическим натрием выделяется 1,12 л водорода (н.у.), а при окислении этого вещества оксидом меди образуется соединение, которое даёт реакцию серебряного зеркала.
34. Укажите порядок увеличения температуры кипения следующих веществ:
- 1) ацетон;            2) метанол;            3) формальдегид;  
4) этанол;            5) ацетальдегид;        6) вода.
35. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



## Ответы

1	а) 2,2-диметилпропаналь; б) 2-метилбутаналь; в) 2,2,4,4-тетраметилпентанон-2; г) пропандиаль; д) метилфенилкетон; е) 2,6-диметилгептанон-4				
2	а) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{HC}-\text{C}=\text{O} \\   \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{H} \end{array}$ 2-метилпропаналь	б) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{C}=\text{O} \\   \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{H} \end{array}$ 2,2-диметилпропаналь	в) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{HC}-\text{C}=\text{O} \\   \quad \backslash \\ \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{H} \end{array}$ фенилпропаналь		
	г) $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ пропанон	д) $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{C}_2\text{H}_5-\text{C}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$ пентанон-3	е) $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{CH}_3 \\    \quad   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ 3-метилбутанон-2		
3	$>C=O$	4	а) бутаналь; б) бутанон; в) 2-метилпропаналь	5	а) 3-метилбутанол-1; б) 3-метилбутанол-2
6	бутанон		7	$(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{CHO}$	

8	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t > 150} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{=CH}_2;$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{=CH}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(OH)-CH}_3;$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(OH)-CH}_3 \xrightarrow{[\text{O}]} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$					
9	а) пентаналь: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHBr}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-CHO};$ б) пентанон-2: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CBr}_2\text{-CH}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$					
10	например, масляный альдегид $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3\text{CHO}$	11	например, 3-метилбутанон-2 $\text{CH}_3\text{COCH}(\text{CH}_3)_3$			
12	альдегиды вступают в реакцию серебряного зеркала, кетоны – нет		13	а) 2-метил-пропанол-1; б) 3-метил-бутанол-2		
14	альдегиды вступают в реакцию серебряного зеркала, а кетоны – нет					
15	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\begin{array}{c} \text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}\text{-H} + 2\text{HO-C}_2\text{H}_5 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{O-C}_2\text{H}_5 \\   \\ \text{O-C}_2\text{H}_5 \end{array}$					
16	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COONH}_4 + 2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O};$ $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-COONH}_4 + 2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$					
17	при окислении бутанона: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3 \xrightarrow{[\text{O}]} 2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{CO}_2$					
18	изомасляный альдегид $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CHO}$		19	бутанон		
20	$\text{CH}_3\text{-CHO} \xrightarrow{[\text{H}]} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow{-\text{H}_2} \text{CH}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, \text{HgSO}_4}$ $\text{CH}_3\text{-CHO}$					
21	$\text{X}_1$ – бутанол-1; $\text{X}_2$ – бутен-1; $\text{X}_3$ – 2-бромбутан; $\text{X}_4$ – бутанол-2		22	4 атома водорода		
23	636 г	24	149,3 л	25	37,5 г	
26	50,6% $\text{CH}_2\text{O}$ и 49,4% $\text{CH}_3\text{CHO}$		27	уксусный альдегид $\text{CH}_3\text{CHO}$		
28	бутаналь	29	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ ; бутаналь и 2-метилпропаналь		30	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CHO}$
31	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}(\text{CH}_3)=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}_3 \xrightarrow{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3;$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3 + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \neq ;$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3 \xrightarrow{[\text{O}]} \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$					
32	пентанол-3 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2\text{-CH}_3$					
33	бутанол-1 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$		34	$3 < 5 < 2 < 1 < 4 < 6$		
35	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{Al}_2\text{O}_3, 400^\circ} \text{C}_2\text{H}_4;$ $\text{C}_2\text{H}_4 \xrightarrow{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{O}} \text{CH}_2\text{OH-CH}_2\text{OH};$ $\text{CH}_2\text{OH-CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{HBr}} \text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{Br}; \text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{Br} + \text{KOH}(\text{спирт}) \rightarrow$ $\text{HC}\equiv\text{CH}; \text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4} \text{C}_2\text{H}_4\text{O}$					

# КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

1. Напишите общую формулу предельных одноосновных карбоновых кислот.
2. Какую функциональную группу содержат молекулы карбоновых кислот?
3. Почему карбоновые кислоты имеют аномально высокие температуры плавления и кипения?
4. Сколько атомов углерода должна иметь одноосновная карбоновая кислота, чтобы у неё были изомеры?
5. Напишите формулы всех изомерных алициклических соединений состава  $C_5H_8O_2$ .
6. Расположите по возрастанию кислотных свойств следующие соединения:  $HSO_3H$ ,  $C_6H_5OH$ ,  $CH_3COOH$ .
7. Какую общую характерную особенность имеют все функциональные производные карбоновых кислот?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Как называется следующая реакция:**



**Какие классы веществ присутствуют в этой схеме?**

*Решение.* Приведённая схема реакции соответствует реакции этерификации. По этой схеме взаимодействуют кислоты со спиртами.

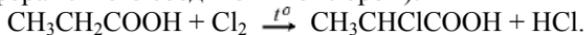
**Задача 2. Какие из перечисленных ниже веществ взаимодействуют и с хлором и с карбонатом натрия?**

- 1) метанол;
- 2) диэтиловый эфир;
- 3) пропионовая кислота;
- 4) метилформиат.

*Решение.* Из перечисленных веществ с карбонатом натрия взаимодействует только пропионовая кислота:



С хлором карбоновые кислоты реагируют (в присутствии фосфора или его соединений с хлором):

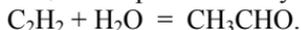


*Ответ:* пропионовая кислота.

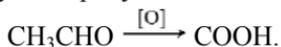
### Задача 3. Как из метана получить уксусную кислоту?

*Решение.* 1) При нагревании метана получаем ацетилен:  
 $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ .

2) В присутствии солей Hg(II) ацетилен вступает в реакцию гидратации с образованием уксусного альдегида:



3) Окисление уксусного альдегида приводит к образованию уксусной кислоты (окислителем может быть, например, кислород воздуха в присутствии катализатора):



### Задача 4. Расположите в ряд по увеличению степени диссоциации следующие кислоты: $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ , $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ , $\text{CH}_2\text{BrCOOH}$ .

*Решение.* Степень диссоциации уменьшается с увеличением углеродной цепи в молекуле кислоты. Галогены увеличивают степень диссоциации кислот (за счёт увеличения степени полярности связи O–H), причём бром в большей степени, чем хлор. Поэтому кислоты располагаются в ряд:



### Задача 5. Вычислите массу технического карбида кальция с массовой долей 89%, необходимого для получения 120 кг 18%-ной уксусной кислоты. Производственные потери получения кислоты составляют 30%.

*Решение.*



Молярные массы веществ:

$$M(\text{CaC}_2) = 64 \text{ г/моль}, \quad M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ г/моль}.$$

1. Рассчитаем массу уксусной кислоты, которая необходима для приготовления раствора:  $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 120 \text{ кг} \times 0,18 = 21,6 \text{ кг}$ .

2. Учтём потери уксусной кислоты:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 21,6 \times 1,3 = 28,1 \text{ кг}.$$

3. Рассчитаем массу чистого  $\text{CaC}_2$  по уравнению реакции:

$$m(\text{CaC}_2) = \frac{64 \times 28,1}{60} = 30,0 \text{ кг},$$

тогда масса технического карбида,  $\text{CaC}_2$ :  $m = 30 : 0,89 = 33,7 \text{ кг}$ .

*Ответ:* 33,7 кг.

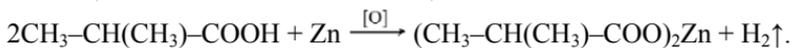
**Задача 6.** При окислении предельного одноатомного спирта (без разрыва связей С–С) получена кислота; выход реакции составил 80%. При реакции этой кислоты с металлическим цинком выделяется 4,48 л (н.у.) водорода. Какая кислота и в каком количестве была получена при окислении исходного спирта? Сколько и какой спирт был окислен, если известно, что при его дегидратации образуется 2-метилпропен?

*Решение.* 1. 2-метилпропен можно получить окислением 2-метилпропанола-1 и 2-метилпропанола-2.

Из условия задачи известно, что окисление спирта идёт без разрыва связей С–С, следовательно, исходный спирт – первичный (третичные спирты окисляются только с разрывом углерод-углеродных связей). Реакция окисления спирта:



2. Реакция изомасляной кислоты с цинком:



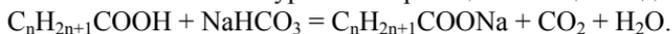
3. Чтобы выделилось 4,48 л, или 0,2 моль водорода, нужно 0,4 моль изомасляной кислоты. Для получения 0,4 моль кислоты потребовалось 0,4 моль спирта. Поскольку выход реакции окисления составил 80%, количество спирта, который вступил в реакцию окисления, составило

$$\frac{0,4 \text{ моль} \times 100\%}{0,5 \text{ моль}} = 0,5 \text{ моль, или } 37 \text{ г.}$$

*Ответ:* 37 г 2-метилпропанола-1.

**Задача 7.** При взаимодействии 25,5 г предельной одноосновной кислоты с избытком раствора гидрокарбоната натрия выделилось 5,6 л газа. Определите молекулярную формулу кислоты. Сколько изомеров соответствуют этой молекулярной формуле?

*Решение.* 1. Составим уравнение реакции в общем виде:



2. Рассчитаем количество вещества углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = 5,6 : 22,4 = 0,25 \text{ моль.}$$

3. Рассчитаем молярную массу кислоты:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{кислоты}) = 0,25 \text{ моль; } M(\text{кислоты}) = 25,5/0,25 = 102 \text{ г/моль.}$$

4. Молекулярная формула кислоты:

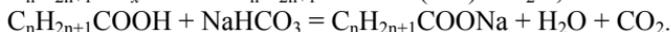
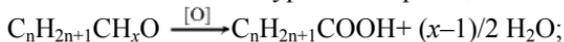
$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 12n + 2n + 1 + 12 + 32 + 1 = 102;$$

отсюда  $n = 4$ , молекулярная формула кислоты  $C_4H_9COOH$ . Молекулярной формуле  $C_4H_9COOH$  соответствуют 4 изомера: пентановая, 2-метилбутановая, 3-метилбутановая и 2,2-диметилпропановая кислоты.

*Ответ:*  $C_4H_9COOH$ ; 4 изомера.

**Задача 8.** При окислении 16 г кислородсодержащего органического соединения получили 23 г одноосновной предельной кислоты, которая прореагировала с избытком гидрокарбоната натрия с образованием 11,2 л газа (н.у.). Определите строение исходного соединения и образовавшейся кислоты.

*Решение.* 1. Напишем уравнения реакций:



2. При реакции кислоты с гидрокарбонатом выделилось 11,2 л газа ( $CO_2$ ), что составляет 0,5 моль газа. Следовательно, в реакции окисления образовалось 0,5 моль кислоты.

Количество исходного кислородсодержащего соединения также равно 0,5 моль. Поскольку масса этого соединения была равна 16 г, то его молярная масса составляет 32 г/моль.

3. Молярная масса полученной кислоты равна  $23 \times 2 = 46$  г/моль.  $M(RCOOH) = 46$  г/моль, отсюда R – это H, кислота имеет формулу HCOOH.

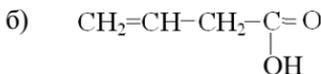
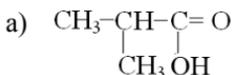
4. Исходным соединением может быть  $CH_2O$  ( $M = 30$  г/моль) или  $CH_3OH$  ( $M = 32$  г/моль).

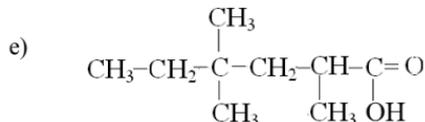
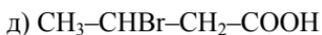
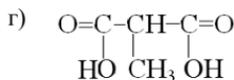
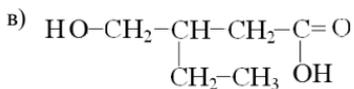
Решение задачи показало, что молярная масса исходного вещества равна 32 г/моль, следовательно, это  $CH_3OH$ .

*Ответ:*  $CH_3OH$  и HCOOH.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите названия следующих кислот:





- Напишите структурные формулы следующих кислот: а) 2-метилбутановая кислота; б) 2,2-дихлорпропионовая кислота; в) валериановая кислота; г) трибромуксусная кислота.
- Сколько существует изомерных монокарбоновых кислот, содержащих 5 атомов углерода?
- Какой первичный спирт нужно взять, чтобы получить изомасляную кислоту? Напишите уравнение реакции.
- Какие кислоты получаются при окислении: а) пентанала; б) пентанона-3?
- Какие ароматические кислоты можно получить при окислении толуола и этилбензола?
- Напишите уравнения реакций следующих превращений:  
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$ .
- Как отличить муравьиную кислоту от других монокарбоновых предельных кислот?
- Напишите уравнения бромирования и сульфирования бензойной кислоты. Назовите полученные соединения.
- Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям, и назовите полученные соединения:  
 изомасляная кислота  $\xrightarrow{\text{Br}_2 (P)}$  X<sub>1</sub>  $\xrightarrow{\text{KOH, спирт}}$  X<sub>2</sub>.
- С какими из перечисленных веществ вступает в реакцию олеиновая кислота: водородом, бромоводородом, медью, хлоридом хрома (III), азотом, карбонатом натрия? Как называется продукт присоединения водорода к олеиновой кислоте? Напишите уравнение реакции.
- Какие вещества образуются при нагревании аммониевой соли масляной кислоты?
- Напишите уравнения реакций, соответствующие следующим превращениям, и назовите полученные соединения:  
 пропионовая кислота  $\xrightarrow{\text{PCl}_5}$  X<sub>1</sub>  $\xrightarrow{\text{аммиак}}$  X<sub>2</sub>.

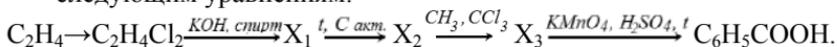
14. Напишите уравнение реакции пропионовой кислоты с изопропиловым спиртом и назовите продукт реакции.
15. Какой объём бутана (н.у.) необходим для получения 60 г уксусной кислоты, если выход реакции составляет 75%?
16. Смесь пропилового спирта и одноосновной органической кислоты массой 116,4 г (в молярном отношении 2:1) обработали избытком цинковой пыли. Выделившийся при этом газ полностью прореагировал с 6,72 л (н.у.) бутадиена, превратив его целиком в один из изомерных бутенов. Какая кислота содержалась в исходной смеси?
17. К 24,4 г смеси муравьиной и уксусной кислот добавили 227,3 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,1$  г/мл). Для нейтрализации избытка щёлочи потребовалось 2,8 л  $\text{CO}_2$ , при этом образовалась кислая соль. Определите массовые доли кислот в исходной смеси.
18. Кислородсодержащее органическое соединение окислили оксидом меди (II), продукт реакции при взаимодействии с 4,48 л хлора образовал 18,9 г монохлорзамещенной монокарбоновой кислоты. Определите строение и массу исходного соединения.
19. При сплавлении натриевой соли одноосновной карбоновой кислоты с гидроксидом натрия выделилось 1,12 л газа (н.у.). Полученный газ имеет плотность по воздуху 1,03. Определите, какой газ выделился и сколько соли какой кислоты вступило в реакцию.

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

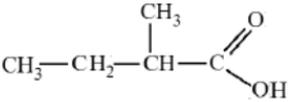
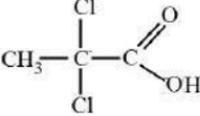
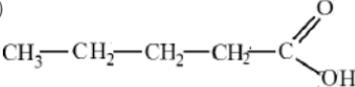
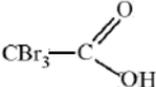
20. Как получить уксусноэтиловый эфир из ацетилен?
21. Напишите уравнения реакций получения хлорангидрида и амида изомаасляной кислоты.
22. Напишите уравнения реакций следующих превращений и назовите полученные соединения:  

$$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{COOH} \xrightarrow{\text{Br}_2} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{KOH, спирт}} \text{X}_2 \xrightarrow{\text{HBr}} \text{X}_3.$$
23. Получите пропионовую кислоту окислением: а) спирта; б) альдегида; в) кетона.
24. Как из валериановой кислоты получить бутан?
25. Напишите 2 способа получения ацетамида.

26. При нагревании 25,8 г смеси этанола и уксусной кислоты в присутствии концентрированной  $H_2SO_4$  было получено 14,08 г сложного эфира. При сжигании такого же количества исходной смеси образовалось 23,4 г воды. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси и выход реакции этерификации.
27. При окислении перманганатом калия смеси бензола и толуола образовалось 8,54 г одноосновной органической кислоты. При взаимодействии этой кислоты с избытком раствора гидрокарбоната натрия выделяется газ, объём которого в 19 раз меньше объёма того же газа, полученного при полном сгорании исходной смеси. Определите массовую долю бензола и толуола в исходной смеси.
28. Напишите уравнения реакций, которые соответствуют следующим уравнениям:



## Ответы

1	а) 2-метилпропановая ( $\alpha$ -метилпропионовая) кислота; б) бутен-3-овая кислота; в) 4-окси-2-этилбутеновая кислота; г) 2-метилпропандиовая кислота; д) 3-бромбутановая ( $\beta$ -броммасляная) кислота; е) 3,3,5-триметилгексановая кислота		
2	а) 	б) 	
	в) 	г) 	
3	4 изомера	4	2-метил-пропанол-1
5	а) пентановая кислота; б) смесь пропионовой и уксусной кислот	6	Бензойная кислота $C_6H_5COOH$
7	$CH_3-CH_2-CH=CH_2 \xrightarrow{KMnO_4, H^+, t} CH_3-CH_2-COOH + CO_2$		
8	В отличие от других предельных монокарбоновых кислот, муравьиная кислота даёт реакцию серебряного зеркала: $HCOOH + [Ag(NH_3)_2]OH = CO_2 \uparrow + Ag \downarrow + H_2O$		
9	$C_6H_5-COOH \xrightarrow{Br_2} C_6H_5Br-COOH$ – <i>мета</i> -бромбензойная кислота $C_6H_5-COOH \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_4Br(SO_3H)-COOH$ – <i>мета</i> -сульфобензойная кислота		

10	$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-COOH} \xrightarrow{\text{Br}_2, (P)} \text{CH}_3\text{-CBr}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$ ( $\alpha$ -бромизо- масляная кислота) $\xrightarrow{\text{KOH, стирол}} \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$ (2-метилпропен-2-овая (метакриловая) кислота)	
11	Олеиновая кислота реагирует с водородом, бромоводородом, карбонатом натрия. С водородом олеиновая кислота реагирует с образованием стеариновой кислоты: $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_7\text{-CH=CH-(CH}_2)_7\text{-COOH} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{CH}_3\text{-(CH}_2)_{16}\text{-COOH}$	
12	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-ONH}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-NH}_2$ (амид масляной кислоты) + $\text{H}_2\text{O}$	
13	$\text{X}_1$ – 2-хлорпропионовая кислота, $\text{X}_2$ – 2-аминопропионовая кислота.	
14	Изопропилпропионат	15   14,93 л
16	пропионовая кислота $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	
17	18,4 г муравьиной кислоты и 6 г уксусной кислоты	18   4,4 г уксусного альдегида $\text{CH}_3\text{CHO}$
19	$\text{C}_2\text{H}_6$ ; 4,8 г $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$	
20	$\text{CH}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O, HgSO}_4} \text{CH}_3\text{-CHO} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{CH}_3\text{-COOH}$ ; $\text{CH}_3\text{-CHO} \xrightarrow{[\text{H}]} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ; $\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CO-O-CH}_2\text{-CH}_3$	
21	$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-COOH} \xrightarrow{\text{PCl}_5} \text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CO-Cl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-COOH} \xrightarrow{\text{NH}_3} \text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CO-NH}_4$ $\xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CO-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
22	$(\text{CH}_3)_2\text{CH-COOH} \xrightarrow{\text{Br}_2} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{KOH, стирол}} \text{X}_2 \xrightarrow{\text{HBr}} \text{X}_3$ <i>Ответ:</i> $\text{X}_1$ – 2-бром-2-метил-пропионовая кислота, $\text{X}_2$ – 2-метилпропен-2-овая (метакриловая) кислота, $\text{X}_3$ – 2-бром- 2-метилпропионовая кислота	
23	а) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{KMnO}_4} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ; б) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{O} \xrightarrow{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ; в) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3 \xrightarrow{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{CO}_2 + \text{CH}_3\text{-COOH}$	
24	При сплавлении безводных солей карбоновых кислот со щелочами получают углеводороды с меньшим числом углеродных атомов: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COONa} + \text{NaOH} = \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{Na}_2\text{CO}_3$	
25	1) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; 2) $\text{CH}_3\text{COCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CONH}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$	
26	53,5% этанола, 46,5% уксусной кислоты; выход реакции этерификации 80%	
27	63% бензола, 37% толуола	
28	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ; $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{KOH, стирол}} \text{CH}\equiv\text{CH}$ ; $\text{CH}\equiv\text{CH} \xrightarrow{t, \text{C акт.}}$ $\text{C}_6\text{H}_6$ ; $\text{C}_6\text{H}_6 \xrightarrow{\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}} \text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$ ; $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 \xrightarrow{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	

## СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ И ЖИРЫ

1. Напишите общую формулу сложных эфиров предельных карбоновых кислот.
2. Какие вещества используются в качестве катализаторов в реакциях этерификации?
3. Как называется реакция, обратная реакции этерификации?
4. В каких случаях гидролиз сложных эфиров протекает необратимо?
5. Какие продукты образуются в реакции щелочного гидролиза жиров?
6. Чем отличаются животные жиры от растительных масел?
7. Как из жидкого жира получить твёрдый жир? Напишите реакцию.

### Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Какие вещества могут быть продуктами гидролиза сложных эфиров состава  $C_6H_{12}O_2$ ?**

- 1) пропановая кислота и пропанол;
- 2) этаналь и диметиловый эфир;
- 3) бутан и метилацетат;
- 4) пропановая кислота и бутанол;
- 5) пентановая кислота и метанол;
- 6) пропаналь и этандиол.

*Решение.* При гидролизе сложного эфира образуются только карбоновая кислота и спирт. Простые эфиры, альдегиды, углеводороды при гидролизе сложных эфиров образоваться не могут, поэтому ответы 2), 3), 6) – неправильные. Рассмотрим ответы 1), 4), 5): число атомов углерода в молекуле эфира должно быть равно суммарному числу атомов углерода в молекулах спирта и кислоты. В ответах 1) и 5) суммарное число атомов углерода равно 6, как и в исходном эфире. В ответе 4) суммарное число атомов углерода равно 7, поэтому этот ответ неправильный.

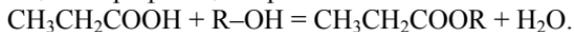
*Ответ:* 1, 5.

**Задача 2. При гидролизе эфира предельной монокарбоновой кислоты ( $M = 130$  г/моль) образуется кислота и одноатомный спирт. Определите строение эфира, если известно, что полученная кислота образует серебряную соль, содержащую**

**59,6% серебра. Спирт не окисляется бихроматом калия и легко реагирует с бромоводородом с образованием бромалкана.**

*Решение.* 1. Вычислим молярную массу серебряной соли кислоты  $C_nH_{2n+1}COOAg$ :  $M = \omega \times M(Ag) = 0,596 \times 109 = 181$  г/моль.  
 $M(C_nH_{2n}) = 181 - 1 - 12 - 16 \cdot 2 - 108 = 28$ , отсюда  $n = 2$  и формула кислоты  $CH_3CH_2COOH$  (пропионовая кислота). Молярная масса пропионовой кислоты составляет 74 г/моль.

2. Реакция этерификации протекает по схеме:



Молярная масса спирта  $ROH$  равна  $130 - 18 - 74 = 74$  г/моль,  $M(C_nH_{2n+1}) = 74$  г/моль. Отсюда  $n = 4$ . Молекулярная формула спирта  $C_4H_9OH$ .

3. Предельный одноатомный спирт, содержащий 4 атома углерода, имеет несколько изомеров. Как выбрать нужный изомер? В условии задачи сказано, что спирт не окисляется бихроматом калия и легко реагирует с  $HBr$  с образованием бромалкана – такими свойствами обладают третичные спирты. Поэтому исходный спирт – это 2-метилпропанол-2, а исходный эфир – это трет-бутиловый эфир пропионовой кислоты.

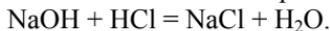
*Ответ:* трет-бутиловый эфир пропионовой кислоты.

**Задача 3. 44,5 г глицерида одной предельной монокарбоновой кислоты, нагрели с 70 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,2$  г/мл). Для нейтрализации избытка  $NaOH$  потребовалось 22,5 мл 36,5%-ного раствора соляной кислоты ( $\rho = 1,2$  г/мл). Рассчитайте массу полученных веществ.**

*Решение.* 1. Рассчитаем количество гидроксида натрия, использованного для нагревания с жиром:

$$m(NaOH) = 70 \cdot 1,2 \cdot 0,2 = 16,8 \text{ г}; \quad n(NaOH) = 16,8/40 = 0,42 \text{ моль}.$$

2. Часть этого количества вступила в реакцию омыления жира, оставшаяся часть была нейтрализована соляной кислотой:



3. Рассчитаем количество  $HCl$ , использованной для нейтрализации избытка  $NaOH$ :

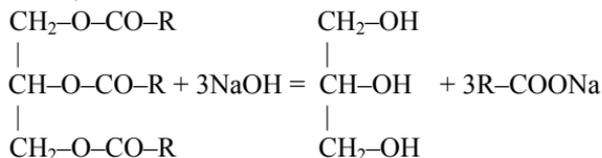
$$m(HCl) = 22,5 \text{ мл} \cdot 1,2 \text{ г/мл} \cdot 0,365 = 9,86 \text{ г } HCl;$$

$$n(HCl) = 9,86/36,5 = 0,27 \text{ моль}.$$

Следовательно, в реакцию с соляной кислотой вступило также 0,27 моль  $NaOH$ , а в реакцию омыления жира:

$$n(NaOH) = 0,42 \text{ моль} - 0,27 \text{ моль} = 0,15 \text{ моль } NaOH.$$

4. Реакция омыления:



Поскольку в реакцию омыления вступило 0,15 моль NaOH, то количество вещества жира в реакции составляет  $0,15:3=0,05$  моль.

5. В реакции участвовало 44,5 г глицерида, следовательно, его молярная масса  $M = 44,5:0,05 = 890$  г/моль.

6. Брутто-формула глицерида  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_6\text{R}_3$ , отсюда  $M(\text{R}) = 239$  г/моль. По условию задачи  $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  (предельная монокарбоновая кислота), следовательно,  $n = 17$  и в состав жира входила стеариновая кислота  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ .

7. В результате реакции омыления жира образовалось 0,05 моль, или 4,6 г, глицерина и 0,15 моль, или 45,9 г, натриевой соли стеариновой кислоты (стеарата натрия).

*Ответ:* 4,6 г глицерина и 45,9 г стеарата натрия.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите уравнение реакции щелочного гидролиза бутилового эфира масляной кислоты. Назовите полученные соединения.
2. Напишите уравнение гидролиза триглицерида олеиновой кислоты. Укажите условия проведения реакции.
3. Расшифруйте схему превращений:  
 $\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ .
4. Какие вещества образуются при гидролизе метилового эфира пропановой кислоты?
5. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения: этилацетат  $\rightarrow$  ацетат натрия  $\rightarrow$  уксусная кислота  $\rightarrow$  метилацетат. Укажите условия проведения этих реакций.
6. Напишите уравнение реакции гидрирования жидкого жира в присутствии катализатора при повышенном давлении и температуре.
7. При нагревании метанола массой 1,20 г и уксусной кислоты массой 1,80 г получили метилацетат массой 1,85 г. Вычислите выход реакции этерификации.

8. Для щелочного гидролиза 27,54 г метилового эфира одно-основной предельной кислоты использовали 50 мл 18%-ного раствора NaOH ( $\rho = 1,2$  г/мл). Какая кислота входила в состав эфира?
9. При щелочном гидролизе 222,5 г жира получили 213 г предельной одноосновной карбоновой кислоты. Назовите жир.
10. При гидролизе жира образовались только глицерин и олеиновая кислота, для гидрирования которой потребовалось столько же водорода, сколько его выделилось при реакции 38,4 г метанола с металлическим натрием. Вычислите массу жира, вступившего в реакцию омыления.
11. Какую массу стеариновой кислоты  $C_{17}H_{35}COOH$  можно получить из мыла, которое содержит стеарат калия массой 46,3 г? Выход реакции равен 75%.

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

12. Как получить пропилпропионат из пропилового спирта?

### Ответы

1	$CH_3-CH_2-CH_2-COO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 + NaOH \rightarrow CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$ (бутанол-1) + $CH_3-CH_2-CH_2-COONa$ (натриевая соль масляной кислоты)		
2	$  \begin{array}{ccc}  CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} & & CH_2-OH \\    & &   \\  CH-O-CO-C_{17}H_{33} + 3NaOH \xrightarrow{OH^-} & CH-OH & + 3C_{17}H_{33}-COONa \\    &   & \\  CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} & & CH_2-OH  \end{array}  $		
3	$C_2H_2 \xrightarrow{H_2O, HgSO_4} CH_3-CHO \xrightarrow{[O]} CH_3-COOH \xrightarrow{C_2H_5OH, H_2SO_4, t} CH_3COOC_2H_5$		
4	$CH_3OH$ и $CH_3CH_2COOH$		
5	$CH_3-CO-O-C_2H_5 \xrightarrow{NaOH} CH_3-COONa \xrightarrow{HCl} CH_3COOH \xrightarrow{CH_3OH} CH_3-CO-O-CH_3$		
6	$  \begin{array}{ccc}  CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} & & CH_2-O-CO-C_{17}H_{35} \\    & &   \\  CH-O-CO-C_{17}H_{33} + 3H_2 \xrightarrow{t, P} & CH-O-CO-C_{17}H_{35} & \\    &   & \\  CH_2-O-CO-C_{17}H_{33} & & CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}  \end{array}  $		
7	83,3%	8	масляная кислота $C_3H_7COOH$
9	тристеарат		
10	176,8 г олеата	11	31,95 г
12	Пропиловый спирт нужно окислить до пропионовой кислоты, а затем провести реакцию этерификации с образованием эфира: $CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow{[O]} CH_3-CH_2-COOH \xrightarrow{CH_3CH_2CH_2OH} CH_3-CH_2-CO-O-CH_2-CH_2-CH_3$		

# АМИНЫ

1. Какие вещества относятся к аминам?
2. Чем химические свойства аминов отличаются от химических свойств аммиака?
3. Какую классификацию аминов вы знаете?
4. Какие типы изомерии характерны для аминов?
5. Почему амины имеют высокую температуру кипения?
6. Как получают амины в промышленности?
7. Как можно получить амины в лаборатории?
8. Напишите реакцию получения анилина.
9. Почему амины имеют основные свойства?
10. Какие качественные реакции на амины вы знаете?
11. Почему основные свойства анилина меньше, чем у алифатических аминов?
12. Сравните реакции электрофильного замещения для бензола и анилина.

## Типовые задачи с решениями

### Задача 1. Какая среда раствора в водном растворе метиламина?

*Решение.* Амины – это производные аммиака, и они взаимодействуют с водой аналогично аммиаку:  $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$ . Поэтому водные растворы аминов имеют щелочную среду.

### Задача 2. Какой из аминов: $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$ , $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$ или $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ будет имеет более сильные основные свойства?

*Решение.* Предельные углеводородные радикалы являются электронодонорными заместителями и увеличивают электронную плотность на атоме азота. Два предельных углеводородных радикала создают на атоме азота большую электронную плотность, чем один радикал. Поэтому вторичные амины – более сильные основания, чем первичные.

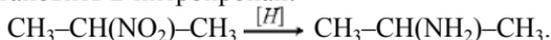
В третичных аминах важную роль начинает играть пространственный фактор: три радикала закрывают электронную пару атома азота и затрудняют её взаимодействие с другими

молекулами, поэтому основные свойства у третичных аминов уменьшаются и становятся меньше, чем даже у первичных аминов.

Поэтому по основным свойствам амины можно расположить в следующий ряд:  $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH} > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2 > (\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$ .

**Задача 3. Из какого нитросоединения можно получить изопропиламин в одну стадию? В каких условиях может протекать эта реакция?**

*Решение.* Нитрогруппа восстанавливается водородом до аминогруппы. Поэтому для получения изопропиламина нужно восстановить 2-нитропропан:

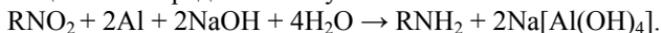


$\text{CH}_3\text{--CH}(\text{NH}_2)\text{--CH}_3$ .  
Восстановление нитросоединений обычно проводят водородом в момент выделения (такой водород является сильным восстановителем). Реакцию можно проводить в кислой среде, в щелочной среде или в газовой фазе.

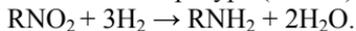
В кислой среде обычно используют цинк или железо:



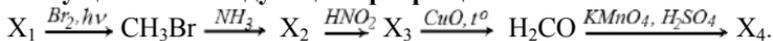
В щелочной среде используют алюминий:



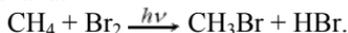
В газовой фазе проводят восстановление водородом при повышенной температуре ( $\approx 300^\circ$ ) на Ni- или Pt-катализаторе:



**Задача 4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:**



*Решение.* 1) Бромметан реакцией бромирования можно получить из метана:



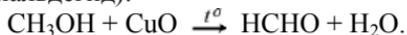
2) В результате взаимодействия бромметана с аммиаком получается метиламин:



3) Метиламин при взаимодействии с азотистой кислотой превращается в метанол:



4) Окисление первичного спирта оксидом меди (II) приводит к образованию альдегида (при окислении метанола получается формальдегид):



5) При окислении метаноля перманганатом калия в кислой среде получается  $\text{CO}_2$ :



**Задача 5.** 90 г водного раствора первичного амина с массовой долей  $\omega = 10\%$  прореагировали с избытком  $\text{HCl}$ . Полученный раствор выпарили досуха и получили твёрдое вещество, содержащее 43,55% хлора. Определите формулу исходного вещества и рассчитайте объём использованного хлороводорода (н.у.).

*Решение.* 1) Определим формулу амина. При взаимодействии первичного амина с хлороводородом образуется соль состава  $\text{R-NH}_3\text{Cl}$ . Молекулярная масса этой соли:

$$M = \omega \times M(\text{Cl}) = 0,4355 \times 35,5 = 81,5 \text{ г/моль}.$$

Масса углеводородного радикала  $\text{R} = 81,5 \text{ г} - 35,5 \text{ г} - 14 \text{ г} - 3 \text{ г} = 29 \text{ г}$ .

Поскольку  $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1} = 29 \text{ г}$ , то  $n = 2$ . Следовательно, исходный первичный амин имеет формулу  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ .

2) Рассчитаем объём использованного хлороводорода. Напишем уравнение реакции:

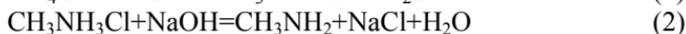


По условию задачи использовали 90 г раствора с массовой долей  $\omega = 10\%$ . Этот раствор содержит 9 г амина, что составляет 0,2 моль, следовательно, количество вещества  $\text{HCl}$  также составляет 0,2 моль. Объём 0,2 моль хлороводорода при н.у. составляет 4,48 л.

*Ответ:* этиламин  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ ; 4,48 л  $\text{HCl}$ .

**Задача 6.** 20 г смеси солянокислого метиламина и хлорида аммония обработали избытком раствора  $\text{NaOH}$  при нагревании. Газ, который выделился при этой реакции, сожгли в избытке кислорода, и образовавшиеся продукты пропустили в раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . При этом образовалось 10 г осадка. Рассчитайте массовый состав исходной смеси.

*Решение.* Напишем уравнения реакций:





В реакции с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  образовалось 10 г осадка  $\text{CaCO}_3$ , т.е. 0,1 моль, следовательно, в реакцию вступило 0,1 моль  $\text{CO}_2$ . Тогда количество вещества метиламина и солянокислого метиламина также составляло 0,1 моль. Масса солянокислого метиламина равна  $m = n \times M = 0,1 \text{ моль} \times 67,5 \text{ г/моль} = 6,75 \text{ г}$ . Масса хлорида аммония равна  $20 \text{ г} - 6,75 \text{ г} = 13,25 \text{ г}$ . Массовый состав смеси: 66,25%  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 33,75%  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ .

*Ответ:* 66,25%  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 33,75%  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ .

### Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите структурные формулы всех первичных аминов состава  $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$  и назовите их.
2. Сколько существует третичных аминов, содержащих 5 атомов углерода? Напишите их структурные формулы.
3. Напишите общую формулу вторичных аминов:
4. Назовите следующие амины. Какие из них являются первичными, вторичными и третичными?
  - а)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ ; б)  $(\text{CH}_3)_3\text{C-NH}_2$ ; в)  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ ;
  - г)  $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3$ ; д)  $(\text{CH}_3)_2\text{N-CH}_2\text{-CH}_3$ ;
  - е)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}(\text{CH}_3)_2$ .
5. Напишите уравнение реакции бромида фенилammония с гидроксидом натрия.
6. Как разделить анилин и нитробензол?
7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям: хлорид этилammония  $\rightarrow$  этиламин  $\rightarrow$  азот.
8. Напишите уравнения реакций, которые соответствуют следующим превращениям:  
 $\text{CaC}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{X}_1 \xrightarrow[t, \text{C окт.}]{\text{C}} \text{X}_2 \xrightarrow{\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4} \text{X}_3 \xrightarrow{\text{Zn} + \text{HCl}} \text{X}_4 \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{X}_5 \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{X}_6$
9. Как отличить третичные амины от первичных?
10. Какое из веществ проявляет более сильные основные свойства: анилин; аммиак; диметиламин; дифениламин?
11. Какие продукты образуются при полном сгорании аминов?

12. Какой продукт образуется при взаимодействии этиламина с водным раствором HBr? Напишите уравнение реакции.
13. Напишите качественную реакцию на анилин.
14. Как можно отличить анилин от бензола?
15. Как из анилина получить фенол?
16. Как можно выделить свободный амин из хлористого метиламмония?
17. Расшифруйте схему превращений  

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{HBr}} \text{X}_2 \xrightarrow{\text{NH}_3} \text{X}_3.$$
18. Газообразные продукты горения 4,5 г простейшего амина занимают объём 5,6 л (н.у.). Определите формулу исходного амина.
19. Бензол массой 19,5 г подвергли нитрованию; выход реакции составил 80%. Сколько анилина можно получить восстановлением нитробензола, если выход этой реакции составляет 85%?
20. 20 мл водного раствора метиламина нейтрализовали 12,3 мл раствора соляной кислоты ( $C = 0,1$  моль/л). Рассчитайте массовую долю метиламина в исходном растворе.
21. 30 г смеси диметиламина и этиламина прореагировало с хлороводородом. Рассчитайте объём HCl (н.у.), который потребовался для этой реакции.
22. При пропускании 6,6 л (н.у.) смеси метиламина и бутана через склянку с раствором соляной кислоты масса склянки увеличилась на 7,75 г. Вычислите массовую долю метиламина в исходной смеси.
23. Нитробензол массой 30 г восстановили алюминием в щелочной среде. Газообразные продукты горения полученного анилина занимают объём 10 л (н.у.). Рассчитайте выход реакции восстановления нитробензола (выход реакции горения составляет 100%).

### Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

24. Почему температуры кипения аминов выше, чем у соответствующих углеводов, но ниже, чем у спиртов?
25. Чем отличаются реакции анилина с азотистой кислотой при 0°C и при небольшом нагревании?

26. Напишите три способа получения первичных аминов. Укажите условия проведения реакций.
27. Как из бутанола-1 получить бутиламин и дибутиламин? Напишите уравнения реакций.
28. Напишите реакции взаимодействия изомерных аминов состава  $C_3H_9N$  с азотистой кислотой.
29. Почему бромирование анилина сразу приводит к триброманилину, а при бромировании бензола получается монобромпроизводное?
30. Закончите уравнения реакций:
- а)  $CH_3-CH_2Br + (CH_3)_2NH \rightarrow$   
 б)  $C_6H_5-NH-CH_3 + CH_3Br \rightarrow$

## Ответы

1	4 изомера	2	3 изомера	3	$R_1-NH-R_2$
4	а, б, в – первичные, г, е – вторичные, д – третичный				
5	$[C_6H_5-NH_3]Cl + NaOH \rightarrow C_6H_5-NH_2 + NaOH + H_2O$				
6	Анилин реагирует с соляной кислотой (с образованием растворимой в воде соли): $C_6H_5NH_2 + HCl = C_6H_5NH_3Cl$ , а нитробензол – нет				
7	$[C_2H_5-NH_3]Cl + NaOH \rightarrow C_2H_5NH_2 \uparrow + NaCl + H_2O$ ; $C_2H_5-NH_2 + HNO_2 \rightarrow C_2H_5OH + N_2 + H_2O$				
8	$CaC_2 + H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$ ; $3C_2H_2 \xrightarrow[t, C_{ант.}]{C_{ант.}} C_6H_6$ ; $C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O$ ; $C_6H_5NO_2 + 3Zn + 7HCl \rightarrow [C_6H_5NH_3]Cl + 3ZnCl_2 + 2H_2O$ ; $[C_6H_5NH_3]Cl + NaOH \rightarrow C_2H_5NH_2 + NaCl + H_2O$ ; $C_6H_5NH_2 + HNO_2 \rightarrow C_6H_5OH + N_2 + H_2O$				
9	Третичные амины не реагируют с азотистой кислотой $HNO_2$ , а первичные взаимодействуют с $HNO_2$ с образованием спиртов, газообразного азота и воды: $RNH_2 + HNO_2 \rightarrow ROH + N_2 \uparrow + H_2O$				
10	Диметиламин	11	$CO_2, N_2$ и $H_2O$		
12	$C_2H_5NH_2 + HBr \rightarrow [C_2H_5-NH_3]Br$ – бромид этиламмония				
13	Взаимодействие анилина с бромной водой приводит к образованию белого осадка 2,4,6-триброманилина: $C_6H_5NH_2 + Br_2 \cdot aq \rightarrow C_6H_2Br_3NH_2 \downarrow + 3HBr$				
14	Анилин взаимодействует с бромной водой с образованием белого осадка (см. задачу 13), бензол с бромной водой не реагирует				
15	При небольшом нагревании анилин реагирует с азотистой кислотой с образованием фенола: $C_6H_5NH_2 + KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5OH + N_2 \uparrow + KHSO_4 + H_2O$				
16	Щёлочи выделяют свободные амины из солей:				

	$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{NH}_2\uparrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$		
17	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{HBr}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHBrCH}_3$ $\xrightarrow{\text{NH}_3} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2\text{CH}_3$		
18	этиламин $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	19	15,81 г
20			$\omega(\text{метиламин}) = 0,19$
21	14,93 л HCl	22	$\omega(\text{метиламин})=75\%$
23			52,3%
24	Между молекулами аминов (в жидкой фазе) образуются слабые водородные связи, поэтому температуры кипения аминов выше, чем у углеводородов. Но водородные связи в аминах намного слабее, чем у спиртов, поэтому амины кипят при более низкой температуре		
25	При 0°C реакция анилина с азотистой кислотой приводит к образованию солей диазония: $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{KNO}_2 + \text{HCl} \rightarrow [\text{C}_6\text{H}_5\text{-N}\equiv\text{N}]^+\text{Cl}^- + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ . При небольшом нагревании в реакции анилина с азотистой кислотой получается фенол: $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{N}_2\uparrow + \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$		
26	1) взаимодействие алкилгалогенидов с аммиаком: $\text{CH}_3\text{Cl} + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$ ; 2) восстановление нитросоединений: $\text{CH}_3\text{NO}_2 \xrightarrow{[\text{H}]} \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; 3) восстановление нитрилов: $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{N} \xrightarrow{[\text{H}]} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$		
27	1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-OH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Cl} + \text{H}_2\text{O}$ ; 2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Cl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$ – бутиламин; 3) при избытке алкилгалогенида первичный амин превращается во вторичный (и далее может превращаться и в третичный амин): $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Cl} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}_2 \rightarrow (\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)_2\text{-NH}$		
28	Для состава $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$ возможно три изомера: первичный, вторичный и третичный амины. Первичный амин реагирует с азотистой кислотой с образованием газообразного азота: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-NH}_2 + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH} + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ; вторичный амин с азотистой кислотой образует N-нитрозамин: $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3 + \text{HNO}_2 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{N-N=O} + \text{H}_2\text{O}$ ; третичные амины с азотистой кислотой не реагируют		
29	Аминогруппа – это электронодонорный заместитель в бензольном кольце, она увеличивает электронную плотность в бензольном кольце и способствует протеканию реакций электрофильного замещения. Поэтому анилин легко вступает в реакцию бромирования даже с бромной водой, образуя 2,4,6-триброманилин		
30	а) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-N-CH}_3$ ; б) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-N-CH}_3$ $\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		

# АМИНОКИСЛОТЫ

1. Почему аминокислоты относятся к бифункциональным органическим соединениям?
2. Какие типы изомерии характерны для аминокислот?
3. Какие типы классификаций аминокислот вы знаете?
4. Напишите основные способы получения аминокислот.
5. Почему аминокислоты обладают амфотерными свойствами?
6. Почему водные растворы аминокислот проводят электрический ток?
7. Какие качественные реакции аминокислот вы знаете?
8. Что такое незаменимые аминокислоты?
9. Что такое пептидная связь?
10. Чем объясняются высокие температуры плавления аминокислот?

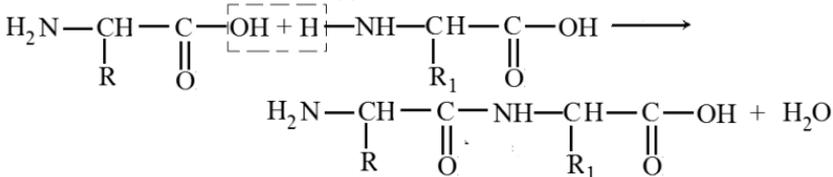
## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. С какими из перечисленных веществ будет взаимодействовать аминокислота:** оксид кальция; бензол; бромоводород; хлороформ; магний; толуол?

*Решение.* Аминокислоты – это органические бифункциональные соединения, которые проявляют амфотерные свойства: они имеют свойства и кислот и оснований. Как кислоты они реагируют и металлами, оксидами и гидроксидами металлов, например с магнием и оксидом кальция. Как основания аминокислоты взаимодействуют с кислотами, например с  $\text{HBr}$ .

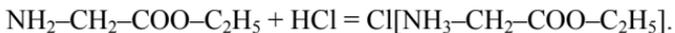
**Задача 2. Какие вещества образуются при взаимодействии аминокислот между собой?**

*Решение.* При взаимодействии аминокислот между собой протекает реакция конденсации, при которой отщепляется молекула воды и образуется пептид – продукт, в котором фрагменты аминокислот связаны пептидной связью  $-\text{CO}-\text{NH}-$ :



**Задача 3. Как различить этиловый эфир уксусной кислоты и этиловый эфир аминоксусной кислоты?**

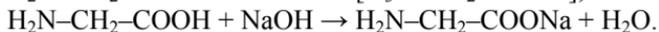
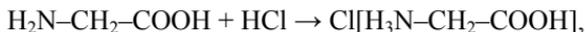
*Решение.* Аминоксусная кислота и её эфиры реагируют с соляной кислотой:



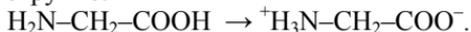
Уксусная кислота и её эфиры в реакцию с HCl не вступают.

**Задача 4. Почему аминокислоты имеют амфотерные свойства? Напишите реакции, которые показывают амфотерный характер аминокислот.**

*Решение.* Аминокислоты содержат в своём составе две функциональные группы: аминогруппу с основными свойствами и карбоксильную группу с кислотными свойствами, поэтому аминокислоты реагируют и с кислотами и основаниями, т. е. обладают амфотерными свойствами:



В твёрдом состоянии и в водных растворах аминокислоты существуют в виде внутренних солей (биполярных ионов), которые образуются при переносе протона от карбоксильной группы к аминогруппе:



**Задача 5. Напишите возможные формулы сложного эфира  $\alpha$ -аминокислоты, если он содержит 13,59% азота по массе.**

*Решение.* Сложные эфиры  $\alpha$ -аминокислот имеют общую формулу  $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{R}_1)\text{-COO-R}_2$ , где  $\text{R}_1$  – атом водорода или углеводородный радикал,  $\text{R}_2$  – углеводородный радикал. Один моль этого эфира содержит 1 моль, или 14 г азота, что составляет 13,59% (по условию задачи). Тогда молярная масса эфира составит:  $14/0,1359 = 103$  г/моль. Масса двух радикалов равна:

$$103 - \text{M}(\text{NH}_2) - \text{M}(\text{COO}) - \text{M}(\text{H}) = 103 - 16 - 44 - 1 = 42 \text{ г/моль}.$$

Это соответствует трём атомам углерода и шести атомам водорода. Тогда  $\text{R}_1$  может быть метильным радикалом или атомом водорода, а  $\text{R}_2$  – метильным и этильным радикалом. Соответственно возможные формулы сложных эфиров  $\alpha$ -аминокислоты:

1)  $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-COO-CH}_3$  – метиловый эфир  $\alpha$ -аминопропионовой кислоты;

2)  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$  – этиловый эфир  $\alpha$ -аминоксусной кислоты.

## Задачи для самостоятельного решения

- Сколько структурных изомеров аминокислотной кислоты существует? Напишите их структурные формулы.
- Сколько существует изомеров аминокислотной кислоты?
- Напишите структурные формулы двух  $\alpha$ -аминокислот, одна из которых имеет оптические изомеры, а другая – нет.
- Напишите формулу аланина в виде биполярного иона.
- Напишите уравнения реакций, которые доказывают амфотерные свойства 3-аминопропионовой кислоты.
- Почему водный раствор глутаминовой кислоты имеет кислую среду, а водный раствор лизина – щелочную?
- Напишите уравнения реакций, которые соответствуют следующим уравнениям:  

$$\text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{KOH, спирт}} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O, HgSO}_4} \text{X}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow{\text{Cl}_2, h\nu} \text{X}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$$
- Как из пропионовой кислоты получить 2-аминопропионовую кислоту?
- Как определить количество аминокислоты в смеси с карбоновой кислотой?
- Рассчитайте минимальный объем аммиака (н.у.), который необходим для реакции с 100 г раствора хлоруксусной кислоты ( $\omega = 20\%$ ). Выход реакции составляет 98%.
- Какие соединения образуются при гидролизе пептидов?
- Напишите уравнения реакции, которые доказывают амфотерный характер глицина.

## Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)

- При реакции азотистой кислоты с 0,6 г смеси аланина и пропионовой кислоты выделилось 67,2 мл азота. Рассчитайте массовую долю аланина и исходной смеси.

## Ответы

1	4 изомера	2	3 изомера ( <i>орто</i> -, <i>мета</i> - и <i>пара</i> -изомеры)
3	Глицин ( $\alpha$ -аминоуксусная кислота) – единственная аминокислота, которая не имеет оптических изомеров. Все остальные $\alpha$ -аминокислоты имеют оптические изомеры		

4	${}^+\text{H}_3\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COO}^-$	
5	Аминокислоты взаимодействуют и с кислотами: $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}[\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}]$ , и со щелочами: $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$	
6	Глутаминовая кислота содержит две группы $-\text{COOH}$ и одну группу $\text{NH}_2$ , поэтому образует кислый раствор. Лизин содержит одну группу $-\text{COOH}$ и две группы $-\text{NH}_2$ , и поэтому его раствор имеет щелочную реакцию	
7	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ; $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 + 2\text{KOH} \xrightarrow{\text{спирт}} \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ; $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4} \text{CH}_3\text{CHO}$ ; $\text{CH}_3\text{CHO} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{CH}_3\text{COOH}$ ; $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{ClCH}_2\text{COOH}$ ; $\text{ClCH}_2\text{COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$	
8	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{P} \text{CH}_3\text{CHClCOOH}$ ; $\text{CH}_3\text{CHClCOOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{COOH}$	
9	Аминокислоты реагируют с азотистой кислотой с выделением $\text{N}_2$ : $\text{NH}_2-\text{CHR}-\text{COOH} + \text{HNO}_2 = \text{HO}-\text{CHR}-\text{COOH} + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ . Измеряя объём выделившегося азота, можно рассчитать количество аминокислоты	
10	4,84 л	<b>11</b> Аминокислоты
12	$\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{ONa} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \left[ \text{NH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} \right]_2 \text{SO}_4$	
13	$\omega(\text{аланин}) = 44,5\%$	

## УГЛЕВОДЫ

1. Напишите общую формулу углеводов.
2. Какие функциональные группы есть в молекулах углеводов?
3. Что такое ферментативное брожение моносахаридов? Какие виды ферментативного брожения вы знаете?
4. Как называются связи между моносахаридными остатками в полисахаридах?
5. Что такое восстанавливающие полисахариды? Приведите пример.
6. Какие вещества образуются при гидролизе полисахаридов? Приведите пример.
7. Какую качественную реакцию на крахмал вы знаете?

### Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Из перечисленных углеводов выберите дисахарид: крахмал; сахароза; глюкоза; целлюлоза.**

*Решение.* К дисахаридам относят углеводы, которые гидролизуются с образованием двух молекул моносахаридов. Из перечисленных в вопросе углеводов глюкоза относится к моносахаридам, крахмал и целлюлоза – это полисахариды, и только сахароза является дисахаридом. При гидролизе одна молекула сахарозы образует одну молекулу глюкозы и одну молекулу фруктозы.

*Ответ:* сахароза.

**Задача 2. Какое соединение из перечисленных ниже является альдегидоспиртом: глюкоза; фруктоза; сахароза; крахмал?**

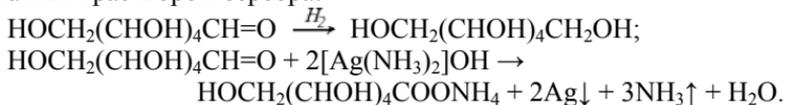
*Решение.* Из перечисленных соединений к альдегидоспиртам относится только глюкоза, поскольку она содержит спиртовые группы –ОН и альдегидную группу –СНО. Остальные соединения не имеют альдегидных групп.

*Ответ:* глюкоза.

**Задача 3. С какими из перечисленных веществ глюкоза вступает в реакции по альдегидной группе:**

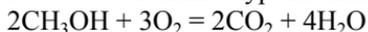
$\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ?

*Решение.* Как альдегид глюкоза вступает в реакции с водородом (альдегидная группа восстанавливается до спиртовой группы) и с аммиачным раствором серебра:



**Задача 4.** Сколько граммов глюкозы подверглось спиртовому брожению, если при этом выделилось столько газа, сколько его образуется при полном сгорании 20 мл метанола ( $\rho = 0,8$  г/мл)?

*Решение.* Напишем уравнения реакций горения метанола:



и спиртового брожения глюкозы:  $\text{С}_6\text{Н}_{12}\text{О}_6 = 2\text{С}_2\text{Н}_5\text{ОН} + 2\text{СО}_2$ .

Рассчитаем количество вещества метанола:

$$n(\text{СН}_3\text{ОН}) = \frac{20 \text{ мл} \times 0,8 \text{ г/мл}}{32 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}.$$

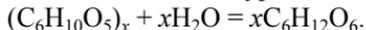
Из уравнения реакции горения метанола следует, что из 0,5 моль спирта образуется 0,5 моль  $\text{СО}_2$ . Уравнение реакции брожения глюкозы показывает, что 0,5 моль  $\text{СО}_2$  образуется из 0,25 моль глюкозы. Следовательно, масса глюкозы, подвергшейся брожению, равна

$$m(\text{С}_6\text{Н}_{12}\text{О}_6) = 0,25 \text{ моль} \cdot 180 \text{ г/моль} = 45 \text{ г}.$$

*Ответ:* 45 г глюкозы.

**Задача 5.** Какую массу глюкозы можно получить из 81 г крахмала, если выход продукта реакции составляет 80%?

*Решение.* Напишем уравнение реакции гидролиза крахмала:



Рассчитаем количество вещества крахмала:

$$n(\text{крахмал}) = \frac{m(\text{крахмал})}{M(\text{крахмал})} = \frac{81}{162x} = \frac{0,5}{x} \text{ моль}.$$

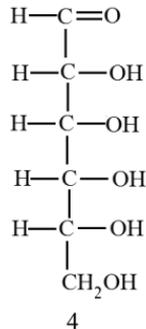
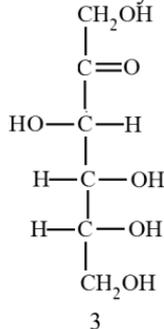
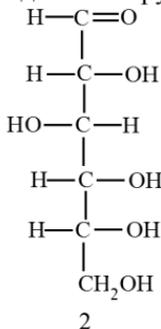
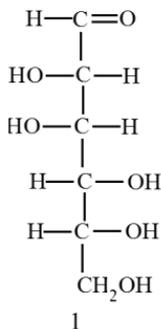
Из уравнения реакции гидролиза крахмала следует, что число молей получившейся глюкозы в  $x$  раз больше, чем число молей крахмала. Следовательно, из 81 г крахмала можно максимально получить 0,5 моль, или 90 г, глюкозы. Учитывая выход продукта реакции, находим массу глюкозы:

$$90 \text{ г} \cdot 0,8 = 72 \text{ г}.$$

*Ответ:* 72 г глюкозы.

## Задачи для самостоятельного решения

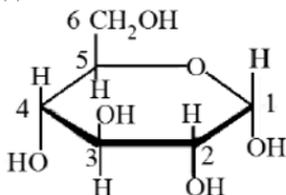
1. Какая из приведенных структур соответствует глюкозе?



2. При взаимодействии каких функциональных групп происходит образование циклических форм глюкозы?

- 1) карбонильной группы и гидроксила при 4-м атоме углерода;
- 2) гидроксильных групп при атомах углерода с номерами 2 и 6;
- 3) карбонильной группы и гидроксила при 3-м атоме углерода;
- 4) групп  $-\text{OH}$  при атомах углерода с номерами 2 и 5;
- 5) карбонильной группы и гидроксила при 5-м атоме углерода.

3. Какая гидроксильная группа в циклической форме глюкозы называется гликозидной?



4. Приведите пример реакции, характерной для альдегидов, но невозможной для глюкозы.
5. Все альдогексозы имеют формулу  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Чем эти вещества отличаются друг от друга с точки зрения строения молекул?
6. Напишите реакцию молочнокислого брожения глюкозы.
7. Как доказать, что в молекуле глюкозы есть альдегидная группа?
8. Как доказать, что глюкоза – это многоатомный спирт?
9. Как отличить глюкозу от фруктозы?
10. Как различить лактозу и сахарозу?
11. Как различить глюкозу и сахарозу?

12. Какие вещества являются продуктами гидролиза сахарозы: этанол; рибоза; глюкоза; вода; фруктоза; уксусная кислота?
13. Какие вещества образуются в организме человека в результате полного окисления глюкозы?
14. Какие продукты образуются при полном гидролизе крахмала и целлюлозы?
15. Глюкозу можно восстановить по реакции
 
$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{[H]} C_6H_{14}O_6.$$
 Какая из функциональных групп вступает в реакцию – спиртовая или альдегидная? Сохраняет ли продукт восстановления способность давать реакцию серебряного зеркала?
16. Какую качественную реакцию на крахмал вы знаете?
17. Какую массу сахарозы подвергли гидролизу, если в результате реакции получили 270 г смеси глюкозы и фруктозы? Выход реакции составил 80%.
18. Какой объём оксида углерода (IV) (н.у.) выделяется при спиртовом брожении глюкозы массой 900 г?
19. Сколько целлюлозы нужно взять, чтобы получить 1 кг тринитроцеллюлозы? Выход реакции составляет 60%.
20. Спирт, полученный при спиртовом брожении глюкозы, окислили до кислоты; кислота прореагировала с избытком гидрокарбоната натрия, при этом выделилось 6,72 л газа (н.у.). Вычислите количество исходной глюкозы.
21. Сколько граммов серебра можно получить в реакции серебряного зеркала с 90 г глюкозы, если выход реакции составляет 75%? Какой ещё продукт получается в результате этой реакции?
22. Крахмал массой 81 г подвергли гидролизу, выход реакции составил 70%. К полученной глюкозе добавили избыток аммиачного раствора оксида серебра. Рассчитайте массу полученного серебра.
23. Сколько граммов глюкозы образуется в процессе фотосинтеза из углекислого газа объемом 67,2 л (при н.у.)?

### **Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень)**

24. При гидролизе крахмала массой 162 г (выход реакции составил 80%) получили глюкозу, которая подверглась спиртовому брожению. Выход реакции брожения – 75%. В результате

- брожения получили водный раствор спирта массой 600 г. Рассчитайте массовую долю спирта в полученном растворе.
25. Может ли продукт реакции глюкозы с метанолом взаимодействовать с аммиачным раствором оксида серебра?

## Ответы

1	2	2	5	3	Гликозидным гидроксилом называют группу –ОН при углеродном атоме под номером 1 (в циклической форме)
4	Например, реакция с гидросульфитом натрия $\text{NaHSO}_3$				
5	Взаимным расположением заместителей при асимметрических атомах углерода				
6	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{--CH(OH)--COOH}$				
7	Глюкоза вступает в реакцию серебряного зеркала: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NH}_3} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{Ag}\downarrow$				
8	Глюкоза реагирует со свежееосаждённым гидроксидом меди (II) (при нормальных условиях) с образованием характерного синего окрашивания, как многоатомные спирты				
9	Глюкоза вступает в реакцию серебряного зеркала: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{Ag}_2 \xrightarrow{\text{NH}_3} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{Ag}\downarrow$ , а фруктоза – нет, поскольку фруктоза не имеет альдегидной группы				
10	Лактоза – восстанавливающий дисахарид, вступает в реакции с аммиачным раствором оксида серебра и с гидроксидом меди: $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NH}_3} \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + 2\text{Ag}\downarrow$ ; $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 2\text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ . Сахароза не имеет гликозидного гидроксила, поэтому сахароза – невосстанавливающий дисахарид, и в реакции с оксидом серебра и гидроксидом меди она не вступает				
11	Глюкоза вступает в реакции с оксидом серебра и гидроксидом меди, а сахароза – нет (см. предыдущие задачи)				
12	Глюкоза и фруктоза	13	$\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$	14	Глюкоза
15	Восстанавливается альдегидная группа. Продукт восстановления не может давать реакцию серебряного зеркала, так как не содержит альдегидную группу				
16	Качественная реакция на крахмал – это синее окрашивание при действии йода			17	205,2 г
18	224 л	19	909,1 г целлюлозы	20	27 г глюкозы
21	81 г серебра; глюконовая кислота $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ (или её аммониевая соль)				
22	75,6 г	23	90 г	24	$\omega(\text{спирт})=18,4\%$
25	Нет. При реакции глюкозы с метанолом (в присутствии $\text{HCl}$ ) гликозидный гидроксил замещается на группу – $\text{OCH}_3$ и образуется монометильовый эфир глюкозы, который не способен реагировать с оксидом серебра				

# ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

1. Что такое гетероциклические соединения?
2. Какие гетероциклические соединения имеют наибольшее практическое значение?
3. Как классифицируют гетероциклы?
4. Почему пиридин и пиррол относят к ароматическим соединениям?
5. Сравните активность бензола, пиридина и пиримидина в реакциях электрофильного замещения.
6. Где применяются азотсодержащие гетероциклические соединения?

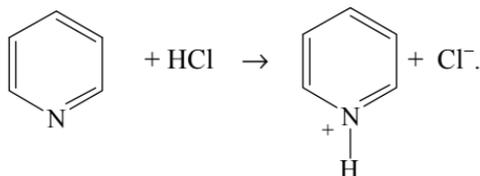
## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Почему пиридин имеет более слабые основные свойства, чем алифатические амины?**

*Решение.* Основные свойства аминов, и пиридина определяются наличием неподелённой электронной пары у атома азота. Однако в молекуле пиридина электронная плотность атома азота меньше, чем у алифатических аминов, из-за участия неподелённой электронной пары в  $\pi$ -электронной ароматической системе.

**Задача 2. Как доказать основные свойства пиридина?**

*Решение.* Пиридин взаимодействует с сильными кислотами с образованием солей пиридиния:



**Задача 3. Почему пиперидин имеет более сильные основные свойства, чем пиридин?**

*Решение.* Пиперидин – это продукт гидрирования пиридина. Он представляет собой циклический вторичный амин и имеет более сильные основные свойства по сравнению с пиридином, поскольку не имеет ароматической системы.

**Задача 4. Сравните химические свойства пиридина и бензола.**

*Решение.* Пиридин, как и бензол, вступает в реакции электрофильного замещения, но его активность в этих реакциях меньше, чем у бензола, из-за большой электроотрицательности атома азота. В отличие от бензола, пиридин может вступать в реакции нуклеофильного замещения, потому что атом азота оттягивает на себя электронную плотность из ароматической системы.

**Задача 5. Напишите уравнения реакции, показывающие кислотные свойства пиррола.**

*Решение.* Пиррол проявляет очень слабые кислотные свойства. Бензольный раствор пиррола реагирует с калием:



**Задача 6. Какое соединение образуется при гидрировании пиррола? Какими свойствами оно обладает и почему?**

*Решение.* Гидрирование пиррола приводит к образованию пирролидина (циклического вторичного амина), который обладает значительными основными свойствами из-за отсутствия ароматичности в цикле.

**Задача 7. Почему имидазол и пиразол имеют амфотерные свойства?**

*Решение.* Имидазол и пиразол – пятичленные ароматические гетероциклы, содержащие два атома азота. Их амфотерные свойства объясняются тем, что один атом азота (пиридинового типа) проявляет слабые основные свойства и способен принимать протон, а другой атом азота (пиррольного типа) входит в состав группы NH, которая проявляет слабые кислотные свойства и способна принимать протон.

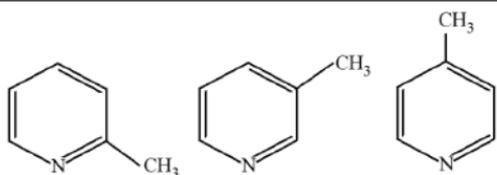
**Задача 8. В чём состоит основное значение пиримидина и пурина?**

*Решение.* Пиримидин – родоначальник пиримидиновых оснований, а пурин – родоначальник пуриновых оснований. Пиримидиновые и пуриновые основания входят в состав нуклеиновых кислот.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Напишите структурные формулы и названия гомологов пиридина состава  $C_6H_6N$ .
2. Сколько изомерных диметилпиридинов существует? Напишите их структурные формулы.
3. Напишите возможные структурные формулы гомологов тиафена, которые имеют состав  $C_6H_8S$ .
4. Приведите примеры реакций электрофильного и нуклеофильного замещения для пиридина.
5. Какие продукты образуются при окислении гомологов пиридина?
6. Сколько изомеров может существовать у гомологов фурана, если они содержат: а) один заместитель? б) два одинаковых заместителя?
7. 6,3 г пиридина гидрировали в присутствии катализатора. Рассчитайте выход реакции гидрирования, если объём использованного водорода составил 1,7 л (н.у.).
8. 120 г раствора пиррола в бензоле прореагировало с металлическим калием, при этом выделилось 1,12 л газа (н.у.). Вычислите массовую долю пиррола в исходном растворе.

## Ответы

1	 <p>2-метилпиридин    3-метилпиридин    4-метилпиридин</p>
2	6 изомеров: 2,3-; 2,4-; 2,5-; 2,6-; 3,4- и 3,5-диметилпиридины
3	6 изомеров: 2,3-; 2,4-; 2,5-; 3,4-диметилтиафены и 2- и 3-этилтиафены
4	Например: нитрование пиридина до 3-нитропиридина (электрофильное замещение); гидрирование пиридина до пиперидина (нуклеофильное замещение)
5	Гомологи пиридина похожи на гомологи бензола. При окислении боковых цепей образуются карбоновые кислоты
6	а) 2 изомера (заместители в положении 2 или 3); б) 4 изомера (заместители в положениях 2,3; 2,4; 2,5 и 3,4)
7	95%
8	5,55%

# НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ И БЕЛКИ

1. Что такое нуклеиновые кислоты?
2. Какие типы нуклеиновых кислот вы знаете?
3. Как можно установить строение нуклеиновых кислот?
4. Какие моносахариды входят в состав нуклеиновых кислот?
5. Перечислите основные функции нуклеиновых кислот в живых организмах.
6. Что такое белки?
7. Сколько уровней структуры белка можно выделить?
8. На сколько классов можно разделить белки по их физическим свойствам?

## Типовые задачи с решениями

**Задача 1. Какие вещества образуются при полном гидролизе нуклеиновых кислот?**

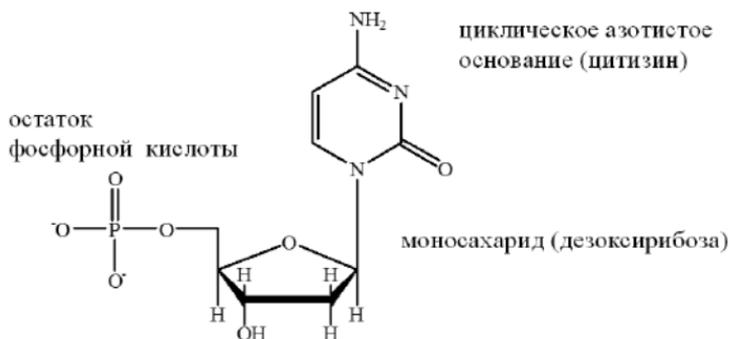
*Решение.* Полный гидролиз нуклеиновых кислот приводит к образованию смеси пиридиновых и пуриновых оснований, моносахарида и фосфорной кислоты. Это означает, что нуклеиновые кислоты построены из фрагментов этих веществ.

**Задача 2. Какие основания присутствуют в нуклеиновых кислотах?**

*Решение.* В молекулах ДНК присутствуют аденин, урацил, тимин и цитозин. В молекулах РНК – аденин, гуанин, цитозин и урацил.

**Задача 3. Какова основная структурная единица нуклеиновых кислот?**

*Решение.* Основная структурная единица нуклеиновых кислот – это нуклеотид. Молекула нуклеотида построена из остатков фосфорной кислоты, моносахарида и азотистого основания (пуринового или пиримидинового). Если моносахарид, входящий в состав нуклеотида, – это рибоза, то получают рибонуклеотиды, которые и образуют рибонуклеиновые кислоты (РНК). Если моносахарид – дезоксирибоза, то получают дезоксирибонуклеотиды и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК).



#### Задача 4. Что такое нуклеозиды?

*Решение.* Нуклеозиды – это продукты частичного гидролиза нуклеотидов, от которых отщепились остатки фосфорной кислоты. Молекулы нуклеозидов состоят из остатка основания (пуринового или пиримидинового), связанного с остатком моносахарида.

#### Задача 5. Какие уровни выделяют в структуре белка?

*Решение.* Выделяют четыре уровня в структуре белка: первичный – последовательность аминокислот в полипептидной цепи; вторичный – пространственная конфигурация полипептидной цепи (способ скручивания полипептидной цепи в пространстве за счёт водородных связей); третичный – трёхмерная конфигурация спирали в пространстве (глобула); четвертичный – соединение макромолекул (глобул) в трёхмерную структуру.

#### Задача 6. Какие составные части белков можно выделить?

*Решение.* Составные части белков – аминокислоты; белки образуются из аминокислот с помощью пептидной связи.

#### Задачи для самостоятельного решения

1. Каким образом нуклеотиды образуют РНК и ДНК?
2. Что такое модель трёхмерной структуры ДНК?
3. Сколько цепей включает в себя молекула РНК?
4. Какие типы РНК вы знаете?
5. Можно ли растворить белки в воде?
6. Что такое денатурация белка?

7. Что такое гидролиз белков и чем он отличается от денатурации?
8. Какие качественные реакции на белки вы знаете?

## Ответы

1	Отдельные молекулы нуклеотидов связываются в полимерную цепь за счёт образования сложноэфирных связей между остатками фосфорной кислоты и гидроксильными группами при 3-м и 5-м атомах углерода в молекуле моносахарида
2	Модель трёхмерной структуры ДНК включает в себя следующие положения: 1) молекула ДНК – это двойная спираль, которая состоит из двух полинуклеотидных цепей, закрученных в противоположные стороны; 2) пуриновые и пиримидиновые основания расположены внутри спирали, а остатки фосфорной кислоты и моносахарида (дезоксирибозы) находятся снаружи; 3) полный виток спирали включает 10 нуклеотидов; 4) две спирали удерживаются вместе водородными связями между парами оснований
3	В отличие от молекулы ДНК, молекула РНК состоит из одной цепи
4	Три типа РНК: информационная (матричная), транспортная, рибосомная
5	Глобулярные белки растворяются в воде (с образованием истинных или коллоидных растворов), фибриллярные белки в воде не растворяются
6	Денатурация белка – это разрушение вторичной и третичной структуры белка. Она наблюдается при нагревании, изменении рН среды, действии солей тяжёлых металлов или при действии излучения
7	Денатурация белка – это разрушение вторичной и третичной структуры белка, а гидролиз белка – это необратимое разрушение первичной структуры белка с образованием аминокислот. Гидролиз белков протекает в кислом или щелочном растворах
8	1) биуретовая реакция: в щелочной среде в присутствии солей Cu (II) образуется сине-фиолетовое окрашивание; 2) ксантопротеиновая реакция (для белков, содержащих остатки ароматических аминокислот): жёлтое окрашивание при обработке белка концентрированной HNO <sub>3</sub> ; 3) реакция Милона (для белков, содержащих остатки фенола): при действии раствора Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> с HNO <sub>3</sub> (разб.) и примесью HNO <sub>2</sub> на белок выпадает белый осадок, который при стоянии или небольшом нагревании окрашивается в красный цвет; 4) реакция Фоля (на группу –SH в белках): добавление раствора Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> + NaOH приводит к образованию чёрного осадка PbS

**Таблица растворимости солей и оснований в воде**  
при комнатной температуре

	Li <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>	Sr <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>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	
OH <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н	Н
F <sup>-</sup>	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Р	Р	Р	Р	-	Н	Н	Р	Р
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р	Р
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	Р	Р	Р	Н	Н	Н	М	Р	Р
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	М	-	Н	-	Н	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	Н	?	?	?	?	?	?	?	?
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Н	?	-	Н	?	?	Н	?	М	Н	Н	Н	?	?	?
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	?	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	-	Н	Н	Р	Р
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?	?
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	Р	М	?	?	?	?	?	?	?
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Н	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	?	?	Н	?	?	?	?	М	Н	?
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	Р	Р	Р	?	?	-	?	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н	?	Н
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	?	?	?	Н	?	?	?	Н	?	?

**Р** - растворяется (более 1 г на 100 г воды);

**М** - мало растворяется (от 0,01 г до 1 г на 100 г воды);

**Н** - не растворяется (менее 0,01 г на 100 г воды);

**-** - не растворяется (менее 0,01 г на 100 г воды); **?** - нет достоверных данных о существовании соединения

# Периодическая система элементов («короткий» вариант)

Периодическая система элементов Д.И. Менделеева																				
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII				
1	<b>H</b> 1,00794 водород															<b>He</b> 4,0026 гелий				
2	<b>Li</b> 6,941 литий	<b>3</b> <b>Be</b> 9,01218 бериллий			<b>4</b> <b>C</b> 12,011 углерод	<b>5</b> <b>B</b> 10,811 бор	<b>6</b> <b>N</b> 14,0067 азот	<b>7</b> <b>O</b> 15,99943 кислород	<b>8</b> <b>F</b> 18,9984 фтор	<b>9</b> <b>Ne</b> 20,1797 неон							<b>10</b> <b>Ar</b> 39,948 аргон			
3	<b>Na</b> 22,98977 натрий	<b>11</b> <b>Mg</b> 24,305 магний			<b>12</b> <b>Al</b> 26,9815 алюминий	<b>13</b> <b>Si</b> 28,085 кремний	<b>14</b> <b>P</b> 30,97376 фосфор	<b>15</b> <b>S</b> 32,0655 сера	<b>16</b> <b>Cl</b> 35,4532 хлор	<b>17</b> <b>Ar</b> 39,948 аргон							<b>18</b> <b>Kr</b> 83,798 криптон			
4	<b>K</b> 39,098 калий	<b>19</b> <b>Ca</b> 40,078 кальций	<b>20</b> <b>Sc</b> 44,9559 скандий			<b>21</b> <b>Ti</b> 47,867 титан	<b>22</b> <b>V</b> 50,9415 ванадий	<b>23</b> <b>Cr</b> 51,9961 хром	<b>24</b> <b>Mn</b> 54,9380 марганец	<b>25</b> <b>Fe</b> 55,845 железо	<b>26</b> <b>Co</b> 58,9332 кобальт							<b>27</b> <b>Ni</b> 58,6934 никель		
		<b>29</b> <b>Cu</b> 63,546 медь	<b>30</b> <b>Zn</b> 65,409 цинк	<b>31</b> <b>Ga</b> 69,723 галлий	<b>32</b> <b>Ge</b> 72,64 германий			<b>33</b> <b>As</b> 74,9216 мышьяк	<b>34</b> <b>Se</b> 78,96 селен	<b>35</b> <b>Br</b> 79,904 бром							<b>36</b> <b>Kr</b> 83,798 криптон			
		<b>37</b> <b>Rb</b> 85,467 рубидий	<b>38</b> <b>Sr</b> 87,62 стронций	<b>39</b> <b>Y</b> 88,9059 иттрий	<b>40</b> <b>Zr</b> 91,224 цирконий			<b>41</b> <b>Nb</b> 92,9064 ниобий	<b>42</b> <b>Mo</b> 95,94 молибден	<b>43</b> <b>Tc</b> [98] технеций	<b>44</b> <b>Ru</b> 101,07 рутений	<b>45</b> <b>Rh</b> 102,905 родий	<b>46</b> <b>Pd</b> 106,42 палладий							
5	<b>47</b> <b>Ag</b> 107,868 серебро	<b>48</b> <b>Cd</b> 112,411 кадмий			<b>49</b> <b>In</b> 114,818 индий	<b>50</b> <b>Sn</b> 118,71 олово	<b>51</b> <b>Sb</b> 121,760 сурьма	<b>52</b> <b>Te</b> 127,60 теллур	<b>53</b> <b>I</b> 126,904 йод	<b>54</b> <b>Xe</b> 131,293 ксенон										
6	<b>55</b> <b>Cs</b> 132,9054 цезий	<b>56</b> <b>Ba</b> 137,327 барий			<b>57-71</b> <b>La*</b> 138,905 лантаноиды	<b>72</b> <b>Hf</b> 178,492 гафний	<b>73</b> <b>Ta</b> 180,948 тантал	<b>74</b> <b>W</b> 183,841 вольфрам	<b>75</b> <b>Re</b> 186,207 рений	<b>76</b> <b>Os</b> 192,217 осмий	<b>77</b> <b>Ir</b> 192,217 иридий	<b>78</b> <b>Pt</b> 195,078 платина								
		<b>80</b> <b>Au</b> 196,9665 золото	<b>81</b> <b>Hg</b> 200,59 ртуть			<b>82</b> <b>Pb</b> 207,2 свинец	<b>83</b> <b>Bi</b> 208,980 висмут	<b>84</b> <b>Po</b> [209] полоний	<b>85</b> <b>At</b> [210] астат	<b>86</b> <b>Rn</b> [222] радон										
		<b>87</b> <b>Fr</b> [223] франций	<b>88</b> <b>Ra</b> [226] радий			<b>104</b> <b>Rf</b> [261] резерфордий	<b>105</b> <b>Db</b> [262] дубний	<b>106</b> <b>Sg</b> [266] сигборий	<b>107</b> <b>Bh</b> [264] борий	<b>108</b> <b>Hs</b> [277] хасий	<b>109</b> <b>Mt</b> [268] мейтнерий	<b>110</b> <b>Ds</b> [271] даршаваллий								
7	<b>111</b> <b>Rg</b> [285] регентий	<b>112</b> <b>Cn</b> [285] коперниций			<b>113</b> <b>Fl</b> [284] флеровий	<b>114</b> <b>Mc</b> [285] московий	<b>115</b> <b>Lv</b> [288] ливнерморий	<b>116</b> <b>Ts</b> [293] теннессий	<b>117</b> <b>Og</b> [294] оганессон											
* ЛАНТАНОИДЫ																				
58	<b>140,116</b> <b>Ce</b> 140,9076 цезий	<b>60</b> <b>Pr</b> 144,24 протезий	<b>61</b> <b>Pm</b> 150,36 прометей	<b>62</b> <b>Sm</b> 150,36 самарий	<b>63</b> <b>Eu</b> 151,964 европий	<b>64</b> <b>Gd</b> 157,25 гадолиний	<b>65</b> <b>Tb</b> 158,925 тербий	<b>66</b> <b>Dy</b> 162,50 диспрозий	<b>67</b> <b>Ho</b> 164,930 гольмий	<b>68</b> <b>Er</b> 167,259 эрбий	<b>69</b> <b>Tm</b> 168,934 тулий	<b>70</b> <b>Yb</b> 173,04 ytterбий	<b>71</b> <b>Lu</b> 174,967 лютеций							
** АКТИНОИДЫ																				
90	<b>232,038</b> <b>Th</b> 231,0362 торий	<b>91</b> <b>Pa</b> 231,0362 протоактиний	<b>92</b> <b>U</b> 238,029 уран	<b>93</b> <b>Np</b> [237] нептуний	<b>94</b> <b>Pu</b> [244] плутоний	<b>95</b> <b>Am</b> [243] амерций	<b>96</b> <b>Cm</b> [247] куриум	<b>97</b> <b>Bk</b> [247] берклий	<b>98</b> <b>Cf</b> [251] калорфорний	<b>99</b> <b>Es</b> [252] езербий	<b>100</b> <b>Fm</b> [257] фермий	<b>101</b> <b>Md</b> [258] мезенштейн	<b>102</b> <b>No</b> [259] нобелий	<b>103</b> <b>Lr</b> [262] люреций						

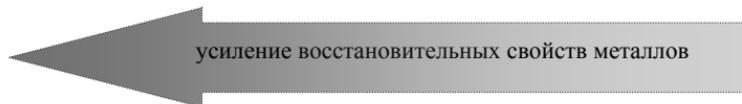


## Электроотрицательности атомов элементов (ЭО) (по Л. Полингу)

	1 (IA)																	18 (VIIA)						
1	H 2,1																	He 4,0						
2	Li 1,0	Be 1,5																	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	Ne 4,0
3	Na 0,9	Mg 1,2	3 (IIIB)	4 (IVB)	5 (VB)	6 (VIB)	7 (VIIB)	8 (VIIIB)	9 (VIIIB)	10 (VIIIB)	11 (IIIB)	12 (IIIB)	13 (IIIA)	14 (IVA)	15 (VA)	16 (VIA)	17 (VIIA)	18 (VIIA)						
4	K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8	Kr 2,8						
5	Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5	Xe 2,5						
6	Cs 0,7	Ba 0,9	La* 1,1	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2	Rn 2,2						
7	Fr 0,7	Ra 0,9	Ac* 1,1																					

### Электрохимический ряд напряжений металлов

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Ni Sn Pb H<sub>2</sub> Cu Hg Ag Pt Au



-3,02   -2,93   -2,7   -2,37   -1,6   -0,7   -0,45   E<sup>0</sup>,В   0,13   0,0   0,8   1,18   1,5

### Электрохимический ряд напряжений анионов

F<sup>-</sup>   NO<sub>3</sub><sup>-</sup>   SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>   OH<sup>-</sup>   Cl<sup>-</sup>   Br<sup>-</sup>   I<sup>-</sup>   S<sup>2-</sup>



# Оглавление

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ</b>	
<b>СОВРЕМЕННОЙ ХИМИИ</b> .....	4
<b>ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ХИМИИ</b> .....	4
Типовые задачи с решениями .....	5
Задачи для самостоятельного решения .....	6
Ответы .....	7
<b>СОСТАВ ВЕЩЕСТВА</b> .....	8
Типовые задачи с решениями .....	8
Задачи для самостоятельного решения .....	9
Ответы .....	10
<b>ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ХИМИИ</b> .....	11
Типовые задачи с решениями .....	11
Задачи для самостоятельного решения .....	15
Задачи по теме «Закон сохранения» .....	15
Ответы .....	16
Задачи по темам «Закон Авогадро» и «Газовые законы» .....	16
Ответы .....	18
<b>РАСЧЁТЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ</b> .....	18
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	20
Ответы .....	20
<b>СТРОЕНИЕ АТОМА</b> .....	21
Типовые задачи с решениями .....	22
Задачи для самостоятельной работы .....	22
Ответы .....	25
<b>ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ</b>	
<b>СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА</b> .....	26
Типовые задачи с решениями .....	27
Задачи для самостоятельной работы .....	29
Ответы .....	29
<b>ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ</b> .....	30
Типовые задачи с решениями .....	31
Задачи для самостоятельной работы .....	32
Ответы .....	33
<b>ВАЛЕНТНОСТЬ И СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ</b> .....	38
Упражнения для самостоятельной работы .....	39
Ответы .....	40

<b>ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ</b> .....	41
Типовые задачи с решениями .....	41
Задачи для самостоятельного решения .....	42
Ответы .....	44
<b>ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ</b> .....	45
Типовые задачи с решениями .....	45
Задачи для самостоятельного решения .....	47
Ответы .....	49
<b>ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ</b> .....	50
Типовые задачи с решениями .....	50
Задачи для самостоятельного решения .....	51
Ответы .....	53
<b>РАСТВОРЫ</b> .....	54
Типовые задачи с решениями .....	55
Задачи для самостоятельного решения .....	59
Ответы .....	64
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	65
Ответы .....	66
<b>ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ. ИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ РЕАКЦИЙ</b> .....	67
Типовые задачи с решениями .....	68
Задачи для самостоятельной работы .....	73
Ответы .....	74
<b>СОСТАВЛЕНИЕ ИОННЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ</b> .....	76
Задачи для самостоятельного решения .....	80
Ответы .....	81
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	81
Ответы .....	82
<b>ОКСИДЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ</b> ...	83
КАК СОСТАВЛЯТЬ УРАВНЕНИЯ	
ОКСИДЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ .....	85
Составление уравнений методом электронного баланса .....	85
Составление уравнений в электронно-ионной форме .....	90
Упражнения для самостоятельной работы .....	93
Ответы .....	98
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	99
Ответы .....	101
<b>ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ</b>	
<b>МЕТАЛЛОВ</b> .....	102
Задачи для самостоятельной работы .....	102
Ответы .....	103

<b>ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ И РАСТВОРОВ</b>	
<b>ЭЛЕКТРОЛИТОВ</b> .....	104
ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ С ИНЕРТНЫМ АНОДОМ .....	104
ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА	
С ИНЕРТНЫМ АНОДОМ .....	105
Типовые задачи с решениями .....	106
Упражнения для самостоятельной работы .....	107
Ответы .....	108
ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА	
С РАСТВОРИМЫМ АНОДОМ .....	109
Типовые задачи с решениями .....	109
Задачи для самостоятельной работы .....	109
Ответы .....	110
<b>КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</b> .....	111
<b>ОКСИДЫ</b> .....	111
Типовые задачи с решениями .....	111
Упражнения для самостоятельной работы с ответами .....	112
Ответы .....	114
Упражнения для самостоятельной работы .....	115
<b>ОСНОВАНИЯ</b>	
(ОСНОВНЫЕ И АМФОТЕРНЫЕ ГИДРОКСИДЫ) .....	117
Типовые задачи с решениями .....	118
Упражнения для самостоятельной работы с ответами .....	118
Ответы .....	120
Упражнения для самостоятельной работы .....	120
<b>КИСЛОТЫ (КИСЛОТНЫЕ ГИДРОКСИДЫ)</b> .....	123
Типовые задачи с решениями .....	124
Упражнения для самостоятельной работы с ответами .....	124
Ответы .....	127
Упражнения для самостоятельной работы .....	127
<b>СОЛИ</b> .....	130
Типовые задачи с решениями .....	130
Упражнения для самостоятельной работы с ответами .....	132
Ответы .....	135
Упражнения для самостоятельной работы .....	136
<b>ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ</b> .....	139
Типовые задачи с решениями .....	139
Упражнения для самостоятельной работы с ответами .....	141
Ответы .....	142
Упражнения для самостоятельной работы .....	142

<b>ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ КЛАССАМИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</b> .....	145
Типовые задачи с решениями .....	145
Упражнения для самостоятельной работы .....	146
Ответы .....	149
<b>МЕТАЛЛЫ</b> .....	151
<b>ПОЛОЖЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА</b> .....	151
Упражнения для самостоятельной работы .....	152
Ответы .....	153
<b>ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ РУД</b> .....	154
<b>КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ</b> .....	155
<b>СВОЙСТВА ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МЕТАЛЛОВ</b> .....	156
<b>ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ</b> .....	156
Упражнения для самостоятельной работы .....	156
Ответы .....	157
<b>ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ</b> .....	159
Упражнения для самостоятельной работы .....	159
Ответы .....	160
<b>АЛЮМИНИЙ</b> .....	161
Упражнения для самостоятельной работы .....	161
Ответы .....	162
<b>ЖЕЛЕЗО</b> .....	163
Упражнения для самостоятельной работы .....	163
Ответы .....	164
<b>ХРОМ</b> .....	165
Упражнения для самостоятельной работы .....	165
Ответы .....	166
<b>НЕМЕТАЛЛЫ</b> .....	167
<b>ПОЛОЖЕНИЕ НЕМЕТАЛЛОВ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕМЕНТОВ, ИХ СВОЙСТВА</b> .....	167
<b>СВОЙСТВА ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НЕМЕТАЛЛОВ</b> .....	168
<b>Водород</b> .....	168
Упражнения для самостоятельной работы .....	168
Ответы .....	170
<b>Углерод</b> .....	171
Упражнения для самостоятельной работы .....	171
Ответы .....	172

КРЕМНИЙ .....	173
Упражнения для самостоятельной работы .....	173
Ответы .....	174
АЗОТ .....	175
Упражнения для самостоятельной работы .....	175
Ответы .....	176
ФОСФОР .....	177
Упражнения для самостоятельной работы .....	177
Ответы .....	178
КИСЛОРОД .....	179
Упражнения для самостоятельной работы .....	179
Ответы .....	180
СЕРА .....	181
Упражнения для самостоятельной работы .....	181
Ответы .....	182
ГАЛОГЕНЫ .....	183
Упражнения для самостоятельной работы .....	183
Ответы .....	184
<b>ПРЕДМЕТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.</b>	
<b>ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ .....</b>	<b>185</b>
Типовые задачи с решениями .....	186
Задачи для самостоятельного решения .....	190
Ответы .....	191
АЛКАНЫ .....	193
Типовые задачи с решениями .....	193
Задачи для самостоятельного решения .....	195
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	200
Ответы .....	200
ЦИКЛОАЛКАНЫ .....	203
Типовые задачи с решениями .....	203
Задачи для самостоятельного решения .....	205
Ответы .....	207
АЛКЕНЫ .....	208
Типовые задачи с решениями .....	208
Задачи для самостоятельного решения .....	212
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	215
Ответы .....	216
АЛКАДИЕНЫ .....	218
Типовые задачи с решениями .....	218
Задачи для самостоятельного решения .....	220
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	221
Ответы .....	221

АЛКИНЫ .....	222
Типовые задачи с решениями .....	222
Задачи для самостоятельного решения .....	224
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	226
Ответы .....	227
АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АРЕНЬ) .....	229
Типовые задачи с решениями .....	229
Задачи для самостоятельного решения .....	234
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	237
Ответы .....	237
СПИРТЫ (АЛКОГОЛИ) .....	241
Типовые задачи с решениями .....	241
Задачи для самостоятельного решения .....	244
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	246
Ответы .....	246
ФЕНОЛЫ .....	247
Типовые задачи с решениями .....	247
Задачи для самостоятельного решения .....	250
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	251
Ответы .....	251
АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ .....	252
Типовые задачи с решениями .....	252
Задачи для самостоятельного решения .....	255
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	256
Ответы .....	257
КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ .....	259
Типовые задачи с решениями .....	259
Задачи для самостоятельного решения .....	262
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	264
Ответы .....	265
СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ И ЖИРЫ .....	267
Типовые задачи с решениями .....	267
Задачи для самостоятельного решения .....	269
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	270
Ответы .....	270
АМИНЫ .....	271
Типовые задачи с решениями .....	271
Задачи для самостоятельного решения .....	274
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	275
Ответы .....	276

АМИНОКИСЛОТЫ .....	278
Типовые задачи с решениями .....	278
Задачи для самостоятельного решения .....	280
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	280
Ответы .....	280
УГЛЕВОДЫ .....	282
Типовые задачи с решениями .....	282
Задачи для самостоятельного решения .....	284
Задачи для самостоятельного решения (2-й уровень) .....	285
Ответы .....	286
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ .....	287
Типовые задачи с решениями .....	287
Задачи для самостоятельного решения .....	289
Ответы .....	289
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ И БЕЛКИ .....	290
Типовые задачи с решениями .....	290
Задачи для самостоятельного решения .....	291
Ответы .....	292
ТАБЛИЦА РАСТВОРИМОСТИ СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ .....	293
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ («короткий вариант») .....	294
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ («длинный вариант») .....	295
ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ АТОМОВ ЭЛЕМЕНТОВ (ЭО) .....	296
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ ...	296

*Наталья Юрьевна ЧЕРНИКОВА,  
Елена Владимировна МЕЩЕРЯКОВА*

**ЗАДАЧИ ПО ОСНОВАМ ОБЩЕЙ ХИМИИ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
С ОТВЕТАМИ И РЕШЕНИЯМИ**

*Учебное пособие*