

**Г. Э. АТРАХИМОВИЧ**

# **ХИМИЯ**

Практикум для подготовки  
к централизованному тестированию

Минск БГМУ 2024

ISBN 978-985-21-1518-6



9 789852 115186

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ХИМИИ

**Г. Э. АТРАХИМОВИЧ**

# **ХИМИЯ**

Практикум для подготовки  
к централизованному тестированию

*8-е издание*



Минск БГМУ 2024

УДК 54(076.5)(075.8)  
ББК 24я73  
А92

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве  
практикума 21.02.2024 г., протокол № 14

Р е ц е н з е н т ы: О. Н. Ринейская, С. Н. Борисевич

**Атрахимович, Г. Э.**

А92 Химия : практикум для подготовки к централизованному тестированию /  
Г. Э. Атрахимович. – 8-е изд. – Минск : БГМУ, 2024. – 228 с.

ISBN 978-985-21-1518-6.

Включает практические задания для аудиторной и самостоятельной работы учащихся. Содержит цепочки химических превращений, задачи и тестовые задания. Первое издание вышло в 2013 г.  
Предназначен для слушателей вечерних среднесрочных подготовительных курсов.

**УДК 54(076.5)(075.8)**  
**ББК 24я73**

**ISBN 978-985-21-1518-6**

© Атрахимович Г. Э., 2024  
© УО «Белорусский государственный  
медицинский университет», 2024

# ТЕМА 1

## ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ПОНЯТИЯ ХИМИИ

### ЗАНЯТИЕ 1

#### Основной объем учебного материала

Явления физические и химические. Химический смысл понятия «вещество». Смеси и химические соединения. Атом. Химический символ. Химический элемент. Молекула. Кристалл. Простые и сложные вещества. Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Химическая формула (молекулярная, электронная, графическая). Формульная единица. Закон постоянства состава веществ.

Количественные характеристики вещества. Относительная атомная, молекулярная и формульная массы. Моль. Молярная масса. Расчет масс атомов и молекул (г, кг, а.е.м.). Расчеты по химическим формулам (содержания элемента в граммах, молях и массовых долях). Валентность и степень окисления.

Физические и химические свойства вещества. Химическая реакция. Признаки и условия протекания химических реакций. Закон сохранения массы веществ. Химическое уравнение. Типы химических реакций. Расчеты по уравнениям химических реакций.

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

##### Явления химические и физические

*Задание 1.* Укажите процессы, которые сопровождаются протеканием химических явлений:

- таяние льда;
- квашение капусты;
- пожелтение зеленых листьев осенью;
- поседение волос;
- образование углекислого газа при горении угля;
- кипение воды;
- гниение древесины;
- образование росы на рассвете;
- горение серы;
- ржавление железа;
- образование инея на деревьях;
- выделение бурого газа при растворении меди в азотной кислоте;
- разложение воды на кислород и водород под действием электрического тока;

##### Химический смысл понятия «вещество», «простое вещество», «сложное вещество»

*Задание 1.* Укажите, что из перечисленного является веществом в физическом, а что — в химическом смысле: а) протон; б) нейтрон; в) атом; г) молекула воды; д) кристалл хлорида натрия.

**Задание 2.** Выпишите формулы веществ, которые имеют молекулярное строение: вода, водород, медь, кальций гидроксид, азотная кислота, аммоний хлорид, железо (III) сульфат, белый фосфор, калий, натрий оксид, серебро хлорид, сера (IV) хлорид, озон, метан, этилен, питьевая сода, ромбическая сера, графит.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

**1.** К химическим явлениям относятся:

- а) таяние снега;
- б) образование накипи в чайнике;
- в) превращение кислорода в озон;
- г) выделение из жидкого воздуха кислорода;
- д) термический крекинг;
- е) обжиг пирита;
- ж) смешивание холодной и горячей воды.

**2.** Веществом немолекулярного строения является:

- а)  $\text{CO}_2$ ;
- б)  $\text{NO}$ ;
- в)  $\text{SO}_2$ ;
- г)  $\text{SiO}_2$ .

**3.** Укажите вещества, имеющие молекулярное строение при н. у.:

- а)  $\text{HCl}$ ;
- б)  $\text{NH}_3$ ;
- в)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;
- г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**4.** Среди перечисленных характеристик простого вещества неверной является:

- а) агрегатное состояние при  $25^\circ\text{C}$ ;
- б) растворимость в воде;
- в) валентность;
- г) химическая активность.

**5.** К простому веществу, а не к химическому элементу, относится утверждение:

- а) кислород входит в состав воды;
- б) в организме человека содержится приблизительно 65 % кислорода;
- в) кислород входит в состав воздуха;
- г) кислород существует в виде двух аллотропных модификаций.

**6.** Аллотропными формами одного и того же элемента являются:

- а) вода и лед;
- б) сталь и чугун;
- в) алмаз и фуллерен;
- г) кислород и озон.

**7.** Число простых веществ в ряду: аммиак, водород, озон, кислород, угарный газ, алмаз равно:

- а) 6;
- б) 5;
- в) 4;
- г) 3.

### Смеси и химические соединения

**Задание 1.** Выберите, что из перечисленного является смесью, а что — химическим веществом: водопроводная вода, яблочный сок, сахар, дистиллированная вода, поваренная соль, натрий хлорид, глюкоза, кислород, железо, каменный уголь, медь, полиэтилен, молоко.

**Задание 2.** Укажите, какие из перечисленных смесей являются однородными, а какие — неоднородными: молоко, смесь воды и подсолнечного масла, бронза, бензин, нефть, смесь бензина с водой.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Чистый воздух — это:

- а) индивидуальное вещество;
- б) однородная смесь веществ;
- в) соединение азота и кислорода;
- г) простое вещество.

2. Для выделения сахара из водного раствора следует применить:

- а) выпаривание;
- б) перегонку;
- в) фильтрование;
- г) отстаивание.

**Атом. Химический символ. Химический элемент. Молекула.**

**Формульная единица. Химическая формула**

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Атом характеризуется:

- а) размером;
- б) запахом;
- в) массой;
- г) цветом.

2. Укажите характеристику атома, при помощи которой его можно однозначно отнести к определенному химическому элементу:

- а) число электронов на внешнем электронном слое;
- б) число протонов в ядре;
- в) число нейтронов в ядре;
- г) относительная атомная масса.

3. Атом остается тем же химическим элементом:

- а) при удалении из ядра одного протона;
- б) удалении из ядра одного нейтрона;
- в) добавлении в ядро одного нейтрона;
- г) при удалении из внешней электронной оболочки одного электрона.

4. Укажите, в каком случае речь идет именно о химическом элементе кислород:

- а) содержащийся в воде кислород необходим рыбам для дыхания;
- б) кислород входит в состав воздуха;
- в) массовая доля кислорода в воде равна 88,9 %;
- г) кислород можно получать из некоторых сложных веществ.

5. И молекула, и вещество, состоящее из этих молекул, характеризуются:

- а) агрегатным состоянием;
- б) качественным составом;
- в) химическими свойствами;
- г) количественным составом.

6. Простейшая (эмпирическая) формула указывает:

- а) число атомов в молекуле;
- б) соотношение между числом атомов в веществе;
- в) порядок соединения атомов в молекуле;
- г) относительную молекулярную массу вещества.

7. Выберите вещество, для которого простейшая его формула не совпадает с его молекулярной формулой:

- а) уксусная кислота;
- б) метан;
- в) углерод (IV) оксид;
- г) аммиак.

8. Формула  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  показывает:

- а) количество атомов в молекуле;
- б) соотношение между числом атомов в веществе;
- в) химическое строение вещества;
- г) пространственное строение вещества.

9. Структурно-графическая формула в отличие от молекулярной формулы показывает:

- а) пространственное строение вещества;
- б) кратность химических связей;
- в) последовательность соединения атомов;
- г) соотношение между числом атомов в веществе.

### Валентность и степень окисления

Задание 1. Укажите степень окисления для выделенных атомов в соединениях:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{CO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_2\text{O}_2$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{NaH}$ ;  $\text{NH}_3$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{HNO}_2$ .

**Масса атома, молекулы, иона. Химическое количество вещества.**

**Число формульных единиц. Молярная масса**

*Расчетные задания:*

1. Определите, какое число молекул или формульных единиц (условных молекул) содержат:

- а) 1,25 моль  $\text{O}_2$ ;
- б) 0,055 моль  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- в) 0,17 моль  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

2. Определите, какое количество вещества (моль) содержит указанное число молекул или формульных единиц:

- а)  $1,5 \times 10^{23}$  молекул  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- б)  $2,5 \times 10^{24}$   $\text{BaSO}_4$ .

3. Рассчитайте массу (г) порций веществ:

- а) 0,14 моль  $\text{NH}_3$ ;
- б) 0,54 моль  $\text{CuSO}_4$ .

4. Определите количество вещества (моль):

- а) для 710 г  $\text{HCl}$ ;
- б) 60 г  $\text{Cl}_2$ .

5. Определите, какое число молекул или формульных единиц содержат порции веществ:

- а) 680 г  $\text{NH}_3$ ;
- б) 0,26 кг  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- в) 0,55 г  $\text{BaCl}_2$ ;
- г) 40 г  $\text{CaCO}_3$ .

6. Одинаковое ли число молекул содержат: 1 г  $\text{O}_2$ , 1 г  $\text{H}_2$  и 1 г  $\text{CO}_2$ ? Ответ подтвердить расчетами.

7. Рассчитайте массу (г) порций веществ, содержащих указанное число молекул:

- а)  $2,24 \times 10^{23}$   $\text{I}_2$ ;
- б)  $1,6 \times 10^{24}$   $\text{HNO}_3$ .

8. Рассчитайте молярную массу (г/моль) некоторого вещества В, если абсолютная масса одной формульной единицы этого вещества составляет:

- а)  $5,32 \times 10^{-23}$  г;
- б)  $7,31 \times 10^{-23}$  г;

9. Рассчитайте абсолютную массу (г) одной молекулы для следующих веществ:

- а)  $\text{Br}_2$ ;
- б)  $\text{NH}_3$ ;
- в)  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

10. Определите количество вещества (моль) и число молекул для следующих порций:

- а) 3,55 г  $\text{Cl}_2$ ;
- б) 31,1 г  $\text{HNO}_3$ ;
- в) 243 г  $\text{HBr}$ .

**Ответы:** 1. а)  $7,5 \times 10^{23}$ ; б)  $3,3 \times 10^{22}$ ; в)  $1 \times 10^{23}$ . 2. а) 0,2; б) 4,2. 3. а) 2,38; б) 86,4. 4. а) 19,5; б) 0,85. 5. а)  $2,4 \times 10^{25}$ ; б)  $1,6 \times 10^{24}$ ; в)  $1,6 \times 10^{21}$ ; г)  $2,4 \times 10^{23}$ . 6. а)  $1,9 \times 10^{22}$ ; б)  $3 \times 10^{23}$ ; в)  $1,4 \times 10^{22}$ . 7. а) 94,5; б) 167,4. 8. а) 32; б) 44. 9. а)  $2,7 \times 10^{-22}$ ; б)  $2,8 \times 10^{-23}$ ; в)  $3 \times 10^{-23}$ ; г)  $1,6 \times 10^{-22}$ . 10. а) 0,05 моль,  $3 \times 10^{22}$  молекул; б) 0,49 моль,  $3 \times 10^{23}$  молекул; в) 3 моль,  $1,8 \times 10^{24}$  молекул.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Наименьшее число атомов содержится в 1 г:  
а)  $\text{H}_2\text{O}$ ; б)  $\text{SO}_2$ ; в)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
2. Относительная молекулярная масса измеряется:  
а) в г; б) в кг; в) безразмерная величина; г) в г/моль.
3. Химическое количество атомов, содержащихся в воде массой 90 г равно:  
а) 5 моль; б) 10 моль; в) 15 моль; г) 20 моль.
4. Укажите единицы измерения молярной массы:  
а) кг/л; б) кг/моль; в) г/мл; г) моль/г.
5. Относительная атомная масса кислорода равна:  
а) 16 а. е. м.; б) 16; в) 16 г; г) 16 г/моль.
6. Постоянная Авогадро показывает число структурных элементов:  
а) в 1 г вещества; в) в 1 моль вещества;  
б) в 1  $\text{дм}^3$  газа при н. у.; г) в 1 молекуле вещества.
7. Молярная масса  $\text{O}_3$  равна:  
а) 48 а. е. м.; б) 48; в) 16 а. е. м.; г) 48 г/моль.
8. Относительная атомная масса показывает, во сколько раз:  
а) атом самого распространенного нуклида элемента тяжелее  $1/12$  атома  $^{12}\text{C}$ ;  
б) средняя масса атома элемента больше массы  $1/12$  атома  $^{12}\text{C}$ ;  
в) средняя масса атома элемента больше средней массы атома углерода;  
г) масса атома элемента больше массы атома  $^{12}\text{C}$ .
9. Укажите НЕВЕРНОЕ утверждение. Для определения молярной массы вещества достаточно знать его:  
а) молекулярную формулу;  
б) относительную молекулярную массу;  
в) эмпирическую формулу;  
г) относительную плотность по воздуху.

### **Расчеты по химической формуле. Массовая доля элемента.**

*Расчетные задания:*

1. Определите число атомов каждого элемента для порций веществ:

- а) 2,5 моль  $\text{O}_3$ ;
- б) 0,75 моль  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ;
- в)  $2,4 \times 10^{21}$  молекул  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ;
- г)  $1,6 \times 10^{23}$  формульных единиц  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ;
- д) 4,375 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

2. Сколько моль атомов водорода содержится:

- а) в 1 моль  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- б) 6 моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ?



**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Для некоторого вещества, молярная масса которого равна 320 г/моль, находили массовую долю (%) элемента кислорода. Укажите правильный результат анализа.

- а) 23,0;            б) 24,0;            в) 25,0;            г) 26,0.

2. В каком из следующих веществ массовая доля углерода наибольшая?

- а)  $C_2H_5Cl$ ;        б)  $C_2H_5Br$ ;        в)  $C_2H_5I$ ;        г)  $C_2H_5F$ .

3. Закон постоянства состава в настоящее время считается:

- а) абсолютно верным;  
б) опровергнутым;  
в) верным для определенного типа веществ;  
г) верным при определенных внешних условиях.

4. Состав какого соединения зависит от условий его получения?

- а) уксусной кислоты;            в) оксида титана;  
б) хлороводорода;            г) фосфина.

5. Молярная доля кислорода наибольшая в соединении:

- а)  $CaCO_3$ ;        б)  $Ca(MnO_4)_2$ ;        в)  $Ca_3(PO_4)_2$ ;        г)  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .

### Химические реакции

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. При протекании химической реакции:

- а) сохраняется суммарная масса веществ;  
б) сохраняются молекулы веществ, вступающих в реакцию;  
в) суммарное число атомов до реакции равно суммарному числу атомов после реакции;  
г) атомы одних элементов превращаются в атомы других элементов.

2. Правильными являются утверждения:

- а) число веществ, вступающих в реакцию, равно числу получающихся веществ;  
б) в химической реакции не изменяется общее число атомов;  
в) химическое уравнение — изображение состава вещества;  
г) при протекании химических реакций сумма химических количеств продуктов реакции может быть больше суммы химических количеств исходных веществ.

3. Укажите реакцию замещения:

- а)  $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$ ;  
б)  $N_2 + O_2 = 2NO$ ;  
в)  $AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$ ;  
г)  $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ .

4. Укажите схемы реакций разложения:

- а)  $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$ ;  
б)  $KNO_3 \rightarrow KNO_2 + O_2$ ;  
в)  $HCl + PbO_2 \rightarrow PbCl_2 + Cl_2 + H_2O$ ;  
г)  $CH_4 \rightarrow C_2H_2 + H_2$ .

5. Укажите схемы реакций соединения:

- а)  $\text{Na} + \text{H}_2 \rightarrow \text{NaH}$ ;  
б)  $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3$ ;  
в)  $\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{KHCO}_3$ ;  
г)  $\text{KOH} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

**Расчетные задания по уравнениям химических реакций.**

*Количество вещества и масса продуктов (реагентов):*

1. Рассчитайте количество реагента (моль), необходимое для получения 0,75 моль первого из продуктов реакций:

- а)  $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;      б)  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

2. Рассчитайте количество вещества (моль) для первого реагента, вступившее в реакцию с 1,25 моль второго реагента:

- а)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$ ;      б)  $\text{HNO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \dots$ .

3. Рассчитайте количество продукта (моль), образовавшееся из 2,5 моль первого реагента:

- а)  $\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;      б)  $\text{Cl}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO}_4$ .

*Объем газообразных реагентов (продуктов):*

4. Рассчитайте объем (дм<sup>3</sup>, н. у.) полученного газа, если в реакцию вступило 0,5 моль первого реагента:

- а)  $\text{HNO}_3 + \text{Ag}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4\downarrow + \text{HF}\uparrow$ .

5. Определите объем (дм<sup>3</sup>, н. у.) углекислого газа, собранного в результате полного разложения 150 г реагента:

- а)  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

*Избыток (недостаток) реагентов:*

6. Реагируют 17,6 г меди и 17,6 г серы. Установите массу продукта.

7. Рассчитайте массу гидроксида меди (II), полученного в результате взаимодействия 8 г гидроксида натрия и 17 г сульфата меди (II).

8. Рассчитайте массу серы в реакции  $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ , если смешано по 11,2 дм<sup>3</sup> (н. у.) обоих газов.

**Ответы:** 1. а) 1,5; б) 0,375. 2. а) 0,83; б) 7,5. 3. а) 0,83; б) 5. 4. а) 5,6; б) 22,4. 5. а) 15,1; б) 20. 6. 26,4. 7. 9,8 г. 8. 24 г.

## ЗАНЯТИЕ 2

**Основной объем учебного материала**

Законы газового состояния вещества: объемных отношений, Гей-Люссака, Авогадро. Молярный объем газа. Определение молекулярной массы вещества по относительной и абсолютной плотностям его паров.

Объединенный газовый закон. Расчеты с использованием газовых законов.

Установление эмпирических и истинных формул по количественным характеристикам вещества.

Установление эмпирических и истинных формул по продуктам реакций.  
Решение задач «Практический выход продуктов реакции».  
Решение задач «Количественные характеристики газовой смеси».

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### Закон Авогадро. Молярный объем газа

##### Расчетные задания:

- Сколько атомов азота содержится:  
а) в 17 моль аммиака; б) 17 г аммиака; в) в 17 л аммиака (н. у.)?
- Одинаковое ли число молекул:  
а) в 0,5 г азота и 0,5 г метана;  
б) в 0,5 л азота и 0,5 л метана при одинаковых условиях?
- Одинаковое ли число молекул содержится (н. у.) в 1 л  $\text{H}_2$  и 1 л  $\text{CO}_2$ ?
- Одинаковый ли объем (н. у.) будут занимать:  
а) 11,2 моль  $\text{Cl}_2$  и 11,2 моль  $\text{NH}_3$ ; б) 11,2 г  $\text{N}_2$  и 11,2 г  $\text{CO}$ ?
- Определите, какой объем занимают (л, н. у.):  
а) 4,5 моль  $\text{O}_2$ ; б) 80 г  $\text{O}_2$ .
- Рассчитайте объем ( $\text{дм}^3$ , н. у.) и массу (г) порции газа  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , содержащей  $2,4 \times 10^{24}$  атомов углерода.
- При одинаковых условиях объем каждого из двух газов (оксида азота IV и неона) составляет 524 л. Во сколько раз число атомов в заданном объеме одного газа больше числа атомов в объеме второго газа?
- Определить молярную массу газа, если масса 2  $\text{дм}^3$  (н. у.) его составляет 2,5 г.

**Ответы:** 1. а)  $1,02 \times 10^{25}$ ; б)  $6,02 \times 10^{23}$ ; в)  $4,57 \times 10^{23}$ . 2. а) нет; б) да. 3. да. 4. а) да; б) да. 5. а) 100,8; б) 56. 6. 22,33; 57,8. 7. 3. 8. 28.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

- Закон Авогадро гласит:  
а) 1 моль любого газа при н. у. занимает объем 22,4  $\text{дм}^3$ ;  
б) в равных объемах газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул;  
в) 1 моль любого вещества содержит  $6,02 \times 10^{23}$  структурных единиц;  
г) состав веществ с молекулярной структурой не зависит от способа получения.
- Молярный объем любого газа независимо от химической природы:  
а) при любых условиях равен 22,4  $\text{дм}^3$ ;  
б) зависит от давления, но не от температуры;  
в) зависит от температуры, но не от давления;  
г) зависит от температуры и давления.
- Объем 22,4  $\text{дм}^3$  при н. у. занимает 1 моль:  
а) воды; б) меди; в) озона; г) серы.
- Наибольшее число молекул содержится в 1  $\text{дм}^3$  (н. у.):  
а)  $\text{H}_2$ ; б)  $\text{O}_2$ ; в)  $\text{H}_2\text{O}$ ; г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

5. Один моль воды при нормальных условиях занимает объем:

- а) 18 дм<sup>3</sup>;                      б) 22,4 дм<sup>3</sup>;                      в) 18 см<sup>3</sup>;                      г) 22,4 см<sup>3</sup>.

6. Взятые равные массы кислорода, водорода и метана при одинаковых условиях. Отношение объемов этих газов соответственно равно:

- а) 1 : 16 : 2;                      б) 16 : 1 : 8;                      в) 1 : 1 : 1;                      г) 2 : 8 : 1.

### Относительная плотность газа

#### Расчетные задания:

1. Рассчитайте молярную массу (г/моль) для некоторых газов, относительная плотность которых по известному газу (указан в скобках) равна:

- а) 16 (H<sub>2</sub>);                      б) 3,05 (O<sub>2</sub>);                      в) 4,2 (Ne);                      г) 4,91 (N<sub>2</sub>).

2. Рассчитайте плотность по водороду и по воздуху (M<sub>r</sub> = 29), а также массу (г) для 1 л (н. у.) следующих газов:

- а) NO;                      б) CO<sub>2</sub>;                      в) H<sub>2</sub>S.

3. Определите состав молекулы белого фосфора P<sub>x</sub>, если плотность его пара по водороду равна 62.

**Ответы:** 1. а) 32; б) 97,6; в) 84; г) 137,48. 2. а) 15; 1,03; 1,34; б) 22; 1,52; 1,96; в) 17; 1,17; 1,52. 3. P<sub>4</sub>.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Относительная плотность азота по кислороду равна отношению:

- а) массы азота к массе кислорода;  
б) молярной массы азота к массе кислорода;  
в) молярной массы азота к молярной массе кислорода;  
г) массы азота к массе кислорода при равных объемах азота и кислорода.

2. Наибольшую плотность при н. у. имеет:

- а) криптон;                      б) бутан;                      в) бромоводород;                      г) гелий.

3. Какой газ легче воздуха?

- а) азот;                      б) кислород;                      в) озон;                      г) сероводород.

4. Чему равна плотность газа по неону, если его плотность по гелию составляет 11?

- а) 1,1;                      б) 2,2;                      в) 20;                      г) 44.

5. Плотность газа по водороду:

- а) для данного газа является постоянной величиной;  
б) численно равна плотности газа, выраженной в г/см<sup>3</sup>;  
в) зависит от температуры;  
г) зависит от давления.

### Количественные характеристики смеси газов

#### Задачи по разделу:

1. Определите среднюю молярную массу смеси, содержащей хлор и кислород в объемном отношении 1 : 1.

2. Какова масса 1 дм<sup>3</sup> (н. у.) газа, содержащего (объемные проценты) 35 % CO, 65 % CO<sub>2</sub>?

3. Масса 1 дм<sup>3</sup> смеси CO и бутена C<sub>4</sub>H<sub>8</sub> равна 2 г. Найдите объемную долю бутена в смеси (н. у.).

4. Смесь  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  имеет плотность (н. у.) 0,357 г/л. Чему равна объемная доля водорода в ней?

5. Объемные доли азота и углекислого газа в смеси одинаковы. Чему равна масса 1  $\text{дм}^3$  (н. у.) такой смеси?

6. Масса газовой смеси, содержащей  $3,01 \times 10^{22}$  молекул, равна 1,7 г (н. у.). Определите плотность смеси в г/л. Найдите молярную массу смеси.

7. Чему равна относительная плотность по неону смеси  $\text{NH}_3$  и  $\text{CH}_4$ , в которой на 1 атом углерода приходится 6 атомов водорода?

8. Определите массу 22,4 л газовой смеси (н. у.), состоящей из неона, гелия и аргона, если на один атом гелия в смеси приходится два атома неона и 3 атома аргона.

9. Какой объем  $\text{HF}$  нужно добавить к 3,36 л криптона (н. у.) для того, чтобы средняя молярная масса полученной газовой смеси стала равной 60 г/моль?

10. В смеси оксида азота (I) и оксида азота (II) число молекул в 2,8 раза меньше числа атомов. Вычислите объемные доли газов в смеси.

11. В смеси простых газообразных веществ содержится одинаковое число атомов азота, гелия и кислорода. Вычислите массу этой смеси, имеющей объем 5 л (н. у.).

12. В смеси простых газообразных веществ число атомов хлора в 2 раза меньше числа атомов кислорода и в 3 раза больше числа атомов криптона. Какой объем при н. у. занимают 5 г этой смеси?

**Ответы:** 1. 51,5. 2. 1,71 г. 3. 60 %. 4. 80 %. 5. 1,61 г. 6. 1,52; 34 г/моль. 7. 0,82. 8. 27,3 г. 9. 2,016 л. 10. 20 %. 11. 3,78 г. 12. 2,16 л.

### Объединенный газовый закон

#### Задачи по разделу:

1. Определите молярный объем сероводорода при давлении 101,3 кПа и температуре 160 °С.

2. Определите массу аргона объемом 5,6  $\text{дм}^3$  при давлении 202,6 кПа и температуре 300 К.

3. Какой объем занимает порция аммиака, содержащая  $36,12 \times 10^{22}$  молекул при 202,6 кПа и 25 °С?

4. Каков объем этана  $\text{C}_2\text{H}_6$ , содержащего  $1,806 \times 10^{23}$  атомов водорода, при давлении 1 атм. и температуре 100 °С?

5. Какой из благородных газов находится в смеси с аммиаком, если известно, что при нормальном давлении и 80 °С ее плотность равна 0,5165 г/  $\text{дм}^3$ ?

**Ответы:** 1. 35,5. 2. 18,2 г. 3. 7,34  $\text{дм}^3$ . 4. 1,53  $\text{дм}^3$ . 5. He.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Как изменится молярный объем газа при увеличении температуры от 30 до 90 °С при постоянном давлении?

а) увеличится в 3 раза;

б) увеличится в 1,2 раза;

в) уменьшится в 1,2 раза;

г) не изменится, т. к. молярный объем газа зависит только от давления.

2. Нормальные условия (н. у.) — это:

- а)  $p = 760$  атм.,  $T = 0$  °С;      в)  $p = 101,3$  кПа,  $T = 273$  К;  
б)  $p = 101,3$  Па,  $T = 0$  °С;      г)  $p = 760$  кПа,  $T = 20$  °С.

3. Средняя молярная масса газовой смеси, состоящей из 3 моль  $H_2$  и 2 моль  $O_2$ , равна:

- а) 8,4 г/моль;      б) 70 г/моль;      в) 14 г/моль;      г) 7 г/моль.

4. Какая из указанных смесей всегда легче воздуха?

- а) этилен и ацетилен;      в) аммиак и кислород;  
б) этан и водород;      г) гелий и аргон.

5. Чему равна плотность по гелию газовой смеси, полученной смешением двух объемов этилена и одного объема гелия?

- а) 8/3;      б) 5;      в) 15;      г) 8.

6. Какой газ не следует собирать методом вытеснения воды?

- а) азот;      б) водород;      в) аммиак;      г) кислород.

### Вывод формул химических соединений

#### *Вывод формул химических соединений по массовым долям элементов:*

1. Массовая доля хлора в хлориде фосфора составляет 77,5 %. Определите простейшую формулу хлорида.

2. Определите истинную формулу газообразного вещества, содержащего 80 % углерода и 20 % водорода, если плотность этого газа по водороду равна 15.

3. Массовые доли элементов в органическом соединении равны: С — 54,56 %, Н — 9,09 %, О — 36,36 %. Определите формулу соединения, если плотность его паров составляет 3,92 г/дм<sup>3</sup>.

4. В оксиде молибдена отношение массы молибдена к массе атомарного кислорода равно 2. Определите простейшую формулу оксида.

5. Вывести формулу вещества, в состав которого входят фосфор и кислород в соотношении масс 31 : 40.

6. Вывести формулу вещества, используемого в качестве удобрения и содержащего 24,24 % S, если известно, что атомные отношения в нем O : H и O : N соответственно равны 1 : 2 и 2 : 1.

7. Вывести формулу кристаллогидрата фосфата цинка  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$ , если массовая доля соли в нем равна 84,2 %.

**Ответы:** 1.  $PCl_3$ . 2.  $C_2H_6$ . 3.  $C_4H_8O_2$ . 4.  $MoO_3$ . 5.  $P_2O_5$ . 6.  $(NH_4)_2SO_4$ . 7.  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ .

#### *Вывод формул химических соединений по продуктам реакции:*

1. Образец органического вещества массой 4,3 г сожгли в кислороде. При этом выделилось 6,72 л  $CO_2$  (н. у.) и 6,3 г  $H_2O$ . Выведите формулу вещества, если плотность его паров по водороду — 43.

2. Вывести молекулярную формулу органического вещества массой 13,8 г, если при его сгорании получили 26,4 г  $CO_2$  и 16,2 г воды. Плотность паров его равна 2,05 г/дм<sup>3</sup>.

3. В результате горения соединения неизвестного состава массой 13,6 г образовалось 10,6 г натрия карбоната, 6,72 дм<sup>3</sup> (н. у.) углерод (IV) оксида и 9 г во-

ды. Определите химическую формулу вещества, если известно, что его молярная масса равна 68 г/моль.

4. При взаимодействии чистого кристаллогидрата бромида натрия массой 1,39 г с избытком раствора  $\text{AgNO}_3$  было получено 1,88 г осадка. Выведите формулу кристаллогидрата бромида натрия.

5. При сгорании металла массой 3 г образуется его оксид массой 5,67 г. Степень окисления металла в его оксиде равна +3. Что это за металл?

6. При взаимодействии 6,85 г металла с  $\text{H}_2\text{O}$  выделилось 1,12 л водорода (н. у.). Определите этот металл, если в своих соединениях он имеет степень окисления +2.

7. При разложении 21 г карбоната двухвалентного металла выделилось 5,6 л  $\text{CO}_2$  (н. у.). Установить формулу соли.

8. Из 3,42 г гидроксида элемента II группы ПСЭ получено 5,94 г его бромида. Установите формулу гидроксида.

**Ответы:** 1.  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ . 2.  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . 3.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$ . 4.  $\text{NaBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . 5. Al. 6. Ba. 7. Mg. 8. Ba.

### **Практический выход продуктов реакции. Массовая доля вещества в смеси. Степень чистоты вещества**

1. При прокаливании избытка оксида бария и 2,75 моль диоксида кремния получили 2,25 моль соли  $\text{BaSiO}_3$ . Рассчитайте практический выход (%) этого продукта.

2. При взаимодействии 9,84 г оксида железа (III) и монооксида углерода  $\text{CO}$  получается 5,73 г железа и выделяется углекислый газ. Рассчитайте практический выход (%) железа.

3. Какой объем ( $\text{дм}^3$ , н. у.)  $\text{SO}_2$  надо взять для окисления кислородом, чтобы получить  $\text{SO}_3$  массой 20 г, если выход продукта равен 80 %?

4. Определите степень чистоты (%) мрамора (природного карбоната кальция), если при термическом разложении его навески массой 7,35 г выделилось 1,52 л (н. у.) углекислого газа. Примеси разложению не подвергаются.

**Ответы:** 1. 81,82 %. 2. 83,19 %. 3. 7 л. 4. 92,3 %.

## **ТЕМА 2 СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА**

### **ЗАНЯТИЕ 3. СТРОЕНИЕ АТОМА. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН**

#### **Основной объем учебного материала**

История развития учения о строении атома. Современные представления о строении атома. Состав атомных ядер. Заряд ядра атома элемента и массовое число. Изотопы. Естественные и искусственные химические элементы. Распространенность химических элементов в природе. Явление радиоактивности.

Электронное строение атомов. Состояние электрона в атоме. Электронное облако. Атомная электронная орбиталь. Энергетический уровень и подуровень.

s-, p-, d- и f-орбитали в атоме. Энергетическая диаграмма атома. Правила заполнения электронами атомных орбиталей. Формулы электронных конфигураций атомов. Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов ПСЭ.

Периодический закон химических элементов Д. И. Менделеева. Периодическая система элементов как формула отражения периодического закона. Структура периодической системы. Физический смысл порядкового номера элемента, номера периода и номера группы.

Периодическая зависимость свойств химических элементов и их соединений от заряда ядер атомов. Физический смысл периодического закона. Положение металлов и неметаллов в периодической системе. Положение водорода.

Понятие об атомных и ионных радиусах. Энергия ионизации. Энергия сродства к электрону. Электроотрицательность. Закономерности изменения этих характеристик по группам и периодам.

Характеристика химических элементов на основании их положения в периодической системе и строения атомов.

Значение периодического закона для развития естествознания.

### **ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **Протоны, нейтроны, электроны. Количественные соотношения между элементарными частицами атома. Изотопы**

1. Чему равны заряд ядра и число электронов в атомах следующих элементов: С, S, Cu, Ba, Ag?

2. Назовите элемент, в атоме которого содержится:

а) 11 протонов; б) 26 электронов.

3. Определите атомный номер и назовите элемент, если:

а) массовое число его нуклида равно 63, а количество нейтронов в ядре равно 34;

б) массовое число одного из его нуклидов 31, а число нейтронов в атоме 16.

4. Определите число протонов и нейтронов, входящих в состав каждого из трех изотопов бора:  ${}^9\text{B}$ ,  ${}^{10}\text{B}$ ,  ${}^{11}\text{B}$ .

5. Медь имеет изотопы с массовыми числами 65 и 63. Укажите для каждого нуклида порядковый номер, число протонов и нейтронов, заряд ядра.

6. Чему равно число нейтронов в ядрах следующих нуклидов:  ${}_{7}^{15}\text{N}$ ,  ${}_{50}^{119}\text{Sn}$ ,  ${}_{92}^{235}\text{U}$ ?

7. Напишите символы нуклидов олова Sn, атомы которых содержат 66, 68, 69, 71 и 72 нейтрона.

8. Определите число электронов:

а) в молекулах  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; б) в ионах  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ .

9. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержат следующие частицы:  ${}^3_1\text{H}^+$ ,  ${}^4_2\text{He}$ ,  ${}^{64}_{29}\text{Cu}^{2+}$ ,  ${}^1_1\text{H}^+$ ,  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^{37}_{17}\text{Cl}^-$ ,  ${}^{35}\text{Cl}_2$ ,  ${}^1\text{H}_2$ ,  ${}^{16}\text{O}$ ,  ${}^{14}\text{N}^1\text{H}_3$ ,  ${}^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ ,  ${}^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2$ .

10. Рассчитайте число электронов:

а) в одной молекуле аммиака; б) 1 моле аммиака; в) в 1 г аммиака.

**11.** Рассчитайте число протонов:

- а) в одной молекуле хлороводорода;
- б) в 0,5 моль хлороводорода;
- в) в 20 г хлороводорода.

**12.** Рассчитайте суммарные числа электронов и протонов в составе ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ .

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

**1.** Заряд атома равен:

- а) нулю;
- б) порядковому номеру элемента;
- в) числу электронов;
- г) заряду ядра.

**2.** Масса ядра атома приблизительно равна:

- а) сумме масс протонов и нейтронов;
- б) числу протонов;
- в) разности масс протонов и нейтронов;
- г) числу нейтронов.

**3.** Число электронов в атоме равно:

- а) числу нейтронов;
- б) числу протонов;
- в) номеру периода;
- г) номеру группы.

**4.** Укажите массу атома, который состоит из 35 протонов, 45 нейтронов и 35 электронов:

- а) 35 а.е.м.;                      б) 115 а.е.м.;                      в) 80 а.е.м.;                      г) 70 а.е.м.

**5.** Выберите ряд, в котором указаны элементы в порядке увеличения числа протонов в ядрах их атомов:

- а) кислород, неон, алюминий, бериллий;
- б) сера, кальций, алюминий, хлор;
- в) скандий, хром, железо, никель;
- г) калий, аргон, кальций, титан.

**6.** Изотопы данного элемента имеют:

- а) одинаковое число протонов в ядре;
- б) одинаковое число нейтронов в ядре;
- в) одинаковый порядковый номер в периодической системе элементов;
- г) одинаковое число электронов в атоме.

**7.** Числа 35 и 17 в обозначении нуклида  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  соответственно показывают:

- а) число протонов и нейтронов;
- б) массовое число и заряд ядра;
- в) число нейтронов и порядковый номер;
- г) общее число электронов и число валентных электронов.

**8.** Число нейтронов в нуклидах  ${}^{13}\text{C}$ ,  ${}^{17}\text{O}$ ,  ${}^{31}\text{P}$  равно соответственно:

- а) 12, 8, 16;                      б) 6, 8, 15;                      в) 13, 17, 31;                      г) 7, 9, 16.

9. Число протонов, нейтронов и электронов в атоме наиболее распространенного нуклида углерода соответственно равно:

- а) 6, 7, 12;                      б) 12, 12, 6;                      в) 6, 6, 6;                      г) 6, 8, 12.

10. Наиболее тяжелой частицей среди указанных ниже является:

- а) протон;                      б) нейтрон;                      в) атом дейтерия;                      г) атом протия.

11. Число нейтронов в ядрах каждого из нуклидов  $^{27}\text{Э}$ ,  $^{28}\text{Э}$ ,  $^{26}\text{Э}$  равно 14.

Этими элементами являются соответственно:

- а) кремний, фосфор, алюминий;  
б) алюминий, магний, кремний;  
в) кремний, магний, алюминий;  
г) алюминий, кремний, магний.

12. Больше число протонов, чем электронов имеет:

- а) атом натрия;                      б) сульфид-ион;                      в) атом серы;                      г) ион натрия.

13. Больше число электронов, чем протонов имеют частицы:

- а) хлорид-ион;                      б) ион магния;                      в) атом хлора;                      г) нитрат-ион.

14. Атом неона, ион натрия и фторид-ион имеют одинаковое:

- а) численное значение массы;                      в) число электронов;  
б) число нейтронов;                      г) число протонов.

### ***Расчетные задания по разделу:***

1. Рассчитайте число:

- а) протонов в образце железа ( $^{56}\text{Fe}$ ) массой 28 г;  
б) нейтронов в образце  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$  объемом 2,24 л (н. у.);  
в) электронов в образце массой 5,6 г, состоящем из нуклида  $^{56}\text{Fe}$ .

2. Определите массу (г):

- а) протонов в образце кислорода объемом 4,48 л (н. у.);  
б) всех электронов, содержащихся в образце алюминия массой 2,7 г.

3. Рассчитайте общее число всех элементарных частиц, которые содержатся в образце медь (II) оксида массой 3,0 г, имеющем в своем составе только нуклиды медь-64 и кислород-16.

4. Атом химического элемента содержит 34 нейтрона. Отношение числа нейтронов к числу протонов равно 1,17. Определите порядковый номер элемента.

5. В состав ядра атома химического элемента входит 30 нейтронов. Отношение числа протонов к числу нейтронов равно 0,867. Определите химический элемент.

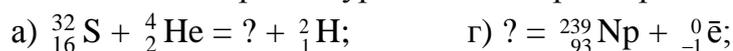
6. Определите ионы по следующим данным:

- а) в составе 0,1 моль ионов  $\text{X}^+$  содержится 1 моль электронов;  
б) ион  $\text{X}^{2+}$  содержит 18 электронов;  
в) в порции ионов  $\text{X}^-$  химическим количеством 0,2 моль содержатся электроны химическим количеством 3,6 моль.

**Ответы:** 1. а)  $7,826 \times 10^{24}$ ; б)  $8,428 \times 10^{23}$ ; в)  $1,56 \cdot 10^{24}$ . 2. а) 3,2 г; б)  $6,5 \times 10^{-4}$  г.  
3.  $N(n + p + e) = 2,64 \times 10^{24}$ . 4. 29. 5. Fe. 6. а)  $\text{Na}^+$ ; б)  $\text{Ca}^{2+}$ ; в) Cl $^-$ .

## Явление радиоактивности. Ядерные реакции. Период полураспада

**Задание 1.** Завершите уравнения ядерных реакций:



**Задание 2.** Составьте уравнения следующих ядерных реакций:

а) неустойчивый нуклид  ${}_{11}^{25}\text{Na}$  испускает  $\beta$ -частицу;

б) нуклид никеля-57 образуется при бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядер атомов железа-54;

в) нуклид кремния-30 образуется при бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядер атомов алюминия-27;

г) нуклид углерода-11 образуется при бомбардировке протонами ядер атомов азота-14;

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

**1.** Изменение состава атомных ядер происходит:

- а) самопроизвольно у всех элементов;
- б) самопроизвольно у радиоактивных элементов;
- в) в реакциях ядерного деления и синтеза;
- г) в химических реакциях, относящихся по типу к реакциям разложения.

**2.** Скорость радиоактивного распада характеризуется:

- а) отношением числа нейтронов к числу протонов;
- б) средним временем жизни протонов;
- в) относительной скоростью движения протонов и нейтронов в ядре;
- г) периодом полураспада ядер.

**3.** Период полураспада нуклида  ${}^{228}\text{Th}$  равен двум годам. За какое время распадется 75 % ядер этого нуклида?

- а) 4 года;      б) 3 года;      в) 1, 5 года;      г) 2 года и 8 месяцев.

**4.** Какое ядро образовалось при бомбардировке урана-238 ядрами азота-14, если при этом выделилось 4 нейтрона?

- а)  ${}_{92}^{252}\text{U}$ ;      б)  ${}_{99}^{252}\text{Es}$ ;      в)  ${}_{85}^{220}\text{At}$ ;      г)  ${}_{99}^{248}\text{Es}$ .

**5.** При радиоактивном распаде радия по схеме  ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + ?$  помимо радона образуется:

- а)  $\beta$ -частица;      в) стабильный нуклид свинца;
- б) протон;      г)  $\alpha$ -частица.

### Задачи:

**1.** Период полураспада нуклида  $\text{Fe}^{55}$  равен 4 годам. Через сколько лет масса железа, взятого в виде указанного нуклида, равная 1 г, вследствие радиоактивного распада уменьшится до 62,5 мг?

**2.** Период полураспада нуклида  ${}^{131}\text{I}$  составляет 8 суток. Какое число атомов  ${}^{131}\text{I}$  останется в образце иода-131 массой 800 мг через 40 суток?

3. Период полураспада нуклида  $^{131}\text{I}$  равен 8 суток. Какая доля атомов этого нуклида распадется через 24 суток?

4. Период полураспада нуклида  $^{210}\text{Pb}$  равен 19,4 года. Через сколько лет масса свинца, взятого в виде указанного нуклида, равная 2 г, вследствие радиоактивного распада уменьшится до 250 мг?

5. Какая масса алюминия-28 превратится в атомы другого химического элемента в результате радиоактивного распада за 11 мин в образце, содержащем 200 мг нуклида  $^{28}\text{Al}$ , если период его полураспада равен 2,2 мин?

**Ответы:** 1. 16 лет. 2.  $1,15 \times 10^{20}$  атомов. 3. Останется 12,5 %, т. е. распадется 87,5 % исходного нуклида. 4. 58,2 года. 5. 193, 75 мг.

### Электронное строение атома. Принципы заполнения атомных орбиталей.

#### Распределение элементов по семействам

1. Каково максимальное число электронов на 1, 2, 3 и 4-м энергетических уровнях?

2. Какое максимальное число электронов может занимать s-, p-, d- и f-орбитали данного энергетического уровня?

3. Может ли быть на каком-нибудь подуровне атома  $p^7$ - или  $d^{12}$ -электронов?

4. Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4s или 3d; 5s или 4p? Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4d или 5s; 6s или 5p?

5. Назовите элементы:

а) 1-, 2- и 3-го периодов, у атомов которых s-орбитали полностью заполнены электронами;

б) 4-го периода, у атомов которых 3d-орбитали полностью заполнены электронами;

в) атомы которых имеют завершённый внешний электронный слой.

г) у которых распределение электронов в атоме в основном состоянии отвечает следующим рядам чисел:

а)  $2\bar{e}, 4\bar{e}$ ;                      в)  $2\bar{e}, 8\bar{e}, 1\bar{e}$ ;                      д)  $2\bar{e}, 7\bar{e}$ .

б)  $2\bar{e}, 8\bar{e}, 7\bar{e}$ ;                      г)  $2\bar{e}, 8\bar{e}, 18\bar{e}, 2\bar{e}$ ;

6. Напишите электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами а) 9 и 28; б) 16 и 26; К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

7. Каковы электронные структуры:

а) атома железа и иона железа  $\text{Fe}^{3+}$ ;                      б) атома  $\text{Ni}^0$  и ионов  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{3+}$ ?

8. Сколько электронов находится на внешнем уровне:

а) атома фтора;                      б) фторид-иона;                      в) атома калия;                      г) иона калия?

9. Назовите элемент, электронная конфигурация внешнего уровня которого  $2s^2 2p^3$ .

10. Какие из перечисленных обозначений орбиталей записаны неверно:  $2s^1$ ;  $3d^5$ ;  $5s^4$ ;  $2p^5$ ;  $2d^3$ ?

11. Напишите электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 23 и 24. Сколько свободных d-орбиталей у атомов этих элементов?

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

**1.** Отметьте символы невозможных энергетических подуровней:

а) 6s;                      б) 3f;                      в) 3d;                      г) 1p.

**2.** Укажите ряд, в котором орбитали перечислены в порядке увеличения их энергии:

а) 1s, 2p, 2s;      б) 3s, 3p, 3d;      в) 3p, 3d, 4s;      г) 4f, 5s, 6s.

**3.** Максимальное число электронов, которые могут занимать 3s- и 4p-орбитали равно соответственно:

а) 3 и 4;                      б) 2 и 6;                      в) 6 и 8;                      г) 18 и 32.

**4.** Сколько энергетических уровней занимают электроны в атоме натрия (в основном состоянии)?

а) 1;                      б) 2;                      в) 3; г) 4.

**5.** Укажите, сколько p-электронов на внешнем энергетическом уровне атома мышьяка (в основном состоянии):

а) 6;                      б) 5;                      в) 4; г) 3.

**6.** Сколько электронов находится на 2p-подуровне в основном состоянии атома азота?

а) 1;                      б) 3;                      в) 5; г) 6.

**7.** Укажите формулу электронной конфигурации атома хрома в основном состоянии:

а)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ ;                      в)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$ ;

б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$ ;                      г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3d^6 4s^2$ .

**8.** Атомы каких элементов содержат в основном состоянии два неспаренных электрона на внешнем уровне?

а) кислород;                      б) гелий;                      в) углерод;                      г) магний.

**9.** Укажите, атом какого элемента имеет наибольшее число неспаренных электронов в основном состоянии:

а) натрий;                      б) кремний;                      в) фосфор;                      г) сера.

**10.** Какие из перечисленных электронных конфигураций возможны для атома хлора?

а)  $1s^2 2s^2 2p^5$ ;                      в)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ;

б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 3d^1$ ;                      г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^3$ .

**11.** Фторид-иону соответствует электронная конфигурация:

а)  $1s^2 2s^2 2p^6$ ;                      в)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ;

б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ;                      г)  $1s^2 2s^2 2p^5$ .

**12.** На внешнем уровне атома химического элемента в основном состоянии находится 5 электронов. Этим элементом может быть:

а) бор;                      б) азот;                      в) сера;                      г) мышьяк.

**13.** Какие из электронных формул, отражающих строение невозбужденного атома некоторого элемента, неверны?

а)  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$ ;                      г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ ;

б)  $1s^2 2s^2 2p^6$ ;                      д)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3d^2$ .

в)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$ ;

14. Какая из электронных конфигураций валентных электронов описывает элемент, проявляющий в соединениях максимальную степень окисления +7?

- а)  $2s^2 2p^5$ ;                      б)  $3s^2 3d^3$ ;                      в)  $4s^2 3d^5$ ;                      г)  $4s^2 3d^7$ .

15. Выберите формулы частиц (атомы, ионы) с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6$ :

- а)  $Na^+$ ;                      б)  $K^+$ ;                      в)  $Ne$ ;                      г)  $F^-$ .

### Периодический закон

*Задание 1.* Укажите порядковый номер элемента, который находится в пятом периоде и в VIВ группе.

*Задание 2.* Назовите:

а) элемент четвертого периода, атомы которого имеют на внешнем электронном слое устойчивый электронный октет;

б) элемент, положительно заряженный ион которого  $\text{Э}^{2+}$  имеет электронную конфигурацию внешнего слоя  $5s^2 5p^6$ ;

в) элемент, атом которого имеет 5 электронных слоев и 5 электронов на внешнем электронном слое.

*Задание 3.* Укажите число:

а) элементов-металлов, атомы которых имеют 4 электрона на внешнем электронном слое;

б) элементов-металлов в малых периодах;

в) элементов IV периода, атомы которых имеют по одному электрону на внешнем электронном слое.

*Задание 4.* Даны элементы: калий, хром, магний, медь, серебро, цинк, бериллий, алюминий, уран, церий, скандий, галлий, мышьяк, теллур, алюминий, олово, висмут, цирконий, индий. Выберите элементы, относящиеся:

- а) к s-семейству;                      б) p-семейству;                      в) к d-семейству.

*Задание 5.* Укажите номер периода, в котором расположены 3d-элементы.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Атомный номер элемента показывает:

а) число элементарных частиц в атоме;

б) число нуклонов в атоме;

в) число нейтронов в атоме;

г) число протонов в атоме.

2. Наиболее верным является утверждение, что химические элементы в ПСЭ расположены в порядке возрастания:

а) абсолютной массы их атомов;

б) относительной атомной массы;

в) числа нуклонов в атомных ядрах;

г) заряда атомного ядра.

3. Периодичность в изменении свойств химических элементов является результатом:

а) увеличения числа электронов в атомах;

б) возрастания зарядов атомных ядер;

- в) увеличения атомной массы;
- г) периодичности в изменении электронных структур атомов.

**4.** Из перечисленных ниже характеристик атомов элементов периодически изменяются по мере роста порядкового номера элемента:

- а) число энергетических уровней в атоме;
- б) относительная атомная масса;
- в) число электронов на внешнем энергетическом уровне;
- г) заряд ядра атома.
- д) энергия ионизации и энергия сродства к электрону;
- е) радиус и масса;
- ж) электроотрицательность и общее число электронов;
- з) металлические свойства и число валентных электронов.

**5.** Выберите правильное утверждение для элементов VA группы:

- а) все атомы имеют одинаковое число электронов;
- б) все атомы имеют одинаковый радиус;
- в) все атомы имеют одинаковое число электронов на внешнем слое;
- г) все атомы имеют максимальную валентность, равную номеру группы.

**6.** Укажите ряд, в котором химические элементы расположены в порядке возрастания их атомного радиуса:

- а) Li, Be, B, C;
- б) Be, Mg, Ca, Sr;
- в) N, O, F, Ne;
- г) Na, Mg, Al, Si.

**7.** Электроотрицательность элементов возрастает в ряду:

- а) P, Si, S, O;
- б) Cl, F, S, O;
- в) Te, Se, S, O;
- г) O, S, Se, Te.

**8.** В ряду элементов  $\text{Na} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Al} \rightarrow \text{Si} \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{Cl}$  слева направо:

- а) увеличивается электроотрицательность;
- б) уменьшается энергия ионизации;
- в) увеличивается число валентных электронов;
- г) уменьшаются металлические свойства.

**9.** Выберите правильные утверждения:

а) в IA–VIIIA группах ПСЭ расположены только элементы s- и p-электронных семейств;

- б) в IB–VIIIB группах расположены только d-элементы;
- в) все d-элементы являются металлами;
- г) общее число s-элементов в ПСЭ равно 13.

**10.** С увеличением атомного номера элемента в VA группе возрастают:

- а) металлические свойства;
- б) число энергетических уровней;
- в) общее число электронов;
- г) число валентных электронов.

**11.** Из приведенных электронных формул выберите те, которые соответствуют химическим элементам, образующим высший оксид состава  $\text{Э}_2\text{O}_3$ :

- а)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ;
- б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2 4p^3$ ;
- в)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ ;
- г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$ .

12. Для атомов серы и хрома одинаково:

- а) число валентных электронов;                      в) высшая валентность;  
б) число энергетических уровней;                      г) формула высшего оксида.

13. Характер оксидов от основному к кислотному изменяется в рядах:

- а)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ;                      г)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NO}_2$ ;                      д)  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$ .  
в)  $\text{BeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

14. Укажите ряд, в котором гидроксиды расположены в порядке возрастания их основных свойств:

- а)  $\text{LiOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ;                      в)  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;  
б)  $\text{LiOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ;                      г)  $\text{LiOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ .

### Задачи:

1. Образец фосфора содержит два нуклида: фосфор-31 и фосфор-33. Мольная доля фосфора-33 равна 10 %. Рассчитайте относительную атомную массу фосфора в данном образце.

2. Природная медь состоит из нуклидов  $\text{Cu}^{63}$  и  $\text{Cu}^{65}$ . Отношение числа атомов  $\text{Cu}^{63}$  к числу атомов  $\text{Cu}^{65}$  в смеси равно 2,45 : 1,05. Рассчитайте относительную атомную массу меди.

3. Средняя относительная атомная масса природного хлора равна 35,45. Вычислите молярные доли его двух изотопов, если известно, что их массовые числа равны 35 и 37.

4. Образец кислорода содержит два нуклида:  $^{16}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$ , массы которых соответственно равны 4,0 г и 9,0 г. Определите относительную атомную массу кислорода в данном образце.

Ответы: 1. 31,2. 63,6. 3.  $^{35}\text{Cl}$ : 77,5 % и  $^{37}\text{Cl}$ : 22,5 %. 4. 17,3.

## ЗАНЯТИЕ 4. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

### Основной объем учебного материала

Природа и типы химической связи. Основные параметры химической связи: энергия, длина.

*Ковалентная связь.* Обменный и донорно-акцепторный механизмы образования ковалентной связи. Направленность и насыщенность ковалентной связи. Полярность и поляризуемость ковалентной связи. Валентность и степень окисления. Валентные возможности и валентные состояния атомов элементов А-групп. Одинарные и кратные связи. Атомные кристаллические решетки. Концепция гибридизации атомных орбиталей. Основные типы гибридизации. Углы связей. Пространственное строение молекул. Эмпирическая, молекулярная и структурная (графическая) формулы молекул.

*Ионная связь.* Ионные кристаллические решетки. Химические формулы веществ с молекулярным, атомным и ионным строением.

*Металлическая связь.* Кристаллические решетки металлов.

Межмолекулярное взаимодействие. Молекулярная кристаллическая решетка. Энергия межмолекулярного взаимодействия и агрегатное состояние веществ.

*Водородная связь.* Значение водородной связи в природных объектах.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Природа и типы химической связи

*Задание 1.* Даны формулы веществ:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{Rb}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{ScCl}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OF}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{CaBr}_2$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{FCl}$ ,  $\text{SiC}$ . Выберите соединения:

- молекулярного и немолекулярного строения;
- только с ковалентными полярными связями;
- только с ковалентными неполярными связями;
- только с ионными связями;
- сочетающие в структуре ионные и ковалентные связи;
- сочетающие в структуре ковалентные полярные и ковалентные неполярные связи;

*Задание 2.* Укажите, как изменяется полярность связей в рядах:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{H}_2\text{Se}$ ;  $\text{H}_2\text{Te}$ ;      б)  $\text{PH}_3$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{HCl}$ .

*Задание 3.* Даны галогеноводороды:  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ . Выберите галогеноводород:

- водный раствор которого является наиболее сильной кислотой (наиболее слабой кислотой);
- с наиболее полярной связью (наименее полярной связью);
- с наибольшей длиной связи (с наименьшей длиной связи);
- с наибольшей температурой кипения (с наименьшей температурой кипения).

*Задание 4.* При образовании одной химической связи фтор – фтор выделяется  $2,64 \times 10^{-19}$  Дж энергии. Рассчитайте, какое химическое количество молекул фтора должно образоваться для того, чтобы выделился 1,00 кДж энергии.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. При образовании молекулы из двух изолированных атомов энергия в системе:

- а) увеличивается;
- в) не изменяется;
- б) уменьшается;
- г) возможно как уменьшение, так и увеличение энергии.

2. Укажите, в какой паре веществ общие электронные пары смещены в сторону атома кислорода:

- а)  $\text{OF}_2$  и  $\text{CO}$ ;      б)  $\text{Cl}_2\text{O}$  и  $\text{NO}$ ;      в)  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{N}_2\text{O}_3$ ;      г)  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\text{O}_2\text{F}_2$ .

3. Выберите пару молекул, все связи в которых — ковалентные:

- а)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{HCl}$ ;      б)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ;      в)  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ;      г)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ .

4. Соединениями с ковалентной полярной и ковалентной неполярной связью являются соответственно:

- а) вода и сероводород;      в) аммиак и водород;
- б) бромид калия и азот;      г) кислород и метан.

5. Ни одна из ковалентных связей не образуется по донорно-акцепторному механизму в частице:

- а)  $\text{CO}_2$ ;                      б)  $\text{CO}$ ;                      в)  $\text{BF}_4^-$ ;                      г)  $\text{NH}_4^+$ .

6. Выберите ряд, в котором молекулы расположены в порядке увеличения полярности связи:

- а)  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ;                      в)  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ;                      г)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CSe}_2$ .

7. Химическая связь наименее прочна в молекуле:

- а) бромоводорода;                      в) йодоводорода;  
б) хлороводорода;                      г) фтороводорода.

8. Длина связи увеличивается в ряду веществ, имеющих формулы:

- а)  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CBr}_4$ ,  $\text{CF}_4$ ;                      в)  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ;  
б)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SeO}_2$ ,  $\text{TeO}_2$ ;                      г)  $\text{HBr}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ .

9. Максимальное число  $\sigma$ -связей, которые могут существовать между двумя атомами в молекуле:

- а) 1;                      б) 2;                      в) 3;                      г) 4.

10. Тройная связь между двумя атомами включает:

- а) 2  $\sigma$ -связи и 1  $\pi$ -связь;                      в) 3  $\pi$ -связи;  
б) 3  $\sigma$ -связи;                      г) 1  $\sigma$ -связь и 2  $\pi$ -связи.

11. Только ионные связи поддерживают структуру вещества:

- а) пероксид натрия;                      в) медный купорос;  
б) гашеная известь;                      г) сильвинит.

12. Наиболее выражен характер ионной связи в соединении:

- а) хлорид кальция;                      в) фторид алюминия;  
б) фторид калия;                      г) хлорид натрия.

13. Наименее прочной химической связью является:

- а) металлическая;                      б) ионная;                      в) водородная;                      г) ковалентная.

14. Связь в соединении, образованном атомом водорода и элементом, распределение электронов в атоме которого 2, 8, 6:

- а) ионная;                      в) ковалентная неполярная;  
б) ковалентная полярная;                      г) водородная.

15. В соединении  $\text{MgSO}_4$  существуют следующие типы связей:

- а) только ковалентная;                      в) только ионная;  
б) ковалентная и металлическая;                      г) ковалентная и ионная.

## ЗАНЯТИЕ 5. ВАЛЕНТНОСТЬ И СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ АТОМОВ ЭЛЕМЕНТОВ. ТИПЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК

### Валентность. Степень окисления

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите, чему равна максимальная валентность хлора в возбужденном состоянии: а) 3;                      б) 5;                      в) 7;                      г) 1.

2. Укажите, в какой молекуле степень окисления элемента равна нулю, а валентность трем:

- а)  $\text{O}_2$ ;                      б)  $\text{NH}_3$ ;                      в)  $\text{N}_2\text{O}_3$ ;                      г)  $\text{N}_2$ .

3. Определите степень окисления атома кремния в ионе  $\text{SiO}_3^{2-}$  :
- а)  $-2$ ; б)  $+2$ ; в)  $-4$ ; г)  $+4$ .
4. Определите степень окисления атома азота в ионе  $\text{NH}_4^+$  :
- а)  $+4$ ; б)  $-4$ ; в)  $3$ ; г)  $-3$ .
5. Определите степень окисления атома углерода в молекуле  $\text{CH}_4$ :
- а)  $+2$ ; б)  $+4$ ; в)  $-2$ ; г)  $-4$ .
6. Определите, в каких соединениях степень окисления атома фосфора равна  $+5$ :
- а)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; б)  $\text{HPO}_3$ ; в)  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ; г)  $\text{P}_2\text{O}_3$ .
7. Укажите степень окисления атома водорода в молекуле  $\text{SiH}_4$ :
- а)  $-1$ ; б)  $-4$ ; в)  $0$ ; г)  $+1$ .
8. Определите степень окисления атома фосфора в ионе  $\text{HPO}_4^{2-}$  :
- а)  $-1$ ; б)  $-3$ ; в)  $-5$ ; г)  $+5$ .
9. Высшая степень окисления атома марганца в соединениях равна:
- а)  $+4$ ; б)  $+5$ ; в)  $+7$ ; г)  $+6$ .
10. Укажите степень окисления атома азота в соединении  $\text{BF}_3\text{NH}_3$ :
- а)  $-4$ ; б)  $-3$ ; в)  $-2$ ; г)  $-1$ .

### Типы кристаллических решеток. Пространственное строение молекул

*Задание 1.* Какие кристаллические решетки имеют: а) графит; б) поваренная соль; в) медь; г) белый фосфор; д) кремния (IV) оксид? Какие частицы находятся в узлах каждой кристаллической решетки? Как это отражается на свойствах названных веществ?

*Задание 2.* У какого соединения температура плавления ниже:

- а)  $\text{Br}_2$  или  $\text{I}_2$ ; в)  $\text{LiCl}$  или  $\text{CCl}_4$ ;  
 б)  $\text{NaF}$  или  $\text{KF}$ ; г)  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$  или  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ .

*Задание 3.* Как изменяется запас энергии и характер движения молекул при переходе воды:

- а) из твердого состояние в жидкое;  
 б) из жидкого состояния в газообразное?

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Веществами молекулярного строения являются все вещества ряда:  
 а) сера, питьевая сода, сахароза;  
 б) мел, сахароза, углекислый газ;  
 в) сахароза, графит, медный купорос;  
 г) сера, сахароза, глицерин.
2. Немолекулярное строение имеет:  
 а) белый фосфор; б) озон; в) бор; г) йод.
3. Для веществ с атомной кристаллической решеткой характерна:  
 а) высокая твердость;  
 б) низкая температура плавления;  
 в) низкая температура кипения;  
 г) летучесть.

4. Укажите ряд, в котором перечислены вещества соответственно с атомной, молекулярной и ионной кристаллическими решетками в твердом состоянии:

- а) алмаз, хлорид натрия, графит;
- б) алмаз, диоксид углерода, фторид калия;
- в) оксид кремния (IV), медь, азот;
- г) белый фосфор, вода, мел.

5. Укажите формулу неполярной молекулы, имеющей ковалентные полярные связи:

- а) N<sub>2</sub>;
- б) NH<sub>3</sub>;
- в) CF<sub>4</sub>;
- г) H<sub>2</sub>S.

6. Укажите формулы полярных молекул:

- а) CCl<sub>4</sub>;
- б) HCl;
- в) SiF<sub>4</sub>;
- г) H<sub>2</sub>Se.

7. Выберите ряды, содержащие только неполярные молекулы:

- а) H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>Te;
- б) CF<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, BCl<sub>3</sub>;
- в) N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>;
- г) CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.

### ТЕМА 3

## ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### ЗАНЯТИЕ 6. ОКСИДЫ И ОСНОВАНИЯ

#### Основной объем учебного материала

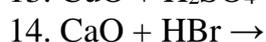
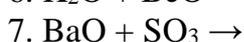
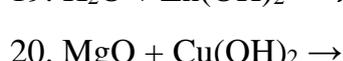
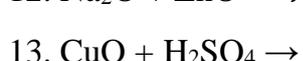
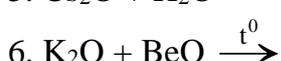
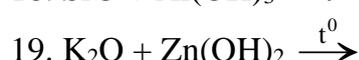
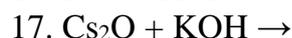
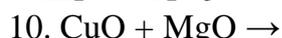
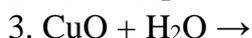
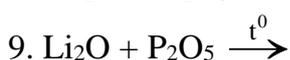
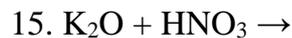
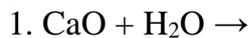
Получение оксидов. Химические свойства: взаимодействие с водой, кислотами, основаниями, оксидов друг с другом. Амфотерность. Применение оксидов. Состав и классификация оснований: щелочи и нерастворимые основания. Химические свойства оснований: взаимодействие с оксидами неметаллов, солями. Термическое разложение нерастворимых оснований. Получение и применение оснований.

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

##### Основные оксиды

*Задание 1.* Из перечисленных оксидов — BaO, SnO, Ag<sub>2</sub>O, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cs<sub>2</sub>O, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>3</sub>, BeO — выберите основные оксиды. Для этих оксидов укажите тип химической связи и кристаллической решетки, агрегатное состояние при 25 °С, охарактеризуйте их растворимость в воде.

*Задание 2.* Закончите уравнения практически осуществимых химических реакций:

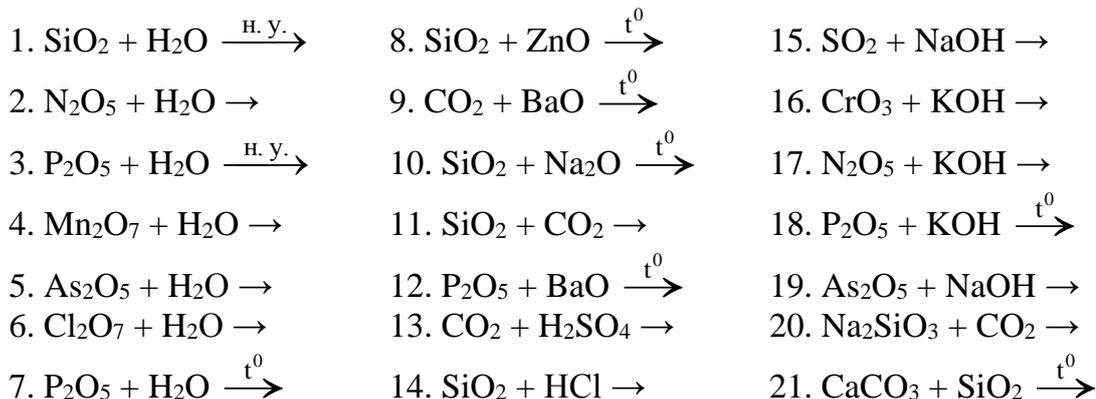


### Кислотные оксиды

*Задание 1.* Из перечисленных ниже оксидов выберите кислотные оксиды:  $\text{OF}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CrO}$ ,  $\text{SeO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{As}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{SiO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ .

*Задание 2.* Для перечисленных ниже кислотных оксидов —  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  — укажите агрегатное состояние; растворимость в воде. Ангидридами каких кислот являются указанные выше оксиды?

*Задание 3.* Запишите уравнения практически осуществимых химических реакций:

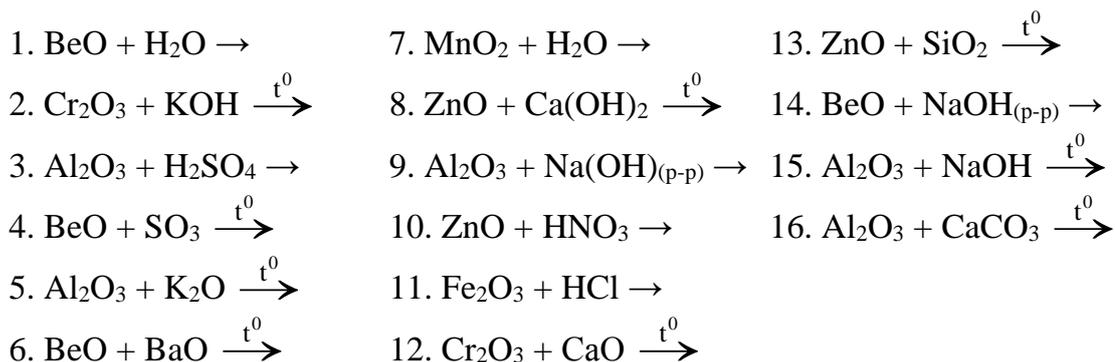


### Амфотерные оксиды

*Задание 1.* Из перечисленных ниже оксидов выберите амфотерные оксиды:  $\text{CuO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{SeO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{MnO}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

*Задание 2.* Для перечисленных оксидов —  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BeO}$  — укажите агрегатное состояние; растворимость в воде; запишите формулы гидроксидов, соответствующих данным оксидам, в виде оснований и кислот.

*Задание 3.* Запишите уравнения практически осуществимых реакций. Определите, в каких реакциях амфотерный оксид проявляет основные свойства, а в каких — кислотные:



### Задачи:

1. В смеси медь (I) оксида и медь (II) оксида на 4 атома меди приходится 3 атома кислорода. Вычислите массовые доли веществ в такой смеси. Определите массу (г) меди, необходимую для получения 100 г данной смеси оксидов.

2. При сжигании 10,0 г металла получено 18,9 г оксида металла (III). Установите металл и объем кислорода (л, н. у.), затраченный на сжигание.

3. В твердом остатке после окисления цинка кислородом массовая доля цинк оксида составляет 91,8 %. Какая часть исходного цинка (%) подверглась превращению?

4. При полном окислении смеси магния и лития кислородом масса твердой фазы увеличилась в 2 раза. Определите массовые доли (%) металлов в смеси.

5. 30 г цинк сульфида сжигается в 18 дм<sup>3</sup> (н. у.) кислорода в закрытом сосуде. Найдите массы веществ в реакционном сосуде после окончания реакции.

6. Рассчитайте массу (г) магний оксида, которая образовалась при нагревании 50,0 г магний гидроксида (реакция разложения прошла с выходом 95,5 %).

7. При прокаливании образца кальций карбоната. его масса уменьшилась на 35,2 %. Твердые продукты реакции растворили в избытке соляной кислоты и получили 0,112 л (н. у.) газа. Определите массу (г) исходного образца кальций карбоната.

8. Вычислите массу (г) осадка, образующегося при пропускании через избыток известковой воды 0,200 л смеси углерод (IV) оксида и сера (IV) оксида (н. у.), в которой на 1 атом серы приходится 10 атомов кислорода.

9. Нагревая при 250 °С серебро (I) оксид массой 58,0 мг, получили порцию газа, в которой число молекул равно  $6,02 \times 10^{19}$ . Вычислите выход (%) реакции разложения.

**Ответы:** 1. 52,6 % CuO; 47,4 % Cu<sub>2</sub>O; 84,21 г Cu. 2. Al; 6,23 л. 3. 90 %. 4. 30 % Mg; 70 % Li. 5. 10,7 г O<sub>2</sub>; 25,1 г ZnO; 19,8 г SO<sub>2</sub>. 6. 32,9 г. 7. 2,5 г. 8. 0,929 г. 9. 80 %.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите неверные утверждения:

- а) неметаллы образуют только кислотные оксиды;
- б) все оксиды неметаллов имеют атомную кристаллическую решетку;
- в) все высшие оксиды неметаллов взаимодействуют с водой (н. у.);
- г) кислотными являются все высшие оксиды элементов неметаллов IIIA–VIIA групп.

2. Укажите ряды, в которых каждый из оксидов является солеобразующим:

- а) SeO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>;                      в) CrO<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- б) Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>;                      г) SrO, SnO<sub>2</sub>, SiO.

3. Укажите ряды, в которых записаны формулы только кислотных оксидов:

- а) SnO, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;                      в) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>;
- б) SeO<sub>3</sub>, CO, H<sub>2</sub>O;                      г) SiO<sub>2</sub>, TeO<sub>3</sub>, MnO<sub>3</sub>.

4. Укажите пару символов химических элементов, в которой оба элемента способны образовывать как основные, так и кислотные оксиды:

- а) Sn, Fe;            б) B, As;            в) Zn, Al;            г) Cr, Mn.

5. Выберите ряд, в котором в названии каждого вещества допущена ошибка:

- а) медь оксид, бериллий оксид;
- б) фтороксид, кремний оксид;
- в) цинк оксид, марганец оксид;
- г) алюминий оксид, магний оксид.

6. Укажите ряд оксидов, в котором все оксиды при н. у. находятся в твердом агрегатном состоянии и растворяются в воде с образованием гидроксидов:

- а)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ;                      в)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ;  
б)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ;                      г)  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

7. Выберите ряд, в котором все указанные оксиды реагируют как с водой (н. у.), так и с соляной кислотой:

- а)  $\text{CuO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ;                      в)  $\text{BaO}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{SrO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ;                      г)  $\text{NiO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MnO}_3$ .

8. Кислотные свойства углерод (IV) оксид проявляет в реакциях с обоими веществами в паре (парах):

- а) магнием и щелочами;  
б) углеродом и основными оксидами;  
в) водой и кислотами;  
г) щелочами и основными оксидами.

9. В каком ряду все указанные вещества при нагревании реагируют с  $\text{SiO}_2$ , но не реагируют с  $\text{Na}_2\text{O}$ ?

- а)  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;                      в)  $\text{BaO}$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{LiOH}$ ;  
б)  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;                      г)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{BeO}$ .

10. Укажите ряды соединений, в которых все вещества реагируют при определенных условиях с оксидом алюминия:

- а)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3$ ;                      в)  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HCl}$ ;  
б)  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;                      г)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

11. Выберите ряды, в которых основные свойства оксидов уменьшаются слева направо:

- а)  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BeO}$ ;                      в)  $\text{MnO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ;  
б)  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;                      г)  $\text{SrO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BeO}$ .

12. Укажите пары схем реакций, в которых образуется оксид (оксиды):

- а)  $\text{O}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{t^0}$  и  $\text{O}_2 + \text{SiH}_4 \xrightarrow{t^0}$  ;  
б)  $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{t^0}$  и  $\text{Be}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^0}$  ;  
в)  $\text{O}_2 + \text{NH}_3 \xrightarrow{t^0}$  и  $\text{CaCO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{t^0}$  ;  
г)  $\text{O}_2 + \text{ZnS} \xrightarrow{t^0}$  и  $\text{O}_2 + \text{Au} \xrightarrow{t^0}$  .

### Основания

#### **Классификация оснований. Номенклатура.**

*Задание 1.* Среди следующих соединений выберите основания:  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{HOH}$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HMnO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Ra}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$ ,  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ . Классифицируйте их по числу гидроксильных групп и растворимости в воде.

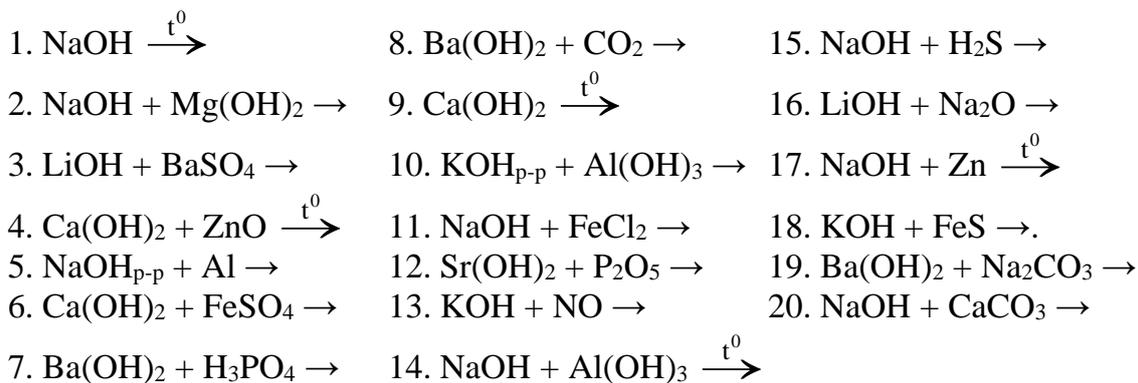
*Задание 2.* Из перечисленных ниже оснований выпишите отдельно гидроксиды основного и амфотерного характеров. Назовите гидроксиды по систематической номенклатуре, для каждого гидроксида напишите формулу соответствующего оксида:  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{RbOH}$ ,  $\text{Hg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CsOH}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KOH}$ .

**Растворимые основания. Щелочи. Гидрат аммиака.**

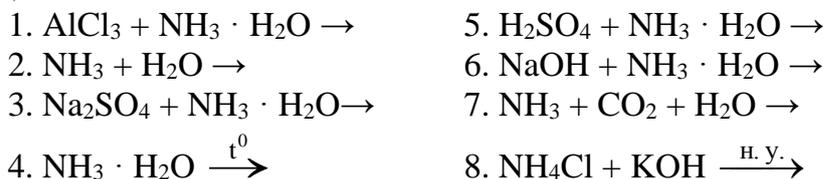
*Задание 1.* Для перечисленных ниже щелочей: KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH, Sr(OH)<sub>2</sub>, RbOH, CsOH — укажите:

- электронный тип семейства элементов металлов, входящих в состав оснований;
- агрегатное состояние, цвет;
- растворимость в воде;
- типы химической связи и кристаллической решетки;
- окраску индикаторов в водных растворах (лакмуса, фенолфталеина, метилоранжа).

*Задание 2.* Закончите уравнения практически осуществимых химических реакций:



*Задание 3.* Закончите уравнения практически осуществимых химических реакций:

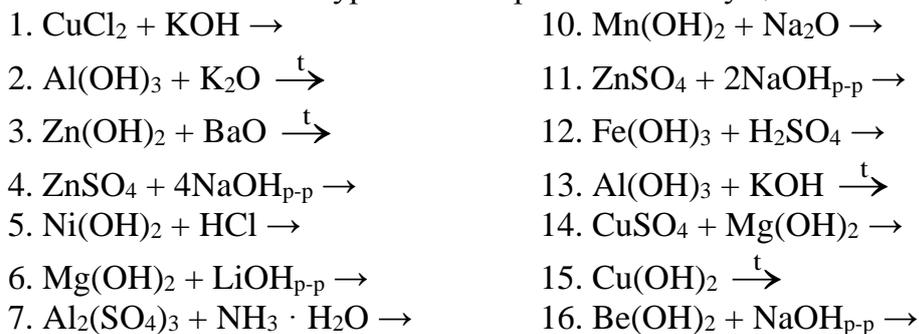


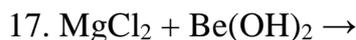
Укажите цвет лакмуса в растворе гидрата аммиака.

**Нерастворимые основания. Основные и амфотерные гидроксиды.**

*Задание 1.* Из предложенных нерастворимых оснований: Ni(OH)<sub>2</sub>, CuOH, Sn(OH)<sub>2</sub>, Cr(OH)<sub>3</sub>, Mn(OH)<sub>2</sub>, Be(OH)<sub>2</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>, Cu(OH)<sub>2</sub>, Zn(OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub> — выберите основные гидроксиды; укажите агрегатное состояние; укажите цвет для последних четырех соединений; запишите химические формулы амфотерных гидроксидов в виде кислот.

*Задание 2.* Закончите уравнения практически осуществимых реакций:

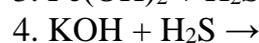
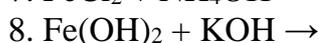
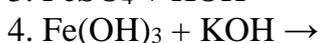
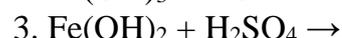
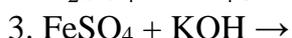
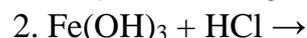
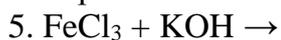




**Общие и отличительные свойства растворимых и нерастворимых оснований. Реакция нейтрализации.**

**Задание 1.** Из перечисленных веществ:  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CuOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ , — выберите те основания, водные растворы которых изменяют окраску индикаторов

**Задание 2.** Напишите уравнения практически осуществимых в водной среде реакций и объясните, почему они протекают:



**Задачи:**

1. При действии водного раствора аммиака на раствор, содержащий железо хлорид массой 3,81 г, получили гидроксид, масса которого составила 2,70 г. Определите формулу хлорида.

2. Оксид щелочного металла массой 24,8 г растворили в воде и получили раствор, содержащий 32 г щелочи. Определите формулу оксида.

3. При нагревании 15,6 г  $\text{Al}(\text{OH})_3$  масса твердого остатка уменьшилась на 4,32 г. Определите степень превращения (%) исходного вещества и количественный состав твердого остатка.

4. При прокаливании смеси магний гидроксида и медь (II) гидроксида потеря массы составила 20 % от исходной. Найдите массовую долю (%) магний гидроксида в смеси.

5. Какую массу (г) цинк гидроксида нужно добавить к 15,6 г алюминий гидроксида, чтобы после прокаливании до постоянной массы масса продуктов составила 80 % от первоначальной массы гидроксидов?

6. При обработке смеси алюминия и магния раствором натрий гидроксида выделилось 11,2 л  $\text{H}_2$ , а при обработке такого же количества смеси соляной кислотой выделилось 33,6 л  $\text{H}_2$  (объемы газов измерены при н. у.). Определите массовые доли (%) металлов в исходной смеси.

7. Какая масса (г) осадка образуется при сливании растворов, содержащих 10 г натрий гидроксида и 13,6 г цинк хлорида?

8. В некотором объеме воды растворили 18,0 г гидроксида лития и в 2,5 раза большую массу цинк ацетата. Какие вещества и в каком количестве (моль) находятся в полученной смеси?

9. К раствору, содержащему 2 моль  $\text{BeCl}_2$ , добавили 6 моль  $\text{KOH}$ , осадок отфильтровали и прокалили до постоянной массы. Определите качественный и количественный (моль) состав остатка после прокаливании.

10. Определите максимальную массу (г) натрий гидроксида, способную вступить во взаимодействие с раствором, содержащим 3,42 г алюминий сульфата.

**Ответы:** 1. FeCl<sub>2</sub>. 2. Na<sub>2</sub>O. 3. 80 %; 0,08 моль Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,04 моль Al(OH)<sub>3</sub>.  
4. 12,89 %. 5. 125,4 г. 6. 72,73 % Mg; 27,27 % Al. 7. 7,425 г. 8. 0,4918 моль LiCH<sub>3</sub>COO; 0,1291 моль Li<sub>2</sub>[Zn(OH)<sub>4</sub>]; 0,1168 моль Zn(OH)<sub>2</sub>. 9. 1 моль BeO.  
10. 4,8 г.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите ряды, в которых каждое из указанных оснований является щелочью:

- а) RbOH, LiOH, Ba(OH)<sub>2</sub>;                      в) KOH, Sr(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>;  
б) NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, Mg(OH)<sub>2</sub>, NaOH;            г) Mg(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, Be(OH)<sub>2</sub>.

2. В каком ряду указаны формулы веществ, каждое из которых взаимодействует с водой с образованием основания?

- а) Li<sub>2</sub>O, Zn, Ca;                                в) Mg, K, Ag<sub>2</sub>O;  
б) Rb<sub>2</sub>O, SrO, Li;                              г) CuO, CaO, CrO.

3. К образованию калий гидроксида приводят обменные реакции в водных растворах между веществами:

- а) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaOH;                            в) K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и Ba(OH)<sub>2</sub>;  
б) K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> и Sr(OH)<sub>2</sub>;                        г) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O.

4. В каких парах оба основания сравнительно легко разлагаются при нагревании?

- а) Zn(OH)<sub>2</sub> и Fe(OH)<sub>2</sub>;                      в) KOH и Cu(OH)<sub>2</sub>;  
б) Cr(OH)<sub>3</sub> и NaOH;                         г) NH<sub>4</sub>OH и Mn(OH)<sub>2</sub>.

5. Укажите общее число веществ из перечисленных, способных реагировать с натрий гидроксидом: SiO<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, ZnO, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Be(OH)<sub>2</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaO, CH<sub>3</sub>COOH:

- а) 8;      б) 7;      в) 6;      г) 5.

6. Тип кристаллической решетки характерный для твердых щелочей:

- а) молекулярная;                            в) ионная;  
б) атомно-ионная;                            г) атомная.

7. Выберите пару схем реакций, в которой обе реакции могут быть использованы для получения амфотерного гидроксида:

- а) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → и MnCl<sub>2</sub> + KOH →  
б) AlCl<sub>3</sub> + NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → и ZnSO<sub>4</sub> + NaOH →  
в) ZnCl<sub>2</sub> + NaOH(изб.) → и BeCl<sub>2</sub> + KOH →  
г) CrO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → и FeCl<sub>3</sub> + NaOH →

8. Практически различить свежесозажденные осадки гидроксидов цинка и магния можно:

- а) по цвету;  
б) добавлением к осадку раствора серной кислоты;  
в) прокаливанием;  
г) добавлением к осадку раствора калий гидроксида.

9. Укажите формулы веществ, которые при обычных условиях могут реагировать как с цинк оксидом, так и с цинк гидроксидом:

- а) K<sub>2</sub>O;      б) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;      в) H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>;      г) KOH.

10. Укажите пары веществ, в которых оба вещества могут изменять окраску водного раствора фенолфталеина:

а)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ; б)  $\text{CaO}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{RbOH}$ ; г)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CrO}_3$ .

11. Выберите пары гидроксидов, в которых первый гидроксид обладает более выраженными основными свойствами по сравнению со вторым:

а)  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  и  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ; в)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  и  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ;  
б)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  и  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; г)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

*Запишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения веществ:*

- $\text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{BaO}$ .
- $\text{Li} \rightarrow \text{Li}_2\text{O} \rightarrow \text{LiOH} \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgSiO}_3$ .
- $\text{CuOH} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuCO}_3$ .
- $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- $\text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{CaZnO}_2$ .
- $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ .
- $\text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3$ .
- $\text{Ba} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ .
- $\text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$ .
- $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$ .
- $\text{KOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ .
- $\text{MgO} \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ .
- $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ .

## ЗАНЯТИЕ 7. КИСЛОТЫ

### Основной объем учебного материала

Состав и классификация кислот. Получение кислот. Химические свойства кислот: взаимодействие с оксидами металлов, основаниями и солями.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Классификация кислот. Номенклатура кислот. Физические свойства кислот. Получение кислот.*

*Задание 1.* Классифицируйте перечисленные ниже кислоты по основности и по содержанию атомов кислорода; дайте названия кислотам и соответствующим кислотным остаткам; укажите заряд кислотных остатков; охарактеризуйте относительную силу кислот (сильные/слабые кислоты):  $\text{HI}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{HMnO}_4$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HCl}$ .

*Задание 2.* Напишите формулы и дайте названия оксидам, гидратами которых являются следующие кислоты:  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ .

*Задание 3.* Укажите агрегатное состояние и растворимость в воде для следующих соединений:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HPO}_3$ .

Укажите цвет индикаторов: лакмуса, метилоранжа, фенолфталеина — в водных растворах кислот.

### Химические свойства кислот.

**Задание 1.** Укажите, какие из приведенных ниже пар веществ могут вступать в реакцию в водной среде.

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1. Fe + HCl →                               | 5. Pt + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> → | 9. Hg + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> →  |
| 2. Au + HCl <sub>(p)</sub> →                | 6. Na + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> → | 10. Al + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> → |
| 3. K + HBr →                                | 7. Cu + HCl <sub>(p)</sub> →                | 11. Ag + H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> →    |
| 4. Fe + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> → | 8. Na + CH <sub>3</sub> COOH →              | 12. Cu + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> →    |

**Задание 2.** Закончите уравнения практически осуществимых в водной среде реакций, укажите реакции нейтрализации:

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 1. SiO <sub>2</sub> + HCl →   | 8. KOH + H <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> →               | 15. H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub> + Ba(OH) <sub>2</sub> → |
| 2. FeO + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →                             | 9. Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> + HCl →                | 16. H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH →                |
| 3. HI + NH <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O →                          | 10. CaO + H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> →               | 17. BeO + HI →  |
| 4. Cr(OH) <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →             | 11. HNO <sub>3</sub> + Al(OH) <sub>3</sub> →             | 18. CO <sub>2</sub> + HNO <sub>3</sub> →                    |
| 5. CO + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →                              | 12. HClO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → | 19. HClO + Ca(OH) <sub>2</sub> →                            |
| 6. SiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →                | 13. ZnO + HNO <sub>3</sub> →                             | 20. Zn(OH) <sub>2</sub> + HCl →                             |
| 7. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> → | 14. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + HCl →               |   |

**Задание 3.** Закончите уравнения практически осуществимых химических реакций (за исключением трех последних реакций все остальные протекают в водной среде):

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + HCl →                            | 9. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> →   | 17. AgNO <sub>3</sub> + HI →  |
| 2. NaCl + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →                            | 10. CaSiO <sub>3</sub> + HBr →  | 18. KCl + HBr →   |
| 3. Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + HCl →                          | 11. CuCl <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S →                              | 19. AgCl + HNO <sub>3</sub> →   |
| 4. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + HNO <sub>3</sub> →               | 12. KNO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →                 | 20. ZnCl <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S →  |
| 5. CaI <sub>2</sub> + HCl →   | 13. BaCO <sub>3</sub> + HNO <sub>3</sub> →                              | 21. CuS + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> →   |
| 6. MnSO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> S →                             | 14. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> → | 22. Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4(k)</sub> → |
| 7. K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> → | 15. FeS + HCl →   | 23. NaCl <sub>(тв)</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4(k)</sub> →                            |
| 8. LiCl + HNO <sub>3</sub> →  | 16. BaCl <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →                | 24. NaNO <sub>3(тв)</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4(k)</sub> →                           |

**Задание 4.** Закончите уравнения практически осуществимых реакций, объясните особенности взаимодействия металлов с азотной и серной кислотами:

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1. Cu + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> → | 6. Fe + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> →                                | 11. Zn + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> →   |
| 2. Cu + H <sub>2</sub> SO <sub>4(k)</sub> → | 7. Fe + H <sub>2</sub> SO <sub>4(k)</sub> $\xrightarrow{\text{на холоду}}$ | 12. Zn + H <sub>2</sub> SO <sub>4(k)</sub> →   |
| 3. Cu + HNO <sub>3(p)</sub> →               | 8. Fe + H <sub>2</sub> SO <sub>4(k)</sub> $\xrightarrow{t}$                | 13. Al + H <sub>2</sub> SO <sub>4(p)</sub> →   |
| 4. Cu + HNO <sub>3(k)</sub> →               | 9. Al + HNO <sub>3(k)</sub> $\xrightarrow{\text{на холоду}}$               | 14. Al + HNO <sub>3(k)</sub> $\xrightarrow{t}$ |
| 5. Ag + HNO <sub>3(p)</sub> →               | 10. Cr + HNO <sub>3(k)</sub> $\xrightarrow{\text{на холоду}}$              | 15. Na + HNO <sub>3(p)</sub> →                 |

**Задание 5.** Среди перечисленных ниже соединений укажите формулы относительно термически неустойчивых кислот, запишите уравнения реакций разложения этих кислот: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH.

### Задачи:

**1.** Техническую поваренную соль массой 200 г обработали избытком концентрированной серной кислоты. Определите содержание примесей (%) в соли, если при степени превращения 95 % выделилось 64,59 л газа (н. у.), а потери в производстве составили 8 %.

2. Из 1,5 моль фосфора в две стадии ( $P - P_2O_5 - H_3PO_4$ ) получили 90 г кислоты. Найдите выход (%) продукта на второй стадии, если на первой он равен 90 %.

3. Навеску смеси железа и алюминия обработали избытком соляной кислоты и получили 30,35 г смеси хлоридов. Такую же навеску смеси металлов обработали разбавленной серной кислотой и получили 37,4 г смеси сульфатов. Определите массы (г) металлов в смеси.

4. Имеется раствор, содержащий одновременно серную и азотную кислоты. При добавлении к этому раствору избытка барий хлорида получили 9,32 г осадка. Для нейтрализации оставшегося раствора затрачено 5,184 г натрия гидроксида. Найдите массы (г) кислот в исходном растворе.

5. Смесь равных по массе количеств цинка и кальций карбоната обработали избытком раствора соляной кислоты. Определите среднюю плотность ( $г/дм^3$ ) образовавшейся смеси газов (н. у.).

6. Уравновешены два сосуда с разбавленными растворами соляной и серной кислот. В сосуд с соляной кислотой добавили 1,0 г кальций карбоната. Какую массу (г) цинка нужно добавить во второй сосуд для восстановления равновесия?

7. К раствору, содержащему 5,4 г медь (II) хлорида, прибавили раствор, содержащий 1,02 г сероводорода. Полученный раствор выпарили. Найдите массы (г) веществ в сухом остатке.

8. Образец кальций карбоната массой 20,0 г, загрязненный сульфатными примесями, обработали избытком азотной кислоты. Объем образовавшегося газа, измеренный при 25 °С и нормальном давлении, составил 4,66  $дм^3$ . Вычислите массовую долю (%) примесей в исходном образце.

9. Какое количество вещества (моль) аммоний хлорида образуется, если смешать находящийся при 25 °С и давлении 95,0 кПа аммиак объемом 13,0 л и хлороводород объемом 11,8 л, находящийся при той же температуре и давлении 105 кПа?

**Ответы:** 1. 3,5 %. 2. 68,03 %. 3. 7,76 г Fe; 2,58 г Al. 4. 3,124 г  $HNO_3$ ; 3,92 г  $H_2SO_4$ . 5. 0,83  $г/дм^3$ . 6. 0,58 г. 7. 2,88 г CuS; 1,35 г  $CuCl_2$ . 8. 5 %. 9. 0,499 моль.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите формулы оксидов, при растворении которых в воде образуются двухосновные кислоты:

а)  $SiO_2$ ; б)  $SeO_3$ ; в)  $CrO_3$ ; г)  $N_2O_5$ .

2. Каким кислотам соответствует сера (VI) оксид?

а)  $H_2SO_4$ ; б)  $H_2SO_3$ ; в)  $H_2S_2O_7$ ; г)  $H_2S_2O_3$ .

3. Укажите пары, в которых оба кислотных остатка имеют в названии окончание «-ит»:

а)  $HSO_3^-$ ,  $ClO_3^-$ ; б)  $ClO^-$ ,  $NO_2^-$ ; в)  $ClO_2^-$ ,  $SO_3^{2-}$ ; г)  $HS^-$ ,  $Se^{2-}$ .

4. Укажите формулу соединения, которое является ангидридом сернистой кислоты:

а)  $SO_2$ ; б)  $SO_3$ ; в)  $H_2S$ ; г)  $H_2S_2O_7$ .

5. Кислоты можно получить при взаимодействии веществ (реакции протекают в растворах):

- |   |  |
|---|--|
| а) $\text{CaCl}_2$ и $\text{HNO}_3$ ;                     | д) $\text{CuSO}_4$ и $\text{H}_2\text{S}$ ;    |
| б) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; | е) $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ и $\text{CO}_2$ ; |
| в) $\text{AgNO}_3$ и $\text{HBr}$ ;                       | ж) $\text{K}_2\text{SiO}_3$ и $\text{SO}_2$ ;  |
| г) $\text{CuSO}_4$ и $\text{HCl}$ ;                       | з) $\text{Na}_2\text{CO}_3$ и $\text{SiO}_2$ . |

6. Разбавленная азотная кислота в отличие от разбавленной соляной кислоты реагирует с каждым из веществ в паре:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| а) $\text{NaHCO}_3$ , $\text{Cu}$ ;                     | в) $\text{CaSiO}_3$ , $\text{Fe}$ ;  |
| б) $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; | г) $\text{AgBr}$ , $\text{BaSO}_4$ . |

7. Даны вещества:  $\text{Cu}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{BaCl}_2$ . Укажите число веществ, с которыми взаимодействует разбавленная серная кислота:

- а) 4;      б) 6;      в) 5;      г) 7.

8. Различить между собой разбавленные водные растворы азотной, соляной и ортофосфорной кислот можно с помощью:

- а)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ;      б)  $\text{AgNO}_3$ ;      в) медных опилок;      г)  $\text{CaCO}_3$ .

9. Укажите ряды, в которых сила кислот слева направо уменьшается:

- а) фтороводородная, соляная, бромоводородная;  
б) кремниевая, сероводородная, уксусная;  
в) хлорная, хлорноватая, хлорноватистая;  
г) азотная, ортофосфорная, мышьяковая.

*Запишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения веществ:*

- $\text{ZnS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{CuS}$ .
- $\text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}$ .
- $\text{Cu} \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuBr}_2$ .
- $\text{FeS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ .
- $\text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .
- $\text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$ .
- $\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHS} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}$ .
- $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{HSO}_3)_2 \rightarrow \text{BaSO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_4$ .
- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHS} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{NaHSO}_4$ .
- $\text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4$ .

## ЗАНЯТИЕ 8. СОЛИ

### Основной объем учебного материала

Состав солей. Получение солей. Соли в природе и повседневной жизни человека.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### *Классификация солей. Номенклатура солей. Получение солей.*

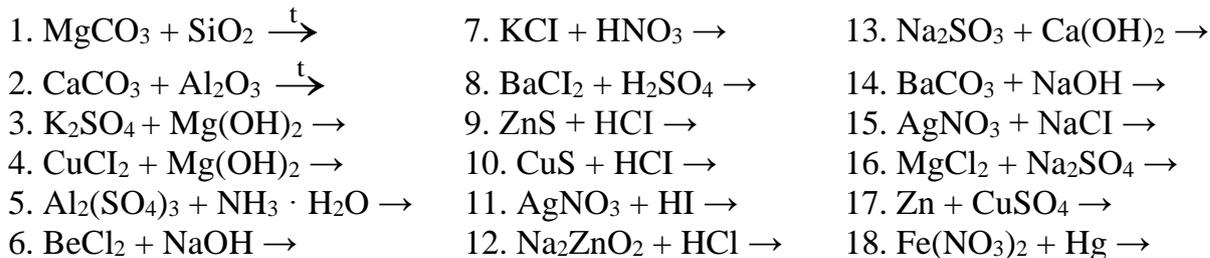
*Задание 1.* Классифицируйте предложенные ниже соли и дайте им названия:  $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{KClO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ,  $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{HPO}_4)_3$ ,  $\text{NaPO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$ ,  $\text{KNaSO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{HS})_2$ ,  $(\text{AlOH})\text{SO}_4$ ,  $\text{Ba}[\text{Be}(\text{OH})_4]$ ,

$\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ,  $\text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Определите заряд кислотного остатка в средних и кислых солях.

**Задание 2.** Напишите формулы следующих солей: барий гидросульфита, аммоний дигидроортофосфата, кальций метафосфата, барий дихромата, калий перманганата, гидроксожелезо (III) сульфата, медь (II) гидрокарбоната, гидроксожелезо (II) ортофосфата, барий метаалюмината.

### **Химические свойства средних солей.**

**Задание 1.** Закончите уравнения практически осуществимых реакций (за исключением первых двух реакций все остальные протекают в водной среде):

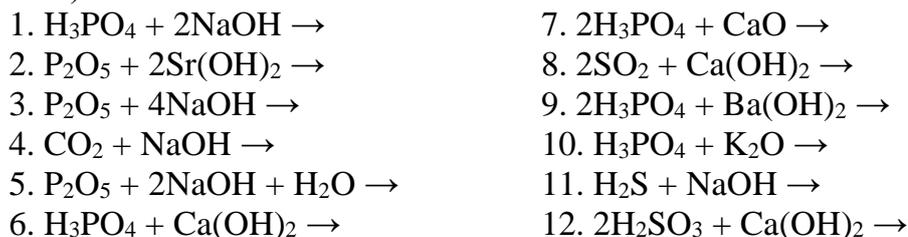


### **Кислые соли.**

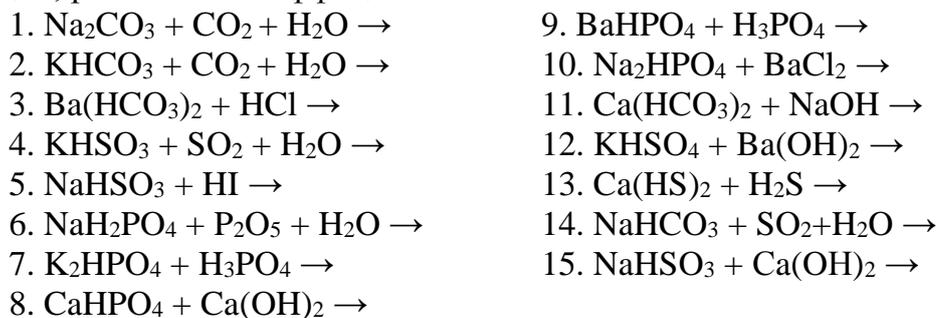
**Задание 1.** Определите качественный состав веществ, которые можно выделить после прохождения реакций между веществами в растворах:

- |  |   |
|--|---|
| 1. 1 моль $\text{NaOH}$ и 1,5 моль $\text{P}_2\text{O}_5$ .            | 7. 2 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 3 моль $\text{H}_3\text{PO}_4$ .     |
| 2. 3 моль $\text{NaOH}$ и 1 моль $\text{P}_2\text{O}_5$ .              | 8. 1,5 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 1,5 моль $\text{H}_3\text{PO}_4$ . |
| 3. 7,5 моль $\text{NaOH}$ и 1 моль $\text{P}_2\text{O}_5$ .            | 9. 1,5 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 3 моль $\text{H}_3\text{PO}_4$ .   |
| 4. 0,5 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 1 моль $\text{P}_2\text{O}_5$ . | 10. 2 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 3 моль $\text{NaHCO}_3$ .           |
| 5. 2,5 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 1 моль $\text{P}_2\text{O}_5$ . | 11. 0,5 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 1 моль $\text{NaHCO}_3$ .         |
| 6. 3 моль $\text{NaOH}$ и 1 моль $\text{CO}_2$ .                       | 12. 0,5 моль $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и 3,5 моль $\text{NaOH}$ .       |

**Задание 2.** Закончите уравнения химических реакций, протекающих в водных растворах, расставьте коэффициенты (в левой части коэффициенты представлены):



**Задание 3.** Закончите уравнения практически осуществимых в водной среде реакций, расставьте коэффициенты:



### **Основные соли.**

*Задание 1.* Закончите уравнения практически осуществимых в водной среде химических реакций, расставьте коэффициенты (коэффициенты в левой части проставлены):

- |   |   |
|---|---|
| 1. $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow$            | 6. $\text{MgOHCl} + \text{NaCl} \rightarrow$                        |
| 2. $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ | 7. $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{HBr} \rightarrow$                |
| 3. $\text{MgOHCl} + \text{HCl} \rightarrow$                     | 8. $3\text{Cr}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$    |
| 4. $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ | 9. $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ |
| 5. $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow$         |   |

### **Комплексные соли.**

*Задание 1.* Закончите уравнения практически осуществимых химических реакций, протекающих в водных растворах (в левой части коэффициенты проставлены):

- |  |  |
|--|--|
| 1. $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$   | 7. $\text{BeCl}_2 + 4\text{NaOH} \rightarrow$                                  |
| 2. $\text{ZnSO}_4 + 4\text{KOH} \rightarrow$                       | 8. $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow$                         |
| 3. $\text{Sn}(\text{OH})_2 + 2\text{KOH} \rightarrow$              | 9. $2\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ |
| 4. $\text{AlCl}_3 + 6\text{NaOH} \rightarrow$                      | 10. $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{HNO}_3 \rightarrow$           |
| 5. $\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow$             | 11. $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4] + 4\text{HBr} \rightarrow$              |
| 6. $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + \text{NaOH} \rightarrow$ | 12. $2\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{CO}_2 \rightarrow$          |

*Задание 2.* Определите степень окисления металлов в следующих ионах:  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^+$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Br}_2]^+$ ,  $[\text{AuCl}_4]^-$ ,  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ ,  $(\text{FeOH})^{2+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  ( $\text{MnOH}^+$ ). Определите координационное число элемента-комплексообразователя.

### **Задачи:**

1. В некоторой порции кристаллогидрата железа (III) сульфата число атомов кислорода в 15 раз больше числа Авогадро, а число атомов железа точно соответствует числу Авогадро. Выведите формулу кристаллогидрата.

2. В каком молярном соотношении были смешаны натрий гидросульфит и натрий гидросульфид, если массовая доля серы в полученной смеси равна 45 %?

3. Какую массу (г) аммоний гидросульфата следует добавить к 3,60 г калий гидросульфита, чтобы в полученной смеси содержалось одинаковое число атомов водорода и кислорода?

4. Аммоний гидрокарбонат массой 4,00 г прокалили. Чему равен объем (н. у.,  $\text{дм}^3$ ) выделившихся газов после конденсации паров воды?

5. Железную пластинку массой 20,4 г опустили в раствор  $\text{CuSO}_4$ . Какая масса (г) железа перейдет в раствор к моменту, когда масса пластины стала равной 22 г?

6. Медную пластину массой 28 г опустили в раствор серебро (I) нитрата. По окончании реакции массы пластины оказалась равной 32,52 г. Установите массовый состав пластины (г) после реакции.

7. В раствор  $\text{CuSO}_4$  опустили железную пластину массой 40 г. Через некоторое время масса пластинки возросла на 5 %. Определите массу (г) выделившейся меди и количество вещества (моль)  $\text{FeSO}_4$ .

8. Смешали раствор, содержащий 5 г смеси  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCl}$ , с раствором, содержащим 27,2 г  $\text{AgNO}_3$ . Осадок отделили, а в раствор ввели медную проволоку,



2. Укажите формулы солей, которые составлены неверно:

а)  $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ ; б)  $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ ; в)  $\text{CaTe}$ ; г)  $\text{CaAlO}_2$ .

3. Выберите пары, в которых второй металл вытесняет первый металл из водного раствора соли:

а) Fe, Zn; б) Zn, Na; в) Ag, Cu; г) Fe, Sn.

4. Укажите реакции, в которых можно получить нитрат натрия:

а)  $\text{AgNO}_3 + \text{NaI} \rightarrow$  в)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

б)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaOH} \rightarrow$  г)  $\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{ZnO}_2 \rightarrow$

5. Вещества, расположенные в последовательности: кислая соль – двойная соль – средняя соль, находятся в ряду:

а)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;

б)  $\text{Ca}(\text{HS})_2$ ,  $\text{NaAlO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;

в)  $\text{NH}_4\text{HS}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{NaPO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{BeO}_2$ ;

г)  $\text{MgOHCl}$ ,  $\text{KNaSO}_4$ ,  $\text{MgBr}_2$ .

6. Укажите формулы солей, в которых атом цинка входит в состав аниона:

а)  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ ; б)  $\text{K}_2\text{ZnO}_2$ ; в)  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ; г)  $\text{ZnOHNO}_3$ .

7. Укажите вещества, которые при взаимодействии с соляной кислотой могут образовывать только две разные по составу соли:

а)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; б)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; г)  $\text{LiOH}$ .

8. При взаимодействии 1 моль железа (III) гидроксида и 2 моль азотной кислоты образуются:

а)  $\text{Fe}(\text{OH})\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; в)  $\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;

б)  $\text{FeOH}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; г)  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

9. В растворе, содержащем 0,1 моль алюминий хлорида, полностью растворили 0,3 моль калий оксида. Укажите формулу и химическое количество продукта реакции:

а) 0,3 моль  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; в) 0,1 моль  $\text{KAlO}_2$ ;

б) 0,1 моль  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ; г) 0,6 моль  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ .

10. К раствору, содержащему 0,01 моль  $\text{H}_3\text{PO}_4$  по каплям добавляют раствор, содержащий 0,03 моль  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Определите ряд, в котором правильно указана последовательность образования солей:

а)  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;

б)  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ;

в)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;

г)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .

11. Чтобы образовался только кальций-гидрофосфат, кальций гидроксид и  $\text{P}_2\text{O}_5$  должны прореагировать в мольном соотношении, равном соответственно:

а) 0,5 : 1; б) 0,5 : 0,25; в) 1 : 1; г) 0,5 : 1,5.

12. В пробирку с барий ортофосфатом добавили избыточное количество горячей воды и  $\text{P}_2\text{O}_5$  до прекращения реакции. Укажите формулу конечного продукта(-ов) реакции:

а)  $\text{BaHPO}_4$ ; в)  $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ;

б) смесь  $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_4)$  и  $\text{BaHPO}_4$ ; г) смесь  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$  и  $\text{BaHPO}_4$ .

13. Гидрокарбонат аммония реагирует:

а) с  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; в)  $\text{NaOH}$ ; г) с  $\text{NH}_3$ .

14. Для получения ортофосфата калия, к раствору калий гидроортофосфата надо добавить:

- а) KOH; б) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; в) Ca(OH)<sub>2</sub>; г) K<sub>2</sub>O.

*Запишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения веществ:*

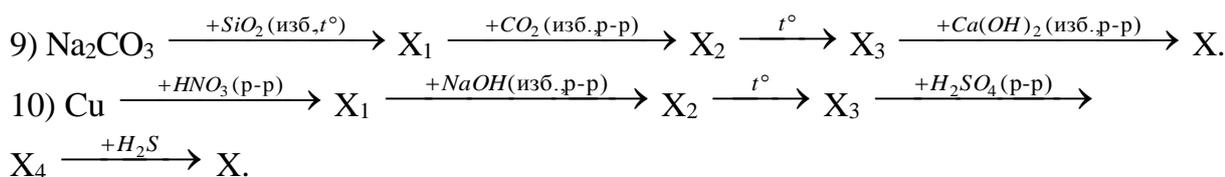
1. P → P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> → HPO<sub>3</sub> → H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> → H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.
2. H<sub>2</sub>S → SO<sub>2</sub> → Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> → SO<sub>2</sub> → CaSO<sub>3</sub> → CaBr<sub>2</sub>.
3. SiO<sub>2</sub> → Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> → SiO<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> → CaSiO<sub>3</sub> → H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.
4. CuCl<sub>2</sub> → CuS → CuO → Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → NaNO<sub>3</sub> → HNO<sub>3</sub>.
5. K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> → K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> → K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> → CaSiO<sub>3</sub> → CaCl<sub>2</sub> → CaCO<sub>3</sub>.
6. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → CuSO<sub>4</sub> → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → HCl → CuCl<sub>2</sub> → CuS.
7. Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> → P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> → H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> → Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → HNO<sub>3</sub>.
8. CuO → CuSO<sub>4</sub> → CuCl<sub>2</sub> → Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → CuSO<sub>4</sub> → CuS.
9. NaCl → Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → NaNO<sub>3</sub> → HNO<sub>3</sub> → AgNO<sub>3</sub> → HNO<sub>3</sub>.
10. P → H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> → H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.
11. HCl → FeCl<sub>2</sub> → Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → FeSO<sub>4</sub> → FeCl<sub>2</sub> → HCl.
12. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> → Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> → NaAlO<sub>2</sub> → AlCl<sub>3</sub> → Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.
13. S → Na<sub>2</sub>S → FeS → FeCl<sub>2</sub> → NH<sub>4</sub>Cl → NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.
14. Fe → FeCl<sub>3</sub> → Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> → Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> → Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> → Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.
15. Si → Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> → CaSiO<sub>3</sub> → CaCl<sub>2</sub> → NaCl → Na<sub>2</sub>S.

## ЗАНЯТИЕ 9. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ КЛАССАМИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

*Задание 1.* Для каждой последовательности химических превращений установите формулу вещества X (в каждом конкретном случае вещество X содержит атомы элемента, входящие в состав исходного вещества в последовательности):

- 1) 1 моль Al(OH)<sub>3</sub>  $\xrightarrow{+ 3 \text{ моль HNO}_3}$  ...  $\xrightarrow{+ 6 \text{ моль NaOH(р-р)}}$  ...  $\xrightarrow{+ 3 \text{ моль HCl}}$  ...  $\xrightarrow{t^\circ}$  X.
- 2) 2 моль NaOH(р-р)  $\xrightarrow{+ 0,5 \text{ моль P}_2\text{O}_5}$  ...  $\xrightarrow{+ 1 \text{ моль H}_3\text{PO}_4}$   $\xrightarrow{+ 4 \text{ моль NaOH}}$  ...  $\xrightarrow{+ 3 \text{ моль Ca(OH)}_2}$  X.
- 3) 1 моль P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  $\xrightarrow{+ 3 \text{ моль Ca(OH)}_2(\text{р-р})}$  ...  $\xrightarrow{+ 4 \text{ моль H}_3\text{PO}_4}$  ...  $\xrightarrow{+ 6 \text{ моль Ca(OH)}_2}$  ...  $\xrightarrow{+ 6 \text{ моль H}_2\text{SO}_4}$  X.
- 4) 2 моль CO<sub>2</sub>  $\xrightarrow{+ 1 \text{ моль Ba(OH)}_2(\text{р-р})}$  ...  $\xrightarrow{+ 2 \text{ моль NaOH}}$  ...  $\xrightarrow{t^\circ}$  ...  $\xrightarrow{+ 1 \text{ моль NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}$  X.
- 5) 1 моль ZnO  $\xrightarrow{+ 1 \text{ моль K}_2\text{O}(\text{тв.}), t^\circ}$  ...  $\xrightarrow{+ 2 \text{ моль HCl(р-р)}}$  ...  $\xrightarrow{+ 1 \text{ моль HNO}_3}$  ...  $\xrightarrow{+ 1 \text{ моль HNO}_3}$  X.
- 6) C  $\xrightarrow{+ O_2(\text{изб.}, t^\circ)}$  ...  $\xrightarrow{+ NaOH(\text{изб. р-р})}$  ...  $\xrightarrow{+ Ca(OH)}_2(\text{изб. р-р})}$  ...  $\xrightarrow{t^\circ}$  X.
- 7) Al  $\xrightarrow{+ O_2(\text{изб.}, t^\circ)}$  ...  $\xrightarrow{+ NaOH(\text{изб. тв.}, t^\circ)}$  ...  $\xrightarrow{+ HCl(\text{изб. р-р})}$  ...  $\xrightarrow{+ NaOH(\text{изб. р-р})}$  X.
- 8) BeO  $\xrightarrow{+ HCl(\text{изб. р-р})}$  X<sub>1</sub>  $\xrightarrow{+ NaOH(\text{изб. р-р})}$  X<sub>2</sub>  $\xrightarrow{+ HNO_3(\text{изб. р-р})}$  X<sub>3</sub>  $\xrightarrow{t^\circ}$  X.



**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите формулы кислотных гидроксидов:

а)  $\text{H}_2\text{ZnO}_2$ ; б)  $\text{H}_2\text{MnO}_4$ ; в)  $\text{HCrO}_2$ ; г)  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

2. Укажите неверные утверждения: из атомов элементов-неметаллов состоят все ...:

а) кислоты; в) кислотные оксиды;

б) амфотерные оксиды; г) соли аммония.

3. Белый осадок, нерастворимый в азотной кислоте, образуется при взаимодействии:

а)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{HNO}_3$ ; в)  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{NaOH}$ ;

б)  $\text{CuCl}_2$  и  $\text{NaOH}$ ; г)  $\text{CuCl}_2$  и  $\text{AgNO}_3$ .

4. В трех пробирках без этикеток находятся концентрированные растворы серной, азотной и ортофосфорной кислот. Различить их между собой можно с помощью:

а) медь (II) оксида; в) медных опилок;

б) медь (II) гидроксида; г) натрий гидрокарбоната.

5. Укажите группы веществ, в которых каждое из них реагирует с раствором  $\text{NaOH}$ :

а)  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ; в)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;

б)  $\text{SeO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ; г)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{HPO}_3$ .

6. Из предложенных пар схем реакций выберите те, в которых обе реакции осуществимы:

а)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$ ;  $\text{MgSO}_4 + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow$

б)  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$ ;  $\text{HNO}_3 + \text{BaSO}_4 \rightarrow$

в)  $\text{KOH} + \text{SnCl}_2 \rightarrow$ ;  $\text{Na}_2\text{S} + \text{FeCl}_2 \rightarrow$

г)  $\text{CrCl}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$ ;  $\text{AlCl}_3 + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow$

7. Выберите вещества, водные растворы которых реагирует как  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , так и  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ :

а) кальций дигидроортофосфат;

б) серебро нитрат;

в) стронций гидрокарбонат;

г) калий карбонат.

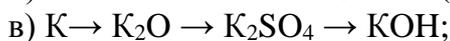
8. Укажите формулу оксида, при взаимодействии которого с водным раствором натрий гидроксида образуется соль состава  $\text{NaЭO}_2$ :

а)  $\text{BeO}$ ; б)  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ; в)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; г)  $\text{N}_2\text{O}_3$ .

9. При добавлении к раствору неизвестной соли большого избытка раствора натрий гидроксида выпадает осадок белого цвета. Неизвестная соль — это:

а)  $\text{FeCl}_3$ ; б)  $\text{CuSO}_4$ ; в)  $\text{AlCl}_3$ ; г)  $\text{MgSO}_4$ .

10. С помощью веществ ( $O_2$ ,  $H_2SO_4$ ,  $NaOH$ ) возможно осуществить последовательность одностадийных превращений:



11. Выберите ряд, в котором указаны формулы бинарных соединений, каждое из которых можно назвать гидридом соответствующего элемента:



12. Последовательность  $S - SO_3 - H_2SO_4 - CaSO_4$  называется:

а) электрохимическим рядом;

б) гомологическим рядом;

в) вытеснительным рядом;

г) генетическим рядом.

## ТЕМА 4. РАСТВОРЫ

### ЗАНЯТИЕ 10

#### Основной объем учебного материала

Понятие о растворах. Вода — универсальный растворитель. Растворение твердых, жидких и газообразных веществ в воде.

Концентрированные и разбавленные растворы, насыщенные и ненасыщенные растворы. Истинные растворы, взвеси, коллоидные растворы. Суспензии и эмульсии.

Растворение как физико-химический процесс. Гидраты. Кристаллогидраты. Растворимость веществ. Тепловые явления при растворении. Зависимость растворимости от различных факторов. Тепловые эффекты растворения. Растворимость, факторы ее определяющие. Кристаллогидраты.

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Понятие о дисперсных системах. Классификация растворов. Истинные растворы.**

*Задание 1.* Возможно ли образование истинного раствора при смешении:

а) бензина и воды;

б) метилового спирта и воды;

в) воды и сахара;

г) растительного масла и воды?

*Задание 2.* Предскажите, какие из веществ будут хорошо растворяться в воде:  $S_8$ ,  $HI$ ,  $I_2$ , бензол,  $C_2H_6$ ,  $HF$ ,  $CsI$ ,  $CO$ .

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

## ТЕСТ 1. Понятие о дисперсных системах

1. Выберите пары буква – номер так, чтобы буквенное обозначение термина соответствовало номеру того, что этот термин обозначает:

Термин:

Дисперсная система, в которой:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| а) суспензия;          | 1) газообразные частицы распределяются в жидкости;             |
| б) коллоидный раствор; | 2) газообразные частицы распределяются в газе;                 |
| в) эмульсия;           | 3) жидкость раздроблена в другой, не растворяющей ее жидкости; |
| г) аэрозоль;           | 4) твердые частицы распределяются в жидкости;                  |
| д) пена.               | 5) мельчайшие частицы жидкости распределяются в газе.          |

2. Туман представляет собой распределение мельчайших частиц:

- |                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| а) твердого вещества в газе; | в) газа в газе;         |
| б) жидкости в газе;          | г) жидкости в жидкости. |

3. Укажите пары веществ, при смешении которых может образоваться эмульсия:

- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| а) вода и серная кислота; | г) этанол и растительное масло; |
| б) вода и машинное масло; | д) вода и бензол.               |
| в) вода и этанол;         |                                 |

4. Система, состоящая из 10 г натрия хлорида и 500 г воды — это:

- |               |                        |
|---------------|------------------------|
| а) суспензия; | в) истинный раствор;   |
| б) эмульсия;  | г) коллоидный раствор. |

## ТЕСТ 2. Классификация растворов. Истинные растворы

1. Истинные растворы могут быть:

- а) жидкими, твердыми, гетерогенными;
- б) газообразными, водными, неводными;
- в) гомогенными, окрашенными, насыщенными;
- г) ненасыщенными, разбавленными, концентрированными.

2. Выберите правильные утверждения, характеризующие насыщенный водный раствор:

- а) всегда является концентрированным;
- б) в зависимости от природы растворяемых веществ, может быть как разбавленным, так и концентрированным;
- в) не может быть получен растворением вещества с низкой растворимостью;
- г) может быть получен как для веществ, обладающих хорошей растворимостью, так и для малорастворимых в воде веществ.

3. Растворением соли в воде получен насыщенный раствор. Получить из него ненасыщенный раствор можно:

- а) изменив температуру раствора;
- б) добавив еще соли;
- в) добавив еще воды;
- г) увеличив давление над жидкостью.

4. Ненасыщенный раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  может стать насыщенным, если:

- а) его упарить;
- б) добавить в раствор воды;
- в) растворить в нем дополнительно кальций гидроксид;
- г) растворить в нем дополнительно кальций оксид.

5. В каких случаях речь идет именно о растворах веществ?

- а) соляная кислота;
- б) сероводородная кислота;
- в) плавиковая кислота;
- г) ортофосфорная кислота.

### **Формирование растворов. Растворимость веществ. Тепловой эффект растворения. Количественные характеристики состава растворов**

1. Даны простые и сложные вещества:

- а)  $\text{Na}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ;
- б)  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;
- в)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ;
- г)  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;
- д)  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ .

Выберите вещества, хорошо растворимые в воде.

Охарактеризуйте физические и, возможно, химические явления, протекающие при растворении данных веществ в воде.

Опишите тепловые эффекты растворения для  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Выберите вещества, при растворении которых в воде формируются ионные растворы.

Охарактеризуйте влияние на растворимость приведенных веществ температуры, давления над раствором, степени измельчения (для твердых веществ), интенсивности перемешивания при растворении.

### **ТЕСТ 3. Формирование растворов**

1. Суть сольватной теории растворов состоит в том, что:

- а) растворитель рассматривается как химически индифферентная среда;
- б) предполагается отсутствие межмолекулярного взаимодействия как между частицами растворенного вещества, так и между частицами растворенного вещества и растворителя;
- в) между частицами растворенного вещества и молекулами растворителя происходит взаимодействие, в результате которого образуются нестойкие соединения переменного состава.

2. Принцип «подобное растворяется в подобном» означает, что растворитель и растворенное вещество должны...

- а) иметь примерно одинаковый размер структурных единиц;
- б) соответствовать друг другу по полярности;
- в) иметь примерно равные молярные массы;
- г) до формирования раствора находиться в одинаковых агрегатных состояниях.

3. Укажите правильные утверждения:

- а) изменение агрегатного состояния кристаллического вещества при растворении — физическое явление;

б) химические явления при растворении — это гидратация ионов и диффузия;  
в) растворение может быть как эндо-, так и экзотермическим процессом;  
г) электропроводность любого водного раствора много больше, чем электропроводность воды в тех же условиях.

**4.** При растворении кристаллического хлорида натрия в воде:

- а) происходит разрушение кристаллической решетки соли;
- б) ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  гидратируются;
- в) гидратированные ионы двигаются хаотически;
- г) движение гидратированных ионов соли является направленным.

**5.** Тепловой эффект растворения кристаллических веществ в воде в основном зависит:

- а) от энергии гидратации;
- б) прочности кристаллической решетки растворяемого вещества;
- в) скорости диффузии частиц растворенного вещества в воде;
- г) от образования водородных связей между молекулами растворителя.

**6.** При растворении гидроксида натрия в воде температура раствора повышается в результате:

- а) гидратации ионов;
- б) электролитической диссоциации;
- в) разрушения кристаллической решетки;
- г) диффузии.

**7.** Растворение 1 моль безводной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) идет с выделением 25 кДж теплоты, а растворение 1 моль кристаллогидрата — с поглощением 67 кДж теплоты. Тепловой эффект (кДж) гидратации безводной соды равен:

- а) +92;      б) +42;      в) -42;      г) -92.

**8.** Растворение 1 моль декагидрата натрий сульфата идет с поглощением 78,7 кДж теплоты, а его дегидратация — с поглощением 81,6 кДж теплоты. Тепловой эффект растворения (кДж/моль) безводного натрий сульфата равен:

- а) +2,9;      б) +160,3;      в) -2,9;      г) -160,3.

**9.** К образованию продуктов, отличающихся по составу от исходного вещества, приводит растворение в воде:

- а) кальция;      в) сера (VI) оксида;      д) метанола.
- б) натрий оксида;      г) азота;

**10.** Укажите вещества, при растворении которых в воде формируются растворы кислот:

- а) фтороводород;      в) кремний (IV) оксид;
- б) фосфор (V) оксид;      г) сероводород.

#### ТЕСТ 4. Растворимость веществ

**1.** Растворимость веществ зависит:

- а) от природы растворяемого вещества;
- б) природы растворителя;
- в) температуры;
- г) от интенсивности перемешивания.

2. Укажите газы, хорошо растворимые в воде:
- а) метан;                      в) аммиак;                      д) метаналь;  
 б) водород;                      г) аргон;                      е) йодоводород.
3. Растворимость газов в жидкостях с ростом температуры:
- а) увеличивается;                      в) становится неограниченной;  
 б) не изменяется;                      г) уменьшается.
4. В отличие от твердых веществ и жидкостей на растворимость газов очень сильно влияет:
- а) температура;  
 б) присутствие катализатора;  
 в) давление, под которым находится газ;  
 г) природа растворителя.
5. На растворимость  $\text{CO}_2$  в воде не влияет:
- а) давление;  
 б) температура;  
 в) скорость пропускания газа через растворитель;  
 г) химическое взаимодействие газа с водой.
6. При нагревании масса раствора газа в воде:
- а) не изменится;  
 б) уменьшится;  
 в) увеличится;  
 г) возможно как увеличение, так и уменьшение массы раствора.
7. Укажите жидкости, практически не растворяющиеся друг в друге:
- а) вода и циклогексан;                      в) бензин и толуол;  
 б) вода и этанол;                      г) вода и подсолнечное масло.
8. Укажите жидкости, неограниченно растворяющиеся друг в друге:
- а) вода и серная кислота;                      в) гексан и октан;  
 б) бензол и ртуть;                      г) гептан и вода.
9. С повышением температуры растворимость в воде твердых веществ:
- а) может измениться незначительно;  
 б) может значительно увеличиться;  
 в) может уменьшиться;  
 г) увеличение температуры не влияет на растворение твердых веществ.
10. Через несколько дней хранения раствора нитрата натрия в открытой колбе на дне образовались кристаллы. Раствор над кристаллами является:
- а) ненасыщенным;                      в) насыщенным;  
 б) разбавленным;                      г) ионным.

## **ЗАНЯТИЕ 11. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РАСТВОРА**

### **Основной объем учебного материала**

Основные способы выражения количественного состава растворов (массовая доля растворенного вещества и молярная концентрации). Классификация растворов. Механизмы формирования водных растворов.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

### ТЕСТ 5

1. Под концентрацией вещества в растворе понимают:
  - а) массу или химическое количество растворенного вещества;
  - б) содержание растворенного вещества (в определенных единицах) в единице массы или объема раствора;
  - в) давление насыщенных паров растворителя в зависимости от количества растворенного вещества;
  - г) плотность раствора.
2. Укажите правильные утверждения:
  - а) истинным раствором является любая смесь веществ в одинаковом агрегатном состоянии;
  - б) при нагревании насыщенного раствора он может стать ненасыщенным;
  - в) при интенсивном перемешивании увеличивается коэффициент растворимости в воде твердых веществ;
  - г) увеличение количества растворителя не изменяет коэффициента растворимости вещества.
3. При значительном охлаждении насыщенного при высокой температуре раствора  $\text{KNO}_3$  выпадает осадок, при этом:
  - а) масса раствора уменьшается;
  - б) масса растворителя увеличивается;
  - в) раствор становится ненасыщенным;
  - г) массовая доля вещества в растворе уменьшается.
4. Для одного и того же насыщенного раствора массовая доля растворенного вещества (%) и численное значение коэффициента растворимости, выраженного в г/100 г растворителя:
  - а) численно совпадают;
  - б) массовая доля всегда больше;
  - в) массовая доля всегда меньше;
  - г) взаимосвязи между этими характеристиками нет.

### Задачи

#### Способы выражения количественного состава раствора.

##### *Массовая доля растворенного вещества.*

1. Сколько атомов кислорода приходится на 1 атом калия в 40%-ном растворе калий хромата?
2. Вычислите массовую долю (%) натрий нитрита в водном растворе, если известно, что в 15,0 г такого раствора находится  $4,816 \times 10^{23}$  атомов кислорода.
3. Чему равна массовая доля (%) серной кислоты в растворе, в котором число атомов кислорода равна числу атомов водорода?
4. Какова должна быть массовая доля (%) хлороводорода в соляной кислоте, чтобы в ней на 10 моль воды приходилось 1 моль хлороводорода?

5. 1 мл 25%-ного раствора содержит 0,458 г растворенного вещества. Какова плотность ( $\text{г/см}^3$ ) этого раствора?

**Ответы:** 1. 10. 2. 8,4 %. 3. 73,1 %. 4. 16,9 %. 5. 1,832  $\text{г/см}^3$ .

**Расчет массовых долей веществ в многокомпонентном растворе.**

6. К 120 г 20%-ного раствора барий бромиды добавили 5%-ный раствор уксусной кислоты. Массовая доля кислоты в полученном растворе оказалась равной 3,5 %. Вычислите массовую долю (%) соли в этом растворе.

7. Смешали равные массы растворов натрия сульфата и ортофосфорной кислоты. В полученном растворе массовые доли соли и кислоты стали равны соответственно 3,14 и 2,72 %. Вычислите массовые доли (%) веществ в исходных растворах.

8. К 100 г 6%-ного раствора азотной кислоты добавили раствор серной кислоты, в результате чего в полученном растворе массовые доли азотной и серной кислот стали равны соответственно 5 и 2,5 %. Вычислите массовую долю (%) серной кислоты в добавленном растворе.

**Ответы:** 6. 6 %. 7. 6,28 и 5,44 %. 8. 15 %.

**Молярная концентрация.**

9. В 150  $\text{см}^3$  раствора находится 150 мг кальций гидроксида. Вычислите молярную концентрацию раствора щелочи.

10. Какую массу (г) калий бромиды нужно взять для приготовления раствора калий бромиды с концентрацией 0,1 моль/ $\text{дм}^3$  и объемом 500  $\text{см}^3$ ?

11. Вычислите молярную концентрацию 40%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,30  $\text{г/см}^3$ ).

12. В растворе сульфита калия, имеющем плотность 1,22  $\text{г/см}^3$ , на один атом калия приходится 15 атомов кислорода. Вычислите молярную концентрацию соли в этом растворе.

13. Смешали 150 г 8%-ного раствора гидросульфата натрия (плотность 1,06  $\text{г/см}^3$ ) и 150  $\text{см}^3$  раствора с концентрацией этой же соли, равной 1,93 моль/ $\text{дм}^3$ . Вычислите молярную концентрацию соли в получившемся растворе.

14. Сульфат металла (катион имеет заряд +2) массой 32,2 г растворили в воде, объем раствора довели до 250  $\text{см}^3$ . В полученном растворе концентрация сульфат-ионов оказалась равной 0,80 моль/ $\text{дм}^3$ . Установите, сульфат какого металла растворили в воде.

**Ответы:** 9. 0,0135 моль/ $\text{дм}^3$ . 10. 5,95 г. 11. 5,31 моль/ $\text{дм}^3$ . 12. 1,89 моль/ $\text{дм}^3$ . 13. 1,34 моль/ $\text{дм}^3$ . 14.  $\text{ZnSO}_4$ .

**Количественные характеристики насыщенных растворов. Коэффициент растворимости.**

15. Растворимость  $\text{CuSO}_4$  при 20 °С равна 20,7 г в 100 г воды.

а) Определите массу воды, необходимую для растворения 100 г  $\text{CuSO}_4$ .

б) Какие массы воды и  $\text{CuSO}_4$  надо взять для получения 2 кг насыщенного раствора?

в) Какое количество вещества  $\text{CuSO}_4$  растворяется при этой температуре в 1,00 моль воды?

г) Какая масса воды понадобится для приготовления 8 кг насыщенного раствора  $\text{CuSO}_4$ ?

д) Сколько атомов кислорода приходится на 1 атом меди в насыщенном растворе?

е) Какая масса воды понадобится для приготовления 8 кг насыщенного раствора  $\text{CuSO}_4$  при использовании медного купороса?

**16.** Растворимость хлороводорода при  $30\text{ }^\circ\text{C}$  составляет 67,3 г на 100 г воды. Какова массовая доля  $\text{HCl}$  в насыщенном при  $30\text{ }^\circ\text{C}$  растворе хлороводорода?

**17.** Определите растворимость (в г на 100 г воды) и массовую долю (%)  $\text{CaI}_2$  в насыщенном при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  водном растворе, если 300 г такого раствора содержат 202,8 г соли.

**18.** Массовая доля  $\text{CuCl}_2$  в насыщенном при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  растворе равна 42,7 %. Определите коэффициент растворимости (в г на 100 г воды)  $\text{CuCl}_2$  при данной температуре.

**Ответы:** **15.** а) 483,1 г; б) 343 г, 1657 г; в) 0,0233 моль; г) 6628 г; д) 47; е) 5856 г. **16.** 40,2 %. **17.** 208,6 г на 100 г воды; 67,6 %. **18.** 74,52 г на 100 г воды.

#### *Изменения в насыщенных растворах при изменении температуры.*

**19.** В воде массой 100 г при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  растворяется  $\text{NaF}$  массой 4,1 г, а при  $40\text{ }^\circ\text{C}$  — массой 4,5 г. Какая масса  $\text{NaF}$  (г) выпадет в осадок при охлаждении насыщенного при  $40\text{ }^\circ\text{C}$  раствора натрий фторида массой 500 г до  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ?

**20.** Коэффициент растворимости соли при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  равен 40 г на 100 г воды, а при  $10\text{ }^\circ\text{C}$  — 15 г на 100 г воды. Определить массу (г) осадка, полученного при охлаждении насыщенного при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  раствора массой 70 г до  $10\text{ }^\circ\text{C}$ .

**21.** Раствор с массовой долей  $\text{AgNO}_3$  0,82 является насыщенным при  $60\text{ }^\circ\text{C}$ . При охлаждении этого раствора массой 140 г до  $10\text{ }^\circ\text{C}$  в осадок выпала соль массой 71,2 г. Определите коэффициент растворимости  $\text{AgNO}_3$  (в г на 100 г воды) при  $10\text{ }^\circ\text{C}$ .

**22.** В воде массой 100 г растворятся при  $30\text{ }^\circ\text{C}$   $\text{NH}_4\text{Br}$  массой 81,8 г. При охлаждении насыщенного при  $30\text{ }^\circ\text{C}$  раствора  $\text{NH}_4\text{Br}$  массой 300 г до  $0\text{ }^\circ\text{C}$  выпадает осадок — соль массой 36,8 г. Определите какая масса (г)  $\text{NH}_4\text{Br}$  может быть растворена в 100 г воды при  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .

**23.** Сколько г калий сульфата выпадет в осадок из 400 г раствора насыщенного при  $80\text{ }^\circ\text{C}$  при охлаждении его до  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ? Растворимость калий сульфата составляет 21,4 г при  $80\text{ }^\circ\text{C}$  и 11,1г/100 г воды при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ .

**24.** Из 500 г 40%-ного раствора  $\text{FeSO}_4$  при охлаждении выпало 100 г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  в виде осадка. Какова массовая доля (%)  $\text{FeSO}_4$  в оставшемся растворе?

**Ответы:** **19.** 1,9 г. **20.** 12,5 г. **21.** 173 г на 100 г воды. **22.** 59,5 г на 100 г воды. **23.** 33,9 г. **24.** 36,32 %.

#### **Формирование растворов.**

##### *Растворение кристаллических веществ.*

**25.** Какую массу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и какую массу (кг) воды нужно взять для приготовления 40 кг 2%-ного раствора медь (II) сульфата?

**26.** В 40 г воды растворили железный купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  массой 3,5 г. Определите массовую долю (%)  $\text{FeSO}_4$  в полученном растворе.

**27.** Сколько граммов воды нужно взять для растворения 14,3 г декагидрата натрия карбоната  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5,3 %?

**Ответы:** **25.** 1,25 и 38,75 кг. **26.** 4,4 %. **27.** 85,7 г.

#### ***Растворение газов.***

**28.** При н. у. в 1 дм<sup>3</sup> воды растворено 500 дм<sup>3</sup> хлороводорода. Определите массовую долю (%) хлороводорода в растворе.

**29.** Какой объем хлороводорода (н. у., дм<sup>3</sup>) нужно растворить в 200 г воды, чтобы получить раствор с массовой долей вещества 4,4 %?

**30.** При н. у. в 100 г воды растворили 5,6 дм<sup>3</sup> газа. Относительная плотность газа по водороду равна 18. Определите массовую (%) долю газа в растворе (н. у.).

**Ответы:** **28.** 44,9 %. **29.** 5,65 дм<sup>3</sup>. **30.** 8,26 %.

#### ***Разбавление растворов.***

**31.** К 250 см<sup>3</sup> раствора азотной кислоты с массовой долей  $\text{HNO}_3$  46 % и плотностью 1,29 г/см<sup>3</sup> прилито 360 см<sup>3</sup> воды. Определите массовую долю (%) азотной кислоты в растворе после разбавления.

**32.** Сколько см<sup>3</sup> раствора серной кислоты с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  80 % (плотность 1,755 г/см<sup>3</sup>) надо взять для приготовления 200 см<sup>3</sup> раствора этой кислоты с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  40 % (плотность 1,5 г/см<sup>3</sup>)?

**33.** Какую массу (г) воды нужно добавить к 75,0 г 50%-ного раствора аммоний сульфата, чтобы число атомов увеличилось ровно в 2 раза?

**34.** К 50 г раствора аммоний бромиды добавили 10 г воды, в результате чего общее число атомов в растворе увеличилось на 25 %. Вычислите массовую долю (%) аммоний бромиды в исходном растворе.

**Ответы:** **31.** 21,73 %. **32.** 85,4 см<sup>3</sup>. **33.** 63,1 г. **34.** 31,4 %.

#### ***Концентрирование растворов упариванием.***

**35.** Из 400 г 50%-ного раствора серной кислоты выпариванием удалили 50 г воды. Чему равна массовая доля (%)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в оставшемся растворе?

**36.** При упаривании раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  выделяется соль в виде  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Какую массу (г) кристаллогидрата можно получить из 200 см<sup>3</sup> 15%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  с плотностью 1,14 г/см<sup>3</sup>?

**37.** При упаривании 200 г раствора с массовой долей натрия хлорида 15 % масса раствора уменьшилась на 20 %. Определите массовую долю (%) соли в растворе после упаривания.

**38.** В сосуде находится 600 г раствора с массовой долей вещества 10 %. После упаривания масса раствора уменьшилась на 15 %. Далее из сосуда отлили 50 г раствора и добавили 200 г воды. Какую массу (г) этого вещества нужно добавить, чтобы его массовая доля в растворе вновь стала равной 10 %?

**Ответы:** **35.** 57,14 %. **36.** 77,54 г. **37.** 18,75 %. **38.** 13,2 г.

**Смешение растворов одного и того же вещества.**

**39.** Есть два раствора серной кислоты. Один — с массовой долей серной кислоты 60 % и плотностью 1,5 г/см<sup>3</sup>, второй — с массовой долей кислоты 30 % и плотностью 1,22 г/см<sup>3</sup>.

а) Какова будет массовая доля (%) серной кислоты, если смешать по 100 см<sup>3</sup> этих растворов?

б) Какие объемы (см<sup>3</sup>) растворов надо смешать, чтобы получить 500 г раствора с массовой долей серной кислоты 50 %?

**40.** Какой объем (см<sup>3</sup>) раствора с массовой долей серной кислоты 60 % (плотность 1,5 г/см<sup>3</sup>) и раствора с массовой долей серной кислоты 30 % (плотность 1,2 г/см<sup>3</sup>) надо взять для приготовления раствора серной кислоты массой 240 г с массовой долей H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50 %?

**41.** К 250 г раствора серной кислоты с массовой долей H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 % добавили 500 г раствора этой же кислоты с неизвестной массовой долей. Получился раствор с массовой долей серной кислоты 25 %. Вычислите массовую долю (%) серной кислоты в добавленном растворе.

**42.** В каком массовом соотношении нужно смешать 5%-ный и 10%-ный растворы серной кислоты для получения 8%-ного раствора?

**Ответы:** **39.** а) 46,54 %; б) 222,2 и 136,6 см<sup>3</sup>. **40.** 106,7 и 66,6 см<sup>3</sup>. **41** 32,5 %. **42.** 2 : 3.

**Концентрирование растворов увеличением количества растворенного вещества.**

**43.** В растворе CuSO<sub>4</sub> массой 500 г с массовой долей соли 4 % растворили 25 г CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O. Вычислить массовую долю (%) безводной соли в образовавшемся растворе.

**44.** В каком объеме (см<sup>3</sup>) раствора с массовой долей FeSO<sub>4</sub> 10 % (плотность 1,05 г/см<sup>3</sup>) надо растворить 27,8 г FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, чтобы получился 15%-ный раствор FeSO<sub>4</sub>?

**45.** Найти массу (г) раствора с массовой долей Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 % и массу (г) кристаллогидрата Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O, которые потребуются для приготовления раствора массой 200 г с массовой долей карбоната натрия 10 %.

**46.** Сколько грамм кристаллогидрата Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 10H<sub>2</sub>O необходимо добавить к 100 см<sup>3</sup> 8%-ного раствора Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (плотность 1,07 г/см<sup>3</sup>), чтобы удвоить массовую долю вещества в растворе?

**Ответы:** **43.** 6,86 %. **44.** 210 см<sup>3</sup>. **45.** 168,81 и 31,19 г. **46.** 30,5 г.

**Формирование растворов при растворении в воде простых веществ или их оксидов.**

**47.** Найти массовую долю (%) вещества в растворе, полученном при взаимодействии 4,6 г металлического натрия с 75,6 см<sup>3</sup> воды.

**48.** Определить массовую (%) долю Ba(OH)<sub>2</sub> в растворе, полученном при добавлении к 50 г воды 1,2 г BaO.

**49.** Какая масса (г) металлического натрия должна прореагировать с 89 см<sup>3</sup> воды, чтобы получился 20%-ный раствор гидроксида натрия?

**50.** Найти массовую долю (%) фосфорной кислоты в растворе, полученном растворением 71 г  $P_2O_5$  в 600 см<sup>3</sup> воды при нагревании.

**51.** Сколько молекул  $SO_3$  и сколько молекул воды потребуется для приготовления раствора серной кислоты массой 200 г с массовой долей  $H_2SO_4$  12,25 %?

**52.** Оксид щелочного металла массой 24,8 г растворили в 175,2 г воды и получили раствор щелочи с массовой долей 16 %. Определите формулу оксида.

**Ответы:** **47.** 10 %. **48.** 2,62 %. **49.** 11,5 г. **50.** 14,6 %. **51.**  $1,505 \times 10^{23}$  и  $6,02 \times 10^{24}$ . **52.**  $Na_2O$ .

*Химические взаимодействия, протекающие при смешивании растворов различных веществ.*

**53.** К 416 г раствора барий хлорида с массовой долей  $BaCl_2$  10 % добавили раствор с массовой долей  $Na_2CO_3$ , равной 14 %. Осадок отфильтровали, а к фильтрату добавили раствор с массовой долей  $HCl$  5 % до прекращения выделения газа. Определите массу (г) раствора  $Na_2CO_3$ , если было израсходовано 438 г раствора  $HCl$ .

**54.** Рассчитайте массовые доли (%) веществ в растворе, образовавшемся при действии 25 см<sup>3</sup> 20%-ной соляной кислоты (плотность 1,1 г/см<sup>3</sup>) на 4,0 г  $FeS$ .

**Ответы:** **53.** 378,57 г. **54.** 7,27 %  $HCl$  и 19,3 %  $FeCl_2$ .

*Увеличение концентрации гидроксидов в растворах добавлением соответствующих оксидов или простых веществ.*

**55.** К 250 г 5%-ного водного раствора натрия гидроксида добавили 34,5 г натрия оксида. Вычислите массовую долю вещества в полученном растворе.

**56.** Вычислить массу фосфорного ангидрида, который следует добавить к 85,8 см<sup>3</sup> 6,3%-ного раствора ортофосфорной кислоты (плотность 1,04 г/см<sup>3</sup>), чтобы после кипячения получить раствор с массовой долей  $H_3PO_4$  25 %.

**57.** К 400 г раствора с массовой долей ортофосфорной кислоты 24,5 % прибавили весь оксид фосфора (V), получившийся при сжигании 62 г фосфора в избытке кислорода, и полученный раствор прокипятили. Вычислить объем 10%-ного раствора  $NaOH$  (плотность 1,11 г/см<sup>3</sup>), который нужно добавить, чтобы превратить всю содержащуюся в растворе кислоту в гидрофосфат натрия.

**58.** Какую массу натрия следует ввести в 120 г 5%-ного раствора натрия гидроксида, чтобы повысить концентрацию раствора до 25 %?

**Ответы:** **55.** 20 %. **56.** 14,77 г. **57.** 2162 см<sup>3</sup>. **58.** 16 г.

*Химические изменения в растворе при кипячении.*

**59.** Раствор с массовой долей натрия гидрокарбоната 4,2 % прокипятили до превращения гидрокарбоната в карбонат, а затем довели массу раствора до первоначальной. Какой стала массовая доля соли в растворе?

**60.** Раствор калий гидрокарбоната прокипятили таким образом, что испаряющаяся вода конденсировалась и возвращалась в исходный раствор. В результате образовался раствор с массовой долей  $K_2CO_3$  3,49 %. Определить массовую долю калий гидрокарбоната в исходном растворе.

**Ответы:** **59.** 2,65 %. **60.** 5 %.

## ЗАНЯТИЕ 12. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ. ИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ

### Основной объем учебного материала

Основные положения теории электролитической диссоциации. Механизм электролитической диссоциации соединений с различными типами химической связи.

Гидратация ионов в растворах. Уравнения электролитической диссоциации.

Сильные и слабые электролиты. Равновесие в растворах электролитов. Степень диссоциации.

Диссоциация воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель. Кислотно-основные индикаторы.

Условия протекания обменных реакций в растворе. Ионно-молекулярные уравнения. Химические свойства оснований, кислот и солей с точки зрения теории электролитической диссоциации. Амфотерные гидроксиды. Закономерности изменения свойств гидроксидов элементов по группам и периодам.

### Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Даны вещества: поваренная соль, сахароза, хлороводород, метан, барий сульфат, серебро (I) нитрат, серебро (I) хлорид, кислород, железо, медь, этиловый спирт, глюкоза, натрий гидроксид, азот, натрий сульфат, серная кислота, алюминий оксид, серебро. Выберите:

– вещества, которые являются проводниками электрического тока, но не относятся к категории «электролиты»;

– вещества, которые являются электролитами.

2. Запишите уравнения диссоциации следующих веществ: кальций бромид, серная кислота, литий гидроксид, алюминий сульфат, калий гидроортофосфат, натрий дигидроортофосфат, гидроксомедь (II) хлорид, железо (III) хлорид, аммоний гидросульфат, азотная кислота, калий сульфат, магний гидроксид, аммоний хлорид, натрий тетрагидроксоцинкат, натрий карбонат, ортофосфорная кислота, натрий гидрокарбонат. Выберите вещества: а) диссоциирующие в одну стадию; б) диссоциирующие ступенчато; в) диссоциация которых в водных растворах сопровождается образованием иона гидроксония.

3. В каком из эквимольных растворов следующих веществ содержится больше ионов (объемы растворов равны)?

а)  $KCl$ ,  $Na_3PO_4$ ,  $K_2SO_4$ ;

б)  $FeCl_2$ ,  $FeBr_3$ ,  $FeSO_4$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ .

4. Раствор какого из указанных веществ будет обладать большей электропроводностью (температура растворов и молярные концентрации растворенных веществ во всех случаях одинаковы):

а)  $HCl$ ,  $K_2HPO_4$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ;

б)  $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $Ca(OH)_2$ ;

в)  $NaNO_3$ ,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ .

## ТЕСТ 1. Электролитическая диссоциация

1. Электролитической диссоциацией называется процесс распада:
- а) электролита на ионы в водном растворе и расплаве;
  - б) сложного вещества на простые;
  - в) электролита на ионы только в водном растворе;
  - г) электролита на ионы только в расплаве.
2. Электролиты — это вещества, которые:
- а) обладают электропроводностью;
  - б) растворимы в воде;
  - в) не растворимы в органических растворителях;
  - г) диссоциируют в расплаве или в растворе на ионы.
3. Электролитами могут быть вещества:
- а) только с ионным типом химической связи;
  - б) только с ковалентным полярным типом химической связи;
  - в) только с ковалентным неполярным типом химической связи;
  - г) с ионным и ковалентным полярным типом химической связи.
4. Ионы — это:
- а) атомы, имеющие одинаковый положительный заряд ядра, но различное нуклонное число;
  - б) одноатомные или многоатомные частицы, несущие электрический заряд;
  - в) частицы, имеющие неравное число электронов и протонов;
  - г) частицы, которые образуются при несимметричном разрыве химической связи под влиянием воды или при нагревании.
5. Катион натрия отличается от атома натрия:
- а) зарядом ядра;
  - б) количеством нейтронов;
  - в) общим количеством электронов;
  - г) числом электронных слоев.
6. Анион хлора отличается от атома хлора:
- а) числом протонов в ядре;
  - б) общим количеством электронов;
  - в) завершенностью внешнего электронного слоя;
  - г) отсутствием окислительных свойств.
7. В четыре одинаковых пол-литровых стакана с дистиллированной водой внесли по 1 г указанных веществ. В каком случае электропроводность образовавшегося раствора наибольшая (температура комнатная)?
- а) NaCl;      б) AgCl;      в) сахар;      г) MgO.
8. Даны вещества:  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{MgOHCl}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ,  $\text{Cl}_2$ . Среди них число веществ, в водных растворах которых присутствуют ионы  $\text{Cl}^-$ , равно:
- а) 3;      б) 4;      в) 5;      г) 6.
9. Укажите правильно записанные уравнения электролитической диссоциации:
- а)  $\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ ;
  - б)  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ ;
  - в)  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ;
  - г)  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow 2\text{K}^+ + [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ .

10. В растворе объемом 1 л, содержащем 0,15 моль магний нитрата, суммарное количество (моль) ионов равно:

- а) 0,15;      б) 0,30;      в) 0,45;      г) 0,60.

11. В водном растворе содержится 0,1 моль ионов цинка, 0,5 моль нитрат-ионов и ионы натрия. Химическое количество (моль) ионов натрия в растворе равно:

- а) 0,1;      б) 0,2;      в) 0,3;      г) 0,4.

12. Одинаковое число ионов образуется при диссоциации солей, формулы которых (химическое количество солей одинаково):

- а)  $\text{KNO}_3$  и  $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ ;      в)  $\text{Zn}(\text{NO})_2$  и  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ;  
б)  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;      г)  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

## ТЕСТ 2. Степень диссоциации

1. Степень диссоциации — это:

- а) отношение количества растворенного вещества к общему количеству веществ в растворе;  
б) отрицательный логарифм концентрации катионов в растворе;  
в) отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу молекул растворенного вещества;  
г) число гидратированных молекул электролита.

2. Численное значение степени диссоциации электролита в растворе зависит:

- а) от природы электролита;      в) концентрации вещества в растворе;  
б) температуры раствора;      г) от давления над раствором.

3. Степень диссоциации уксусной кислоты в водном растворе возрастает, если в раствор добавить:

- а) уксусную кислоту;      в) натрий ацетат;  
б) воду;      г) немного щелочи.

4. Отметьте ряды, в которых приведены формулы только сильных электролитов:

- а)  $\text{KOH}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ;      в)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ;  
б)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;      г)  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HI}$ .

5. Отметьте стадию диссоциации, для которой значение степени диссоциации наименьшее:

- а)  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;      в)  $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ ;  
б)  $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$ ;      г)  $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ .

6. Степень диссоциации вещества  $X \alpha = 0,008$  означает, что из 1000 молекул на ионы распалось:

- а) 0,8;      б) 8;      в) 80;      г) 800.

### Расчетные задания по разделу:

1. В 0,1 М растворе слабой одноосновной кислоты содержится 0,001 моль ионов водорода на 1 л раствора. Найдите степень диссоциации кислоты.

2. В растворе уксусной кислоты содержится 0,01 г ионов водорода и 3,0 г недиссоциированных молекул. Какова степень диссоциации уксусной кислоты?

3. Найдите молярную концентрацию катионов водорода в 0,1 М растворах слабых кислот с заданной степенью их диссоциации:

- а) HF;  $\alpha = 8,1 \%$ ;                      б) HNO<sub>2</sub>;  $\alpha = 7,2 \%$

4. Найдите молярную концентрацию гидроксид-ионов в 0,05 М растворе гидрата аммиака со степенью диссоциации гидрата аммиака 1,9 %.

5. В 0,5 л 0,01 М раствора слабой кислоты HA содержится  $2,4 \times 10^{20}$  ионов A<sup>-</sup>. Вычислите степень диссоциации (%) кислоты.

6. Масса катионов водорода в 0,5 л 0,1 М раствора слабой кислоты HA равна 0,001 г. Рассчитайте степень диссоциации (%) кислоты.

7. В 20 г раствора с массовой долей сульфата однозарядного металла 4,35 % содержится  $9,06 \times 10^{21}$  ионов. Считая диссоциацию полной, установите металл.

8. Определите химическое количество анионов HA<sup>-</sup> в растворе, содержащем кислоту H<sub>2</sub>A химическим количеством 0,20 моль. Степень диссоциации двухосновной кислоты H<sub>2</sub>A по первой ступени равна 100 %, а по второй — 10 %.

**Ответы:** 1. 0,01 2. 0,167. 3. а)  $8,1 \times 10^{-3}$  моль/л; б)  $7,2 \times 10^{-3}$  моль/л. 4.  $9,5 \times 10^{-4}$  моль/л. 5. 8 %. 6. 2 %. 7. калий. 8. 0,18 моль.

**Ионные уравнения реакций. Составление полных и сокращенных ионных уравнений. Запись молекулярных уравнений по соответствующим сокращенным ионным уравнениям**

*Задание 1.* Закончите приведенные ниже уравнения реакций. Запишите для них полные и сокращенные ионные уравнения. Выберите реакции:

- при протекании которых образуются: а) осадок; б) газ;
- которые могут быть использованы как качественные;
- которым соответствует одно и тоже сокращенное ионное уравнение;
- в которых при взаимодействии одной и той же пары реагентов, могут образоваться различные продукты реакции;
- для которых полное и сокращенное ионные уравнения представлены одной и той же записью.

**I.**

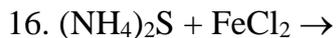
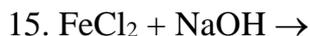
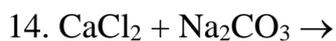
1. NaOH + HCl →
2. KOH + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> →
3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + KOH →
4. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Ca(OH)<sub>2</sub> →
5. Mg(OH)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> →
6. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + LiOH →
7. CH<sub>3</sub>COOH + NH<sub>4</sub>OH →
8. NH<sub>4</sub>OH + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> →
9. CH<sub>3</sub>COOH + NaOH →
10. Fe(OH)<sub>2</sub> + HCl →
11. Cu(OH)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> →

**II.**

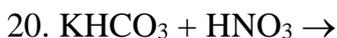
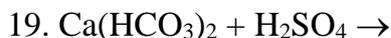
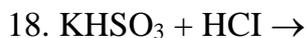
12. KCl + AgNO<sub>3</sub> →.
13. Na<sub>2</sub>S + FeSO<sub>4</sub> →.

**V.**

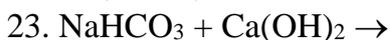
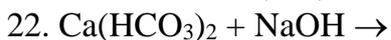
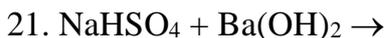
24. BaCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> →
25. CuSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>S →
26. CaCO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O →
27. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O →
28. FeS + HCl →
29. CaSO<sub>3</sub> + HCl →
30. BaCO<sub>3</sub> + HNO<sub>3</sub> →
31. BaCO<sub>3</sub> + HCl →
32. AgNO<sub>3</sub> + HCl →
33. ZnS + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(разб.) →
34. ZnS + HCl →
35. Na<sub>2</sub>[Zn(OH)<sub>4</sub>] + HCl →
36. Na<sub>3</sub>[Al(OH)<sub>6</sub>] + HNO<sub>3</sub> →
37. Na[Al(OH)<sub>4</sub>] + HNO<sub>3</sub> →



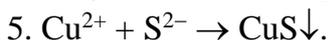
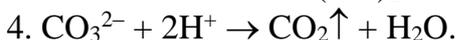
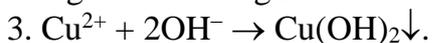
### III.



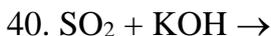
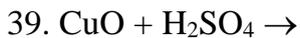
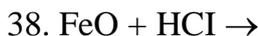
### IV.



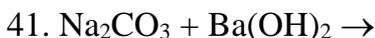
*Задание 3.* Используя сокращенные ионные уравнения, составьте молекулярные уравнения реакций:



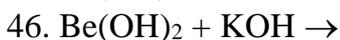
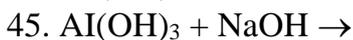
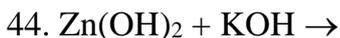
### VI.



### VII.



### VIII.



### ТЕСТ 3. Реакции ионного обмена. Ионные уравнения реакций

1. Ионные уравнения, в отличие от молекулярных:

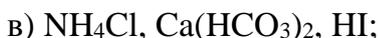
а) не содержат стехиометрических коэффициентов;

б) не содержат записи реагентов или продуктов реакции в виде молекул (формульных единиц);

в) могут соответствовать не одной реакции между конкретными веществами, а целой группе аналогичных реакций;

г) каждое ионное уравнение соответствует только одной реакции между конкретными веществами.

2. Выберите ряд, в котором каждое вещество не записывают в виде ионов при составлении ионных уравнений:



3. Сокращенное ионное уравнение  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$  соответствует реакциям между:

а) уксусной кислотой и натрий гидроксидом;

б) азотной кислотой и кальций гидроксидом;

в) серной кислотой и барий гидроксидом;

г) соляной кислотой и калий гидроксидом;

д) фосфорной кислотой и гидратом аммиака;

е) серной кислотой и цинк гидроксидом.

4. Сокращенное ионное уравнение реакции  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  соответствует взаимодействию:

а) аммиака с известковой водой;

б) аммоний хлорида с водой;

- в) аммиака с водой;
- г) аммиака с соляной кислотой;
- д) аммоний хлорида с известковой водой.

5. Сокращенное ионное уравнение реакции:  $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  соответствует взаимодействию:

- а) азотной кислоты с кальций карбонатом;
- б) сероводородной кислоты с калий карбонатом;
- в) серной кислоты с кальций карбонатом;
- г) соляной кислоты с натрий карбонатом.

6. Одинаковое ионное уравнение соответствует реакциям в водном растворе между веществами:

- а) азотной кислотой и натрий гидроксидом;
- б) соляной кислотой и натрий гидроксидом;
- в) калий гидроксидом и сероводородной кислотой;
- г) кальций гидроксидом и серной кислотой;
- д) серной кислотой и натрий гидроксидом;
- е) соляной кислотой и цинк гидроксидом.

7. Суммы всех коэффициентов в полном и сокращенном ионных уравнениях реакции углекислого газа с избытком раствора натрий гидроксида соответственно равны:

- а) 10 и 3;      б) 10 и 5;      в) 9 и 3;      г) 9 и 5.

8. Суммы всех коэффициентов в полном и сокращенном ионных уравнениях реакции между сероводородной кислотой и гидроксидом натрия с образованием кислой соли соответственно равны:

- а) 12 и 6;      б) 12 и 3;      в) 10 и 6;      г) 6 и 4.

9. Суммы всех коэффициентов в полном и сокращенном ионных уравнениях реакции нейтрализации железо (III) гидроксида серной кислотой равны соответственно:

- а) 28 и 3;      б) 22 и 8;      в) 28 и 18;      г) 14 и 10.

10. Выберите ряды, в которых ионы каждой пары не могут одновременно присутствовать в растворе в значительных количествах:

- а)  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{OH}^-$ ;  $\text{H}^+$  и  $\text{S}^{2-}$ ;      г)  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  и  $\text{H}^+$ ;  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ ;
- б)  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{H}^+$ ;      д)  $\text{H}^+$  и  $\text{HSiO}_3^-$ ;  $\text{Na}^+$  и  $\text{S}^{2-}$ ;
- в)  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{S}^{2-}$ ;  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{H}^+$ ;      е)  $\text{Ag}^+$  и  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ .

## Водородный показатель pH. Значения pH в растворах кислот, щелочей и солей. Расчет pH растворов

### ТЕСТ 4. Кислотность раствора

1. Водородный показатель pH рассчитывается по формуле:

- а)  $\text{pH} = \lg [\text{H}^+]$ ;      в)  $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ ;
- б)  $\text{pH} = -\lg [\text{OH}^-]$ ;      г)  $\text{pH} = -\ln [\text{OH}^-]$ ;

2. Значение pH чистой воды при 25 °C составляет:

- а) 1;      б) 7;      в) 0;      г) 10;

3. Концентрация ионов водорода в растворе с концентрацией калий гидроксида 0,01 моль/л (при условии полной его диссоциации) равна:

- а)  $10^{-12}$  моль/л; б) 0,01; в)  $10^{-14}$  моль/л; г) 0;

4. Водородный показатель рН при молярной концентрации ионов водорода  $10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup> равен:

- а) 3; б) 5; в) 11; г) 4.

5. Водородный показатель рН при молярной концентрации соляной кислоты в растворе 0,1 моль/дм<sup>3</sup> равен (считать диссоциацию полной):

- а) 0; б) 1; в) 13; г) 14.

6. Водородный показатель рН при молярной концентрации гидроксида калия в растворе 0,1 моль/дм<sup>3</sup> равен (считать диссоциацию полной):

- а) 1; б) 7; в) 13; г) 14;

7. Укажите формулу вещества, в водном растворе которого значение водородного показателя будет наименьшим (концентрации растворов равны):

- а) NaCl; б) KOH; в) CH<sub>3</sub>COOH; г) HCl.

8. Укажите формулу вещества, в водном растворе которого значение водородного показателя будет наибольшим (концентрации растворов равны):

- а) NaCl; б) KOH; в) NH<sub>4</sub>OH; г) HCl.

#### **Задачи:**

1. Какое число ионов водорода содержится в растворе сильной кислоты HA с молярной концентрацией  $10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> и объемом 500 см<sup>3</sup>.

2. Чему равен водородный показатель, если в растворе объемом 200 см<sup>3</sup> содержится  $12,04 \times 10^{19}$  ионов водорода?

3. Чему равен водородный показатель, если в растворе объемом 5,0 дм<sup>3</sup> содержатся ионы водорода химическим количеством 0,050 моль?

4. Какое химическое количество ионов водорода содержится в 2,5 дм<sup>3</sup> нейтрального раствора при 25 °С?

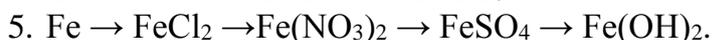
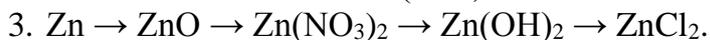
5. В водном растворе концентрация ионов водорода H<sup>+</sup> равна  $10^{-2}$  моль/л при 25 °С. Определите концентрацию гидроксид-ионов в этом растворе. Укажите характер среды в этом растворе.

6. Вычислите концентрацию катионов водорода в водном растворе, если концентрация гидроксид-ионов при 25 °С равна  $10^{-5}$  моль/л. Укажите характер среды раствора.

7. Вычислите рН водного раствора, в котором концентрация ионов OH<sup>-</sup> равна 0,01 моль/л. Как изменится цвет фенолфталеина в этом растворе?

**Ответы:** 1. N (H<sup>+</sup>) =  $3,01 \times 10^{18}$  ионов. 2. 3. 3. 2. 4.  $2,5 \times 10^{-7}$ . 5.  $10^{-12}$ . 6.  $10^{-9}$ . 7. 12.

**Запишите уравнения реакций (в молекулярной и ионной формах), при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**



6.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ .
7.  $\text{FeSO}_4 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ .
8.  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl}$ .
9.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$ .
10.  $\text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ .

### ЗАНЯТИЕ 13. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ. ЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ В ПРИРОДЕ, ТЕХНИКЕ И БЫТУ

#### Основной объем учебного материала

Гидролиз солей. Типы гидролиза солей. Кислотность среды в водных растворах солей. Факторы, влияющие на протекание гидролиза солей.

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Задание 1.* Напишите уравнения гидролиза следующих ионов:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ga}^{3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ .

*Задание 2.* Даны соли: железо (II) хлорид, калий карбонат, алюминий бромид, железо (III) нитрат, алюминий сульфид, натрий сульфата, алюминий нитрата, калий силиката, натрий фосфата, аммоний хлорида. Запишите молекулярные и ионные уравнения реакций гидролиза этих солей. Охарактеризуйте их гидролиз (по катиону, по аниону, полный гидролиз; число ступеней гидролиза; кислотность среды и изменение окраски лакмуса; факторы, усиливающие или ослабляющие гидролиз каждой из солей).

*Задание 3.* Укажите, какая из двух солей в каждой паре гидролизуется сильнее: а) калий-сульфит и калий карбонат; б) железо (III) хлорид и железо (II) хлорид; в) калий-сульфит и калий сульфид; г) аммоний сульфид и натрий сульфид.

*Тестовые задания.* В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите ряды солей, в которых каждая соль подвергается гидролизу по катиону:

- |   |   |
|---|---|
| а) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , $\text{NaHCO}_3$ , $\text{KNO}_3$ ; | в) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , $\text{ZnS}$ , $\text{CaCl}_2$ ;                       |
| б) $\text{FeSO}_4$ , $\text{ZnCl}_2$ , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ; | г) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{NH}_4\text{Cl}$ . |

2. В каком ряду перечислены формулы солей, каждая из которых подвергается гидролизу по аниону?

- |   |  |
|---|--|
| а) $\text{K}_2\text{CO}_3$ , $\text{NaCl}$ , $\text{NaNO}_2$ ;                        | в) $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , $\text{KHCO}_3$ , $\text{CaCO}_3$ ;        |
| б) $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$ , $\text{CuCl}_2$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$ ; | г) $\text{K}_2\text{SO}_3$ , $\text{NaHS}$ , $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . |

3. Необратимо в водном растворе протекает гидролиз:

- |                                  |                   |                              |                                   |
|----------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| а) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ; | б) $\text{CuS}$ ; | в) $\text{Cr}_2\text{S}_3$ ; | г) $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ . |
|----------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|

4. Укажите вещества, водный раствор которых приготовить нельзя:

- |                   |                  |                   |                              |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| а) $\text{CuS}$ ; | б) $\text{Na}$ ; | в) $\text{CaO}$ ; | г) $\text{Al}_2\text{S}_3$ . |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------------------|

5. Укажите вещества, в водном растворе которых лакмус имеет фиолетовую окраску:

- |                               |                               |                                  |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| а) $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; | б) $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ; | в) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ; | г) $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|

6. Укажите продукты, образующиеся при сливании водных растворов  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{Na}_2\text{S}$ :

- а)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;                      б)  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ;                      в)  $\text{H}_2\text{S}$ ;                      г)  $\text{NaCl}$ .

7. Укажите, какие из приведенных факторов усиливают гидролиз соли  $\text{CuCl}_2$ :

- а) добавление  $\text{H}_2\text{O}$ ;                      в) добавление  $\text{HCl}$ ;  
б) добавление  $\text{NaOH}$ ;                      г) нагревание.

8. Укажите, какие из приведенных факторов ослабляют гидролиз соли  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ :

- а) добавление кислоты;                      в) нагревание;  
б) добавление  $\text{NaOH}$ ;                      г) охлаждение.

9. Укажите пары солей, где первая соль подвергается гидролизу больше, чем вторая:

- а)  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{BeCl}_2$ ;                      в)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ;  
б)  $\text{K}_2\text{S}$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ;                      г)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ .

10. Укажите ряд, в котором каждый ион реагирует с водой:

- а)  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ;                      в)  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ;  
б)  $\text{Na}^+$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ;                      г)  $\text{Br}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Be}^{2+}$ .

11. Выделение газа происходит при смешении водных растворов:

- а) натрий карбоната и соляной кислоты;  
б) натрий гидросульфида и серной кислоты;  
в) алюминий хлорида и натрий карбоната;  
г) хром (III) нитрата и калий сульфида.

### **Задачи:**

1. К раствору, содержащему 0,1 моль уксусной кислоты, добавили 20 г раствора натрий гидроксида с массовой долей  $\text{NaOH}$  20 %. Какова будет реакция среды в полученном растворе?

2. К 150 г раствора железо (III) нитрата с массовой долей растворенного вещества 5,0 % прилили 50,0 г раствора натрий карбоната с массовой долей соли 10 %. После полного завершения химических взаимодействий раствор профильтровали. Определите массу фильтрата.

**Ответы:** 1. Щелочная. 2. 194,6 г.

## **ТЕМА 5. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ**

### **ЗАНЯТИЕ 14. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

#### **Основной объем учебного материала**

Окислительно-восстановительные процессы. Важнейшие окислители и восстановители. Прогноз окислительно-восстановительных возможностей различных веществ.

Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Межмолекулярные и внутримолекулярные окислительно-восстановительные реак-

ции. Реакции диспропорционирования. Методы уравнивания окислительно-восстановительных реакций.

Электролиз. Катодные и анодные процессы. Электролиз воды. Составление схем электролиза. Электролиз расплавов и водных растворов солей. Расчеты на основании схем электролиза. Применение электролиза для получения металлов, водорода и щелочей.

**Определение числа отданных и принятых электронов по схемам изменения веществ или их фрагментов. Узнавание процессов окисления, восстановления и процессов, протекающих без изменения степеней окисления. Прогнозирование окислительно-восстановительных возможностей веществ или ионов**

*Задание 1.* Укажите число отданных или принятых электронов при переходах:

- |  |  |   |
|--|--|---|
| 1. $\text{Mn}^{+7} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$ . | 11. $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}^{+7}$ .             | 21. $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ .         |
| 2. $\text{Mn}^{+7} \rightarrow \text{Mn}^{+6}$ . | 12. $2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$ .                 | 22. $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$ .             |
| 3. $\text{Mn}^{+7} \rightarrow \text{Mn}^{+4}$ . | 13. $\text{N}_2 \rightarrow 2\text{N}^{-3}$ .              | 23. $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_2$ .         |
| 4. $\text{Cr}^{+3} \rightarrow \text{Cr}^{+6}$ . | 14. $\text{H}^+ \rightarrow \text{H}^-$ .                  | 24. $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}^{2-}$ .    |
| 5. $\text{Cr}^{+6} \rightarrow \text{Cr}^{+2}$ . | 15. $\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}^{-2}$ .              | 25. $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ .      |
| 6. $\text{S}^{+6} \rightarrow \text{S}^{-2}$ .   | 16. $2\text{O}^- \rightarrow 2\text{O}^{-2}$ .             | 26. $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{FeO}$ . |
| 7. $\text{S}^{+6} \rightarrow \text{S}^{+4}$ .   | 17. $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{+2}$ .          | 27. $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}^0$ .       |
| 8. $\text{S}^0 \rightarrow \text{S}^{+6}$ .      | 18. $\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ .       | 28. $3\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ . |
| 9. $\text{S}^{+4} \rightarrow \text{S}^{+6}$ .   | 19. $\text{Al}^0 \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ . | 29. $2\text{ClO}_3^- \rightarrow 3\text{O}_2$ .       |
| 10. $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^-$ .     | 20. $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ .                  | 30. $\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_4^-$ .  |

*Задание 2.* Укажите, какие из приведенных ниже схем отражают:

- окисления;
- восстановления;
- протекающие без изменения степени окисления элементов.

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1. $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+$ .                  | 8. $\text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow [\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ . | 15. $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}$ . |
| 2. $2\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{N}_2$ .                  | 9. $2\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .        | 16. $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}^{+7}$ .               |
| 3. $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ .                | 10. $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ .                 | 17. $\text{ClO}_4^- \rightarrow \text{Cl}^-$ .                |
| 4. $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_2^-$ .                  | 11. $2\text{HIO}_3 \rightarrow \text{I}_2$ .                            | 18. $2\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}_2$ .               |
| 5. $\text{PO}_3^- \rightarrow \text{PO}_4^{3-}$ .             | 12. $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ .                            | 19. $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HClO}$ .                  |
| 6. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ . | 13. $\text{SiH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ .                    | 20. $\text{ClO}_4^- \rightarrow \text{ClO}_3^-$ .             |
| 7. $\text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$ .   | 14. $\text{Cl}^- \rightarrow \text{HClO}$ .                             | 21. $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3^{2-}$ .              |

*Задание 3.* Из ряда соединений  $\text{CaS}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  выберите вещества, в которых сера может проявлять свойства:

- только окислительные;
- только восстановительные;
- как окислительные, так и восстановительные.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

**1.** Степень окисления железа в соединении, имеющем формулу  $K_4[Fe(CN)_6]$  равна:

- а) 0;      б) +3;      в) +2;      г) +1.

**2.** Степень окисления серы уменьшается в ряду веществ, имеющих формулы:

- а)  $SO_2$ ,  $Na_2SO_3$ ,  $Na_2S$ ;      в)  $S$ ,  $SO_3$ ,  $BaSO_4$ ;  
б)  $SO_2$ ,  $Na_2S_2O_3$ ,  $KHS$ ;      г)  $H_2SO_4$ ,  $SOCl_2$ ,  $H_2SO_3$ .

**3.** Выберите ряд, в котором степень окисления всех атомов азота во всех соединениях одинакова:

- а)  $HNO_3$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $NH_3$ ;      в)  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $NH_3$ ,  $Ca_2N_3$ ;  
б)  $NH_3$ ,  $NH_4NO_2$ ,  $N_2O_3$ ;      г)  $HNO_2$ ,  $N_2O_3$ ,  $NH_4I$ .

**4.** Степени окисления кислорода в воде и пероксиде водорода соответственно равны:

- а)  $-2$  и  $-2$ ;      б)  $-2$  и  $+2$ ;      в)  $-2$  и  $-1$ ;      г)  $+2$  и  $0$ .

**5.** Восстановитель — это атом или ион, который:

- а) увеличивает свою степень окисления;  
б) принимает электроны;  
в) окисляется;  
г) отдает свои электроны.

**6.** При восстановлении элемента его степень окисления:

- а) увеличивается;  
б) уменьшается;  
в) не изменяется;  
г) может, как увеличиваться, так и уменьшаться.

**7.** Атомы или ионы, отдающие электроны в ходе окислительно-восстановительной реакции, называются:

- а) донорами электронной пары;      в) окислителями;  
б) акцепторами электронной пары;      г) восстановителями.

**8.** В приведенных схемах окислительно-восстановительных процессов  $Cr^{+6} \rightarrow Cr^{+3}$ ;  $Cr^{+2} \rightarrow Cr^{+3}$ ;  $Cu^{+2} \rightarrow Cu^0$ ;  $Mo^{+2} \rightarrow Mo^{+6}$ ;  $Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$ ;  $Au^0 \rightarrow Au^{+3}$  суммарное число процессов восстановления равно:

- а) 1;      б) 2;      в) 3;      г) 4.

**9.** В приведенных схемах окислительно-восстановительных процессов  $Mg^0 \rightarrow Mg^{+2}$ ;  $NO_3^- \rightarrow NO_2^-$ ;  $H_2S \rightarrow S^0$ ;  $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$ ;  $N_2 \rightarrow NH_3$ ;  $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ ;  $CrO_3^{3-} \rightarrow CrO_4^{2-}$  суммарное число процессов окисления равно:

- а) 3;      б) 5;      в) 4;      г) 2.

**10.** Выберите ряд, в котором каждая из частиц в химических реакциях может быть только окислителем:

- а)  $Cu^{2+}$ ,  $F^-$ ,  $H^+$ ;      в)  $S^{+6}$ ,  $Cr^{+6}$ ,  $I_2$ ;  
б)  $F_2$ ,  $Mn^{+7}$ ,  $Ag^+$ ;      г)  $Fe^{+2}$ ,  $S^{2-}$ ,  $Cl^-$ .

**11.** Выберите ряд, в котором каждая из частиц в химических реакциях может быть только восстановителем:

- а)  $Cu^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $H^+$ ;      в)  $S^{-2}$ ,  $H^-$ ,  $Cu$ ;  
б)  $H_2O_2$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Na^+$ ;      г)  $Fe^{+3}$ ,  $S^{2-}$ ,  $H^+$ .

**12.** Выберите ряд, в котором каждое вещество может проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства:

- а) вода, литий, азотная кислота;
- б) перекись водорода, сернистый газ, азотистая кислота;
- в) фтор, фтороводород, хлорноватистая кислота;
- г) натрий, неон, озон.

**13.** Выберите утверждения, которые правильно характеризуют свойства серной кислоты:

- а) при взаимодействии с металлами проявляет окислительные свойства, как за счет  $H^+$ , так и за счет  $S^{+6}$ ;
- б) окисляет только те металлы, которые в ряду стандартных электродных потенциалов стоят до водорода;
- в) реагируя с металлами, может образовывать как водород, так и  $SO_2$ ,  $H_2S$  или серу;
- г) окислительная способность серной кислоты не зависит от концентрации ее в растворе;

**14.** Выберите утверждения, которые правильно характеризуют строение и свойства азотной кислоты:

- а) степени окисления азота и водорода в составе молекулы максимальны;
- б) может окислять как металлы и неметаллы, так и сложные вещества;
- в) продукты восстановления азотной кислоты в ОВР, зависят только от концентрации ее в растворе;
- г) при взаимодействии с металлами одновременно выступает в роли окислителя и солеобразователя.

### **Классификация окислительно-восстановительных реакций. Уравнивание ОВР с помощью метода электронного баланса**

*Задание 1.* Классифицируйте следующие окислительно-восстановительные реакции:

1.  $2KMnO_4 + 10KI + 8H_2SO_4 = 6K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5I_2 + 8H_2O$ .
2.  $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ .
3.  $3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$ .

*Задание 2.* Методом электронного баланса расставьте коэффициенты в приведенных ниже схемах окислительно-восстановительных реакций, указывая окислители и восстановители. Укажите, какие из этих реакций:

- являются межмолекулярными, внутримолекулярными, диспропорционирования;
- сопровождаются солеобразованием.

#### **I.**

1.  $NH_3 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$ .
2.  $NH_3 + O_2 \rightarrow NO + H_2O$ .
3.  $HCl + O_2 \rightarrow H_2O + Cl_2$ .
4.  $H_2S + O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$ .
5.  $H_2S + O_2 \rightarrow S + H_2O$ .
6.  $CuS + O_2 \rightarrow CuO + SO_2$ .

7.  $\text{ZnS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO} + \text{SO}_2$ .
8.  $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$ .
9.  $\text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$ .

## II.

1.  $\text{NaOH} + \text{Al} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + \text{H}_2$ .
2.  $\text{KOH} + \text{Si} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2$ .
3.  $\text{KOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
4.  $\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ .
5.  $\text{NaOH} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
6.  $\text{NaOH} + \text{NO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

## III.

1.  $\text{S} + \text{HNO}_3(\text{p.}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}$ .
2.  $\text{S} + \text{HNO}_3(\text{k.}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
3.  $\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{k.}) \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
4.  $\text{P} + \text{HNO}_3(\text{p.}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}$ .
5.  $\text{P} + \text{HNO}_3(\text{k.}) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
6.  $\text{C} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{k.}) \rightarrow \text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
7.  $\text{C} + \text{HNO}_3(\text{k.}) \rightarrow \text{NO}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

## IV.

1.  $\text{Cu} + \text{HNO}_3(\text{кoнц.}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
2.  $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
3.  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{k.}) \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
4.  $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
5.  $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ .
6.  $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
7.  $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
8.  $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
9.  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .
10.  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .
11.  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

## V.

1.  $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
2.  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ .
3.  $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
4.  $\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{O}_2$ .
5.  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ .
6.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ .
7.  $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ .
8.  $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$ .
9.  $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$ .

## VII.

1.  $\text{FeS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
2.  $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .

### VIII.

1.  $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
2.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .
3.  $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
4.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
5.  $\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

### IX.

1.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
2.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
3.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
4.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
5.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
6.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
7.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Окислительно-восстановительной реакции разложения соответствует схема:

- a)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- б)  $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{O}_2$ ;
- г)  $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ .

2. Не соответствует внутримолекулярной окислительно-восстановительной реакции схема:

- a)  $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- б)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

3. Окислительно-восстановительным реакциям диспропорционирования соответствуют схемы:

- a)  $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ;
- б)  $\text{HCl} + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .

4. Атомы окислителя и восстановителя находятся в составе одного и того же вещества в окислительно-восстановительных превращениях:

- a)  $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- б)  $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{NaOH} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

5. В превращении, схема которого  $\text{HClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ , число электронов отданных одной молекулой восстановителя, равно:

- a) 3;      б) 2;      в) 5;      г) 6.

6. В окислительно-восстановительной реакции, схема которой  $KI + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + NO + K_2SO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$ , сумма коэффициентов перед формулами продуктов реакции равна:

а) 7; б) 9; в) 11; г) 14.

7. Закончите уравнение окислительно-восстановительной реакции, схема которой  $KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + \dots$ . Сумма коэффициентов перед формулами исходных веществ равна:

а) 11; б) 15; в) 16; г) 20.

8. Для ОВР, протекающей по схеме  $Mg + HNO_3(\text{очень разб.}) \rightarrow Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$ , укажите химическое количество (моль) кислоты, расходуемое на солеобразование при окислении 1 моль Mg:

а) 10; б) 10/4; в) 9; г) 9/4.

9. Укажите химическое количество (моль) окислителя, которое расходуется только на окисление (без учета солеобразования) 4 моль меди в реакции с концентрированной азотной кислотой:

а) 4; б) 8; в) 16; г) 2.

### Задачи:

1. При восстановлении азотной кислоты химическим количеством 0,025 моль атомы азота присоединили  $6,02 \times 10^{22}$  электронов. Какое вещество могло выделиться в данной реакции в качестве продукта восстановления азотной кислоты?

2. При каталитическом разложении бертолетовой соли степень окисления атомов хлора изменяется с +5 до -1. Рассчитайте, какое число электронов перейдет от атомов кислорода к атомам хлора при полном разложении бертолетовой соли массой 28 г.

**Ответы:** 1.  $N_2O$ . 2.  $8.257 \times 10^{23}$ .

### Электролиз. Катодные и анодные процессы. Составление схем электролиза

*Задание 1.* Составьте электронные схемы процессов, протекающих на инертном катоде при электролизе водных растворов: натрий сульфата, никель (II) сульфата, марганец (II) сульфата, барий хлорида, серебро (I) нитрата, медь (II) сульфата, кальций нитрата, натрий нитрата, натрий фосфата, натрий фторида и воды. Получение каких металлов возможно при электролизе водных растворов их солей? В каких случаях не происходит окисление аниона соли? Сформулируйте, в каких случаях электролиз водного раствора химического соединения сводится к электролизу воды.

*Тестовые задания.* В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. При электролизе раствора цинк сульфата с инертными электродами на аноде выделяется:

а) цинк; б) водород; в) кислород; г) сера.

2. При электролизе водного раствора бромид бария на аноде:

а) окисляются катионы бария;

б) восстанавливаются бромид-ионы;

в) восстанавливаются катионы бария;

г) окисляются бромид ионы.

3. Электролизом водного раствора хлорида натрия получают одновременно:
- кислород и хлор;
  - натрий и водород;
  - водород, хлор и гидроксид натрия;
  - натрий, хлор и водород.
4. На катоде выделяется водород при электролизе водных растворов веществ:
- литий гидроксид;
  - кальций нитрат;
  - медь (II) нитрат;
  - никель (II) хлорид.
5. На аноде выделяется кислород при электролизе водных растворов веществ:
- магний хлорид;
  - цинк сульфат;
  - натрий гидроксид;
  - калий фторид.
6. Электролизом водного раствора соли нельзя получить:
- щелочь;
  - фтор;
  - ртуть;
  - йод.
7. Электролизом водного раствора соли можно получить:
- серу;
  - свинец;
  - хлор;
  - литий.
8. При электролизе водного раствора никель (II) хлорида на инертных электродах образуются:
- водород, никель (II) гидроксид, хлор;
  - кислород, водород, никель;
  - никель, водород, хлор;
  - соляную кислоту, никель.
9. Укажите, какое из веществ образует одинаковые продукты при электролизе водного раствора и расплава:
- $\text{CuCl}_2$ ;
  - $\text{KBr}$ ;
  - $\text{NaOH}$ ;
  - таких веществ не бывает.
10. При электролизе расплава соли металла II(A) группы для восстановления 48 г металла потребовалось  $24,08 \cdot 10^{23}$  электронов. Укажите символ этого металла:
- $\text{Mg}$ ;
  - $\text{Sr}$ ;
  - $\text{Ba}$ ;
  - $\text{Ca}$ .

### **Задачи:**

- При электролизе водного раствора серебро (I) нитрата с инертными электродами на аноде выделился кислород массой 12 г. Какая масса серебра была получена при этом?
- Сколько молей меди, кислорода и серной кислоты образовалось в результате полного электролиза 160 г водного раствора медь (II) сульфата с массовой долей 10 %? Определите массу раствора после электролиза и массовую долю серной кислоты в этом растворе.
- При работе электролизера, содержащего водный раствор натрия гидроксида, на аноде получили 280 л газа (н. у.). Вычислите массу вещества, разложившегося в ходе электролиза.
- При электролизе 250 г водного раствора массовой долей  $\text{NaCl}$  30 % выделилось 11,2 л водорода (н. у.). Определить массовые доли электролитов в растворе к этому моменту времени.
- При электролизе 250 г водного раствора  $\text{NaCl}$  с массовой долей соли 30 % выделился водород объемом 10 дм<sup>3</sup>(н. у.). Определите, какая часть (%) соли подверглась электролизу, и какая масса щелочи при этом образовалась.

6. Электролиз 200 см<sup>3</sup> 6%-ного водного раствора CuSO<sub>4</sub> (плотность 1,02 г/см<sup>3</sup>) продолжили до уменьшения массы раствора на 5 г. Определите массовые доли веществ в оставшемся растворе и массы продуктов, выделившихся на инертных электродах.

7. При электролизе 200 г раствора с массовой долей Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20 % на катоде выделилось 22,4 л (н. у.) водорода. Какой продукт и в каком количестве выделился на аноде? Рассчитайте массовую долю соли в оставшемся растворе.

**Ответы:** 1. 162 г. 2. 0,1; 0,05; 0,1; 152; 6,4 %. 3. 450 г. 4. 18,73 и 7,75 %. 5. 35,7 г, 69,64 %. 6. 1,13 % CuSO<sub>4</sub>; 3,08 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 4 г Cu; 1 г O<sub>2</sub>. 7. 0,5 моль, 21,98 %.

## ЗАНЯТИЕ 15. ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

### Основной объем учебного материала

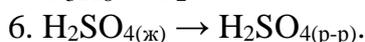
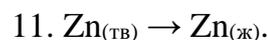
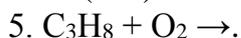
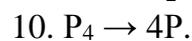
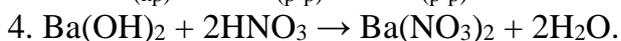
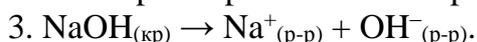
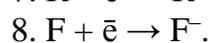
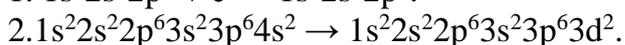
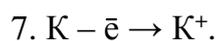
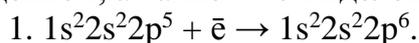
Тепловой эффект химической реакции. Термохимические уравнения.

Скорость химических реакций. Зависимость скорости химических реакций от природы и концентрации реагирующих веществ, от температуры и площади поверхности соприкосновения. Понятие о катализе. Гомогенный и гетерогенный катализ. Закон действующих масс.

### Тепловые эффекты химических реакций

*Задание 1.* Термохимическое уравнение реакции имеет вид  $2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + 483,7 \text{ кДж}$ . Укажите, эта реакция является экзотермической или эндотермической. В данной реакции энергия, которая поглотилась при разрыве связи в молекулах исходных веществ, больше или меньше энергии, которая выделилась при образовании новых связей?

*Задание 2.* Укажите, какие из описанных ниже процессов протекают с поглощением, а какие — с выделением энергии.



**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите неверные утверждения:

а) разрыв химической связи сопровождается поглощением энергии;

б) образование химической связи сопровождается поглощением энергии;

в) в эндотермической реакции количество энергии, затраченной на разрыв химической связи, меньше количества энергии, выделяющейся при образовании химической связи;

г) положительным тепловым эффектом характеризуется экзотермическая реакция.

2. Какой из перечисленных процессов является эндотермическим:
- диссоциация молекул водорода на атомы;
  - образование молекул хлора из атомов;
  - образование водородных связей между молекулами этанола и воды;
  - образование водородных связей между молекулами воды?
3. Тепловой эффект химической реакции зависит:
- от природы веществ, участвующих в реакции;
  - температуры и давления системы;
  - промежуточных стадий реакции;
  - от агрегатного состояния вступающих в реакцию и образующихся веществ.
4. На знак и величину теплового эффекта реакции не влияет:
- прочность химических связей в исходных веществах;
  - прочность химических связей в продуктах реакции;
  - агрегатное состояние веществ;
  - присутствие катализатора.
5. В результате протекания экзотермической реакции энергия системы:
- уменьшается;
  - возрастает;
  - не изменяется;
  - может увеличиваться, а может уменьшаться.
6. При составлении термохимических уравнений реакций следует указывать:
- тепловой эффект реакции;
  - агрегатное состояние исходных веществ и продуктов реакции;
  - объем сосуда, в котором протекает реакция;
  - химическое количество (моль) исходных веществ и продуктов реакции.
7. Укажите эндотермические уравнения химических реакций:
- $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{H}_2_{(г)} + \text{CO}_{2(г)} + Q$ ;
  - $3\text{Fe}_2\text{O}_3_{(т)} + \text{CO}_{(г)} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4_{(т)} + \text{CO}_{2(г)} - Q$ ;
  - $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO} - 180,8 \text{ кДж}$ ;
  - $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 130 \text{ кДж}$ ;

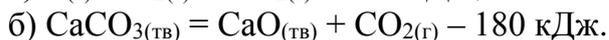
**Задачи:**

- Рассчитайте, сколько теплоты (кДж) выделится при сжигании метана объемом  $134,3 \text{ дм}^3$  (н. у.). Термохимическое уравнение реакции горения метана:  $\text{CH}_4_{(г)} + 2\text{O}_2_{(г)} = \text{CO}_2_{(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 804 \text{ кДж}$ .
- Термохимическое уравнение реакции горения серы  $\text{S}_{(тв.)} + \text{O}_2_{(г)} = \text{SO}_2_{(г)} + 296,9 \text{ кДж}$ . Какова масса (г) сгоревшей серы, если в реакции выделилось  $742,25 \text{ кДж}$ ?
- При сжигании 8 г серы до сера (IV) оксида выделяется  $73,45 \text{ кДж}$  теплоты. Вычислите теплоту образования сера (IV) оксида.
- Найдите теплоту образования (кДж/моль) сера (IV) оксида, если при сжигании серы образовалось 16 г сера (IV) оксида и выделилось  $74,225 \text{ кДж}$  теплоты.
- Теплота образования хлороводорода  $92,05 \text{ кДж}$ . Вычислите, сколько теплоты выделяется при образовании  $1 \text{ дм}^3$  хлороводорода при н. у.

6. Какую массу (г) угля, в котором 96 % углерода, а остальное — инертные примеси, нужно сжечь, чтобы получить 5700 кДж теплоты? При сгорании углерода химическим количеством 1 моль выделяется 393,5 кДж теплоты.

7. Известно, что при сгорании 1 моль углерода выделяется 393,5 кДж теплоты. Какую массу угля, содержащего 95 % углерода и инертные примеси, нужно сжечь, чтобы получить 1867,5 кДж теплоты?

8. Термохимические уравнения реакций горения угля и разложения известняка имеют вид:



Определите, сколько угля (кг) надо сжечь, чтобы выделившейся энергии хватило для получения 112 кг негашеной извести CaO.

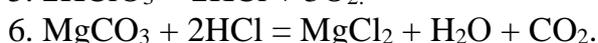
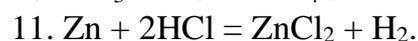
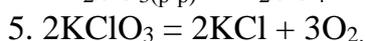
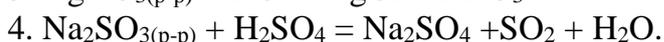
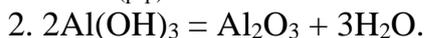
9. Взаимодействие сера (VI) оксида с водой протекает согласно следующему термохимическому уравнению  $SO_{3(ж)} + H_2O_{(ж)} = H_2SO_{4(ж)} + 130 \text{ кДж}$ . Навеску сера (VI) оксида растворили в 50 см<sup>3</sup> воды. При этом выделилось 1,95 кДж теплоты. Рассчитайте массовую долю серной кислоты в полученном растворе.

10. Растворение кристаллогидрата соли химическим количеством 1 моль сопровождается поглощением 98,7 кДж теплоты, а полная дегидратация кристаллогидрата взятого таким же количеством — поглощением 108,9 кДж теплоты. Укажите тепловой эффект реакции растворения безводной соли химическим количеством 1 моль.

**Ответы:** 1. 4824. 2. 80. 3. 293,8 кДж. 4. 296,9. 5. 4,11 кДж. 6. 181. 7. 59,9. 8. 10,485. 9. 2,87 %. 10. Q = +10,2 кДж

### Скорость химической реакции

*Задание 1.* Определите, какие из следующих реакций являются гомогенными, а какие — гетерогенными:



В каких из вышеуказанных реакций взаимодействие происходит между ионами? Скорость этих реакций будет выше или ниже, чем скорость реакции между молекулами (атомами)?

*Задание 2.* Напишите математические выражения для расчета средней скорости реакции  $2CO + O_2 = 2CO_2$ : а) по веществу CO; б) веществу O<sub>2</sub>; в) по веществу CO<sub>2</sub>. Как изменяются в ходе реакции концентрации веществ CO, O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>? Как при этом изменяется скорость данной химической реакции?

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите верные утверждения:

а) скорость химической реакции показывает изменение концентрации одного из реагирующих веществ или продукта реакции в единицу времени;

б) в ходе реакции концентрации исходных веществ уменьшаются, при этом скорость реакции — увеличивается;

в) скорость гетерогенной химической реакции может не зависеть от концентрации исходного вещества;

г) катализатор — это вещество, которое изменяет скорость реакции, формально не участвуя в ней.

**2.** В каких единицах измерения можно выразить скорость химической реакции:

а) моль · дм<sup>3</sup>/с;                      в) моль/дм<sup>3</sup> · мин;

б) моль/дм<sup>3</sup> · с;                      г) моль · мин/дм<sup>3</sup>?

**3.** Среднюю скорость химической реакции, уравнение которой  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ , можно вычислить по формулам:

а)  $v = -\frac{\Delta C(\text{O}_2)}{\Delta t}$ ;                      в)  $v = -\frac{\Delta C(\text{SO}_2)}{\Delta t}$ ;

б)  $v = +\frac{\Delta C(\text{SO}_2)}{\Delta t}$ ;                      г)  $v = +\frac{\Delta C(\text{SO}_3)}{\Delta t}$ .

**4.** На скорость гомогенной химической реакции влияют: 1) концентрация исходных веществ; 2) температура; 3) добавление катализатора; 4) природа реагирующих веществ; 5) концентрация продуктов реакции:

а) 1, 2, 3, 5;                      б) 2, 3, 4;                      в) 1, 2, 4;                      г) 1, 2, 3, 4.

**5.** Скорость химической реакции, как правило, увеличивается:

а) при повышении температуры;

б) в присутствии ингибитора;

в) при повышении концентрации реагирующих веществ в гомогенной реакции;

г) при повышении температуры только для эндотермических реакций, а для экзотермических — нет.

**6.** Скорость какой химической реакции при комнатной температуре будет ниже?

а) железа с раствором  $\text{H}_2\text{S}$  в воде;

б) железа с раствором серной кислоты;

в) раствора натрия гидроксида с серной кислотой;

г) магния с раствором серной кислоты.

### **Задачи:**

**1.** Вычислите среднюю скорость реакции (моль/дм<sup>3</sup>·с)  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$ , если концентрация вещества А до реакции была равна 0,7 моль/дм<sup>3</sup>, а через 2 мин после начала реакции стала равной 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

**2.** В запаянном сосуде протекает реакция разложения фосгена  $\text{COCl}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{Cl}_2$ . Исходная концентрация фосгена 0,1 моль/дм<sup>3</sup>. Через 8 с после начала реакции концентрация фосгена стала равной 0,02 моль/дм<sup>3</sup>. Определите среднюю скорость разложения фосгена (моль/дм<sup>3</sup>·с).

**3.** Определите среднюю скорость реакции (моль/дм<sup>3</sup>·с)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ , если через 80 с после начала реакции молярная концентрация воды была равна 0,24 моль/дм<sup>3</sup>, а через 2 мин 7 с стала равна 0,28 моль/дм<sup>3</sup>.

4. В сосуде объемом 2 дм<sup>3</sup> протекает реакция  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ . Через 2 с после начала реакции количество триоксида серы увеличилось на 0,1 моль. Определите среднюю скорость (моль/дм<sup>3</sup>·с) образования  $\text{SO}_3$ .

5. В сосуде объемом 2 дм<sup>3</sup> протекает реакция  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ . Через 4 с после начала реакции образовалось 1,7 г аммиака. Определите среднюю скорость (моль/дм<sup>3</sup>·с) образования аммиака.

6. Концентрация вещества А до реакции  $2\text{A} + \text{B} = \text{C}$  была равна 3 моль/дм<sup>3</sup>. Через 30 с концентрация вещества А стала равна 1 моль/дм<sup>3</sup>. Определите среднюю скорость химической реакции. Чему будет равна концентрация вещества С после реакции? Как изменится за это время концентрация вещества В?

7. В сосуде объемом 350 см<sup>3</sup>, содержащем катализатор, смешали азот и водород химическим количеством по 5 моль и нагрели. Через 10 с химическое количество водорода уменьшилось на 2,1 моль. Как изменилась молярная концентрация азота за это время? Определите среднюю скорость реакции (моль/дм<sup>3</sup>·с) по азоту.

8. Средняя скорость реакции  $\text{A}_{(г)} + \text{B}_{(г)} \rightarrow 2\text{C}_{(г)}$  равна 0,01 моль/дм<sup>3</sup>·с. Каковы будут концентрации (моль/дм<sup>3</sup>) веществ А, В и С через 5 секунд после начала реакции, если начальные концентрации веществ А и В равны соответственно 1 и 2 моль/дм<sup>3</sup>?

9. Начальные концентрации веществ А и В равны соответственно 2 и 3 моль/дм<sup>3</sup>. Каковы будут концентрации (моль/дм<sup>3</sup>) веществ А, В и С через 7 с после начала реакции, если средняя скорость реакции  $\text{A} + 2\text{B} \rightarrow \text{C}$  равна 0,015 моль/дм<sup>3</sup>·с?

10. Средняя скорость образования этана равна 0,02 моль/дм<sup>3</sup>·с. Определите массу (г) образовавшегося этана в сосуде объемом 5 дм<sup>3</sup> через 4 с после начала реакции.

11. В растворе вещество АВ разлагается по уравнению  $\text{AB} \rightarrow \text{C} + \text{D}$ . При 10 °С в сосуде объемом 4 дм<sup>3</sup> за 10 с химическое количество вещества АВ уменьшилось на 0,20 моль, а при 30 °С в сосуде объемом 1 дм<sup>3</sup> за 6 с — на 0,15 моль. Во сколько раз скорость этой реакции при 30 °С выше, чем при 10 °С?

**Ответы:** 1. 0,005. 2. 0,01. 3. 0,000851. 4. 0,025; 5. 0,0125. 6. 0,0667 моль/дм<sup>3</sup>·с;  $\text{C}(\text{C}) = 1$  моль/дм<sup>3</sup>;  $\text{C}(\text{B})$  ум. на 1 моль/дм<sup>3</sup>. 7.  $\text{C}(\text{N}_2)$  ум. на 2 моль/дм<sup>3</sup>; 0,2 моль/дм<sup>3</sup>·с. 8. 0,95; 1,95; 0,1. 9. 1,895 моль/дм<sup>3</sup>; 2,79 моль/дм<sup>3</sup>; 0,105 моль/дм<sup>3</sup>. 10. 12 г. 11. В 5 раз.

### Температурный коэффициент скорости химической реакции Вант-Гоффа

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Укажите верные утверждения:

а) с ростом температуры число частиц, обладающих энергией, достаточной для осуществления данной химической реакцией, возрастает в геометрической прогрессии;

б) в случае эндотермической реакции исходные вещества обладают более высокой энергией, чем продукты реакции;

в) чем энергия активации выше, тем скорость реакции меньше;  
г) при увеличении температуры на 10 градусов скорость эндотермической реакции уменьшается в 2–4 раза.

2. Катализатор увеличивает скорость реакции за счет:

а) повышения энергии активации;

б) снижения энергии активации;

в) увеличения температуры;

г) сообщения дополнительной энергии молекулам реагирующих веществ.

3. Скорость химической реакции  $2\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} - Q$  при увеличении температуры:

а) увеличится;

в) не изменится;

б) уменьшится;

г) вначале уменьшится, а затем увеличится.

### **Задачи:**

1. Во сколько раз увеличится скорость некоторой химической реакции при повышении температуры с 20 до 60 °С, если при повышении температуры на каждые 10 °С скорость реакции увеличивается в 3 раза?

2. Температурный коэффициент скорости реакции равен 4. Как изменится скорость химической реакции:

а) при повышении температуры с 35 до 65 °С?

б) повышении температуры на 20 °С?

в) понижении температуры с 70 до 40 °С?

г) при понижении температуры на 10 °С?

3. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры с 150 до 200 °С, если при повышении на 10 °С скорость увеличивается в 3 раза?

4. Скорость химической реакции при 40 °С равна 2 моль/дм<sup>3</sup>·с. Рассчитайте скорость химической реакции при 80 °С, если известно, что при повышении температуры на 10 °С скорость возрастает в 2 раза?

5. При температуре 60 °С скорость некоторой реакции равна 0,64 моль/дм<sup>3</sup>·с. Какова скорость реакции (моль/дм<sup>3</sup>·с) при 10 °С, если температурный коэффициент скорости реакции равен 2?

6. При температуре 100 °С скорость некоторой реакции равна  $3,6 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>·с. При какой температуре следует проводить эту реакцию, чтобы ее скорость стала равной  $9 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>·с? Температурный коэффициент равен 2.

7. Рассчитайте температурный коэффициент скорости реакции, если известно, что при 80 °С скорость реакции равна 1 моль/дм<sup>3</sup>·с, а при 110 °С — 27 моль/дм<sup>3</sup>·с.

8. Рассчитайте температурный коэффициент скорости реакции, если известно, что при 20 °С реакция протекает за 2 минуты, а при 50 °С — за 15 с.

9. Какие условия необходимо изменить, чтобы замедлить химическую реакцию обжига известняка  $\text{CaCO}_{3(\text{т})} = \text{CaO}_{(\text{т})} + \text{CO}_{2(\text{г})} - 180 \text{ кДж}$ ?

10. Растворение образца железа в серной кислоте при 20 °С заканчивается через 13,5 минут, а при 30 °С такой же образец металла растворяется за 4,5 минуты. За какое время данный образец железа растворится при 50 °С?

**Ответы:** 1. В 81 раз. 2. 64; 16; 64; 4. 3. 243. 4. 32 моль/дм<sup>3</sup>·с. 5. 0,02. 6. 80 °С. 7. 3. 8. 2. 9. Уменьш. темпер. и степень раздр. CaCO<sub>3</sub>. 10. 30 с.

### Закон действующих масс

*Задание 1.* Напишите математическое выражение закона действующих масс для реакции  $A_{(r)} + B_{(r)} = C_{(r)}$ . Как будет изменяться в ходе реакции ее скорость после увеличения концентрации исходных веществ?

*Задание 2.* Напишите математические выражения закона действующих масс для следующих реакций:



*Задание 3.* Скорость реакции какого из двух процессов будет зависеть от концентрации исходного вещества:  $CaCO_{3(r)} = CaO_{(r)} + CO_{2(r)}$  или  $C_{(r)} + O_{2(r)} = CO_{2(r)}$ ?

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Какая из приведенных ниже формулировок отвечает математическому выражению  $v = k \times C_{(A)} \times C_{(B)}$  для реакции  $A + B = C$ ?

а) скорость химической реакции измеряется изменением концентрации реагирующих веществ в единицу времени;

б) скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ;

в) по мере протекания химической реакции ее скорость уменьшается;

г) скорость химической реакции увеличивается в присутствии катализатора?

2. Укажите наиболее верное утверждение. Скорость химической реакции с увеличением концентраций реагирующих веществ:

а) вначале увеличивается, а затем уменьшается;

б) увеличивается;

в) может увеличиваться, а может уменьшаться;

г) вначале уменьшается, а затем увеличивается.

3. Выберите верное утверждение:

а) скорость любой химической реакции зависит от давления;

б) при уменьшении давления в газообразной системе скорость реакции увеличивается;

в) при увеличении давления в системе  $3H_2 + N_2 = 2NH_3$  в 2 раза скорость прямой реакции увеличится в 16 раз;

г) при разбавлении раствора соляной кислоты в 3 раза скорость реакции  $Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$  увеличится в 9 раз;

д) при увеличении концентрации угля в 10 раз скорость реакции  $CO_2 + C = 2CO$  увеличится в 10 раз.

4. Увеличить скорость реакции  $2NO + O_2 = 2NO_2$  можно, если:

а) уменьшить концентрацию  $O_2$ ;

б) увеличить парциальное давление  $NO$ ;

в) увеличить давление в системе;

г) увеличить объем реакционного сосуда.

5. Скорость реакции образования HI в эндотермическом процессе  $\text{H}_{2(\text{r})} + \text{I}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(\text{r})} - Q$  увеличится, если по отдельности:

- увеличить температуру; увеличить давление;
- уменьшить температуру; уменьшить давление;
- уменьшить концентрацию HI; увеличить температуру;
- увеличить концентрацию  $\text{H}_2$ ; уменьшить давление.

**Задачи:**

1. В растворе протекает реакция  $\text{A} + \text{B} = \text{C}$ . Определите скорость химической реакции (моль/дм<sup>3</sup>·с) в тот момент, когда в растворе объемом 0,2 дм<sup>3</sup> содержалось 0,1 моль вещества А и 0,2 моль вещества В. Константа скорости равна 10.

2. Как изменится скорость химической реакции, если при увеличении температуры на 30 °С константа скорости химической реакции возрастет в 100 раз?

3. Вычислите начальную скорость прямой реакции  $2\text{NO}_{(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})}$ , а также скорость этой реакции через некоторое время, когда концентрация кислорода уменьшится на 0,2 моль/дм<sup>3</sup>. Начальные концентрации кислорода и азот (II) оксида соответственно равны 0,3 и 0,6 моль/дм<sup>3</sup>, а константа скорости реакции — 0,5.

4. Определите константу скорости химической реакции  $2\text{A} + \text{B} = \text{C}$ , если известно, что скорость реакции в тот момент, когда в растворе объемом 3 дм<sup>3</sup> содержалось 1,5 моль вещества А и 1,2 моль вещества В, была равна 5 моль/дм<sup>3</sup>·с.

5. Во сколько раз увеличится скорость прямой реакции  $2\text{NO}_{(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})}$ , если молярные концентрации исходных веществ увеличить в 2 раза?

6. Во сколько раз необходимо увеличить концентрацию KOH, чтобы скорость реакции  $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  увеличилась в 64 раза?

7. Как изменится скорость реакции  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  после разбавления реагирующей смеси водой в 3 раза?

8. Во сколько раз увеличится скорость химической реакции  $2\text{NO}_{(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})}$ , если давление в сосуде увеличить в 2 раза?

9. Во сколько раз понизится скорость химической реакции  $\text{A}_{(\text{r})} + \text{B}_{(\text{r})} = 2\text{C}_{(\text{r})} + \text{D}_{(\text{r})}$ , если давление в сосуде уменьшить в 4 раза?

**Ответы:** 1. 5. 2. Ув. в 100 раз. 3. 0,054; 0,002. 4. 50. 5. 8. 6. 8. 7. Ум. в 9 раз. 8. 8. 9. 16.

## ЗАНЯТИЕ 16. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

### Основной объем учебного материала

Обратимость химических реакций. Химическое равновесие. Константа равновесия. Условия смещения химического равновесия.

*Задание 1.* Для обратимой реакции  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ , достигшей состояния равновесия, с течением времени не изменяются:

- скорости прямой и обратной реакции;
- концентрации  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- массы исходных веществ и массы продуктов реакции;

- количества моль каждого из исходных веществ и продуктов реакции;
- число молекул каждого из исходных веществ и продуктов реакции.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

**1.** При движении системы к состоянию химического равновесия:

- а) увеличиваются скорости прямой и обратной реакций;
- б) уменьшаются скорости прямой и обратной реакций;
- в) увеличивается скорость прямой реакции и уменьшается скорость обратной;
- г) уменьшается скорость прямой реакции и увеличивается скорость обратной.

**2.** В состоянии химического равновесия равны:

- а) концентрации исходных веществ и концентрации продуктов реакции;
- б) массы исходных веществ и продуктов реакции;
- в) скорости прямой и обратной реакции;
- г) суммы химического количества вещества исходных реагентов и продуктов реакции.

**3.** Выберите верные утверждения. В состоянии химического равновесия:

а) в системе присутствуют как продукты реакции, так и каждое из исходных веществ;

б) превращение веществ не происходит;

в) за единицу времени образуется столько же молекул продуктов реакций, сколько их распадается;

г) концентрации исходных веществ и продуктов реакции не изменяются;

д) система может находиться бесконечно долго, пока на нее не будет произведено внешнее воздействие.

**4.** Исходные концентрации NO и O<sub>2</sub> равны соответственно 0,03 моль/дм<sup>3</sup> и 0,04 моль/дм<sup>3</sup>. Каковы будут концентрации (моль/дм<sup>3</sup>) исходных веществ и продукта реакции в смеси в тот момент, когда прореагирует 0,01 моль кислорода?

а) C(NO) = 0,02; C(O<sub>2</sub>) = 0,03; C(NO<sub>2</sub>) = 0,01;

б) C(NO) = 0,01; C(O<sub>2</sub>) = 0,03; C(NO<sub>2</sub>) = 0,01;

в) C(NO) = 0,01; C(O<sub>2</sub>) = 0,03; C(NO<sub>2</sub>) = 0,02;

г) C(NO) = 0,02; C(O<sub>2</sub>) = 0,01; C(NO<sub>2</sub>) = 0,02.

**5.** Равновесные концентрации CO, O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> после установления равновесия

$2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$  соответственно равны 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> и 0,15 моль/дм<sup>3</sup>.

Объемная и массовая доля кислорода в исходной газовой смеси равны:

а) 0,667 и 0,636;                      в) 0,333 и 0,364;

б) 0,444 и 0,364;                      г) 0,222 и 0,208.

### **Задачи:**

**1.** Смесь сернистого газа и кислорода, содержащая вещества химическим количеством по 10 моль, пропустили над катализатором. В смеси образовалось 4 моль сера (VI) оксида. Какое химическое количество SO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> осталось в смеси? Определите состав равновесной газовой смеси в объемных % и ее среднюю молярную массу.

**2.** Определите константу химического равновесия реакции  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ , если в начальный момент реакции в реакторе объемом 1 дм<sup>3</sup> присутствовало

16 моль водорода и 12 моль кислорода, а равновесие установилось после образования 10 моль паров воды.

**3.** Равновесная концентрация азот (II) оксида в реакции  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$  составляет 4 моль/дм<sup>3</sup>, а исходные концентрации азота и кислорода — соответственно 6 и 5 моль/дм<sup>3</sup>. Определите равновесные концентрации азота и кислорода и рассчитайте константу данного химического равновесия.

**4.** В закрытом сосуде находится смесь трех газообразных веществ с концентрацией  $C(A) = 1$  моль/дм<sup>3</sup>;  $C(B) = 2$  моль/дм<sup>3</sup>;  $C(C) = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>. По истечении некоторого времени установилось химическое равновесие  $3A + B \rightleftharpoons 2C$ . Вычислите концентрации (моль/дм<sup>3</sup>) всех веществ в момент равновесия, если известно, что концентрация вещества А уменьшилась на 30 %.

**5.** Реакция протекает по уравнению  $2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O$ . Начальные концентрации водорода и кислорода соответственно равны 0,4 моль/дм<sup>3</sup> и 0,2 моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите концентрации (моль/дм<sup>3</sup>) этих реагентов в момент, когда количество водорода уменьшится на 40 %.

**6.** В закрытом сосуде смешали 4 моль сера (IV) оксида и 2 моль кислорода. К моменту наступления равновесия прореагировало 90 % от первоначального количества оксида серы. Определите состав равновесной смеси в объемных и массовых %.

**Ответы:** **1.** 6 моль; 8 моль; 33,3 %; 44,4 %; 22,2 %; 53,3 г/моль. **2.** 0,4. **3.** 4 моль/дм<sup>3</sup>; 3 моль/дм<sup>3</sup>; 1,33. **4.** 0,7; 1,9 и 0,21. **5.** 0,24 и 0,12. **6.** 9,5 %; 4,8 и 85,7 %; 8 %; 2 и 90 %.

### Смещение химического равновесия

#### Задачи:

**1.** Как повлияют на равновесие?

а) увеличение молярной концентрации азот (II) оксида в системе  $2NO_{(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2NO_{2(г)}$ ;

б) уменьшение молярной концентрации водорода в системе  $CO_{(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftharpoons H_{2(г)} + CO_{2(г)}$ ;

в) увеличение молярной концентрации хлора в системе  $4HCl_{(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(г)} + 2Cl_{2(г)}$ ;

г) удаление аммоний хлорида из системы  $NH_{3(г)} + HCl_{(г)} \rightleftharpoons NH_4Cl_{(т)}$ ;

д) увеличение парциального давления кислорода в системе:  $2SO_{2(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2SO_{3(г)}$ ;

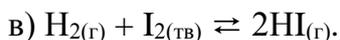
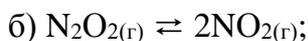
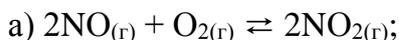
е) добавление в эту же систему катализатора.

**2.** В каком направлении сместится химическое равновесие  $N_{2(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2NO_{2(г)}$  при увеличении концентрации  $O_2$ ?

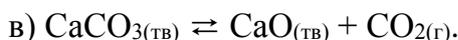
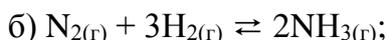
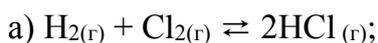
**3.** В каком направлении сместится химическое равновесие  $CH_{4(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftharpoons CO_{2(г)} + H_{2(г)}$  при увеличении концентрации  $H_2$ ?

4. В каком направлении сместится химическое равновесие  $4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$  при уменьшении концентрации  $\text{Cl}_2$ ?

5. В каком направлении сместится химическое равновесие при увеличении давления в системах?



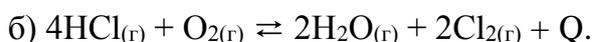
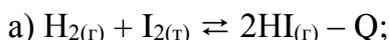
6. Для каких из указанных реакций увеличение объема сосуда приведет к смещению равновесия влево?



7. В каком направлении сместится химическое равновесие  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$  при уменьшении давления?

8. Как повлияет увеличение давления в сосуде на равновесие  $3\text{Fe}_2\text{O}_{3(г)} + \text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons 2\text{Fe}_3\text{O}_{4(г)} + \text{CO}_{2(г)}$ ?

9. В каком направлении сместится химическое равновесие при повышении температуры в системах?



10. Экзотермической или эндотермической является реакция  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ , если при повышении температуры реакционной смеси концентрация  $\text{NH}_3$  в ней уменьшается?

**Ответы:** 1. а) вправо; б) вправо; в) влево; г) вправо; д) влево; е) равновесие не сместится. 2. Вправо. 3. Влево. 4. Вправо. 5. Вправо; влево; влево. 6. Не смест.; вправо; влево. 7. Влево. 8. Не смест. 9. Вправо; влево. 10. Экзотермическая реакция.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. Равновесие в системе можно сместить:

а) изменением температуры;

б) изменением концентрации одного или всех исходных веществ;

г) добавлением катализатора;

в) изменением концентрации продуктов реакции;

д) изменением давления.

2. Укажите правильные утверждения:

а) равновесие смещается вправо, если продукт реакции выводить из равновесной смеси;

б) равновесие смещается вправо, если исходное вещество добавлять к равновесной смеси.

в) при увеличении давления в газовой системе равновесие всегда смещается влево;

г) положительные катализаторы смещают равновесие вправо, а ингибиторы влево.

**3.** Катализатор — это вещество, которое в равновесной системе:

а) увеличивает скорость только прямой реакции;

б) замедляет скорость только обратной реакции;

в) смещает равновесие обратимой реакции вправо;

г) ускоряет достижение равновесия;

**4.** Каким воздействием можно сместить химическое равновесие  $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} - Q$  в сторону прямой реакции?

а) понизить температуру;      д) уменьшить концентрацию  $N_2$ ;

б) повысить температуру;      е) увеличить концентрацию  $O_2$ ;

в) повысить давление;      ж) увеличить концентрацию  $NO$ ;

г) добавить катализатор;      з) увеличить объем реакционного сосуда.

**5.** Повышение давления приведет к смещению равновесия в сторону образования исходных веществ для обратимых реакций:

а)  $MgCO_{3(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + MgO_{(s)}$ ;      в)  $CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ ;

б)  $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ ;      г)  $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ .

**6.** В обратимой реакции  $2NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2NOCl_{(g)} + 73,6 \text{ кДж}$  на смещение равновесия в одном направлении будут действовать:

а) повышение температуры и давления;

б) понижение температуры и давления;

в) понижение температуры и повышение давления;

г) повышение давления и добавление  $NOCl$ .

**7.** В системе установилось равновесие  $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$ . При уменьшении концентрации исходных веществ:

а) равновесие сместится влево;

б) повысится скорость прямой реакции;

в) снизится скорость прямой реакции;

г) снизится скорость обратной реакции;

д) равновесие сместится вправо.

### Классификация химических реакций

*Задание 1.* Охарактеризуйте нижеприведенные реакции по признаку:

а) соотношение числа исходных веществ и продуктов реакции;

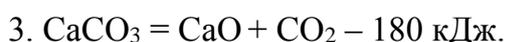
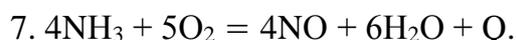
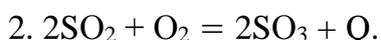
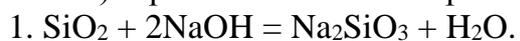
б) изменение степени окисления атомов;

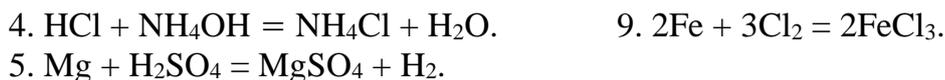
в) выделение или поглощение тепловой энергии в ходе химической реакции;

г) обратимость;

д) участие катализатора;

е) агрегатное состояние реагирующих веществ.





**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

1. В число признаков, по которым классифицируют химические реакции, не входит:

- а) тепловой эффект;
- б) соотношение числа исходных веществ и продуктов реакции;
- в) природа реагирующих веществ;
- г) наличие или отсутствие катализатора.

2. По признаку соотношения числа исходных веществ и продуктов реакции химические реакции можно разделить:

- а) на эндотермические;                      г) реакции разложения;
- б) гетерогенные;                              д) ОВ реакции;
- в) реакции замещения;                      е) на реакции соединения.

3. К необратимым химическим реакциям относятся реакции, протекающие:

- а) только в направлении получения исходных веществ;
- б) только в направлении получения продуктов реакции;
- в) при повышенной температуре;
- г) как с образованием продукта реакции, так и с его разложением.

4. Охарактеризуйте реакцию  $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO} + \text{Q}$ :

- а) эндотермическая;                      в) ОВР;                                      д) гомогенная.
- б) соединения;                              г) замещения;

5. Какие из приведенных уравнений соответствуют экзотермическим, гомогенным реакциям без изменения степени окисления:

- а)  $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO} - \text{Q}$ ;                      в)  $\text{KOH}_{(p-p)} + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- б)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 + \text{Q}$ ;                      г)  $\text{H}_2\text{SO}_{4(j)} \rightarrow 2\text{H}^+_{(p-p)} + \text{SO}_4^{2-}_{(p-p)}$ .

6. Примером гетерогенной реакции, исходные вещества и продукты которой находятся в трех разных агрегатных состояниях, является взаимодействие между:

- а)  $\text{CuO}$  и  $\text{CO}$ ;
- б)  $\text{Zn}$  и  $\text{CuSO}_4$  (водный раствор);
- в)  $\text{Zn}$  и соляной кислотой;
- г)  $\text{CuO}$  и азотной кислотой;
- д) раствором  $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$  и серной кислотой;

## **ЗАНЯТИЕ 17. ВОДОРОД. ВОДА. ПЕРОКСИД ВОДОРОДА. ГАЛОГЕНЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ**

### **Основной объем учебного материала**

Особенности положения в периодической системе. Электронное строение атома. Простое вещество и соединения водорода в природе. Химические свойства. Получение и применение водорода. Вода: строение, физические и химические свойства. Роль воды в природе. Химические особенности пероксида водо-

рода: строение молекулы, химические связи в молекуле, окислительно-восстановительные и кислотно-основные свойства. Пероксиды.

Положение галогенов в периодической системе элементов и особенности электронного строения их атомов. Закономерности изменения свойств атомов галогенов по группе: заряд ядра, радиус атома, электроотрицательность. Распространенность галогенов в природе.

Простые вещества галогены: состав молекул и физические свойства. Химические свойства галогенов: взаимодействие с металлами, водородом, способность вытеснять друг друга из растворов солей. Особенности химии фтора.

Галогеноводороды и их соли. Качественные реакции на галогенид-ионы. Хлороводород, соляная кислота. Химические свойства соляной кислоты: электролитическая диссоциация, взаимодействие с металлами, основными оксидами, основаниями, солями. Применение соляной кислоты и хлоридов.

Взаимодействие хлора с водой и со щелочами. Кислородсодержащие кислоты хлора: состав молекул, графические формулы, кислотные и окислительные свойства. Хлораты. Биологическое значение и применение галогенов и их соединений.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Водород и его соединения

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

#### ТЕСТ 1

1. Выберите утверждения справедливые как для водорода, так и для галогенов:

- а) молекулы простых веществ состоят из двух атомов;
- б) могут проявлять в соединениях степень окисления -1;
- в) в соединениях со щелочными металлами характерна ионная химическая связь;
- г) неспаренный электрон находится на p-орбитали.

2. Выберите утверждения справедливые как для водорода, так и для щелочных металлов:

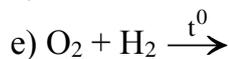
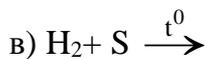
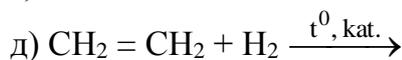
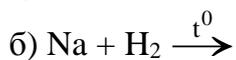
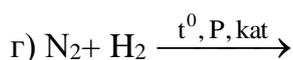
- а) до завершения внешнего энергетического уровня не хватает одного электрона;
- б) проявляют в соединениях только положительную степень окисления;
- в) при взаимодействии с хлором образуют хлориды;
- г) проявляют восстановительные свойства;
- д) неспаренный электрон находится на s-орбитали.

3. Выберите утверждения, в которых идет речь именно о простом веществе водород:

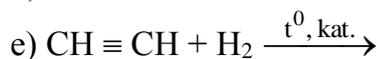
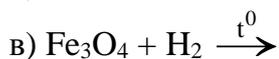
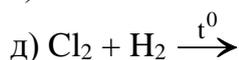
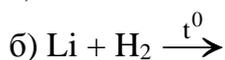
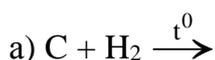
- а) существует в виде различных изотопов;
- б) имеет температуру кипения  $-252,72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- в) малорастворим в воде;
- г) может быть получен при электролизе воды.



7. Отметьте схемы реакций, в которых водород проявляет восстановительные свойства:



8. Укажите схемы реакций, в которых водород проявляет себя как окислитель:



9. Молекулярный водород является реагентом при промышленном получении:

а) вольфрама из его оксида;

в) хлороводорода;

б) алюминия из его оксида;

г) аммиака;

10. Водород выделяется, когда с водой реагируют:

а) Na;

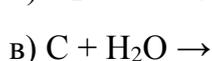
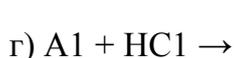
б) NaHS;

в) SO<sub>2</sub>;

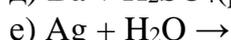
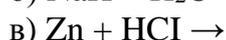
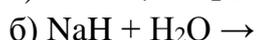
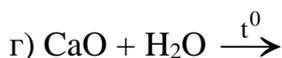
г) Fe;

д) LiH.

11. Отметьте схемы реакций, которые используются при промышленном получении водорода:



12. В лаборатории водород получают при химическом взаимодействии веществ:



### ТЕСТ 3

1. Не могут существовать порции воды, образованной наиболее распространенными нуклидами водорода и кислорода, массой:

а) 558 а.е.м.;

в) 549 а.е.м.;

д)  $1,992 \cdot 10^{-23}$  г.

б) 1 г;

г) 9 а.е.м.

2. Выберите правильные утверждения относительно строения молекулы воды:

а) молекула линейная и полярная;

б) ядра всех атомов лежат в одной плоскости;

в) общее число протонов в молекуле равно общему числу электронов;

г) ядра всех атомов не лежат на одной прямой;

д) в образовании химических связей участвует 4 электрона;

е) в молекуле есть 2 несвязывающие (неподеленные) электронные пары.

3. Укажите последовательность формул воды, расположенных в порядке увеличения температуры ее кипения:

- а) D<sub>2</sub>O; HDO; DTO; H<sub>2</sub>O;      в) H<sub>2</sub>O; HDO; D<sub>2</sub>O; DTO;  
б) DTO; H<sub>2</sub>O; HDO; D<sub>2</sub>O;      г) HDO; H<sub>2</sub>O; D<sub>2</sub>O; DTO.

4. При образовании иона гидроксония молекула воды является:

- а) донором катиона водорода;  
б) акцептором катиона водорода;  
в) донором электронной пары;  
г) акцептором электронной пары;  
д) окислителем;  
е) восстановителем.

5. Укажите формулы оксидов, взаимодействующих с водой при температуре 25 °С:

- а) азот (II)-оксид;      г) углерод (II)-оксид;      ж) сера(IV)-оксид.  
б) кальций оксид;      д) фосфор(V)-оксид;  
в) кремний (IV)-оксид;      е) медь(II)-оксид;

6. Как при обычных условиях, так и при нагревании с водой не реагирует металл:

- а) железо;      б) магний;      в) серебро;      г) никель.

7. Выберите ионы, химически реагирующие с водой:

- а) Cu<sup>2+</sup>;      в) SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>;      д) Zn<sup>2+</sup>;      ж) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>;  
б) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>;      г) Li<sup>+</sup>;      е) CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>;      з) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

8. Укажите вещества, реагируя с которыми вода проявляет свойства окислителя:

- а) фтор;      г) натрий сульфид;      ж) хлор;  
б) калий гидрид;      д) барий оксид;      з) барий нитрид.  
в) кальций силицид;      е) калий;

9. Свойства восстановителя вода может проявлять, реагируя:

- а) с йодом;      в) фтором;  
б) кобальтом;      г) с натрий нитридом.

10. Укажите вещества, при взаимодействии которых с водой при 20 °С образуются газы:

- а) кальций карбид;      г) железо;  
б) литий нитрид;      д) кальций;  
в) алюминий карбонат;      е) кальций гидрид.

**Запишите уравнения реакций, при помощи которых могут быть осуществлены следующие превращения:**

1.  $H_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2 \rightarrow H_2O \rightarrow H_2$ .
2.  $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4Cl \rightarrow HCl \rightarrow NaCl \rightarrow H_2$ .
3.  $X \xrightarrow{NaOH (раствор)} Y \xrightarrow{FeO} Z \xrightarrow{HCl} Y$ .
4.  $K \rightarrow KH \rightarrow H_2 \rightarrow H_2S \rightarrow H_2$ .
5.  $CH_4 \rightarrow H_2 \rightarrow H_2O \rightarrow O_2 \rightarrow CO \rightarrow H_2$ .
6.  $KOH \rightarrow H_2 \rightarrow KH \rightarrow H_2 \rightarrow HCl \rightarrow H_2$ .

**Решите следующие задачи:**

1. Определите относительную плотность по воздуху газовой смеси, состоящей из водорода, азота и аммиака, массовые доли которых соответственно равны 5, 50 и 45 %.

2. В смеси азота и водорода их объемы относятся как 1 : 3. При пропускании этой смеси над катализатором прореагировало 40 % смеси. Найдите объемные доли компонентов в конечной смеси.

3. После взрыва 1 дм<sup>3</sup> смеси водорода и кислорода осталось 400 см<sup>3</sup> (н. у.) водорода. Найдите массовую долю водорода (%) в исходной смеси.

4. После сжигания смеси водорода с избытком кислорода и конденсации воды объем газообразных продуктов оказался вдвое меньшим, чем объем исходной смеси. Каков состав исходной смеси в объемных процентах?

5. В контактный аппарат для получения водорода пропустили 100 дм<sup>3</sup> угарного газа и 600 дм<sup>3</sup> водяного пара (н. у.). Определите состав образующейся равновесной смеси (в об.%), если при пропускании 14 дм<sup>3</sup> ее через раствор щелочи образовалось 4,24 г карбоната и 3,36 г гидрокарбоната натрия.

6. Какой объем водорода (н. у., дм<sup>3</sup>) выделится при взаимодействии гидрида кальция с водой, если для нейтрализации полученного при этом раствора потребовалось 43,67 см<sup>3</sup> раствора HCl с массовой долей 29,2 % и плотностью 1,145 г/см<sup>3</sup>.

7. Рассчитайте, сколько литров стехиометрической смеси водорода с кислородом было использовано при получении воды, если при этом выделилось 190,4 кДж теплоты (теплота образования жидкой воды равна 285,5 кДж/моль).

**Ответы:** 1. 0,497. 2. 56,25 %; 18,75 %; 25 %. 3. 19,9 %. 4. 33,3 %; 66,7 %. 5. 12,8 %; 12,8 %; 1,49 %; 72,9 %. 6. 8,96 дм<sup>3</sup>. 7. 22,4 л.

**Галогены и их соединения**

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

**ТЕСТ 1**

1. Установите соответствие между названиями минералов и формулами, описывающими их состав:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1) каменная соль; | а) CaI <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O;        |
| 2) карналлит;     | б) Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> ;           |
| 3) сильвинит;     | в) NaCl · KBr;                                  |
| 4) флюорит;       | г) NaF · 6H <sub>2</sub> O;                     |
| 5) криолит.       | д) KCl · MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O; |
|                   | е) NaCl;  |
|                   | ж) CaF <sub>2</sub> ;                           |
|                   | з) KCl · NaCl.                                  |

1	2	3	4	5

2. Укажите выражения, в которых идет речь о галогенах — простых веществах:

- а) галогены имеют характерный резкий запах и являются весьма токсичными;
- б) без фтора невозможно нормальное развитие костного скелета человека;
- в) недостаток йода в воде и пище снижает выработку гормона щитовидной железы;
- г) галогены хорошо растворяются в органических растворителях, хуже — в воде.

3. В ряду  $F_2 \rightarrow Cl_2 \rightarrow Br_2 \rightarrow I_2$ :

- а) уменьшается энергия связи между атомами;
- б) уменьшается длина связи в молекулах;
- в) усиливаются окислительные свойства простых веществ;
- г) уменьшается реакционная способность простых веществ.

4. Укажите правильное утверждение:

- а) атомы галогенов имеют одинаковое число валентных электронов;
- б) атомы всех галогенов имеют равное число валентных орбиталей;
- в) максимальная валентность атомов любого из галогенов может быть равна 7;
- г) для атомов галогенов валентными являются только p-электроны.

5. Максимальная валентность атома фтора равна:

- а) I;                                      б) III;                                      в) IV;                                      г) VII.

6. Аниону хлора соответствует схема распределения электронов по слоям:

- а) 2, 8, 8;                              б) 2, 8, 18, 8;                              в) 2, 8, 7;                              г) 2, 8.

7. При растворении хлора в холодной воде образуются:

- а)  $HClO_3$  и  $HCl$ ;                      б)  $HCl$  и  $O_2$ ;                              в)  $HClO$  и  $HCl$ ;                              г)  $HCl$  и  $H_2$ .

8. При пропускании хлора через горячий водный раствор калий гидроксида получают продукты:

- а)  $KClO_3$  и  $KCl$ ;                      б)  $KClO_3$  и  $H_2$ ;                              в)  $KCl$  и  $KClO$ ;                              г)  $KCl$  и  $O_2$ .

9. Укажите схемы реакций, протекание которых в водном растворе невозможно:

- а)  $KBr + I_2 \rightarrow$                       б)  $KBr + Cl_2 \rightarrow$                               в)  $KCl + I_2 \rightarrow$                               г)  $KCl + Br_2 \rightarrow$

10. Оба вещества — водород и хлор — взаимодействуют:

- а) с водой;
- б) кальцием;
- в) аммиаком;
- г) с натрий гидроксидом.

11. Хлор, в отличие от водорода, реагирует:

- а) с водными растворами щелочей;
- б) активными металлами;
- в) растворами бромидов металлов;
- г) с кислородом.

12. И хлор, и бром реагируют:

- а) с водородом;
- б) растворами йодидов металлов;
- в) растворами фторидов металлов;
- г) с водой.

13. Атомы хлора проявляют свойства и окислителя, и восстановителя при взаимодействиях:



14. Хлор в лаборатории получают взаимодействием:

- а) натрия хлорида с концентрированной серной кислотой;
- б) бертолетовой соли с концентрированной азотной кислотой;
- в) концентрированной соляной кислоты с калий перманганатом;
- г) хлората калия с фосфор (V)-оксидом.

15. При электролизе водного раствора калий хлорида получают одновременно:

- а)  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{KOH}$ ;      б)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{KOH}$ ;      в)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{K}$ ;      г)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ .

## ТЕСТ 2

1. Выберите правильные утверждения. В ряду галогеноводородов  $\text{HF} - \text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ :

- а) восстановительные свойства ослабевают;
- б) кислотные свойства усиливаются;
- в) увеличивается длина связи водород – галоген;
- г) растет энергия связи водород – галоген;
- д) увеличивается способность к образованию межмолекулярных связей;
- е) только фтороводород является жидкостью при н. у.

2. Выберите правильные утверждения, характеризующие процесс растворения в воде хлороводорода:

- а) при растворении изменяется агрегатное состояние вещества;
- б) происходит гетеролитический разрыв связей в молекулах;
- в) образуются ионы гидроксония;
- г) рН воды ниже, чем рН образовавшегося раствора;

3. Соляная кислота взаимодействует с каждым веществом в рядах:

- а) натрий карбонат, кальций гидрокарбонат, цинк, алюминий оксид;
- б) бертолетова соль, медь(II)-оксид, свинец(IV)-оксид, конц. азотная кислота;
- в) калий гидросульфит, калий бромид, конц. серная кислота, кальций нитрат;
- г) марганец(II)-оксид; кальций карбонат, натрий силикат, аммиак;
- д) малахит, доломит, бертолетова соль, флюорит.

4. Хлороводород проявляет кислотные свойства, взаимодействуя:

- а) с известковой водой;                      в) пищевой содой;                      д) с аммиаком.
- б) хлоратом калия;                              г) с мелом;

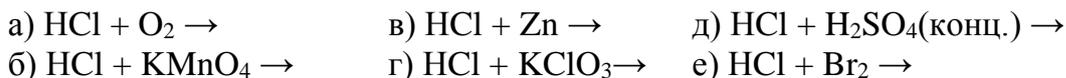
5. Хлороводород проявляет восстановительные свойства, взаимодействуя:

- а) с марганец(II)-оксидом;
- б) олово (IV)-оксидом;
- в) мелом;
- г) с кислородом.

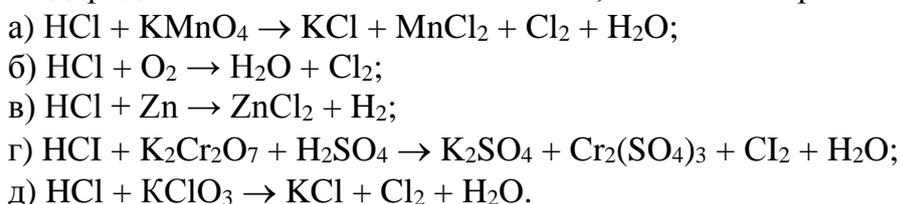
6. Хлороводород проявляет окислительные свойства, взаимодействуя:

- а) с  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;      б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;      в)  $\text{FeO}$ ;      г)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;      д) с  $\text{Fe}$ .

7. Укажите, какие взаимодействия могут привести к выделению свободного хлора:



8. Выберите схемы окислительно-восстановительных реакций, в которых хлороводород является как восстановителем, так и солеобразователем:



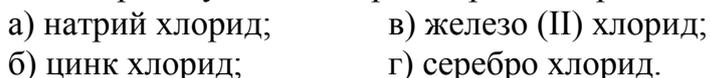
9. При взаимодействии в водном растворе 1 моль калий тетрагидроксоцинката и 2 моль хлороводорода сумма стехиометрических коэффициентов в сокращенном ионном уравнении равна:



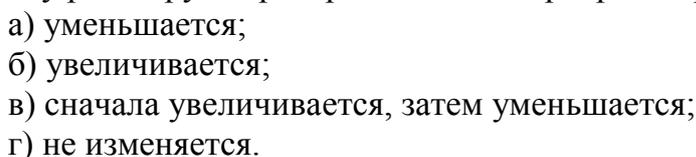
10. Значение pH в 0,001 М растворе соляной кислоты равно:



11. Гидролизу в водном растворе подвергаются соли:



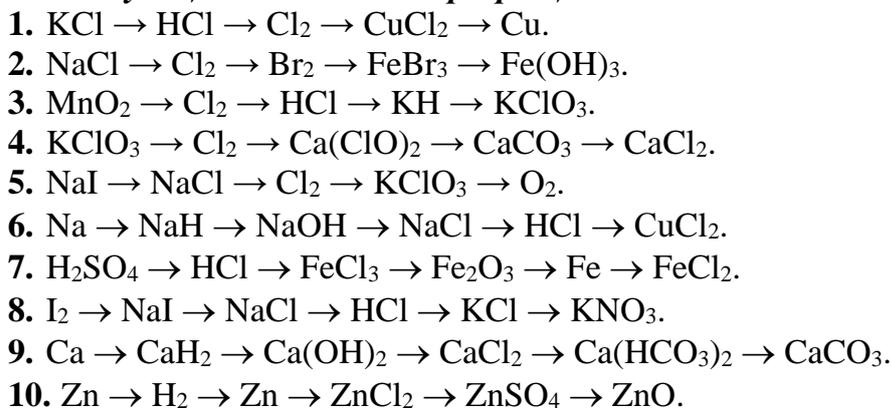
12. При постепенном (по каплям) добавлении раствора соляной кислоты к водному раствору гидрокарбоната калия pH раствора:



13. Выберите возможные численные значения молярной массы (г/моль) газовой смеси, состоящей из HF и HCl:



*Запишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:*



*Решите следующие задачи:*

1. Газовая смесь, состоящая из водорода и хлора, объемом 6,72 дм<sup>3</sup> (н. у.) имеет массу 7,50 г. Определите объемную долю хлора в смеси.

2. Смесь водорода и хлора объемом  $12 \text{ дм}^3$  облучили светом. Через некоторое время установили, что объем хлороводорода равен  $3 \text{ дм}^3$  и в реакцию вступило 30 % хлора. Определите объемную долю хлора в конечной смеси. Все объемы приведены к н. у.

3. 1,6 г смеси бромида и хлорида калия нагревали в токе сухого хлора до постоянной массы, которая оказалась равной 1,378 г. Определите массовую долю бромида калия в исходной смеси.

4. Смесь хлорида калия, бромида калия и иодида калия массой 7,020 г обработали избытком брома, затем нагрели до постоянной массы, которая составила 6,55 г. Остаток обработали избытком хлора, затем также нагревали до постоянной массы, равной 5,215 г. Найдите массы бромида и иодида калия в исходной смеси.

5. К раствору, содержащему 3,88 г смеси бромида калия и йодида натрия, добавили  $78 \text{ см}^3$  10%-ного раствора нитрата серебра (плотность  $1,09 \text{ г/см}^3$ ). Выпавший осадок отфильтровали. Фильтрат может прореагировать с  $13,3 \text{ см}^3$  соляной кислоты с концентрацией  $1,5 \text{ моль/дм}^3$ . Определите массовые доли солей в исходной смеси и объем хлороводорода (при н. у.), необходимый для приготовления израсходованного раствора соляной кислоты.

6. 68,3 г смеси нитрата, иодида и хлорида калия растворили в воде и обработали хлорной водой, получили 25,4 г йода. Такой же раствор обработали нитратом серебра, получили 75,7 г осадка. Определить состав исходной смеси.

7. Сколько  $\text{дм}^3$  воды надо прибавить к  $3 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{HCl}$  с массовой долей 37 % (пл.  $1,19 \text{ г/мл}$ ), чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{HCl}$  20 %?

8. Какой объем ( $\text{дм}^3$ ) хлороводорода надо растворить в  $100 \text{ дм}^3$  воды, чтобы получить раствор соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  30 %?

9. В  $150 \text{ г}$  раствора с массовой долей  $\text{HCl}$  20 % опустили цинковую пластинку. Через некоторое время ее вынули, промыли и высушили. При этом оказалось, что масса пластинки уменьшилась на 6,5 г. Определите массовую долю  $\text{HCl}$  в оставшемся растворе.

10. В раствор хлорида двухвалентного металла, содержащего 3,2 г ионов металла, погрузили железную пластинку массой 50 г. После полного выделения металла масса пластинки возросла на 0,8 %. Хлорид какого металла был взят?

11.  $12,5 \text{ г}$  насыщенного при  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  раствора  $\text{KI}$  охладили до  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Выпавший осадок отфильтровали. Сколько  $\text{дм}^3 \text{ Cl}_2$  надо для полного выделения йода из оставшегося в фильтрате  $\text{KI}$ , если массовые доли вещества в насыщенных растворах при  $80$  и  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  соответственно равны 0,68 и 0,60.

12. Образец железа прореагировал с соляной кислотой. Другой образец железа такой же массы прореагировал с хлором. Оказалось, что масса хлора, вступившего в реакцию, больше массы  $\text{HCl}$  на 3,35 г. Определите массу железа в образце.

13. Массовая доля  $^2\text{H}$  в составе смеси  $^2\text{H } ^{35}\text{Cl}$  и  $^1\text{H } ^{35}\text{Cl}$  равна 4 %. Определите массовую долю (в процентах)  $^1\text{H}$  в смеси.

**Ответы:** 1. 33,3 %. 2. 29,17 %. 3. 37,19 %. 4. 2,38 г; 1,66 г. 5. 61,3 %; 38,7 %;  $448 \text{ см}^3$ . 6. 33,2 г; 20,2 г; 14,9 г. 7.  $3,03 \text{ дм}^3$ . 8.  $26301 \text{ дм}^3$ . 9. 14,52 %. 10.  $\text{Cu}$ . 11.  $0,4 \text{ дм}^3$ . 12. 5,6 г. 13. 0,72 %.

## ЗАНЯТИЕ 18. ЭЛЕМЕНТЫ VIA П/ГР. И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

### Основной объем учебного материала

Сравнительная характеристика строения внешних электронных оболочек атомов химических элементов VIA-группы. Закономерности изменения свойств атомов элементов VIA-группы: заряд ядра, радиус атома, электроотрицательность. Распространенность в природе.

Кислород и сера, физические свойства простых веществ. Аллотропия кислорода и серы. Химические свойства кислорода и серы: взаимодействие с металлами, неметаллами. Реакции горения. Применение простых веществ кислорода и серы. Кислород и сера в природе, круговорот кислорода.

Водородные соединения кислорода и серы. Вода. Строение молекулы, физические и химические свойства. Пероксид водорода: состав, электронная и графическая формула молекулы. Химические свойства сероводорода: электролитическая диссоциация, взаимодействие с металлами, оксидами металлов, основаниями, солями. Сульфиды, распознавание сульфид-ионов в растворе.

Оксиды серы (IV) и серы (VI): состав, электронные и графические формулы молекул. Кислотные свойства оксидов, взаимодействие оксидов с водой.

Сернистая кислота: электронная и графическая формулы молекулы. Химические свойства сернистой кислоты: электролитическая диссоциация, взаимодействие с металлами, оксидами металлов, основаниями, солями. Сульфиты, распознавание сульфит-ионов в растворе.

Серная кислота: электронная и графическая формулы молекулы, физические свойства. Химические свойства разбавленной серной кислоты: электролитическая диссоциация, взаимодействие с металлами, оксидами металлов, основаниями, солями. Особенности взаимодействия концентрированной серной кислоты с металлами. Химические реакции, лежащие в основе промышленного получения серной кислоты. Сульфаты. Качественная реакция на сульфат-ионы. Применение серной кислоты и ее солей.

### Задания для аудиторной и самостоятельной работы

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов:

#### ТЕСТ 1

1. Выберите правильные утверждения. Все элементы VIA группы:

- а) являются неметаллами;
- б) имеют равное число валентных электронов;
- в) имеют равное число валентных орбиталей;
- г) проявляют максимальную валентность равную шести;
- д) в наиболее окисленном состоянии имеют степень окисления +6;
- е) имеют равное число неспаренных электронов в основном состоянии;
- ж) являются р-элементами.

2. Атомный радиус уменьшается слева направо в ряду:

- а) O, S, Se, Te;      б) Se, S, Te, O;      в) S, Se, O, Te;      г) Te, Se, S, O.

3. Электронная формула, соответствующая атому с наиболее выраженными окислительными свойствами:

- а)  $\dots 3s^2 3p^4$ ;      б)  $\dots 2s^2 2p^4$ ;      в)  $\dots 5s^2 5p^4$ ;      г)  $\dots 3d^{10} 4s^2 4p^4$ .

4. Отметьте формулу иона с наиболее выраженными восстановительными свойствами:

- а)  $S^{2-}$ ;      б)  $Se^{2-}$ ;      в)  $Te^{2-}$ ;      г)  $O^{2-}$ .

5. В составе водородного соединения халькогена химическим количеством 0,1 моль содержится  $2,17 \cdot 10^{24}$  электронов. Этим халькогеном является:

- а) кислород;      б) сера;      в) селен;      г) теллур.

6. 1 моль кислоты  $H_2Э$  растворили в воде. Если степень диссоциации кислоты по первой ступени 80 %, а по второй — 20 %, то химическое количество (моль) анионов  $HЭ^-$  в растворе после установления равновесия равно:

- а) 0,72;      б) 0,64;      в) 0,8;      г) 0,6.

## ТЕСТ 2

1. Термин «аллотропия кислорода» используют, так как для кислорода:

- а) известны его различные нуклиды;  
б) возможно существование в различных агрегатных состояниях в зависимости от условий;  
в) возможно существование в виде различных простых веществ;  
г) характерны реакции окисления как простых, так и сложных веществ.

2. Укажите верные утверждения относительно кислорода. В отличие от других халькогенов:

- а) максимальная валентность равна четырем;  
б) при обычных условиях может существовать в виде двухатомной молекулы;  
в) имеет более выраженные окислительные свойства;  
г) является газом при обычных условиях.

3. Кислород не может проявлять в соединениях степень окисления:

- а)  $-2$ ;      б)  $-1/2$ ;      в)  $+1$ ;      г)  $-4$ .

4. Кислород не может проявлять в соединениях валентность:

- а) II;      б) III;      в) IV;      г) VI.

5. Валентность, равную трём, кислород проявляет:

- а) в  $H_2O_2$ ;      б)  $H_3O^+$ ;      в)  $HNO_3$ ;      г) в  $CO$ .

6. Кислород проявляет положительную степень окисления в соединениях:

- а)  $Na_2O_2$ ;      б)  $KO_3$ ;      в)  $OF_2$ ;      г)  $BaO_2$ ;      д)  $O_2F_2$ .

7. С молекулярным кислородом не реагируют:

- а)  $CO_2$ ;      в)  $NO$ ;      д)  $H_2S$ ;      ж)  $SO_3$ .  
б)  $CO$ ;      г)  $Fe_3O_4$ ;      е)  $NH_3$ ;

8. Кислород образуется при термическом разложении:

- а)  $MgCO_3$ ;      б)  $Hg(NO_3)_2$ ;      в)  $Al(OH)_3$ ;      г)  $(ZnOH)_2CO_3$ .

9. При прокаливании какого из веществ, взятых равным химическим количеством, выделяется наибольшее количество (моль) кислорода:

- а)  $KClO_3$ ;      б)  $KMnO_4$ ;      в)  $KNO_3$ ;      г)  $HgO$ .

### ТЕСТ 3

1. Аллотропные модификации кислорода отличаются:

- а) количественным составом;
- б) качественным составом;
- в) агрегатным состоянием при 25 °С;
- г) запахом;
- д) химической активностью.

2. При полном озонировании кислорода объемом 50 см<sup>3</sup> в озонаторе не изменяется:

- а) химическое количество вещества;
- б) масса;
- в) число молекул;
- г) число атомов;
- д) давление.

3. Укажите верные утверждения, характеризующие озон:

- а) в отличие от молекулярного кислорода при обычных условиях окисляет серебро и ртуть;
- б) проявляя окислительные свойства, в качестве одного из продуктов образует молекулярный кислород;
- в) для качественного и количественного определения озона можно использовать его взаимодействие с водным раствором калий иодида;
- г) может быть использован для очистки питьевой воды.

4. Имеется смесь равных объемов O<sub>2</sub> и O<sub>3</sub>. Плотность этой газовой смеси по водороду равна:

- а) 20;                      б) 40;                      в) 16;                      г) 24.

5. Плотность озонированного кислорода может быть большей, чем плотность (измеренная в тех же условиях):

- а) смеси водорода и гелия;                      в) хлора и криптона;
- б) угарного газа и азота;                      г) аргона и криптона.

### ТЕСТ 4

1. Пероксид водорода может проявлять свойства:

- а) окислителя;                      в) сильной кислоты;                      д) свойства основания.
- б) восстановителя;                      г) слабой кислоты;

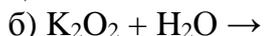
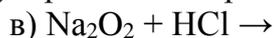
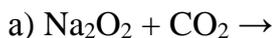
2. Реакция разложения пероксида водорода:

- а) сопровождается образованием только простых веществ;
- б) относится к реакциям диспропорционирования;
- в) сопровождается изменением степени окисления атомов водорода;
- г) сопровождается изменением степени окисления только атомов кислорода.

3. Пероксид водорода проявляет восстановительные свойства в реакции:

- а)  $3\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ;
- б)  $3\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{AuCl}_3 = 3\text{O}_2 + 2\text{Au} + 6\text{HCl}$ ;
- в)  $4\text{H}_2\text{O}_2 + \text{PbS} = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

4. Выберите схемы реакций с участием пероксидов, которые могут сопровождаться выделением молекулярного кислорода:



### ТЕСТ 5

1. Установите соответствие между названиями минералов и формулами, описывающими их состав:

1) киноварь;

а)  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;

2) природный гипс;

б)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;

3) горькая соль;

в)  $\text{HgS}$ ;

4) глауберова соль;

г)  $\text{FeS}_2$ ;

5) халькопирит.

д)  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;

е)  $\text{CuFeS}_2$ ;

ж)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;

з)  $\text{MgSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

1	2	3	4	5

2. Сера в свободном состоянии при 25 °С образует наиболее стабильные молекулы состава:

а)  $\text{S}_4$ ;

б)  $\text{S}_2$ ;

в)  $\text{S}_6$ ;

г)  $\text{S}_8$ .

3. Укажите правильные утверждения относительно строения молекулы ромбической серы:

а) имеет плоское строение;

б) в образовании химической связи участвуют 16 электронов;

в) все связи в молекуле  $\sigma$ -типа;

г) общее число неподеленных электронных пар в молекуле — 8.

4. Укажите массовое число нуклида, образовавшего кристаллическую серу химическим количеством 0,01 моль, если этот образец серы содержит 4,16 моль элементарных частиц.

а) 32;

б) 33;

в) 34;

г) 36.

5. Сера проявляет восстановительные свойства при взаимодействии (в необходимых условиях):

а) с водородом;

в) железом;

д) кислородом;

б) хлором;

г) азотной кислотой;

е) с калий дихроматом.

6. Сера проявляет окислительные свойства при взаимодействии (в необходимых условиях):

а) с алюминием;

в) фосфором;

д) конц. серной кислотой;

б) углеродом;

г) медью;

е) с калий перманганатом.

7. Свободная сера может образоваться при взаимодействии:

а) сера(IV)-оксида и серной кислоты;

б) сера(IV)-оксида и сероводородной кислоты;

в) сера(IV)-оксида и азотной кислоты;

г) сероводорода и серной кислоты;

8. Схеме превращения  $S^2 \rightarrow S^0$  соответствует взаимодействие:

- а) сероводорода с избытком кислорода;
- б) натрий сульфида с соляной кислотой;
- в) сероводорода с сера(IV)-оксидом;
- г) пирита с конц. азотной кислотой.

### ТЕСТ 6

1. Выберите верные утверждения, характеризующие водородные соединения халькогенов в ряду  $H_2O - H_2S - H_2Se - H_2Te$ :

- а) температура кипения возрастает;
- б) длина связи  $H - Э$  возрастает;
- в) энергия связи  $H - Э$  возрастает;
- г) термическая устойчивость уменьшается;
- д) кроме воды, все они являются газами при обычных условиях.

2. Укажите правильные утверждения относительно строения молекулы сероводорода:

- а) общее число электронов в молекуле 18;
- б) валентный угол  $H - S - H$  равен  $180^\circ$ , молекула неполярная;
- в) валентный угол  $H - S - H$  равен  $92^\circ$ , молекула полярная;
- г) в образовании  $\pi$ -связей участвует 2 электронные пары.

3. В растворе с высокой концентрацией сульфид-ионов не могут присутствовать в высокой концентрации ионы:

- а)  $OH^-$ ;      б)  $Rb^+$ ;      в)  $H^+$ ;      г)  $NO_3^-$ ;      д)  $Cu^{2+}$ .

4. Укажите схемы осуществимых реакций с участием сероводородной кислоты:

- а)  $K_2S + H_2S \rightarrow$       в)  $Al(OH)_3 + H_2S \rightarrow$ ;      д)  $Na_2SO_4 + H_2S \rightarrow$
- б)  $KCl + H_2S \rightarrow$       г)  $CuSO_4 + H_2S \rightarrow$       е)  $NaOH + H_2S \rightarrow$

5. Укажите вещества, реагируя с которыми сероводород проявляет восстановительные свойства:

- а)  $KOH$ ;      в)  $KMnO_4$ ;      д)  $O_2$ ;      ж)  $Cl_2$ ;
- б)  $Ca$ ;      г)  $CuSO_4$ ;      е)  $SO_2$ ;      з)  $H_2SO_4$  (конц.).

6. Кислая соль будет обнаруживаться среди продуктов взаимодействия веществ в растворах, содержащих:

- а) 0,04 моль  $NaOH$  и 0,02 моль  $H_2S$ ;
- б) 0,04 моль  $NaOH$  и 0,04 моль  $H_2S$ ;
- в) 0,06 моль  $NaOH$  и 0,02 моль  $H_2S$ ;
- г) 0,04 моль  $NaOH$  и 0,03 моль  $H_2S$ .

7. Нельзя использовать для осушения сероводорода:

- а)  $P_2O_5$ ;      б)  $SiO_2$ ;      в)  $CaCl_2$ ;      г)  $NaOH$ ;      д)  $H_2SO_4$ .

8. Сульфиды химически не взаимодействующие с водой — это:

- а)  $Na_2S$ ;      в)  $ZnS$ ;      д)  $FeS$ ;
- б)  $(NH_4)_2S$ ;      г)  $NaHS$ ;      е)  $Al_2S_3$ .

9. Укажите соединения, водные растворы которых окрашивают лакмус в синий цвет:

- а)  $NaHS$ ;      б)  $CuS$ ;      в)  $CuSO_4$ ;      г)  $K_2SO_3$ ;      д)  $K_2SO_4$ .

10. Укажите схемы реакций, при протекании которых может выделиться  $\text{H}_2\text{S}$ :

- а)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow$       г)  $\text{Hg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow$   
б)  $\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow$       д)  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow$   
в)  $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow$

11. Схеме превращения  $\text{S}^{-2} \rightarrow \text{S}^{+4}$  соответствует взаимодействие:

- а) цинк сульфида с кислородом;  
б) сероводорода с медь(II) гидроксидом;  
в) водного раствора сероводорода и воздуха;  
г) пирита с кислородом воздуха при обжиге.

### ТЕСТ 7

1. Укажите верные утверждения относительно строения молекулы  $\text{SO}_2$ :

- а) сумма протонов в молекуле соответствует числу нуклонов нуклида  ${}_{16}^{32}\text{S}$ ;  
б) валентный угол  $\text{O} - \text{S} - \text{O}$  составляет  $119,5^\circ$ , молекула неполярна;  
в) в образовании связей  $\sigma$ -типа участвуют 2 пары электронов;  
г) в молекуле имеется 5 неподеленных электронных пар.

2. Сера (IV)-оксид может проявлять свойства:

- а) кислотного оксида;      в) окислителя;  
б) амфотерного оксида;      г) восстановителя.

3. Сера (IV)-оксид проявляет кислотные свойства, реагируя:

- а) с  $\text{K}_2\text{O}$ ;      б)  $\text{NaOH}$ ;      в)  $\text{H}_2\text{S}$ ;      г)  $\text{O}_2$ .

4. После пропускания  $\text{SO}_2$  через водный раствор  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в склянке одновременно могут содержаться:

- а)  $\text{BaSO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$ , избыток  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{BaSO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
в)  $\text{BaSO}_3$ , избыток  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
г)  $\text{BaSO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .

5. Реакция, в которой сернистый ангидрид играет роль окислителя:

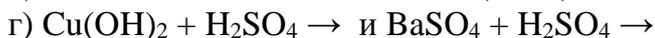
- а)  $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow$       в)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$   
б)  $\text{SO}_2 + \text{KMnO}_4 \rightarrow$       г)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow$

6. Сера (IV)-оксид является восстановителем, реагируя с веществами, формулы которых:

- а)  $\text{KMnO}_4$ ;      в)  $\text{O}_2$ ;      д)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;      ж)  $\text{H}_2$ .  
б)  $\text{HNO}_3$ ;      г)  $\text{H}_2\text{S}$ ;      е)  $\text{C}$ ;

7. Укажите пары схем реакций, в каждой из которых одним из продуктов является  $\text{SO}_2$ :

- а)  $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{крист.}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow$  и  $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$   
б)  $\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$  и  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow$



8. Для осуществления превращения  $\text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{SO}_2$  в качестве реагента возможно использование водных растворов:

- а)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;      в)  $\text{Cl}_2$ ;      д)  $\text{NaOH}$ ;  
б)  $\text{NH}_3$ ;      г)  $\text{KMnO}_4$ ;      е)  $\text{HCl}$ .

9. Для осушения сернистого газа нельзя использовать:

- а)  $P_2O_5$ ;      б)  $SiO_2$ ;      в)  $CaO$ ;      г)  $NaOH$ ;      д)  $H_2SO_4$ .

10. Правильными являются утверждения относительно строения сера(VI)-оксида:

- а) молекула имеет плоское строение;  
б) валентный угол  $O - S - O$  составляет  $120^\circ$ ;  
в) атом серы имеет одну неподеленную электронную пару;  
г) число электронов, участвующих в образовании химических связей  $\sigma$ -типа и  $\pi$ -типа равно;

д) общее число неподеленных электронных пар в молекуле равно шести.

11. Сера(VI)-оксид в отличие от сера(IV)-оксида:

- а) имеет неполярные молекулы;  
б) имеет более высокую температуру кипения;  
в) проявляет только окислительные свойства;  
г) проявляет свойства кислотного оксида.

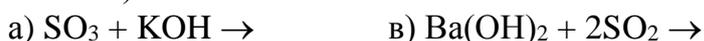
12. Сера(VI)-оксид, так же как и сера (IV)-оксид реагирует:

- а) с водой, образуя сильную кислоту;  
б) со щелочами с образованием солей;  
в) с кислородом;  
г) с кальций оксидом.

13. Сера (VI)-оксид получают:

- а) окислением серы кислородом воздуха;  
б) каталитическим окислением диоксида серы;  
в) разложением серной кислоты;  
г) окислением сероводорода.

14. Укажите схемы реакций образования гидросульфитов (коэффициенты проставлены):



15. Возможные продукты реакции взаимодействия натрия гидросульфита с известковой водой:



## ТЕСТ 8

1. Выберите неверное утверждение о свойствах серной кислоты:

- а) бесцветная маслянистая жидкость при обычных условиях;  
б) сильная кислота;  
в) насыщенный водный раствор серной кислоты приготовить невозможно;  
г) концентрированная серная кислота является слабым электролитом;  
д) в реакции нейтрализации не может проявлять себя как одноосновная.

2. Выберите верные утверждения относительно молекулы серной кислоты:

- а) химическая связь в молекуле осуществляется восемью электронными парами;  
б) химическую связь в сульфат-ионе осуществляют шесть электронных пар;

- в) атом серы образует 6  $\sigma$ -связей;  
г) валентность и степень окисления атома серы равны соответственно VI, +6.

**3.** Концентрированная серная кислота в отличие от разбавленной серной кислоты:

- а) при обычных условиях не реагирует с железом и алюминием;  
б) вытесняет из кристаллических хлоридов хлороводород;  
в) является окислителем за счет ионов  $H^+$  ( $H_3O^+$ );  
г) является окислителем за счет ионов  $S^{+6}$  ( $SO_4^{2-}$ ).

**4.** Укажите вещества, с которыми реагирует разбавленный раствор серной кислоты:

- а) серебро;                      в) натрий хлорид;                      д) известковая вода.  
б) цинк;                              г) поташ;

**5.** Укажите металлы, которые при определенных условиях реагируют с концентрированной серной кислотой, но не реагируют с разбавленной серной кислотой:

- а) медь;                              в) алюминий;                      д) цинк.  
б) железо;                              г) серебро;

**6.** При взаимодействии неактивных металлов (Cu, Hg) с концентрированной серной кислотой в качестве основного продукта восстановления сульфат-ионов образуется:

- а)  $H_2S$ ;                      б)  $SO_2$ ;                      в)  $H_2O$ ;                      г)  $SO_3$ ;                      д) S.

**7.** Укажите металлы, при взаимодействии которых с концентрированной серной кислотой в качестве одного из продуктов реакции может образоваться сероводород:

- а) Mg;                      б) Cu;                      в) Ag;                      г) Au;                      д) Zn.

**8.** Выберите ряды, в которых каждое вещество может быть окислено концентрированной серной кислотой:

- а)  $CO_2$ , HBr,  $Cl_2$ ,  $N_2$ ;                      г) HF, NaCl, HBr, HI;  
б) HBr, KI,  $H_2S$ , P;                      д) S, P, C, Si;  
в) LiOH,  $Na_2SO_3$ , Cu, S;                      е) S, P, C, Ag.

**9.** Укажите вещества, реагируя с которыми концентрированная серная кислота проявляет себя и как окислитель, и как солеобразователь:

- а) HBr;                      б) Zn;                      в) Cu;                      г) C.

**10.** Укажите схемы реакций, в которых участвует именно концентрированная серная кислота:

- а)  $Ag + H_2SO_4 \rightarrow SO_2 \uparrow + \dots$ ;                      г)  $KNO_3(кр) + H_2SO_4 \rightarrow HNO_3 \uparrow + \dots$ ;  
б)  $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + \dots$ ;                      д)  $Na_2CO_3(кр.) + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 \uparrow + \dots$ ;  
в)  $Zn + H_2SO_4 \rightarrow H_2 + \dots$ ;                      е)  $Mg + H_2SO_4 \rightarrow S + \dots$ .

**11.** Укажите газы, которые можно осушить, пропуская их через склянку с концентрированной серной кислотой:

- а) сероводород;                      г) иодоводород;                      ж) углекислый газ;  
б) аммиак;                              д) сернистый газ;                      з) бромоводород;  
в) хлороводород;                      е) азот;                              и) водород.



4.  $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ .
5.  $\text{FeS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3$ .
6.  $\text{CuS} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ba}(\text{HSO}_4)_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$ .
7.  $\text{Na}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{S}$ .
8.  $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ .
9.  $\text{S} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ .
10.  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{NaOH}$ .

*Используя метод электронного баланса, расставьте коэффициенты в окислительно-восстановительных реакциях. Укажите окислители и восстановители.*

1.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
2.  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
3.  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{KOH}$ .
4.  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
5.  $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ .
6.  $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
7.  $\text{CuS} + \text{HNO}_3(\text{к, изб}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
8.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к}) + \text{Fe} \xrightarrow{t^0} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
9.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к}) + \text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
10.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к}) + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .
11.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .
12.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
13.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{PbS} \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .
14.  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$ .

*Решите следующие задачи:*

1. 14 г железа сплавляли с 4,8 г серы. Полученную смесь веществ обработали избытком соляной кислоты. Найдите объемы ( $\text{дм}^3$ ) образовавшихся при этом газов (н. у.).

2. Рассчитайте массу глауберовой соли (декагидрата сульфата натрия), которую надо растворить в  $200 \text{ см}^3$  воды, чтобы получить раствор с массовой долей безводной соли 5 %.

3. После нагревания 22,12 г перманганата калия образовалось 21,16 г твердой смеси. Определите степень разложения (%) соли.

4. Сколько г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  выкристаллизуется при охлаждении до  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  200 г насыщенного при  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  раствора  $\text{CuSO}_4$ ? Массовая доля сульфата меди в растворе при  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  составляет 40 %, а при  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  — 20 %.

5. Из  $400 \text{ см}^3$  25%-ного раствора  $\text{CuSO}_4$  ( $\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$ ) при охлаждении выпал осадок  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  массой 50 г. Найдите массовую долю оставшегося в растворе сульфата меди.

6. Железную пластинку массой 100 г погрузили в 250 г 20%-ного раствора  $\text{CuSO}_4$ . Через некоторое время пластинку вынули из раствора, промыли, высушили и взвесили; ее масса оказалась равной 102 г. Рассчитайте массовый состав раствора (в %) после удаления пластинки.

7. Простое вещество количеством 0,2 моль содержит 4,8 моль электронов. Определите простое вещество, если его молекула трехатомна.

8. Массовая доля кислорода в его смеси с гелием равна 80 %. Определите объемную долю кислорода (%) в смеси.

9. После разложения всего озона, находящегося в озонированном кислороде, объём газов возрос на 5 %. Укажите объемную долю озона (%) в озонированном кислороде.

10. Оксид серы (VI) получают из серы в две стадии по схеме:  $S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3$ . Какую массу  $SO_3$  можно получить из 200 г технической серы, если массовая доля выхода на первой стадии равна 60 %, на второй — 80 %, а содержание серы в образце составляет 90 %.

11. По термохимическому уравнению горения чистой серы —  $S_{(кр.)} + O_{2(г)} \rightarrow SO_{2(г)} + 297 \text{ кДж}$ , вычислите массовую долю негорючих примесей в техническом препарате серы, при сжигании 50 г которого выделилось 446 кДж теплоты.

12. После разложения  $SO_3$  получена смесь со средней плотностью по водороду 32. Какая часть по объему (в %)  $SO_3$  разложилась?

13. Смешали 2,50 дм<sup>3</sup> сера (IV)-оксида и 5,50 дм<sup>3</sup> сероводорода. Объемы обоих газов были измерены при 100 °С и 95,0 кПа. Вычислите массу (в г) образовавшегося твердого вещества.

14. Растворимость оксида серы (IV) в 100 г воды при 0 °С равна 22,8 г. После нагревания 200 г насыщенного при 0 °С раствора до 20 °С его масса составила 181,6 г. Определите растворимость  $SO_2$  (в граммах) при 20 °С в 100 г воды.

15. Какой объем сернистого газа (н. у.) надо пропустить через 90 г 1,9%-ного раствора гидроксида бария, чтобы масса выпавшего осадка составила 1,52 г, а раствор над осадком не давал окраски с фенолфталеином?

16. Какую массу  $SO_3$  нужно растворить в 300 г раствора  $H_2SO_4$  с массовой долей 49 %, чтобы получить олеум с массовой долей 20 %?

17. Вычислите массу (г) серы, требующуюся для получения 300 г 15%-ного раствора  $SO_3$  в серной кислоте.

18. К 100 г раствора серной кислоты с массовой долей 27,2 % добавлено 20 г олеума с массовой долей 40 %. Сколько г  $BaCl_2$  надо, чтобы осадить все сульфат-ионы?

19. Какую массу воды следует добавить к 300 г олеума, содержащего 40 % серного ангидрида, чтобы получить водный раствор с массовой долей  $H_2SO_4$  70 %?

20. Вычислите массовую долю оксида серы (VI) в олеуме, в котором массовая доля серы равна 0,341.

21. Вычислите массы 20,0 %-ного олеума и 20,0%-ного раствора серной кислоты, необходимые для приготовления 20,0 г 80,0%-ного раствора серной кислоты.

22. Массовые доли пентагидрата сульфата марганца и моногидрата сульфата марганца в их смеси равны между собой. Какая максимальная масса этой смеси может раствориться в 8 моль воды? Растворимость безводного сульфата марганца (II) равна 65 г в 100 г воды.

**23.** Насыщенный при 100 °С раствор сульфата цинка массой 300 г охладили до 10 °С. Какая масса  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  выпадет в осадок, если при 100 °С в 100 г воды растворяется 60,5 г соли  $ZnSO_4$ , а при 10 °С массовая доля насыщенного раствора  $ZnSO_4$  равна 32,2 %?

**24.** Какую массу (г) воды следует добавить к водному раствору аммоний сульфата массой 85,2 г с массовой долей соли 15,49 %, чтобы общее число атомов всех элементов возросло в 2 раза? Ответ округлите до целого числа.

**25.** Продукты полного сгорания 4,48 дм<sup>3</sup> сероводорода (н. у.) в избытке кислорода поглощены 53 мл 16%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,18 г/мл). Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе и массу осадка, который выделится при обработке этого раствора избытком гидроксида бария.

**Ответы:** 1. 3,36 дм<sup>3</sup>; 2,24 дм<sup>3</sup>. 2. 25,57 г. 3. 42,86 %. 4. 90,91 г. 5. 20,42 %. 6. 4,03 %  $CuSO_4$ ; 15,3 %  $FeSO_4$ . 7. Оз. 8. 33,3 %. 9. 10 %. 10. 216 г. 11. 3,89 %. 12. 50 %. 13. 7,36 г. 14. 11,5 г. 15. 291 см<sup>3</sup>. 16. 925 г. 17. 101,27 г. 18. 104 г. 19. 167 г. 20. 19,7 %. 21. 14,2 г; 5,8 г. 22. 154,96 г. 23. 69,03 г. 24. 81 г. 25. 7,98 %  $Na_2SO_3$ ; 19,76 %  $NaHSO_3$ ; 43,4 г.

## **ЗАНЯТИЕ 19. П/ГР. АЗОТА. V А П/ГР., СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ, ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ И СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ V А П/ГР.**

### **Основной объем учебного материала**

Общая характеристика элементов VA-группы периодической системы. Положение в периодической системе и особенности электронного строения атомов. Закономерности изменения свойств атомов элементов VA-группы: заряд ядра, радиус атома, электроотрицательность. Азот и фосфор в природе, круговорот азота. Биологическое значение и применение азота, фосфора и их соединений.

Азот и фосфор: физические и химические свойства простых веществ, взаимодействие с кислородом, металлами. Аллотропные модификации фосфора.

Взаимодействие азота с водородом. Аммиак: строение молекулы, физические свойства. Получение в лаборатории. Основы промышленного синтеза аммиака. Химические свойства аммиака: взаимодействие с кислородом, водой, кислотами. Соли аммония. Качественная реакция на катионы аммония. Применение аммиака и его солей.

Понятие об оксидах азота (I, II, III, IV, V): графические формулы, окислительно-восстановительные свойства. Азотистая кислота: электронная и графическая формулы молекулы. Химические свойства азотистой кислоты: электролитическая диссоциация, взаимодействие с металлами, оксидами металлов, основаниями, солями. Нитриты.

Азотная кислота: состав молекулы, электронная и графическая формулы, физические свойства. Получение в лаборатории. Химические реакции, лежащие в основе промышленного получения азотной кислоты. Химические свойства азотной кислоты: взаимодействие с оксидами металлов, основаниями, солями. Особенности взаимодействия азотной кислоты с металлами. Окислительные

свойства азотной кислоты на примере ее взаимодействия с металлами и неметаллами. Нитраты. Термическое разложение нитратов. Качественное определение нитратов. Содержание нитратов в питьевой воде и растениях и пути уменьшения их содержания в процессе приготовления пищи. Применение азотной кислоты и нитратов.

Оксиды фосфора (III, V): структура молекул, графические формулы. Получение оксидов фосфора, взаимодействие оксида фосфора (V) с водой. Фосфорная кислота: состав молекулы, электронные и графические формулы, кислотные свойства. Соли фосфорной кислоты: фосфаты, гидрофосфаты, дигидрофосфаты. Качественная реакция на фосфат-ионы. Применение ортофосфорной кислоты и фосфатов.

Важнейшие химические элементы, необходимые для развития растений. Минеральные удобрения. Условия рационального использования удобрений, проблема охраны окружающей среды. Производство минеральных удобрений в республике Беларусь.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

#### ТЕСТ 1

1. Выберите верные утверждения. У всех атомов элементов VA группы в основном состоянии ...

- а) предвнешний уровень заполнен;
- б) спаренных электронов больше, чем неспаренных;
- в) различная энергия ионизации;
- г) одинаковая энергия сродства к электрону.

2. Химические элементы VA группы различаются:

- а) числом валентных атомных орбиталей;
- б) минимальной валентностью;
- в) максимальной валентностью;
- г) максимальной степенью окисления.

3. В какой паре обе частицы содержат неспаренный электрон?

- а)  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ;      б)  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$ ;      в)  $\text{CH}_4$ ,  $\text{BH}_4^-$ ;      г)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}^+$ .

4. Для всех элементов VA группы верны утверждения:

- а) формула высшего оксида  $\text{Э}_2\text{O}_5$ ;
- б) формула летучего водородного соединения  $\text{ЭH}_3$ ;
- в) в основном состоянии на внешнем уровне атома находится три неспаренных электрона;
- г) формула кислотного гидроксида в высшей степени окисления  $\text{H}_3\text{ЭO}_4$ .

5. Атомы как азота, так и фосфора:

- а) в химических соединениях могут проявлять степени окисления от  $-3$  до  $+5$ ;
- б) проявляют в своих соединениях валентность от трех до пяти;
- в) проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства;
- г) в природе существуют в виде простых веществ, а также входят в состав минералов.

6. И азот, и белый фосфор:

- а) при обычных условиях находятся в одном агрегатном состоянии;
- б) в твердом состоянии имеют молекулярную кристаллическую решетку;
- в) имеют одинаковое строение молекул;
- г) проявляют одинаковую химическую активность.

7. Укажите НЕверные утверждения:

- а) связь N – H в молекуле аммиака более полярна, чем связь P – H в молекуле фосфина;
- б) основные свойства в ряду  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$  уменьшаются, т. к. способность молекул присоединять протон увеличивается;
- в) в ряду  $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  температура кипения веществ увеличивается;
- г) кислота  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  сильнее ортофосфорной кислоты.

### ТЕСТ 2

1. Укажите формулы веществ, в которых валентность атома азота равна четырем:

- а)  $\text{AlCl}_3 \cdot \text{NH}_3$ ;
- б)  $\text{N}_2\text{O}_5$ ;
- в)  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ;
- г)  $\text{HNO}_2$ .

2. В каких парах частиц валентность и степень окисления атома азота по модулю НЕ совпадают?

- а)  $\text{HNO}_3$  и  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ ;
- б)  $\text{BF}_3 \cdot \text{NH}_3$  и  $\text{NOCl}$ ;
- в)  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{N}_2\text{H}_4$ ;
- г)  $\text{NH}_2\text{OH}$  и  $\text{N}_2\text{O}_5$ .

3. Укажите пары схем, в которых ковалентная связь образуется по донорно-акцепторному механизму:

- а)  $\text{NH}_3 + \text{BF}_3 \rightarrow$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow$
- б)  $\text{C}_{(\text{изб.})} + \text{O}_2 \rightarrow$  и  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- в)  $\text{NH}_3 + \text{AlCl}_3 \rightarrow$  и  $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- г)  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow$  и  $\text{NH}_2\text{OH} + \text{HCl} \rightarrow$

4. Атом азота только со степенью окисления +5 входит в состав:

- а)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;
- б)  $\text{N}_2\text{O}_4$ ;
- в)  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ;
- г)  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ .

5. Азот в лаборатории можно получить:

- а) нагреванием медь(II) оксида с аммиаком;
- б) термическим разложением натрий нитрата;
- в) перегонкой жидкого воздуха;
- г) прокаливанием аммоний нитрита.

### ТЕСТ 3

1. Пространственная форма молекулы аммиака:

- а) линейная;
- б) плоскостная;
- в) тетраэдрическая;
- г) пирамидальная.

2. Охарактеризуйте химическую связь в молекуле аммиака:

- а) валентный угол равен  $109^\circ$ ;
- б) атом азота находится в  $sp^3$ -гибридизации;
- в) три одинарных  $\sigma$ -связей;
- г) все связи ковалентные неполярные.

- 3.** Образование аммиака возможно:
- при взаимодействии нитрида кальция с водой;
  - термическом разложении гидрокарбоната аммония;
  - взаимодействии сульфата аммония с гидроксидом калия;
  - термическом разложении нитрита аммония;
  - при взаимодействии нитрида магния с избытком соляной кислоты.
- 4.** Синтез аммиака является процессом:
- обратимым;
  - окислительно-восстановительным;
  - экзотермичным;
  - необратимым.
- 5.** Аммиак проявляет основные свойства благодаря тому, что является:
- донором протона;
  - акцептором протона;
  - акцептором неподеленной электронной пары.
  - донором неподеленной электронной пары;
- 6.** В катионе аммония:
- валентность атома азота равна четырем;
  - содержится 3  $\sigma$ - и 1  $\pi$ -связь;
  - степень окисления атома азота равна  $-4$ ;
  - содержится 4  $\sigma$ -связи.
- 7.** При присоединении к молекуле аммиака катиона водорода изменяются:
- валентность атома азота;
  - степень окисления атома азота;
  - валентный угол Н – N – Н;
  - степень окисления одного из атомов водорода.
- 8.** Охарактеризуйте строение и химическую связь в ионе аммония:
- всего в ионе содержится 11 электронов;
  - все связи являются ковалентными полярными;
  - все связи образованы по обменному механизму;
  - все связи равноценны, т. е. не отличаются по длине и энергии связи.

#### ТЕСТ 4

- 1.** Отметьте схемы реакций, продуктом которых может быть соль аммония:
- $\text{NH}_4\text{OH} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow$
  - $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow$
  - $\text{NH}_4\text{OH} + \text{CO}_2 \rightarrow$
  - $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow$
- 2.** Чтобы получить аммоний гидросульфид, следует смешать аммиак и сероводород в объемном соотношении соответственно:
- 1 : 2;
  - 2 : 1;
  - 1 : 1;
  - 2 : 2.
- 3.** Отметьте схемы реакций, протекающих в водном растворе практически необратимо:
- $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$
  - $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$
  - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$
  - $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$

4. Укажите уравнения реакций, являющихся качественными на соль аммония:

- а)  $\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ;
- в)  $\text{NH}_4\text{HS} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_4$ .

### ТЕСТ 5

1. При какой степени окисления атома азота массовая доля кислорода в его оксиде равна 69,6 %?

- а) +1;            б) +2;            в) +3;            г) +4;            д) +5.

2. При обычных условиях возможно взаимодействие азот (II)-оксида:

- а) с кислородом;    б) водой;    в) щелочью;    г) с кислотой.

3. Азот(IV)-оксид не образуется при прокаливании:

- а) кальций нитрата;
- б) цинк нитрата;
- в) цезий нитрата;
- г) серебро нитрата.

4. Только натрий нитрат и вода образуются при взаимодействии натрий гидроксида и азот(IV)-оксида:

- а) при обычной температуре;
- б) при нагревании;
- в) в присутствии кислорода;
- г) образование этих веществ в данных условиях невозможно.

5. Укажите пару веществ, взаимодействие между которыми при обычных условиях будет окислительно-восстановительным процессом:

- а)  $\text{NO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;    б)  $\text{N}_2\text{O}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;    в)  $\text{NO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;    г)  $\text{N}_2\text{O}_5$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

6. При растворении каких веществ в воде лакмус приобретает красную окраску?

- а)  $\text{NO}_2$ ;            б)  $\text{NO}$ ;            в)  $\text{NH}_3$ ;            г)  $\text{N}_2\text{O}_3$ ;            д)  $\text{N}_2\text{O}$ .

7. Охарактеризуйте процесс  $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ :

- а) процесс окисления;
- б) процесс принятия электронов атомами кислорода;
- в) процесс восстановления;
- г) процесс отдачи электронов атомами азота.

8. Концентрация протиссоциировавших молекул азотистой кислоты уменьшится:

- а) при разбавлении раствора кислоты водой;
- б) добавлении небольшого количества калий гидроксида;
- в) добавлении калий нитрита;
- г) при добавлении соляной кислоты.

### ТЕСТ 6

1. Раствор объемом  $200 \text{ см}^3$  содержит азотную кислоту массой 1,26 г. рН этого раствора равен:

- а) 4;            б) 1;            в) 2;            г) 3.

2. Если в раствор азотной кислоты с молярной концентрацией кислоты  $0,001 \text{ моль/дм}^3$  добавить избыток калий гидроксида, то возможно изменение рН раствора:

- а) увеличение с 7 до 10;                      в) увеличение с 3 до 10;  
б) уменьшение с 7 до 3;                      г) уменьшение с 10 до 3.

3. Для азотной кислоты верны следующие утверждения:

а) значения валентности и степени окисления атома азота по модулю не совпадают;

б) все атомы кислорода проявляют валентность равную двум;

в) окислительные свойства азотная кислота проявляет за счет иона  $\text{NO}_3^-$ ;

г) окислительные свойства азотной кислоты в реакциях с металлами при разбавлении ее водой усиливаются.

4. Азотная кислота образуется при взаимодействии:

а) водного раствора калий нитрата с серной кислотой;

б) нитрата бария с соляной кислотой;

в) азот (II)-оксида с водой при нормальных условиях;

г) кристаллического кальций нитрата с концентрированной серной кислотой при умеренном нагревании;

д) водного раствора серебро нитрата с соляной кислотой.

5. Реагируя с какими веществами, азотная кислота проявляет общие свойства кислот?

а) калий гидроксидом;                      в) цинк сульфидом;

б) стронций оксидом;                      г) кальций силикатом.

6. При взаимодействии азотной кислоты с металлом в зависимости от концентрации кислоты и активности металла продуктами реакции, кроме соли и воды, могут быть:

а)  $\text{N}_2$ ;                      б)  $\text{NO}$ ;                      в)  $\text{NO}_2$ ;                      г)  $\text{N}_2\text{O}$ ;                      д)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

7. При взаимодействии азотной кислоты массой  $0,315 \text{ г}$  с некоторым металлом атомы окислителя присоединили  $2,408 \cdot 10^{22}$  электронов. Продуктом восстановления азотной кислоты является:

а) азот;                      б) аммиак;                      в) азот(IV)-оксид;                      г) азот(II)-оксид.

8. На холоде концентрированная азотная кислота НЕ реагирует:

а) с алюминием;                      в) железом;                      д) с хромом.

б) серебром;                      г) свинцом;

9. В отличие от разбавленной соляной кислоты, разбавленная азотная кислота реагирует:

а) с магнием;                      в) кальцитом;

б) баритовой водой;                      г) с серебром.

10. На сплав железа и меди подействовали концентрированной азотной кислотой при комнатной температуре. Формулы основных продуктов реакции указаны в ряду:

а)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;

б)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;

в)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;

г)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;

11. Сколько моль окислителя расходуется непосредственно на окисление (без учета солеобразования) 2 моль меди в реакции с концентрированной азотной кислотой?

- а) 2;      б) 4;      в) 6;      г) 8.

12. Укажите, сколько моль  $\text{HNO}_3$  расходуется на солеобразование при окислении 3 моль меди разбавленной азотной кислотой:

- а) 8;      б) 2;      в) 4;      г) 6.

13. Формулы основных продуктов взаимодействия железо(II)-оксида с азотной кислотой указаны в ряду:

- а)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;      в)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;      г)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

14. Укажите формулы веществ, которые реагируют с азотной кислотой с повышением степени окисления металла:

- а)  $\text{ZnS}$ ;      б)  $\text{CuS}$ ;      в)  $\text{FeSO}_4$ ;      г)  $\text{FeS}_2$ .

### ТЕСТ 7

1. При добавлении к каким веществам избытка водного раствора натрия гидроксида образуется натрий нитрат?

- а) азотная кислота;  
б) барий нитрат;  
в) магний нитрат;  
г) алюминий нитрат.

2. При термическом разложении свинец(II) нитрата происходит выделение:

- а)  $\text{N}_2$ ;      б)  $\text{NO}$ ;      в)  $\text{NO}_2$ ;      г)  $\text{O}_2$ .

3. Выберите утверждения, верные для реакции термического разложения нитрата серебра:

- а) степень окисления изменяют два элемента;  
б) степень окисления изменяют три элемента;  
в) нитрат-ион проявляет только окислительные свойства;  
г) является внутримолекулярной окислительно-восстановительной реакцией.

4. Сколько моль электронов переходит от восстановителя к окислителю при полном термическом разложении железо(II) нитрата массой 72 г?

- а) 0,8;      б) 0,4;      в) 1,6;      г) 1,0.

5. Порции магний карбоната и магний нитрата, взятые в равных химических количествах, прокалили по отдельности до постоянной массы. При этом:

- а) отношение масс твердых продуктов разложения равно 1 : 1;  
б) отношение химических количеств твердых продуктов разложения равно 2 : 7;  
в) отношение химических количеств газообразных продуктов разложения равно 1 : 5;  
г) отношение объемов газообразных продуктов разложения равно 2 : 5.

### ТЕСТ 8

1. Укажите формулы частиц, в которых валентность атома фосфора равна пяти:

- а)  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;      б)  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ ;      в)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;      г)  $\text{PO}_3^-$ .

2. Формулы соединений или частиц, в которых валентность всех атомов совпадает с их степенью окисления (по модулю):

- а)  $\text{POCl}_3$ ;      б)  $\text{PH}_4^+$ ;      в)  $\text{PCl}_5$ ;      г)  $\text{P}_4$ .

3. В каких схемах атомы фосфора окисляются?

- а)  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{PO}_4^{3-}$ ;      в)  $\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;  
б)  $2\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$ ;      г)  $\text{PCl}_3 \rightarrow \text{PCl}_5$ .

4. В молекуле белого фосфора:

- а) валентность атома фосфора равна трем;  
б) число  $\sigma$ -связей равно шести;  
в) степень окисления атома фосфора  $-3$ ;  
г) валентный угол равен  $60^\circ$ .

5. Укажите число соединений из указанных:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Li}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разб.),  $\text{KClO}_3$ , реагируя с которыми фосфор проявляет восстановительные свойства:

- а) 4;      б) 5;      в) 6;      г) 7.

6. В промышленности фосфор получают:

- а) спеканием бертолетовой соли с фосфор(V)-оксидом;  
б) прокаливанием апатита с песком и коксом;  
в) термическим разложением кальций фосфата;  
г) прокаливанием калийной селитры с углеродом и серой.

## ТЕСТ 9

1. С какими из перечисленных веществ будет взаимодействовать фосфор(V)-оксид?

- а)  $\text{CO}_2$ ;      б)  $\text{Li}_2\text{O}$ ;      в)  $\text{CsOH}$ ;      г)  $\text{BaCO}_3$ .

2. Зная, что фосфор(V)-оксид является сильнейшим водоотнимающим реагентом, укажите формулы продуктов взаимодействия данного оксида по отдельности с азотной и серной кислотами:

- а)  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ;      в)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ;  
б)  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_2$ ;      г)  $\text{HPO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ .

3. Ортофосфорная кислота:

- а) при температуре  $25^\circ\text{C}$  является твердым веществом;  
б) образует два вида солей;  
в) может вступать в реакцию этерификации со спиртами;  
г) не проявляет окислительных свойств за счет аниона  $\text{PO}_4^{3-}$ .

4. Укажите схему реакции, в которой ортофосфорная кислота выступает как двухосновная:

- а)  $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ;  
б)  $2\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
в)  $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ;  
г)  $\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

5. Степень диссоциации меньше всего для процесса:

- а)  $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ ;      в)  $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ .  
б)  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;

6. Какие вещества реагируют с ортофосфорной кислотой?  
 а) ортофосфат кальция; г) дигидроортофосфат калия;  
 б) нитрат натрия; д) гидросульфид калия.  
 в) нитрат серебра;
7. С какими веществами реагирует как ортофосфорная кислота, так и кальций гидроксид?  
 а) дигидроортофосфат кальция; в) гидрокарбонат кальция;  
 б) хлорид калия; г) карбонат калия.
8. Отметьте формулы веществ, с которыми возможно взаимодействие как ортофосфорной, так и разбавленной азотной кислоты:  
 а) Cu; б) Mg; в) AgNO<sub>3</sub>; г) NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>.
9. С помощью какого реактива можно различить соляную, азотную и фосфорную кислоты, находящиеся в трех разных пробирках без этикеток?  
 а) KOH; б) BaCl<sub>2</sub>; в) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; г) AgNO<sub>3</sub>.

### ТЕСТ 10

1. Химическое количество (моль) ионов в растворе, содержащем аммоний фосфат массой 29,8 г, равно:  
 а) 0,4; б) 0,8; в) 0,6; г) 0,2.
2. Укажите название солей, у которых заряд кислотного остатка равен 2-:  
 а) дигидрофосфат аммония;  
 б) гидрокарбонат магния;  
 в) гидрофосфат калия;  
 г) сульфат алюминия.
3. При написании формул каких солей допущены ошибки?  
 а) BaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; в) MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>; д) KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.  
 б) Ca(HPO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; г) AlPO<sub>4</sub>;
4. Укажите схемы реакций, приводящих к образованию дигидро-ортофосфата калия (коэффициенты расставлены):  
 а) 1 моль KOH + 1 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> →  
 б) 1 моль KOH + 1 моль KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> →  
 в) 4 моль KOH + 1 моль P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> →  
 г) 2 моль KOH(p-p) + 1 моль P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> →
5. При взаимодействии какой пары веществ с заданным химическим количеством вещества образуется смесь двух солей фосфорной кислоты?  
 а) 0,015 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и 0,01 моль KOH;  
 б) 0,01 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и 0,02 моль KOH;  
 в) 0,02 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и 0,05 моль KOH;  
 г) 0,02 моль H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и 0,07 моль KOH.
6. С какими веществами может реагировать дигидрофосфат аммония?  
 а) гидроксидом калия; г) хлоридом натрия;  
 б) аммиаком; д) гидроксидом бария;  
 в) серной кислотой; е) ортофосфорной кислотой.
7. Дигидрофосфат калия можно перевести в гидрофосфат калия добавлением:  
 а) воды; в) гидроксида калия;  
 б) ортофосфорной кислоты; г) нитрата серебра;

8. Какими из веществ, формулы которых приведены ниже, надо подействовать на кальций ортофосфат, чтобы получить кальций гидроортофосфат:

- а)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;      б)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;      в)  $\text{KOH}$ ;      г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

9. Укажите формулы веществ, с которыми водный раствор натрия фосфата реагирует с образованием осадка:

- а)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;      б)  $\text{AgNO}_3$ ;      в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;      г)  $\text{CaCl}_2$ .

10. Укажите формулу вещества, с которым реагирует гидроортофосфат калия, но не реагирует ортофосфат калия:

- а)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;      б)  $\text{NaOH}$ ;      в)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.})$ ;      г)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

### ТЕСТ 11

1. Укажите название азотного удобрения, формула которого соответствует веществу X в схеме превращений  $\text{N}_2 \xrightarrow{+\text{Ca}, t^0} \dots \xrightarrow{+\text{HCl}(\text{изб.})} \dots \xrightarrow{t^0} \dots \xrightarrow{+\text{CO}_2, p} \text{X}$ :

- а) аммоний карбонат;      в) мочеви́на (карба́мид);  
б) аммофоска;      г) аммиачная вода.

2. Массовая доля (%) фосфор(V)-оксида в составе двойного суперфосфата равна:

- а) 45,8;      б) 60,7;      в) 27,1;      г) 31,8.

3. Минеральное удобрение аммофос представляет собой смесь солей:

- а)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;      в)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaHPO}_4$ ;  
б)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ;      г)  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ .

4. Основным компонентом удобрения, которое можно получить на дачном участке, не используя химических реагентов, является:

- а)  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;      б)  $\text{KCl}$ ;      в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;      г)  $\text{KNO}_3$ .

5. Массовая доля фосфора в составе апатита равна 15 %. Рассчитайте массовую долю (%) кальций фосфата в составе апатита (считать, что весь фосфор входит в состав  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ):

- а) 81,3;      б) 75;      в) 25;      г) 18,45.

*Используя метод электронного баланса, расставьте коэффициенты в окислительно-восстановительных реакциях. Укажите окислители и восстановители:*

- $\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{KMnO}_4 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Hg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Fe} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Fe} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{SO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}$ .
- $\text{FeO} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .

12.  $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
13.  $\text{FeS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
14.  $\text{Sb}_2\text{S}_5 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{SbO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}$ .
15.  $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4) + \text{NO}$ .

*Запишите уравнения химических реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:*

1.  $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O}$ .
2.  $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_4 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NaNO}_2$ .
3.  $\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NO}$ .
4.  $\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$ .
5.  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{Li}_3\text{N}$ .
6.  $\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$ .
7.  $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{HNO}_2$ .
8.  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}$ .
9.  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NaNO}_3$ .
10.  $\text{Zn} \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NO}_2$ .
11.  $\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2 \rightarrow \text{PH}_3 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{KCl}$ .
12.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .
13.  $\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .
14.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{BaHPO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{P}$ .
15.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$ .
16.  $\text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{HPO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$ .
17.  $\text{HPO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .
18.  $\text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$ .
19.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$ .
20.  $\text{P} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{KH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4$ .

*Решите следующие задачи:*

#### Азот и его соединения

1. В порции азота содержится  $12,04 \cdot 10^{25}$  атомов. Какой объем займет эта порция азота при  $27^\circ\text{C}$  и  $202,6$  кПа?
2. Объем газа, состоящего из азота и водорода, при давлении  $120$  кПа и  $0^\circ\text{C}$  равен  $1,89$  дм<sup>3</sup>. Определите плотность газовой смеси по кислороду, если масса водорода в смеси равна  $0,1$  г.
3. Массовое отношение водорода и аммиака в смеси  $6 : 17$ . При добавлении неизвестного газа X, объем которого равен объему аммиака, плотность смеси возросла в  $1,913$  раз. Найдите молярную массу газа X.
4. К смеси азота, водорода и метана объемом  $130$  см<sup>3</sup> добавили  $200$  см<sup>3</sup> кислорода и взорвали. После окончания реакции и охлаждения ее продуктов объем газа составил  $144$  см<sup>3</sup>. После пропускания этих продуктов через щелочь объем газа уменьшился до  $72$  см<sup>3</sup>. Определите объемные доли газов в исходной смеси.
5. При нагревании аммиака  $25\%$  его распалось на простые вещества. Вычислите содержание всех компонентов в образовавшейся газовой смеси в объемных %.

6. К смеси объемом  $10 \text{ дм}^3$ , состоящей из аммиака и неона, добавили  $1,00 \text{ дм}^3$  хлороводорода (н. у.), в результате чего плотность полученной газовой смеси стала равна  $0,826 \text{ г/дм}^3$ . Найдите массовые доли газов в исходной смеси.

7. При термическом разложении соли массой  $9,6 \text{ г}$  образовалось  $3,4 \text{ г}$  аммиака,  $1,8 \text{ г}$  воды и  $4,4 \text{ г}$  углекислого газа. Определите формулу соли.

8. Какие соли и в каких химических количествах образуются при пропускании аммиака объемом  $3,36 \text{ дм}^3$  (н. у.) через раствор серной кислоты массой  $100 \text{ г}$  с массовой долей кислоты  $9,8 \%$ ?

9. Смесь хлоридов кальция и аммония, в которой химические количества солей относятся как  $1 : 2$ , прокалили до постоянной массы и получили твердый остаток массой  $111 \text{ г}$ . Найдите массу исходной смеси солей.

10. В системе установилось равновесие  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$ . Равновесные молярные концентрации  $\text{NO}$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{NO}_2$  соответственно равны  $0,25$ ,  $0,20$  и  $0,30 \text{ моль/дм}^3$ . Найдите состав исходной смеси в массовых  $\%$ .

11. При некоторой температуре скорость реакции  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$  равна  $1,52 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3 \cdot \text{с}$ . Как нужно изменить температуру реакционной среды, чтобы скорость реакции составила  $3,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3 \cdot \text{с}$ , если при повышении температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  скорость реакции возрастает в 2 раза.

12. Через  $50 \text{ г}$   $10 \%$  раствора  $\text{KOH}$ , содержащего  $\text{KNO}_3$ , пропустили азот (IV) оксид, в результате чего массовые доли солей стали различаться ровно в 2 раза (щелочь прореагировала полностью). Найдите массовые доли солей в полученном растворе.

13.  $7,84 \text{ дм}^3$  (н. у.) аммиака подвергли каталитическому окислению и дальнейшему превращению в азотную кислоту. В результате получили раствор кислоты массой  $200 \text{ г}$ . Считая выход кислоты равным  $40 \%$ , определите массовую долю ( $\%$ ) кислоты в полученном растворе.

14. На полное растворение смеси меди и медь(II)-оксида массой  $28,8 \text{ г}$  необходимо  $98 \text{ г}$  раствора азотной кислоты с ее массовой долей  $81 \%$ . Найдите массовую долю ( $\%$ ) оксида в исходной смеси.

15. На взаимодействие со смесью железа, меди и алюминия массой  $29,4 \text{ г}$  нужно  $17,94 \text{ дм}^3$  хлора. При обработке такой же навески смеси металлов при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  концентрированной азотной кислотой выделяется  $8,96 \text{ дм}^3$  бурого газа. Найдите массы (г) металлов в исходной смеси.

16. Смесь меди и алюминия обработали азотной кислотой. Выделился газ с плотностью по гелию равной  $7,5$ . Такую же смесь обработали соляной кислотой. Количество газов, выделившееся в обоих случаях, одинаковое. Найдите массовую долю алюминия в смеси.

17. В растворе железа(II) нитрат массой  $7,2 \text{ г}$  содержится  $2,1672 \cdot 10^{23}$  атомов кислорода. Найдите массовую долю соли в растворе.

18. После прибавления  $5 \text{ г}$   $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  к раствору массой  $100 \text{ г}$  с массовой долей  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$   $4 \%$  массовая доля соли увеличилась на  $3,69 \%$ . Установите формулу кристаллогидрата.

19. Во сколько раз уменьшится масса твердого вещества при прокаливании до постоянной массы алюминий нитрата?

**20.** При полном термическом разложении смеси нитратов серебра и меди(II) образовалась газовая смесь с плотностью по воздуху 1,4655. Определите массовую долю солей в исходной смеси.

**21.** При нагревании смеси  $Pb(NO_3)_2$ ,  $CaCO_3$  и  $KNO_3$  получено 51,34 г смеси оксидов и 17,92 дм<sup>3</sup> газовой смеси (н. у.) с объемной долей  $CO_2$  25 %. Найдите массу исходной смеси.

**22.** При нагревании некоторой массы смеси  $KCl$  и  $KNO_3$  выделяется 0,56 дм<sup>3</sup> газа, а при добавлении к такой же массе смеси в растворе избытка  $AgNO_3$  выпадает осадок 14,35 г. Определите % содержание в смеси  $KNO_3$ .

**23.** При прокаливании до постоянной массы смеси калий нитрата с нитратом металла (III) (металл в электрохимическом ряду напряжений находится между  $Mg$  и  $Cu$ ) образовался твердый остаток массой 16,4 г, при этом выделились газы общим объемом 10,98 дм<sup>3</sup> (н. у.). После пропускания газов через раствор щелочи их объем сократился до 2,912 дм<sup>3</sup> (н. у.). Определите, нитрат какого металла был в исходной смеси, и какова его массовая доля в ней?

**24.** Рассчитайте, какую массу раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей  $H_3PO_4$  75 % можно получить из фосфорита массой 3 т, если производственные потери составляют 12 %. Массовая доля кальция фосфата в составе фосфорита равна 94 %.

**25.** Некоторое количество смеси моногидрата дигидрофосфата калия и дигидрата гидрофосфата калия с равными массовыми долями веществ растворили в воде, которой взяли в 10 раз больше по массе, чем смеси. Сколько атомов кислорода приходится на один атом фосфора в полученном растворе?

**26.** Какого состава образуется соль ортофосфорной кислоты и какова ее массовая доля в растворе, если в 25 см<sup>3</sup> раствора с массовой долей  $NaOH$  25 % и пл. 1,28 г/см<sup>3</sup> будет растворен весь фосфорный ангидрид, полученный при окислении фосфора массой 6,2 г?

**27.** К аммоний сульфату массой 26,4 г прилили избыток раствора калий гидроксида. Выделившийся при этом газ пропустили через раствор, содержащий 23 г ортофосфорной кислоты. Определите состав и количество образовавшихся солей.

**28.** 50 г смеси фосфата кальция и карбонатов кальция и аммония прокалили, в результате получили 25,2 г твердого остатка, к которому добавили воду и пропустили избыток углекислого газа. Масса не растворившегося остатка равна 14 г. Определите массу карбоната аммония в исходной смеси.

**29.** К раствору гидрофосфата калия объемом 178,16 см<sup>3</sup> (концентрация 0,125 моль/дм<sup>3</sup>) добавили 0,592 г олеума, при этом массовые доли кислых солей в растворе сравнялись. Найдите массовую долю сера (VI) оксида в добавленном олеуме.

**30.** 100 г насыщенного раствора дигидрофосфата аммония (коэффициент растворимости 35,3 г/100 г  $H_2O$ ) полностью поглощает газ, полученный нагреванием 5,35 г аммоний хлорида с избытком щелочи. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

**Ответы:** 1. 1,23 м<sup>3</sup>. 2. 0,47. 3. 32. 4. 23,1 %; 21,5 %; 55,4 %. 5. 60; 10; 30. 6. 49 и 51 %. 7.  $(NH_4)_2CO_3$ . 8. по 0,05 моль  $NH_4HSO_4$  и  $(NH_4)_2SO_4$ . 9. 218. 10. 59,6 и 40,4 %. 11. Понизить на 20 °С. 12. 7 %; 14 %. 13. 4,41. 14. 55 %.

15. 11,2; 5,4 и 12,8. 16. 36 %. 17. 25 %. 18.  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . 19. 4,18. 20. 47,5 и 52,5. 21. 109,9 г. 22. 40,4. 23. Железо. 24. 2,09 т. 25. 104. 26. 51,95 %. 27. 0,166 моль; 0,068 моль. 28. 16 г. 29. 15,4 %. 30. 12,98 % и 14,35 %.

## ЗАНЯТИЕ 20. ПОДГРУППА УГЛЕРОДА

### Основной объем учебного материала

Положение в периодической системе и особенности электронного строения атомов углерода и кремния. Углерод и кремний в природе, биологическое значение соединений углерода.

Простые вещества углерода и кремния, аллотропные модификации углерода. Физические свойства простых веществ. Понятие об адсорбции. Химические свойства простых веществ: взаимодействие со фтором, кислородом. Восстановительные свойства углерода и кремния.

Оксид углерода(II): восстановительные свойства, горение. Оксид углерода(II) как ядовитое вещество и загрязнитель воздуха. Оксид углерода(IV): строение молекулы, физические свойства, получение при взаимодействии углерода с кислородом и сжигании органических веществ, термическом разложении карбоната кальция. Химические свойства углекислого газа: взаимодействие с водой, основными оксидами и основаниями, качественная реакция на углекислый газ. Круговорот углерода в природе. Парниковый эффект и его последствия.

Оксид кремния (IV): немолекулярное строение, физические свойства. Химические свойства оксида кремния (IV): взаимодействие с основными оксидами, основаниями, солями.

Угольная кислота, ее электролитическая диссоциация. Соли угольной кислоты — карбонаты и гидрокарбонаты: разложение при нагревании, взаимопревращение карбонатов и гидрокарбонатов, взаимодействие с кислотами. Качественная реакция на карбонат-ионы. Кремниевая кислота: получение, разложение при нагревании. Силикаты.

Строительные материалы на основе природных оксидов и солей: глина, керамика, кирпич, известь, цемент, бетон. Стекло и его производство. Основные предприятия по производству строительных материалов и стекла в Республике Беларусь.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

### ТЕСТ 1. Элементы IV-A группы. Природные источники.

#### Особенности строения атомов. Простые вещества. Свойства и получение

1. Названия веществ, в состав каждого из которых входят элементы IVA группы, записаны в рядах:

- а) сода, малахит, песок, карборунд;
- б) мел, кристаллическая сода, гашеная известь, фуллерен;
- в) известняк, мрамор, доломит, силикагель.
- г) «сухой лед», сода, поташ, жидкое стекло.

2. Укажите правильные утверждения относительно элементов подгруппы углерода:

- а) среди этих элементов только углерод и кремний являются неметаллами;
- б) максимальная валентность атомов элементов равна четырем;
- в) для атомов всех элементов в соединениях возможна степень окисления  $-4$ ;
- г) переход атомов в возбужденное состояние сопровождается изменением формы одного из электронных облаков.

3. В ряду  $C - Si - Ge - Sn - Pb$  увеличивается:

- а) число валентных электронов;
- б) радиус атома;
- в) восстановительные свойства;
- г) энергия ионизации;
- д) способность к проявлению отрицательной степени окисления.

4. Установите соответствие между названиями минералов и формулами, описывающими их состав:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1) каолинит;      | а) $SiO_2$ ;                            |
| 2) доломит;       | б) $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ;  |
| 3) полевого шпат; | в) $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ; |
| 4) кристобалит;   | г) $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ ;     |
| 5) карборунд.     | д) $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ;              |
|                   | е) $CaO \cdot 3MgO \cdot SiO_2$ ;       |
|                   | ж) $SiC$ .                              |

1	2	3	4	5

5. После кислорода самый распространенный элемент в земной коре:

- а) кремний;
- б) углерод;
- в) алюминий;
- г) железо.

6. Только аллотропные модификации углерода указаны в ряду:

- а) сажа, графит, алмаз;
- б) карбин, графит, кокс;
- в) алмаз, графит, уголь;
- г) карбин, фуллерен, алмаз.

7. Графиту характерны следующие физические свойства:

- а) мягкий, легко расслаивается;
- б) очень твердый, желтого цвета;
- в) темно-серый, непрозрачный;
- г) электропроводный, мягкий.

8. Электропроводностью обладают:

- а) свинец;
- б) графит;
- в) кремний;
- г) германий;
- д) олово;
- е) алмаз.

9. Валентные орбитали у атома углерода в карбине, графите и алмазе соответственно, можно описать на основе представлений о гибридизации типа:

- а)  $sp^2, sp^3, sp$ ;
- б)  $sp^3, sp^2, sp$ ;
- в)  $sp, sp^2, sp^3$ ;
- г)  $sp, sp^3, sp^2$ .

10. Важнейшим свойством алмаза, способствующим его применению в производстве абразивных материалов, является:

- а) тугоплавкость;
- б) высокая твердость;
- в) электропроводность;
- г) теплопроводность.

**11.** Кремний встречается в природе в виде:

- а) простого вещества и натрий силиката;
- б) водородного соединения и оксида;
- в) оксида и алюмосиликатов;
- г) кремниевой кислоты и магний силицида.

**12.** В отличие от углерода кремний:

- а) в свободном состоянии практически не встречается;
- б) имеет аллотропные модификации;
- в) является твердым веществом при обычных условиях;
- г) проявляет и окислительные, и восстановительные свойства.

**13.** Электронная конфигурация атома углерода в возбужденном состоянии:

- а)  $1s^2 2s^1 2p^6$ ;
- б)  $1s^2 2s^2 2p^2$ ;
- в)  $1s^2 2s^1 2p^3$ ;
- г)  $1s^2 2s 2p^4$ .

**14.** Число вакантных орбиталей у атома углерода и атома кремния в основном состоянии соответственно равно:

- а) 4 и 9;
- б) 1 и 6;
- в) 1 и 1;
- г) 0 и 1.

**15.** Атомы кремния и атомы углерода различаются между собой:

- а) протонным числом;
- б) нуклонным числом;
- в) числом валентных электронов;
- г) числом энергетических уровней.

**16.** Укажите соединение, в котором степень окисления атома кремния равна

-4:

- а) магний силицид;
- б) натрий силикат;
- в) кальций гидросиликат;
- г) силан;
- д) кремний фторид.

**17.** Вещества, реагируя с которыми в необходимых условиях, углерод проявляет восстановительные свойства:

- а) кальций;
- б) вода;
- в) кальций оксид;
- г) водород;
- д) углерод(IV)-оксид;
- е) азотная кислота;
- ж) концентрированная серная кислота.

**18.** Углерод проявляет окислительные свойства, реагируя:

- а) с хлором;
- б) медь(II)-оксидом;
- в) железо (III)-оксидом;
- г) алюминием;
- д) кремнием;
- е) кремний(IV)-оксидом.

**19.** Кремний взаимодействует:

- а) с водородом;
- б) металлами;
- в) оксидами металлов;
- г) кислородом.

**20.** Атомы кремния являются восстановителями в реакциях, схемы которых:

- а)  $Mg_2Si + HCl \rightarrow$
- б)  $SiO_2 + C \rightarrow$
- в)  $SiCl_4 + Zn \rightarrow$
- г)  $SiH_4 \xrightarrow{t^0}$
- д)  $Si + NaOH + H_2O \rightarrow$

## ТЕСТ 2. Оксиды элементов IV-А группы

1. Для соединений в ряду  $\text{CO}_2 - \text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{SnO}_2 - \text{PbO}_2$  справедливы утверждения:

- а) усиливаются основные свойства;
- б) длина связи Э – О увеличивается;
- в) уменьшается эффективный отрицательный заряд на атоме кислорода;
- г) увеличивается полярность связей в соединениях.

2. Углерод(II)-оксид характеризуется следующими свойствами:

- а) токсичный газ;
- б) плохо растворим в воде;
- в) тяжелее воздуха;
- г) бесцветный газ;
- д) несолеобразующий оксид;
- е) может проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства;
- ж) является типичным восстановителем.

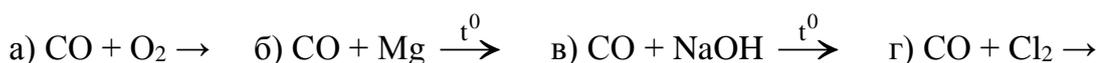
3. Выберите правильные утверждения. В молекуле углерод(II)-оксида:

- а) кратность связи равна двум;
- б) общее число несвязывающих (неподеленных) электронных пар равно двум;
- в) все связи образованы по обменному механизму;
- г) валентность атома кислорода равна трем;
- д) атом кислорода является донором электронной пары при образовании одной из связей;
- е) химическая связь между атомами осуществляется тремя электронными парами;
- ж) атом углерода, образует одну связь  $\sigma$ -типа.

4. Валентность и степень окисления атома углерода в  $\text{CO}$  соответственно:

- а) IV, +2;      б) IV, +4;      в) II, +2;      г) III, +2.

5. Укажите схемы реакций, в которых угарный газ проявляет восстановительные свойства:



6. Укажите взаимодействия, в результате которых образуется углерод(II)-оксид:

- а) нагревание муравьиной кислоты с концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- б) горение бензола при недостатке кислорода;
- в) взаимодействие муравьиной кислоты с натрий гидроксидом;
- г) пропускание углекислого газа над раскаленным коксом.

7. Выберите правильные утверждения относительно строения молекулы углекислого газа:

- а) ядра всех атомов лежат на одной линии;
- б) образована ковалентными полярными связями;
- в) в образовании связей  $\pi$ -типа участвует 2 электрона атома углерода;
- г) в образовании связей  $\sigma$ -типа участвует 4 электронные пары;
- д) валентный угол  $\text{O} - \text{C} - \text{O}$  равен  $108^\circ$ ;
- е) общее число неподеленных электронных пар в молекуле равно четырем.

**8.** Выберите верные характеристики углекислого газа:

- а) углекислый газ в 1,5 раза легче воздуха;
- б) проявляет свойства кислотного оксида;
- в) может проявлять окислительные свойства;
- г) водный раствор  $\text{CO}_2$  не изменяет окраску фенолфталеина;
- д) углекислый газ выделяется в процессе фотосинтеза.

**9.** Также как и углерод(II)-оксид, углерод(IV)-оксид:

- а) кислотный;
- б) может проявлять окислительные свойства;
- в) может проявлять восстановительные свойства;
- г) содержит в молекуле 2 связи  $\pi$ -типа.

**10.** Углерод (IV)-оксид (в необходимых условиях) вступает в реакцию с каждым веществом ряда:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ;
- в)  $\text{C}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{NaOH}$ ;
- г)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

**11.** Углерод (IV)-оксид при нормальных условиях взаимодействует:

- а) с  $\text{HNO}_3$ ;
- б)  $\text{CaSO}_4$ ;
- в)  $\text{KOH}$ ;
- г)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;
- д) коксом;
- е) с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**12.** Углекислый газ выступает в роли окислителя, взаимодействуя при нагревании:

- а) с кристаллической щелочью;
- б) железом (II) оксидом;
- в) металлическим магнием;
- г) с водородом;
- д) водяным паром.

**13.** Свойства кислотного оксида  $\text{CO}_2$  проявляет при взаимодействии:

- а) с коксом;
- б) раствором щелочи;
- в) раствором аммиака;
- г) кальций оксидом;
- д) водой;
- е) с магнием.

**14.** Углерод(IV)-оксид может быть получен при прокаливании:

- а)  $\text{ZnCO}_3$ ;
- б)  $\text{CuCO}_3$ ;
- в)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- г)  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ;
- д)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

**15.** Укажите пары схем реакций, в каждой из которых при необходимых условиях, может образоваться углерод (IV)-оксид:

- а)  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow$  и  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO} \rightarrow$
- б)  $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$
- в)  $\text{HCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow$  и  $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow$
- г)  $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$  и  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

**16.** Укажите схему реакции, в которой не выделяется  $\text{CO}_2$ :

- а)  $\text{KHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow$
- б)  $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{\text{прокаливание}}$
- в)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{HCOOH} \rightarrow$
- г)  $\text{K}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{прокаливание}}$

17. По окончании реакции между углерод (IV)-оксидом, объемом 1,12 дм<sup>3</sup> с водным раствором, содержащим 5,6 г калий гидроксида, в растворе содержится:

- а) H<sub>2</sub>O, KHCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;                      в) H<sub>2</sub>O, KHCO<sub>3</sub>;  
б) KOH, H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;                      г) H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

18. Массовая и мольная доля углерод(IV)-оксида в его смеси с неизвестным газом равны. Неизвестным газом может быть:

- а) ангидрид сернистой кислоты;  
б) угарный газ;  
в) пропан;  
г) озон.

19. Выберите неверное утверждение. Кремний диоксид:

- а) образует атомные кристаллы;  
б) характеризуется полимерным строением;  
в) вещество состоит из молекул;  
г) соединение, в котором атомы кремния образуют четыре σ-связи.

20. При определенных условиях и углекислый газ, и кремний (IV)-оксид могут взаимодействовать с любым веществом ряда:

- а) H<sub>2</sub>O, KOH, CaO;                      в) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Mg, C;  
б) HCl, CaCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>;                      г) Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, NaOH, O<sub>2</sub>.

### ТЕСТ 3. Водородные соединения элементов IV-A группы. Карборунд

1. Для водородных соединений в ряду CH<sub>4</sub> – SiH<sub>4</sub> – GeH<sub>4</sub>– SnH<sub>4</sub> – PbH<sub>4</sub> справедливы утверждения:

- а) термическая устойчивость уменьшается;  
б) восстановительная способность увеличивается;  
в) длина связи Э – H уменьшается;  
г) полярность молекул увеличивается.

2. Метан можно получить при взаимодействии:

- а) кальций карбида с водой;  
б) алюминий карбида с водой;  
в) кальций карбида с соляной кислотой;  
г) углерода с водородом.

3. Силан получают при взаимодействии:

- а) кремния с водородом;  
б) магний силицида с водой;  
в) натрий силиката с водой;  
г) магний силицида с растворами кислот.

4. Суммарное число протонов и электронов в молекуле состава ЭН<sub>4</sub> равно

36. Верными характеристиками элемента Э являются:

- а) существует в природе в виде нескольких аллотропных модификаций;  
б) является неметаллом;  
в) способен реагировать со щелочами;  
г) обладает электропроводностью.

5. Укажите правильные утверждения. Карборунд:

- а) имеет высокую температуру плавления;  
б) по твердости близок к алмазу;

- в) химически чрезвычайно реакционноспособен;
- г) хорошо растворяется в воде;
- д) имеет молекулярное строение.

#### ТЕСТ 4. Угольная и кремниевая кислоты, их соли

1. Выберите верные утверждения. Угольная кислота:

- а) в свободном виде представляет собой рыхлую, снегообразную массу;
- б) сильная, двухосновная кислота;
- в) слабая, диссоциирует преимущественно по первой ступени;
- г) не изменяет окраску фенолфталеина;
- д) обладает сильными окислительными свойствами за счет атома углерода в степени окисления +4.

2. Кремниевая кислота, в отличие от угольной:

- а) двухосновная;
- б) слабая;
- в) нелетучая;
- г) имеет полимерное строение;
- д) не изменяет окраску лакмуса;

3. Кремниевая кислота может быть получена при действии:

- а) воды на кремний (IV) хлорид;
- б) серной кислоты на кремний (IV)-оксид;
- в) соляной кислоты на жидкое стекло;
- г) концентрированного раствора натрий гидроксида на кремний;
- д)  $\text{CO}_2$  на водный раствор калий силиката;
- е) воды на диоксид кремния.

4. Формулы кальцинированной соды, кристаллической соды, пищевой соды соответственно:

- а)  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ;
- б)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ;
- в)  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NaHCO}_3$ ;
- г)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NaHCO}_3$ .

5. Общее число названий — мел, известняк, гашеная известь, кальцинированная сода, кальцит, цемент, мрамор, соответствующих веществам, основной состав которых описывается формулой  $\text{CaCO}_3$ , равно:

- а) 3;                      б) 4;                      в) 5;                      г) 6.

6. Кальций хлорид образуется из кальций карбоната в реакции:

- а) с  $\text{NaCl}$ ;              б)  $\text{HCl}$ ;                      в)  $\text{CuCl}_2$ ;                      г) с  $\text{AgCl}$ .

7. Кальций карбонат можно превратить в кальций гидрокарбонат при взаимодействии:

- а) с  $\text{NaOH}$ ;              б)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;              в)  $\text{HCl}$ ;                      г) с  $\text{NaHCO}_3$ .

8. При прокаливании 1 моль смеси равных химических количеств кальций карбоната и кальций гидрокарбоната до постоянной массы образуются:

- а) 2 моль  $\text{CaO}$ , 3 моль  $\text{CO}_2$ , 1 моль  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- б) 2 моль  $\text{CaO}$ , 1,5 моль  $\text{CO}_2$ , 0,5 моль  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- в) 1 моль  $\text{CaO}$ , 1,5 моль  $\text{CO}_2$ , 0,5 моль  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- г) 0,5 моль  $\text{CaO}$ , 0,5 моль  $\text{CaCO}_3$ , 1 моль  $\text{CO}_2$ , 0,5 моль  $\text{H}_2\text{O}$ .

**9.** При прокаливании натрий гидрокарбонат разлагается на:

- а)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;                      в)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{CO}_2$ ;  
б)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;                      г)  $\text{Na}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ .

**10.** Кальций гидрокарбонат превращается в кальций карбонат при взаимодействии:

- а) с водой;  
б) раствором кальций гидроксида;  
в) углекислым газом (в водном растворе);  
г) с соляной кислотой.

**11.** Натрий гидрокарбонат взаимодействует:

- а) с баритовой водой;  
б) раствором гашеной извести;  
в) уксусной кислотой;  
г) кальций хлоридом;  
д) соляной кислотой;  
е) с хлорной водой.

**12.** Как калий силикат, так и калий карбонат реагируют:

- а) с  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ;      б)  $\text{HCl}$ (р-р);                      в)  $\text{BaCl}_2$ (р-р);                      г)  $\text{NaNO}_3$ (р-р).

**13.** Натрий гидрокарбонат нельзя перевести в натрий карбонат:

- а) прокаливанием,  
б) взаимодействием с водным раствором  $\text{NaOH}$ ;  
в) взаимодействием с соляной кислотой;  
г) с помощью водного раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

**14.** Кальцинированную соду можно получить прокаливанием:

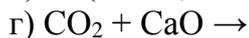
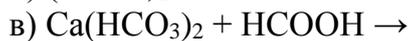
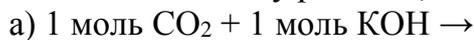
- а) известняка;  
б) декагидрата натрий карбоната;  
в) гашеной извести;  
г) пищевой соды.

**15.** Укажите схемы реакций образования натрий силиката:

- а)  $\text{SiO}_2 + \text{NaOH}$  (сплавление)  $\rightarrow$   
б)  $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O}$  (сплавление)  $\rightarrow$



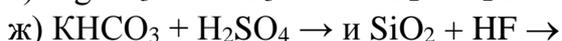
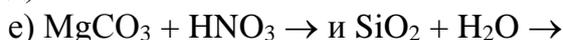
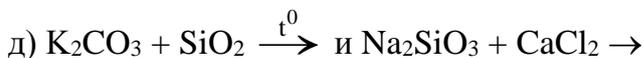
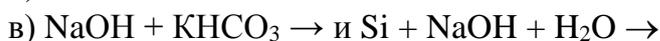
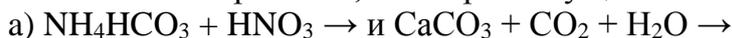
**16.** Укажите схему реакции, в которой образуется карбонат:



**17.** Поташ в отличие от кальцинированной соды:

- а) окрашивает пламя не в желтый, а в фиолетовый цвет;  
б) окрашивает пламя не в фиолетовый, а в желтый цвет;  
в) может быть использован в качестве удобрения;  
г) используется для уменьшения жесткости воды.

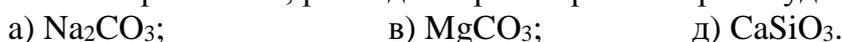
18. Укажите пары схем, в которых осуществимы обе реакции:



19. Формулы веществ, которые образуются при сплавлении натрия карбоната с кремний (IV)-оксидом, расположены в ряду:



20. Выберите соли, pH водных растворов которых будет больше семи:



21. Сокращенное ионное уравнение  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$  описывает взаимодействие водных растворов веществ:



22. В системе  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$  равновесие сместиться вправо при добавлении:



23. Обнаружить карбонат-ион в растворе можно добавлением:



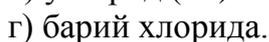
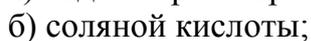
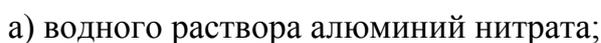
24. Растворы  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$  можно различить при помощи реагента:



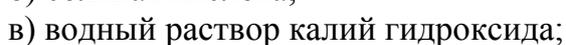
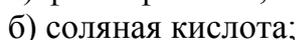
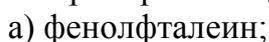
25. Водные растворы  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{KCl}$  между собой можно различить с помощью:



26. Натрий карбонат и натрий сульфат можно распознать при помощи реактивов:



27. В трех пробирках находятся водные растворы силиката натрия, карбоната натрия и хлорида натрия. Реактив, с помощью которого можно распознать, в какой пробирке находится каждый из указанных растворов — это:





3.  $C \rightarrow CO \rightarrow CO_2 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO$ .
4.  $C \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO$ .
5.  $C \rightarrow CH_4 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CO_2$ .
6.  $C \rightarrow CH_4 \rightarrow NH_4HCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow CO_2$ .
7.  $C \rightarrow CO \rightarrow CO_2 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO \rightarrow COCl_2$ .
8.  $CO \rightarrow CO_2 \rightarrow C \rightarrow NH_4HCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO$ .
9.  $CO \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaC_2 \rightarrow CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO$ .
10.  $CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow CaCO_3$ .
11.  $Si \rightarrow SiO_2 \rightarrow H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow SiF_4$ .
12.  $Si \rightarrow Na_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3 \rightarrow Si \rightarrow SiO_2$ .
13.  $Si \rightarrow Mg_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$ .
14.  $Si \rightarrow SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow Na_2SiO_3 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaC_2$ .
15.  $SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow Mg_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2$ .
16.  $SiO_2 \rightarrow H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Si$ .
17.  $SiO_2 \rightarrow Mg_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3$ .
18.  $SiO_2 \rightarrow H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow SiC$ .
19.  $SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow Mg_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2 \rightarrow SiC$ .
20.  $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaSiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow Si \rightarrow SiF_4$ .

**Решите следующие задачи:**

#### Углерод и его соединения

1. Какой объем (н. у.) воздуха потребуется для сжигания угля массой 7,0 кг, содержащего 95 % (по массе) углерода и негорючие примеси, если объемная доля кислорода в воздухе равна 21 %?
2. На восстановление металла из его оксида массой 8,0 г был затрачен углерод массой 1,2 г. Определите металл, если известно, что его валентность в оксиде равна двум и в результате реакции образуется углерод(II)-оксид.
3. Смесь, состоящую из 11,2 г кальций оксида и 8,0 г кокса, нагрели. Массовая доля углерода в составе кокса равна 96 %. В результате реакции получили кальций-карбид и углерод(II)-оксид. Затем кальций-карбид обработали избытком воды. Рассчитайте объем (н. у.) выделившегося ацетилена, если его выход равен 95 %.
4. При комнатных условиях в 1 объеме воды растворяется 1 объем углекислого газа. Какое химическое количество углекислого газа необходимо для получения его насыщенного водного раствора объемом 1 см<sup>3</sup>? Изменением объема при растворении следует пренебречь.
5. Какое количество теплоты выделится при сгорании угарного газа массой 54 г, если при сгорании CO химическим количеством 1 моль выделяется 283 кДж теплоты?
6. Массовая доля угарного газа в смеси с углекислым газом равна 20 %. Рассчитайте объемную долю углекислого газа в смеси.
7. В системе установилось равновесие:  $2CO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2CO$ . Равновесные химические количества CO, O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> соответственно равны 2,0, 3,0 и 3,0 моль. Рассчитайте исходные химические количества угарного газа и кислорода.

8. Газовая смесь, состоящая из углерод(II)-оксида и кислорода, имеет массу 30 г и занимает объем, равный 22,4 дм<sup>3</sup> (н. у.). Рассчитайте массовую долю углерод(II)-оксида в смеси.

9. Относительная плотность по водороду газовой смеси, состоящей из углерод(II)-оксида и кислорода, равна 15. Какая масса углерод(IV)-оксида образуется при поджигании этой смеси массой 60 г?

10. К смеси газов углерод(II)-оксида и углерод(IV)-оксида общим объемом 10 дм<sup>3</sup> (н. у.) добавили 15 дм<sup>3</sup> (н. у.) кислорода и подожгли. В результате реакции объем смеси уменьшился на 2 дм<sup>3</sup> (н. у.). Определите объемную долю углерод(IV)-оксида в исходной газовой смеси.

11. Газовая смесь состоит из угарного и углекислого газа и имеет объем 4,48 дм<sup>3</sup> (н. у.). На каждые 40 атомов углерода в смеси приходится 60 атомов кислорода. Чему равна масса угарного газа в смеси?

12. Образец оксида углерода (II) (н. у.) занимает объем, равный 2,24 л. Масса образца равна 2,85 г. Углерод в составе оксида представлен одним нуклидом C<sup>12</sup>, кислород двумя изотопами — O<sup>16</sup> и O<sup>18</sup>. Определите молярную долю (в процентах) C<sup>18</sup>O в образце.

**Ответы:** 1. 59,1 м<sup>3</sup>. 2. медь. 3. 4,26 л. 4.  $4,46 \times 10^{-5}$  моль. 5. 546 кДж. 6. 71,8 %. 7. 5,0 моль, 4,5 моль. 8. 46,7 %. 9. 44 г. 10. 60 %. 11. 2,8 г. 12. 25 %.

### Угольная кислота. Карбонаты

1. В растворе, содержащем угольную кислоту химическим количеством 0,018 моль, содержится  $3,01 \cdot 10^{19}$  ионов водорода. Пренебрегая диссоциацией угольной кислоты по второй ступени, рассчитайте степень ее диссоциации в этом растворе.

2. Рассчитайте массу осадка, который образуется при кипячении раствора кальция гидрокарбоната массой 100 г с массовой долей соли 2,0 %.

3. Какую массу кристаллической соды Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O нужно взять для приготовления раствора натрий карбоната с молярной концентрацией соли 0,50 моль/дм<sup>3</sup> объемом 2,0 дм<sup>3</sup>?

4. При обжиге 200 т чистого известняка получили 116,4 т твердого остатка. Определить степень разложения известняка и объем выделившегося газа.

5. 400 г смеси NaHCO<sub>3</sub> и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> нагревали до постоянной массы, которая оказалась равной 276 г. Найти массовую долю Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в исходной смеси.

6. В каком молярном соотношении нужно смешать CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>, чтобы при прокаливании смеси (до постоянной массы) ее масса уменьшилась наполовину?

7. Через 800 мл раствора КОН с концентрацией 2 моль/л пропустили 56 л смеси CO и CO<sub>2</sub>, плотность которой по гелию 8,6. Определите количества вещества полученных солей в расчете на 1 л раствора, считая объем неизменным.

8. Через раствор соды, содержащей 500 мл воды и 132,5 г безводного карбоната натрия, пропустили избыток CO<sub>2</sub>. Найти массу образовавшегося осадка, если растворимость полученной соли при этих условиях равна 8 г на 100 г воды.

9. Газовая смесь, состоящая из водорода, угарного газа и метана, имеет плотность 0,857 г/л (н. у.). Для полного сгорания 1 л этой смеси потребовалось 4,52 л воздуха (н. у.). Определить состав исходной смеси в объемных процентах.

**10.** При сжигании 3,6 г углерода в сосуде, содержащем 4,48 л кислорода (н. у.), образовалось два газа, которые пропустили через 20 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 30 % (1,33 г/мл) при 20 °С. Определите состав и массовую долю соли в полученном растворе.

**11.** При прокаливании 11,44 г кристаллического карбоната натрия образуется 4,26 г безводной соли. Найдите формулу кристаллогидрата.

**Ответы:** 1. 0,278 %. 2. 1,23 г. 3. 286 г. 4. 95 %. 42560 м<sup>3</sup>. 5. 16 %. 6.  $\approx 1 : 3$ . 7. 0,75 моль средней и 0,5 моль кислой соли. 8. 171,8 г. 9. 20 %, 50 % и 30 %. 10. 34,2 % средней соли. 11. декагидрат.

## ТЕМА 6. МЕТАЛЛЫ

### Основной объем учебного материала

Металлы, их положение в периодической системе элементов. Особенности электронного строения атомов металлов.

Физические свойства металлов. Понятие о сплавах металлов, сплавах металлов с неметаллами.

Общие химические свойства металлов: взаимодействие с неметаллами, водой, разбавленными кислотами, солями. Электрохимический ряд активности металлов. Понятие о гальванических элементах. Коррозия. Защита металлов от коррозии.

Нахождение металлов в природе. Химические способы получения металлов из их природных соединений: восстановление углеродом, оксидом углерода (II), водородом, металлами. Понятие об электролизе. Основные способы промышленного получения металлов. Электрохимические способы получения металлов. Охрана окружающей среды при промышленном получении металлов.

История открытия и использования важнейших металлов (золото, серебро, медь, железо, алюминий). Металлы в современной технике.

Щелочные металлы. Строение атомов. Закономерности изменения химических свойств в группе. Нахождение в природе. Физические и химические свойства простых веществ. Соединения с кислородом, гидроксиды, соли: получение и химические свойства. Применение щелочных металлов и их соединений.

Магний и щелочноземельные металлы. Строение атомов и закономерности изменений свойств в группе. Нахождение в природе. Физические и химические свойства простых веществ. Оксиды, гидроксиды и соли: получение и химические свойства. Применение соединений магния и кальция. Биологическая роль соединений магния и кальция. Жесткость воды и способы ее устранения.

Алюминий. Строение атома. Нахождение в природе. Физические и химические свойства простого вещества. Оксид и гидроксид алюминия. Амфотерность соединений алюминия. Получение и химические свойства гидроксида алюминия. Алюминий и его сплавы в технике.

Железо. Строение атома. Нахождение в природе. Физические и химические свойства простого вещества. Оксиды и гидроксиды железа: получение и химические свойства. Биологическая роль соединений железа. Химические основы про-

цесса получения железа в промышленности. Сплавы железа. Применение железа и его сплавов.

**ЗАНЯТИЕ 21. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ.  
РЯД СТАНДАРТНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ (РСЭП).  
ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

**ТЕСТ 1**

**1.** Даны вещества: поташ, галит, карналлит, доломит, алебастр, магнетит, криолит, флюорит, ортоклаз, малахит. Суммарное число различных химических элементов металлов, входящих в состав этих соединений, равно:

- а) 10;            б) 6;            в) 7;            г) 8.

**2.** Укажите число элементов металлов IV периода, в атомах которых на внешнем энергетическом уровне в основном состоянии содержится два электрона:

- а) 7;            б) 8;            в) 9;            г) 10.

**3.** Укажите символы металлов, атомы которых содержат в основном состоянии одинаковое число неспаренных электронов:

- а) Al;            б) Sc;            в) Cu;            г) Cr.

**4.** Некоторый простой ион состава  $\text{Э}^{3+}$  содержит 21 электрон. Укажите электронную конфигурацию атома данного элемента в основном состоянии:

- а)  $\dots 3d^5 4s^1$ ;    б)  $\dots 3d^7 4s^2$ ;    в)  $\dots 3d^4 4s^2$ ;    г)  $\dots 3d^2 4s^1$ .

**5.** Энергия ионизации атомарного натрия равна 495 кДж/моль. Укажите количество энергии, которую необходимо затратить для превращения в катионы всех атомов  $^{23}\text{Na}$  массой 92 мг:

- а) 123,75 кДж;    б) 1,98 кДж;    в)  $2,408 \cdot 10^{25}$  Дж;    г) 1980 кДж.

**6.** Укажите символы частиц, содержащих одинаковое число электронов:

- а)  $^{55}\text{Mn}$ ;            б)  $^{58}\text{Ni}^{3+}$ ;            в)  $^{57}\text{Fe}^{2+}$ ;            г)  $^{58}\text{Co}^{2+}$ .

**7.** Отметьте правильные утверждения: в ряду Li – K – Ca:

- а) энергия ионизации атомов сначала уменьшается, а затем — увеличивается;  
б) усиливается способность металлов восстанавливаться в водных растворах из своих ионов;  
в) возрастают величины стандартных электродных потенциалов;  
г) усиливаются восстановительные свойства металлов в реакциях, протекающих с их участием в водных растворах.

**8.** Выберите пары, указанных символами ионов, в которых первый ион обладает более выраженными окислительными свойствами в водных растворах по сравнению со вторым:

- а)  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ;            б)  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ;            в)  $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$ ;            г)  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{H}^+$ .

**9.** Ориентируясь на электрохимический ряд напряжений металлов, можно прогнозировать:

- а) какими металлами могут восстанавливаться катионы водорода в водном растворе кислоты;

- б) возможность протекания реакции контактного вытеснения в случае взаимодействия металла с раствором соли другого металла;
- в) изменение энергий ионизации атомов металлов;
- г) последовательность восстановления катионов металлов на катоде при электролизе водного раствора их солей.

**10.** Укажите все процессы, приводящие к увеличению массы металлической пластины:

- а) погружение пластины из цинка в раствор сульфата железа(II);
- б) выдерживание пластины из железа в растворе сульфата меди(II);
- в) погружение пластины из бария в разбавленный раствор хлорида натрия;
- г) выдерживание пластины из меди в растворе нитрата серебра(I).

## ТЕСТ 2

**1.** Укажите металл(-ы) окисление которого(-ых) в атмосфере, обогащённой кислородом приводит к образованию только основного оксида:

- а) золото;      б) калий;      в) литий;      г) железо.

**2.** Выберите ряд, все металлы в котором реагируют как с концентрированной, так и разбавленной азотной кислотой при комнатной температуре:

- а) хром, калий, медь;
- б) натрий, кальций, железо;
- в) алюминий, магний, литий;
- г) цинк, кальций, натрий.

**3.** В каких парах указаны металлы, которые реагируют как с разбавленной серной, так и с разбавленной азотной кислотой?

- а) цинк, марганец;      б) магний, ртуть;      в) барий, медь;      г) алюминий, железо.

**4.** Выберите пары, в которых оба указанных символами металла могут реагировать как с хлором, так и с разбавленной соляной кислотой:

- а) Ni, Au;      б) Zn, Ca;      в) Al, Fe;      г) Sn, Cu.

**5.** Укажите верные утверждения:

а) для высших оксидов Mn, Zn, Cr характерны как кислотные, так и основные свойства;

б) чем выше степень окисления металла в оксиде, тем более выражены у него кислотные свойства;

в) оксиды всех металлов s-семейства являются основными;

г) все гидроксиды металлов II-A группы могут проявлять в химических реакциях основные свойства.

**6.** Выберите пары оксидов, в которых основные свойства у первого оксида выражены сильнее, чем у второго:

- а) MnO, MnO<sub>2</sub>;      б) CaO, K<sub>2</sub>O;      в) K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O;      г) FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**7.** Укажите верные утверждения:

а) на внешнем уровне в катионах Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> содержится одинаковое число электронов;

б) радиус катиона натрия меньше радиуса катиона калия;

в) ионы калия легче, чем ионы натрия восстанавливаются в водных растворах;

г) для превращения атома в однозарядный катион требуется затратить больше энергии в случае натрия, нежели чем в случае калия.



## ТЕСТ 4

1. Укажите правильные утверждения:

- а) в атомах любого металла из d- и f-электронных семейств в основном состоянии на внешнем энергетическом уровне находится не более двух электронов;
- б) в своих соединениях атомы d-элементов могут проявлять как переменную, так и постоянную степень окисления;
- в) металлы, как d-, так и f-элементов при кристаллизации образуют решетки ионного типа;
- г) валентные электроны d-элементов могут располагаться, как на внешнем, так и предвнешнем, энергетических уровнях.

2. Отметьте символы катионов, у которых 3d-подуровень заполнен электронами полностью или наполовину:

- а) Fe<sup>3+</sup>;      б) Zn<sup>2+</sup>;      в) Mn<sup>2+</sup>;      г) Cu<sup>2+</sup>.

3. Укажите верные утверждения:

- а) все «металлы древности» относятся к металлам d-электронных семейств;
- б) к рассеянным элементам относятся только элементы f-семейств;
- в) элемент металл, входящий в состав витамина В<sub>12</sub>, относится к семейству железа;
- г) железо и сплавы на его основе относятся к группе чёрных металлов.

4. Укажите электронную схему основного состояния атома самого твёрдого металла:

- а) 2ē, 8ē, 14ē, 2ē;      в) 2ē, 8ē, 12ē, 2ē;
- б) 2ē, 8ē, 13ē, 2ē;      г) 2ē, 8ē, 13ē, 1ē.

5. Процесс Fe – 2ē → Fe<sup>2+</sup> происходит, если железный стержень опускать по отдельности в водные растворы:

- а) соляной кислоты;      в) хлорида железа(III);
- б) нитрата серебра(I);      г) сульфата цинка.

6. Укажите схемы процессов, в которых может образоваться оксид железа(III):

- а) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + CO  $\xrightarrow{t}$       в) Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  $\xrightarrow{t}$
- б) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + O<sub>2</sub>  $\xrightarrow{t}$       г) FeS + O<sub>2</sub>  $\xrightarrow{t}$

7. Укажите схемы, отражающие процесс окисления атомов железа:

- а) FeO<sub>2</sub><sup>-</sup> → Fe(OH)<sub>3</sub>;      в) [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup> → [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup>;
- б) FeS<sub>2</sub> → Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;      г) [Fe(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> → Fe(OH)<sub>3</sub>.

8. Выберите схемы реакций, протекающих с изменением степени окисления атомов железа:

- а) FeS + O<sub>2</sub>  $\xrightarrow{t}$       в) FeS + HNO<sub>3(конц.)</sub>  $\xrightarrow{t}$
- б) FeCl<sub>3</sub> + KI<sub>(p-p)</sub> →      г) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + HCl →

**Используя метод электронного баланса, расставьте коэффициенты в окислительно-восстановительных реакциях. Укажите окислители и восстановители:**

- 1. UO<sub>2</sub> + HNO<sub>3</sub> → UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + NO + H<sub>2</sub>O.
- 2. UCl<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → U(OH)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> + HCl.
- 3. AmO<sub>2</sub> + HCl → AmCl<sub>3</sub> + Cl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O.

4.  $\text{Np}(\text{NO}_3)_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NpO}_2\text{NO}_3 + \text{HNO}_3 + \text{HI}$ .
5.  $\text{Sc} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Sc}(\text{NO}_3)_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
6.  $\text{Ga} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Ga}(\text{OH})_6] + \text{H}_2$ .
7.  $\text{AmO}_2\text{F} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Am}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{O}_2 + \text{HF} + \text{H}_2\text{O}$ .
8.  $\text{Zr} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2[\text{ZrCl}_6] + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
9.  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}[\text{Sn}(\text{OH})_3] + \text{NaOH} \rightarrow \text{Bi} + \text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + \text{NaNO}_3$ .
10.  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{PbO}_2 + \text{KCl} + \text{KCH}_3\text{COO} + \text{H}_2\text{O}$ .

**Запишите уравнения химических реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1.  $\text{CuS} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CuS}$ .
2.  $\text{Na} \rightarrow \text{NaI} \rightarrow \text{NaBr} \rightarrow \text{NaH} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{NaBr} \rightarrow \text{AgBr}$ .
3.  $\text{FeS} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeS}$ .
4.  $\text{CaH}_2 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaO}$ .
5.  $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeS}$ .
6.  $\text{CaH}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{CaO}$ .
7.  $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{KNO}_3$ .
8.  $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{KCl}$ .
9.  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{CaZnO}_2$ .
10.  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$ .

**Решите следующие задачи:**

1. В пластине толщиной 0,1 см, шириной 2,0 см и длиной 1,0 см содержится  $5,08 \cdot 10^{21}$  атомов натрия. Рассчитайте плотность металла.
2. Природное серебро представляет собой смесь изотопов с массовыми числами 107 и 109. Вычислите, какого из изотопов по массе в природе больше и во сколько раз ( $A_r(\text{Ag}) = 107,8682$ )?
3. В какой массе меди содержится 1 г электронов, если масса  $1\bar{e} = 1/1840$  а.е.м? ( $A_r(\text{Cu}) = 63,546$ )
4. Установите, какой элемент металл входит в состав соли Мора, имеющий формулу  $\text{Э}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , если в 0,025 моль соли содержится  $30,702 \cdot 10^{23}$  электронов.
5. В 0,0150 моль фосфида стехиометрического состава, образованного металлом II-A-группы, находится 1,35 моль протонов. Какой металл образовал фосфид?
6. В порции натрия (плотность  $0,971$  г/см<sup>3</sup>) содержится число протонов, равное числу электронов в порции осмия. Объем порции натрия в 19,47 раз больше объема порции осмия. Вычислите плотность осмия.
7. В 0,1 моль растворимого в воде карбоната находится 5,2 моль электронов. Напишите формулу этого карбоната (приведите два ответа).
8. Вычислите общее число атомов и общее число электронов в 14,0 г гептагидрата никель(II) сульфата.
9. В одном из фосфидов число атомов металла в 1,5 раза больше числа атомов фосфора, а массовая доля этого металла на 7,46 % больше массовой доли фосфора. Установите формулу фосфида.

10. В смеси  $\text{CaC}_2$  и  $\text{CaCO}_3$  содержится по  $1,81 \cdot 10^{24}$  атомов кальция и кислорода. Вычислите массу этой смеси.

**Ответы:** 1.  $0,97 \text{ г/см}^3$ . 2. в 1,28 раз. 3. 4031,9 г. 4. Fe. 5. Ca. 6.  $22,6 \text{ г/см}^3$ . 7.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . 8.  $8,1 \cdot 10^{23}$  атомов,  $4,38 \cdot 10^{24}$  электронов. 9.  $\text{Mg}_3\text{P}_2$ . 10. 228 г.

## ЗАНЯТИЕ 22. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ. ОБЩИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

#### ТЕСТ 1

1. Для получения серебра из раствора его соли можно использовать металлы:  
а) натрий;                      б) медь;                      в) железо;                      г) барий.
2. Укажите формулы веществ, с которыми реагирует медь, но не реагирует золото:  
а)  $\text{HNO}_3$ (конц.);              б) S;                      в)  $\text{O}_2$ ;                      г)  $\text{Cl}_2$ .
3. «Царская водка» растворяет золото и другие благородные металлы потому, что:  
а) при смешивании двух кислот увеличивается кислотность среды;  
б) обе кислоты проявляют окислительные свойства за счёт анионов;  
в) в результате снимается защитная оксидная плёнка, предохраняющая металлы от коррозии;  
г) в результате смешивания двух кислот выделяется атомарный хлор, который и окисляет металлы.
4. После добавления к водному раствору сульфата цинка некоторой порции калия раствор продолжал оставаться прозрачным. Укажите ряды, в которых химическими формулами указаны возможные вещества, находящиеся в полученном растворе:  
а)  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , KOH,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
в)  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
г)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .
5. Укажите правильные утверждения:  
а) процесс обжига киновари называется демеркуризацией;  
б) к медьсодержащим сплавам относятся все сплавы в перечне: монель-металл, мельхиор, латунь, дуралюмин;  
в) различить между собой водные растворы иодида калия, сульфида калия, хлорида калия можно по цвету осадка, выпадающего при добавлении к ним водного раствора  $\text{AgNO}_3$ ;  
г) на сильно-выраженных окислительных свойствах катионов серебра основано применение серебросодержащих материалов в качестве бактерицидных средств.

**6. Выберите правильные утверждения:**

- а) практически весь алюминий в промышленности получают электрохимическим способом;
- б) алюминий является самым распространенным элементом, как в земной коре, так и в человеческом организме;
- в) алюминий используется в гидрометаллургических методах получения металлов потому, что является одним из самых сильных восстановителей из числа применяемых в промышленности;
- г) алюминий не входит в состав группы металлов, относящихся к «металлам древности».

## ТЕСТ 2

**1. Выберите неправильные утверждения:**

- а) окислительно-восстановительный процесс, протекающий при пропускании электрического тока через раствор (расплав) электролита, называется электролитической диссоциацией;
- б) электрод, на котором происходит восстановление ионов при электролизе, называется катодом;
- в) при электролизе водного раствора сульфата меди(II) на катоде выделяется медь, на аноде — кислород;
- г) один и тот же продукт выделяется на катоде при электролизе как расплава, так и раствора хлорида калия.

**2. Укажите число правильных утверждений. Электролиз в промышленности используется:**

- 1) для получения щелочных металлов из растворов их галогенидов;
- 2) в гальванотехнике;
- 3) в методе электрохимического рафинирования;
- 4) для получения электрического тока в аккумуляторах;
- 5) для получения щелочей;
- 6) для получения металлов из металлолома.

а) 3;      б) 4;      в) 5;      г) 6.

**3. При электролизе водного раствора фторида калия на аноде выделяется газообразный продукт. Укажите значения относительной плотности по водороду для данного газа:**

а) 19;      б) 10;      в) 9,5;      г) 16.

**4. Укажите все верные утверждения:**

- а) в отличие от химической коррозии электрохимическая коррозия является окислительно-восстановительным процессом;
- б) для предотвращения коррозии некоторые щелочные металлы в лаборатории хранят под слоем керосина;
- в) в отличие от алюминия, хрома и никеля железо не образует прочных оксидных плёнок на поверхности, защищающих изделия из железа от коррозии;
- г) процесс коррозии железа и сплавов на его основе называется ржавлением.

**5. Выберите правильные утверждения. Коррозия изделий из железа на воздухе усиливается...**

- а) в присутствии влаги;



в) гидрометаллургическим методом можно получать только металлы, стоящие за водородом в электрохимическом ряду напряжений;

г) среди восстановителей, используемых в промышленности, наиболее сильным восстановителем является постоянный электрический ток.

**7.** Какие из утверждений являются неверными?

а) сплавы всегда являются химическими соединениями, в состав которых входят только металлы;

б) для производства ювелирных изделий к золоту добавляют медь потому, что золото — очень твёрдый металл, и добавление меди приводит к уменьшению твёрдости;

в) цветными являются все перечисленные ниже сплавы: бронза, мельхиор, латунь, дуралюмин;

г) использование сплавов на основе алюминия в самолётостроении, главным образом, связано с высокими отражательными свойствами металла.

**8.** Выберите верное утверждение:

а) так как массовая доля углерода в чугуна больше, чем в стали, чугун относится к группе чёрных металлов, а сталь — нет;

б) введение специальных добавок, улучшающих свойства стали, называется легированием;

в) переработка чугуна в сталь сводится к испарению всех примесей при высокой температуре;

г) алюминий — самый распространённый металл в земной коре, поэтому он производится в промышленных масштабах в наибольшем количестве.

**9.** Укажите массу (г) свинца, которая получится при  $\alpha$ -распаде полония-218 массой 16,8 г через 12,2 минуты (период полураспада  $^{218}\text{Po}$  равен 3,05 мин):

а) 15,461;      б) 2,050;      в) 32,80;      г) 16,40.

**10.** Укажите, в каком ряду все указанные материалы могут быть использованы при устранении как временной, так и постоянной жёсткости воды:

а) «гашёная известь», кальцинированная сода, ортофосфорная кислота;

б) питьевая сода, «негашёная известь», кристаллическая сода;

в) катионит, поташ, натрий ортофосфат;

г) известковое молоко, кальцинированная сода, апатит.

**11.** Отметьте все верные характеристики для жидких стёкол:

а) могут быть получены при сплавлении поташа и кальцинированной соды с кремнезёмом;

б) при контакте с воздухом, насыщенным углекислым газом, могут мутнеть;

в) растворы имеют сильнощелочную среду;

г) могут быть получены при растворении кремния в водных растворах щелочей.

**12.** Укажите верные утверждения:

а) различить между собой соли калия, натрия и кальция можно внесением этих солей в пламя горелки;

б) как барий сульфит, так и барий сульфат практически не растворяются ни в воде, ни в соляной кислоте;

в) при отстаивании водной суспензии кальцита, раствор над осадком является разбавленным и ненасыщенным;

г) «гашёную известь» используют в приготовлении вяжущих строительных материалов, хлорной извести, для устранения временной жёсткости воды.

**Используя метод электронного баланса, расставьте коэффициенты в окислительно-восстановительных реакциях. Укажите окислители и восстановители:**

1.  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{HNO}_3(\text{k}) \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
2.  $\text{FeCl}_2 + \text{HCl} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$ .
3.  $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{S} + \text{HCl}$ .
4.  $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3(\text{k}) \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
5.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
6.  $\text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{k}) \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .
7.  $\text{CuS} + \text{HNO}_3(\text{k}) \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
8.  $\text{CuCl}_2 + \text{KI} \rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2 + \text{KCl}$ .
9.  $\text{HgS} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{HgCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .
10.  $\text{CrCl}_2 + \text{O}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
11.  $\text{CrO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
12.  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$ .
13.  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Mn}(\text{OH})_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .
14.  $\text{MnO}_2 + \text{KOH} + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
15.  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

**Запишите уравнения химических реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1.  $\text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{FeO}$ .
2.  $\text{Fe} \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ .
3.  $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ .
4.  $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$ .
5.  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ .
6.  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{NaFeO}_2$ .
7.  $\text{Cu} \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CuS}$ .
8.  $\text{Cu} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuS}$ .
9.  $\text{CuS} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4$ .
10.  $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}$ .
11.  $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{ZnO}_2 \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Hg} \rightarrow \text{HgS}$ .
12.  $\text{AuCl}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{AuCl}_3$ .
13.  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KCrO}_2 \rightarrow \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr}$ .
14.  $\text{CrCl}_2 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{KCrO}_2$ .
15.  $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MnO} \rightarrow \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2$ .
16.  $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSiO}_3$ .
17.  $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{AgCl}$ .
18.  $\text{ZnO} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ .
19.  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{FeO}$ .
20.  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4$ .

**Решите следующие задачи:**

1. Какую массу чугуна, содержащего 94 % железа, можно получить из 1 т красного железняка, содержащего 20 % примесей?

2. 28,8 г смеси железа с железной окалиной восстановили водородом. Продукты реакции обработали без доступа воздуха соляной кислотой, при этом выделилось 8,96 л (н. у.) газа. Определите массу железа в смеси.

3. В результате реакции между железом массой 22,4 г и хлором объёмом 15,68 л (н. у.), получили соль, которую растворили в воде массой 500 г. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

4. Над раскалёнными железными опилками массой 30 г пропустили водяной пар. Определите объём (н. у.) выделившегося водорода, если его выход равен 70 %.

5. Какой объём воды надо взять для растворения 27,8 г гептагидрата железосо(II) сульфата (железного купороса) для получения раствора с массовой долей  $\text{FeSO}_4$  равной 8 %? Сколько граммов кристаллогидрата следует добавить к этому раствору, чтобы массовая доля  $\text{FeSO}_4$  возросла до 15 %?

6. Сплав железа и магния обработали разбавленным раствором серной кислоты. Масса выделившегося газа оказалась в 13,5 раз меньше массы сплава. Вычислите, каких атомов было в сплаве больше и во сколько раз.

7. Для полного растворения смеси  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  общей массой 14,8 г потребовалось 93,5 мл раствора серной кислоты с массовой долей равной 21,0 % (пл. 1,14 г/мл). Вычислите массу железного купороса, которую можно выделить из получившегося раствора.

8. При взаимодействии смеси железа и ртути с разбавленной серной кислотой получено 3,36 л (н. у.) газа. При обработке такой же массы смеси металлов избытком концентрированной азотной кислоты при комнатной температуре получена соль, при термическом разложении которой выделяется 1,344 л (н. у.) газов. Найдите массовые доли металлов в исходной смеси.

9. Образец оксида железа массой 32 г восстановили до металла оксидом углерода(II). Определите формулу оксида железа, если объём  $\text{CO}$ , вступившего в реакцию, составил при нормальных условиях 13,44 л.

10. Найти массовые доли веществ в твёрдом остатке при разложении 60 % исходного количества  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ . Какова степень разложения  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  к моменту достижения такой же массовой доли оксида в твёрдом остатке?

**Ответы:** 1. 595,74 кг. 2. 5,6 г. 3. 11,5 % 4. 11,2 дм<sup>3</sup>. 5. 162,2 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ; 33,5 кристаллогидрата. 6.  $\text{Mg}/\text{Fe} = 9,67$ . 7. 39,0 г. 8. 67,68 % Fe, 32,32 % Hg. 9.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . 10. 38,3 %.

# ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## ЗАНЯТИЕ 23. ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ИЗОМЕРИЯ. ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ С УЧАСТИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ. НАСЫЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ АЛКАНОВ. ЦИКЛОПАРАФИНЫ

### Основной объем учебного материала

Предмет органической химии. Способы изучения состава органических соединений. Химическое строение как порядок соединения атомов и их взаимного влияния в молекулах органических соединений. Теория химического строения органических соединений. Электронное строение атома углерода и природы химических связей: s- и p-электроны, формы электронных облаков, гибридизация. Типы разрыва химических связей. Классификация органических соединений и их реакций. Общие принципы номенклатуры органических соединений. Классификация углеводородов. Состав, электронное и пространственное строение алканов, алкенов, алкадиенов, алкинов и аренов. Структурная и пространственная изомерия углеводородов.

*Алканы.* Общая формула, гомологический ряд, гомологическая разность. Структурная изомерия. Понятие о конформациях. Характер химической связи, sp<sup>3</sup>-гибридизация, длина и угол связи. Номенклатура алканов. Физические свойства алканов, характер изменения этих свойств в гомологическом ряду. Химические свойства насыщенных углеводородов (алканов): реакции замещения (галогенирования), окисления, крекинга и пиролиза. Радикально-цепной механизм галогенирования алканов. Понятие о радикалах.

Галогенопроизводные алканов, изомерия и номенклатура. Понятие об индуктивном эффекте. Химические свойства галогеналканов: взаимодействие с активными металлами и растворами щелочей.

Получение и применение алканов.

*Циклоалканы.* Классификация и номенклатура. Конформации циклогексана. Физические и химические свойства: реакции замещения и дегидрирования. Получение и применение циклоалканов.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### Алканы

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Укажите ряды формул, соответствующих только алканам:

- а) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>11</sub>H<sub>24</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>;                      в) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>, C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>;  
б) C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>, C<sub>10</sub>H<sub>22</sub>, C<sub>17</sub>H<sub>36</sub>;                г) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>24</sub>H<sub>44</sub>.

2. Выберите правильные утверждения. В молекулах алканов:

- а) содержатся только ковалентные связи;  
б) связи С – С образованы перекрыванием sp-гибридных электронных облаков;

- в) все валентные углы одинаковы;
- г) возможно образование внутримолекулярных водородных связей;
- д) возможно наличие  $\pi$ -связей.

**3.** Температура кипения алканов зависит:

- а) от молекулярной массы;
- б) степени разветвленности углеродной цепи;
- в) прочности внутримолекулярных водородных связей;
- г) от внешнего давления.

**4.** Среди следующих утверждений:

- алканы хорошо растворимы в воде;
- алканы, молекулы которых содержат от 5 до 15 атомов углерода, при обычных условиях — жидкости;
- для алканов характерны реакции замещения;
- алканы с трудом вступают в реакции присоединения;
- алканы обесцвечивают водный раствор  $\text{KMnO}_4$ ;
- алканы входят в состав нефти и природного газа — число верных равно:  
а) 2;      б) 3;      в) 4;      г) 5.

**5.** Массовая доля углерода в углеводороде составляет 83,33 %. Относительная плотность паров по воздуху равна 2,48. Этим углеводородом может быть:

- а) 2-метилпропан;      б) 2,2-диметилпропан;      в) пентан;      г) 2-метилбутан.

**6.** Укажите правильные утверждения:

- а) состав любого гомолога метана описывается одной и той же общей формулой;
- б) массовая доля углерода с увеличением длины углеродного скелета в алканах уменьшается;
- в) гомологи имеют различные физические, но одинаковые химические свойства;
- г) гомологи могут отличаться как физическими, так и химическими свойствами;

**7.** Возможные виды изомерии для алканов:

- а) структурная (углеводородной цепи);
- б) изомерия различных гомологических рядов;
- в) стереоизомерия;
- г) положения кратных связей.

**8.** Гексан и октан являются:

- а) стереоизомерами;      в) структурными изомерами;
- б) гомологами;      г) насыщенными углеводородами.

**9.** Изомерами алкана, содержащего в молекуле 42 электрона являются:

- а) 2-метилбутан;      в) 2,2-диметилпропан;
- б) 3,3-диметилпентан;      г) 2,3-диметилбутан.

**10.** Гомологом 2,2,4-триметилпентана является:

- а) 3-изопропилпентан;      в) 2-этилгексан;
- б) тетраэтилметан;      г) 2,2,3,3-тетраметилбутан.

**11.** Степень окисления каждого из атомов углерода равна  $-3$  в соединении:

- а)  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ;      б)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ;      в)  $\text{C}_2\text{H}_6$ ;      г)  $\text{C}_3\text{H}_8$ ;

**12.** В виде стереоизомеров может существовать:

- а) 2-метилпропан;                      в) 2,2-диметилбутан;  
б) 3-метилгексан;                      г) 2,2,3-триметилбутан.

**13.** Общее число электронов в молекуле алкана, содержащего только первичные атомы углерода, равно:

- а) 10;                      б) 18;                      в) 26;                      г) 30.

**14.** Число атомов водорода в молекуле алкана, содержащего два третичных атома углерода (остальные — первичные, вторичных и четвертичных в структуре нет), равно:

- а) 10;                      б) 12;                      в) 14;                      г) 16.

**15.** Число изомерных алкильных радикалов состава —  $C_4H_9$  равно:

- а) 2;                      б) 3;                      в) 4;                      г) 5.

**16.** Общее число возможных моногалогенопроизводных 2,3-диметилбутана равно:

- а) 1;                      б) 2;                      в) 3;                      г) 4;

**17.** Для алканов возможны реакции:

- а) замещения;      б) окисления;      в) присоединения;      г) полимеризации.

**18.** При окислении метана в разных условиях (катализатор, температура) возможно образование:

- а) ацетилена;                      в) метаналя;                      д) угарного газа.  
б) метанола;                      г) метановой кислоты;

**19.** Для получения стеариновой кислоты ( $C_{17}H_{35}COOH$ ) используют каталитическое окисление:

- а)  $C_{17}H_{36}$ ;      б)  $C_{18}H_{38}$ ;      в)  $C_{34}H_{70}$ ;      г)  $C_{36}H_{74}$ .

**20.** Выберите правильные характеристики реакции хлорирования пропана:

- а) реакция замещения;  
б) окислительно-восстановительная;  
в) свободно-радикальная;  
г) каталитическая.

**21.** Выберите схемы, отражающие стадию обрыва цепи реакции хлорирования метана:

- а)  $Cl_2 \xrightarrow{h\nu} 2Cl\cdot$ ;                      в)  $CH_3 + CH_3\cdot \rightarrow C_2H_6$ ;  
б)  $CH_3Cl + Cl\cdot \rightarrow CH_2Cl + H$ ;      г)  $CH_3 + Cl \rightarrow CH_3Cl$ .

**22.** Определите строение алкана, если при его радикальном хлорировании образовалась смесь трех монохлорпроизводных:

- а)  $CH_3CH_2CH_3$ ;                      в)  $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ ;  
б)  $CH_3CH_2CH_2CH_3$ ;                      г)  $(CH_3)_3CH$ .

**23.** Реакция Коновалова — это реакция:

- а) галогенирования алканов;  
б) сульфирования алканов;  
в) дегидрирования алканов;  
г) нитрования алканов.

**24.** Выберите правильные утверждения. Крекинг — это процесс:

- а) объединения молекул одного вида в более крупные;  
б) расщепления углеводородов;

- в) лабораторного получения водорода;
- г) сопровождающийся образованием алкенов;
- д) изомеризации алканов.

**25.** При проведении синтеза Вюрца используют взаимодействие между:

- а) алканами и галогенами;
- б) нитропроизводными алканов и активными металлами;
- в) различными галогенопроизводными алканов;
- г) галогенопроизводными алканов и активными металлами.

**26.** Синтез Вюрца используют:

- а) для синтеза алканов;
- б) получения алкенов;
- в) получения синтез-газа;
- г) для промышленного получения галогенидов активных металлов.

**27.** При сплавлении твёрдых пропионата натрия и гидроксида натрия образуется:

- а) метан;      б) этан;      в) пропан;      г) бутан.

**28.** Длина углеродного скелета увеличивается при получении предельных углеводородов по реакции:

- а) гидрирования;      б) крекинга;      в) Вюрца;      г) декарбоксилирования.

**29.** Укажите промежуточное вещество при синтезе бутана по схеме этан → X → бутан:

- а) изобутан;      б) бутен-2;      в) этилен;      г) бромэтан.

**30.** Укажите промежуточные вещества X и Y при синтезе метана по схеме: бутан → X → Y → метан.

- а) X – C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, Y – C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl;
- б) X – C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, Y – C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>;
- в) X – CO<sub>2</sub>, Y – CH<sub>3</sub>OH;
- г) X – CH<sub>3</sub>COOH, Y – CH<sub>3</sub>COONa.

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Углерод → метан → бромметан → этан → бутан.
2. 1-хлорпропан → гексан → пропан → 2-хлорпропан → 2,3-диметилбутан.
3. Ацетат натрия → этилен → этан → пропан → CO<sub>2</sub>.
4. Пропионат натрия → этан → бутан → этан → 1,1-дихлорэтан.
5. Уксусная кислота → метан → этан → 2-метилпропан → 2,5-диметилгексан.
6. Карбид алюминия → метан → пропан → гексан → циклогексан.
7. Ацетат натрия → метан → хлорметан → этан → этен.
8. Метан → ацетилен → этан → пропан → 1-хлорпропан.
9. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>  $\xrightarrow{\text{Cl}_2(h\nu)}$  ...  $\xrightarrow{\text{Na}}$  ...  $\xrightarrow{\text{AlCl}_3(t^0)}$  X.
10. CH<sub>4</sub>  $\xrightarrow{\text{Br}_2(h\nu)}$  ...  $\xrightarrow{\text{Na}}$  ...  $\xrightarrow{\text{Br}_2(h\nu)}$  ...  $\xrightarrow{\text{Na}}$  X.

**Решите задачи:**

1. Образец метана (CH<sub>4</sub>) (н. у.) занимает объем, равный 4,48 дм<sup>3</sup>. Масса образца равна 3,4 г. Углерод в составе метана представлен двумя изотопами — C<sup>12</sup>

и  $C^{14}$ , водород — одним нуклидом  $H^1$ . Определите массовую долю (%)  $^{14}CH_4$  в образце.

2. Какой объём водорода (н. у.,  $dm^3$ ) образуется при циклизации и дегидрировании гексана объёмом  $50\text{ см}^3$  с плотностью  $0,658\text{ г/см}^3$ ? Реакция образования ароматического продукта идёт с выходом 72 %.

3. Метан получили синтезом из простых веществ при  $500\text{ }^\circ\text{C}$ . Вычислите степень превращения (%) водорода, если в результате реакции образовалась смесь, которая содержит 92% метана и 8 % водорода (по объёму).

4. Смесь пропана и бутана объёмом  $0,15\text{ dm}^3$  смешали с кислородом объёмом  $950\text{ см}^3$  (н. у.) и взорвали. После приведения газов к нормальным условиям объём составил  $0,60\text{ dm}^3$ . Определите объёмные доли (%) пропана и бутана в исходной смеси.

5. Газ, который образовался при полном сгорании смеси пропана и метана объёмом  $745,7\text{ см}^3$  ( $740\text{ мм рт. ст.}$ ,  $22\text{ }^\circ\text{C}$ ), полностью поглощён раствором гидроксида калия объёмом  $49,02\text{ см}^3$  (плотность  $1,02\text{ г/см}^3$ ) с массовой долей вещества 5,6 %. Полученный в результате раствор не даёт осадка при добавлении к нему хлорида кальция. Определите состав газовой смеси в объёмных долях. Рассчитайте объём воздуха (н. у.,  $dm^3$ ), который понадобится для полного сжигания указанной газовой смеси.

**Ответы:** 1. 53 %. 2.  $24,68\text{ dm}^3$ . 3. 95,8%. 4. пропана 0,33; бутана 0,67. 5. метана 67 %; воздуха  $9,6\text{ dm}^3$ .

### Галогенопроизводные алканов

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Общее число неподеленных пар валентных электронов в молекуле бромэтана равно:

а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

2. Число атомов углерода в состоянии  $sp^3$ -гибридизации в молекуле 1-бром-2-метил-3-хлоргексана равно:

а) 5; б) 6; в) 7; г) 2.

3. При взаимодействии смеси йодметана и йодэтана с избытком металлического натрия могут быть получены различные органические соединения в количестве:

а) два; б) три; в) четыре; г) пять.

4. Только 2,2,3,3-тетраметилбутан в качестве органического продукта по реакции Вюрца можно получить:

а) из хлорметана и 2,2,3-триметил-3-хлорбутана;

б) изопропилхлорида;

в) 2-метил-2-хлорпропана;

г) из хлорэтана и 2-метил-2-хлорпропана.

5. Число изомеров у соединения формулы  $C_3H_6Br_2$ :

а) два; б) три; в) четыре; г) пять.

6. При действии избытка спиртового раствора калий гидроксида на 1,2-дихлорпропан преимущественно образуется:

а) пропанол-1,2; б) 3-хлорпропен-1; в) пропин; г) 2-хлорпропен.



**Решите задачи:**

1. Масса хлорпроизводного углеводорода, полученного при хлорировании 0,056 дм<sup>3</sup> (н. у.) газообразного насыщенного углеводорода, равна 0,2825 г. Установите число атомов водорода, замещенных атомами хлора в алкане.

2. При действии магния на дибромалкан образовался непредельный углеводород, масса которого в 4,81 раза меньше массы исходного соединения. Установите строение дибромалкана.

3. При прямом хлорировании 48 г неизвестного алкана образовалась смесь моно-, ди- и трихлорзамещенных углеводородов. Объёмные отношения основных продуктов реакции в газовой фазе 2 : 1 : 3. Относительная плотность пара по воздуху для трихлорзамещенного соединения равна 4,120. Вычислите количественный состав (моль) образованной смеси.

4. При действии спиртового раствора гидроксида натрия на 0,5 моль бромалкана с неразветвленной углеродной цепью неизвестной структуры получили смесь двух изомерных алкенов в соотношении по массе 2 : 5. Масса первого из них равна 10 г. Определите состав и строение продуктов реакции.

**Ответы:** 1. 2. 2. 1,2-дибромпропан. 3. 1 моль  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , 0,5 моль  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , 1,5 моль  $\text{CHCl}_3$ . 4.  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ , пентен-1 и пентен-2.

### Циклоалканы

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Число первичных и вторичных атомов углерода равно в молекулах:

- а) 1,2-диметилциклобутана;
- б) 1,3,5-триметилциклогексана;
- в) 1,1-диметилциклопропана;
- г) 1,2-диметил-3-этилциклопентана.

2. Выберите верные утверждения:

а) ядра всех атомов углерода в молекуле циклопропана лежат в одной плоскости;

б) и в молекуле циклопентана, и в молекуле циклогексана в одной плоскости лежат ядра четырех атомов углерода;

в) атомы углерода в молекулах циклоалканов находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации;

г) структура циклоалканов может поддерживаться как  $\sigma$ - , так  $\pi$ -связями.

3. Гомологами метилциклогексана являются:

- а) этилциклопентан;                      в) пропилциклобутан;
- б) метилциклопентан;                    г) метилциклобутан.

4. Общее число структурных изомеров циклоалкана  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  равно:

- а) 3;      б) 4;      в) 5;      г) 6.

5. В отличие от циклогексана, циклопропан реагирует:

- а) с бромом;                                  в) кислородом;
- б) конц. азотной кислотой;              г) с бромоводородом.

6. Укажите уравнение описывающее реакцию циклопропана с бромом:

- а)  $C_3H_6 + Br_2 = C_3H_5Br + HBr$ ;  
б)  $C_3H_6 + 9Br_2 = 3CBr_4 + 6HBr$ ;  
в)  $C_3H_6 + Br_2 = C_3H_4Br_2 + H_2$ ;  
г)  $C_3H_6 + Br_2 = C_3H_6Br_2$ .

7. При взаимодействии циклопропана с хлором образуется:

- а) 1,2-дихлорпропан;                      в) 1,1-дихлорпропан;  
б) 1,3-дихлорпропан;                      г) хлорциклопропан.

8. Реакция взаимодействия хлора с циклогексаном — это реакция:

- а) окислительно-восстановительная;  
б) замещения;  
в) свободно-радикальная;  
г) присоединения

9. При взаимодействии хлорциклогексана со спиртовым раствором натрий гидроксида образуется:

- а) гексен-1;                                      в) циклогексен;  
б) гексен-2;                                      г) метилциклопентан.

10. Установите соответствие между реагентами и основными органическими продуктами реакций:

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1) 1,2-дихлорциклопентан и цинк (пыль);                    | а) 1-хлорпропан;              |
| 2) метилциклогексан и кислород (кат., нагревание);         | б) циклопентан;               |
| 3) циклопропан и хлороводород;                             | в) циклопентанол;             |
| 4) метилциклобутан и бром;                                 | г) 2-метиладипиновая кислота; |
| 5) 1,2-дихлорциклопропан и хлороводород;                   | д) 1,1,3-трихлорпропан;       |
| б) хлорциклопентан и натрий гидроксид (водный раствор);    | е) 1,4-дибромпентан;          |
| 7) хлорциклопентан и натрий гидроксид (спиртовой раствор); | ж) циклопентен;               |
| 8) 1,5-дихлорпентан и цинк (пыль).                         | з) 1,2-дихлорпропан.          |

1	2	3	4	5	6	7	8

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Циклопропан → 1-бромпропан → пропилен → изобутан → CO<sub>2</sub>.
2. Циклопропан → 1,2-дибромпропан → циклопропан → малоновая кислота.
3. 1,6-дибромгексан → циклогексан → бензол → циклогексан → адипиновая кислота.
4. Пропан → гексан → циклогексан → хлорциклогексан → циклогексенол.
5. 1,4-дихлорбутан → циклобутан → бутан → октан → 1,2-диметил-циклогексан.
6. Гексан → бензол → циклогексан → хлорциклогексан → метил-циклогексан.

**Решите задачи:**

1. Циклоалкан, содержащий в молекулах этильный радикал, связанный с циклом, имеет относительную плотность паров по гелию 17,5. Установите строение циклоалкана и назовите его.

2. Установите формулу и массу (г) циклопарафина, который образуется в результате дегидрирования 57 г 2,2-диметилгексана при температуре 300 °С над платиновым катализатором. Выход продукта реакции составляет 85 % от теоретического.

3. Какой объём кислорода (дм<sup>3</sup>, н. у.) израсходован на сжигание смеси алкена и циклоалкана (не являющихся изомерами), если при этом образовалось 40 дм<sup>3</sup> углекислого газа?

**Ответы:** 1. Этилциклопропан. 2. 47,6 г 1,1-диметилциклогексана. 3. 60 дм<sup>3</sup>.

## ЗАНЯТИЕ 24. АЛКЕНЫ. РЕАКЦИЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ВМС. ДИЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. КАУЧУКИ

### Основной объём учебного материала

Общая формула, гомологический ряд алкенов. Структурная и пространственная изомерия, номенклатура. Характер химической связи, sp<sup>2</sup>-гибридизация, длина и угол связи. Характеристика σ-связи и π-связи. Физические свойства алкенов, характер изменения этих свойств в гомологическом ряду. Химические свойства ненасыщенных углеводородов (алкенов): реакции присоединения водорода, галогенов, воды, галогеноводородов. Правило Марковникова и его современное объяснение. Реакции окисления.

Реакция полимеризации алкенов: мономер, полимер, степень полимеризации. Наиболее важные промышленные полимеры (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид). Общие свойства полимеров и их применение. Получение и применение алкенов.

Понятие о сопряженных диеновых углеводородах. Химические свойства диенов с сопряженными двойными связями: 1,2- и 1,4-присоединение; присоединение водорода, галогенов и галогеноводородов. Реакция полимеризации диенов: природный и синтетические каучуки. Вулканизация. Общие понятия о стереорегулярных полимерах. Получение и применение диенов.

### Алкены

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Выберите формулы соединений, которые могут соответствовать алкенам:

а) C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>;      б) C<sub>17</sub>H<sub>36</sub>;      в) C<sub>11</sub>H<sub>22</sub>;      г) C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>.

2. К одному гомологическому ряду относятся:

а) этен;      в) 1,2-дихлорпропен;

б) 2-метилпропен;      г) 1-хлорпропен.

3. Массовая доля углерода в алкенах с увеличением длины углеродной цепи:

а) возрастает;      в) не изменяется;

б) уменьшается;      г) изменяется случайным образом.

4. Относительная молекулярная масса алкена, содержащего 6 атомов углерода в молекуле равна:

а) 86;      б) 84;      в) 82;      г) 80.

5. Относительная молекулярная масса алкена, содержащего 24 атома водорода, равна:

а) 336; б) 170; в) 168; г) 186.

6. Выберите правильные утверждения. Молекула пропена содержит:

а) 1  $\sigma$ -связь и 1  $\pi$ -связь; б) 7  $\sigma$ -связей и 1  $\pi$ -связь;

в) 8  $\sigma$ -связей и 1  $\pi$ -связь; г) 7  $\sigma$ -связей и 2  $\pi$ -связи.

7. Число атомов углерода в состоянии  $sp^2$ -гибридизации в молекуле бутена-2 равно:

а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

8. Общее число атомов, лежащих в одной плоскости в молекуле 2-метил-3-хлоргексена-2, равно:

а) 1; б) 3; в) 4; г) 5; д) 6.

9. Укажите название по систематической номенклатуре алкена строения  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{C}(\text{CH}_3) = \text{CH} - \text{CH}_3$ :



а) 3-метил-4-этил-пентен-2; в) 3,4-диметил-гексен-2;

б) 2-этил-3-метил-пентен-3; г) 3,4-диметил-гексен-4.

10. Выберите неверно составленные названия алкенов:

а) бутен-1; в) цис-пентен-1; д) 2-этилпропен.

б) транс-бутен-2; г) пентен-4;

11. Гомологами транс-пентена-2 являются:

а) цис-пентен-2; в) пентен-1;

б) цис-бутен-2; г) пропен.

12. Укажите название веществ, существующих в виде цис- и транс-изомеров:

а) 2-метил-2-пентен; д) 1,1-дихлорэтена;

б) 2,3-дихлор-1-бутен; е) 1,2-дихлорэтена;

в) 2-метил-2-бутен; ж) винилхлорид.

г) 1-бром-2-хлорэтен;

13. Общее число изомерных алкенов, отвечающих эмпирической формуле  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  равно:

а) 5; б) 6; в) 7; г) 8.

14. Цис- и транс-изомеры 2-бутена различаются:

а) порядком соединения между собой атомов углерода;

б) физическими свойствами;

в) взаимной ориентацией атомов в пространстве;

г) положением двойной связи в молекуле.

15. Выберите пары веществ изомерных друг другу:

а) винилхлорид и 1-хлорпропен-1;

б) цис-бутен-2 и транс-бутен-2;

в) цис-бутен-2 и 2-метилпропен;

г) бутан и транс-бутен-2.

16. Число изомерных галогенопроизводных алкенов состава  $\text{C}_3\text{H}_5\text{Br}$  равно:

а) 2; б) 3; в) 4; г) 5.

**17.** Укажите типы реакций, в которые может вступать пропен:

- а) полимеризации;                      в) гидрирования;  
б) гидратации;                          г) окисления.

**18.** Выберите правильные утверждения. И пропан, и пропен:

- а) газы при стандартных условиях;  
б) реагируют с бромной водой;  
в) сгорают в кислороде;  
г) обесцвечивают водный слабощелочной раствор калий перманганата.

**19.** В результате окисления алкенов перманганатом калия в щелочной среде образуются:

- а) альдегиды;                              в) алкандиолы;  
б) алканолы;                                г) эпоксиалканы.

**20.** Укажите вещества, обесцвечивающие бромную воду:

- а) полиэтилен;                              в) транс-пентен-2;  
б) цис-бутен-2;                              г) 2-хлор-бутен-2.

**21.** С помощью правила Марковникова объясняется присоединение к алкенам:

- а) водорода;    б) хлороводорода;    в) воды;    г) брома.

**22.** С помощью правила Марковникова присоединение бромоводорода к веществу можно объяснить:

- а) для бутена-1;  
б) этилена;  
в) бутена-2;  
г) для 3,3,3-трифторпропена-1.

**23.** При взаимодействии бутена-1 с HCl образуется:

- а) преимущественно 1-хлорбутан;  
б) смесь равных количеств 1-хлорбутана и 2-хлорбутана;  
в) преимущественно 2-хлорбутан;  
г) бутан.

**24.** При гидратации пропена в основном образуется:

- а) пропановая кислота;                      в) пропанол-1;  
б) дипропиловый эфир;                      г) пропанол-2.

**25.** Укажите схему реакции, в которой бромоводород присоединяется вопреки правилу Марковникова:

- а)  $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH} = \text{CHCl} + \text{HBr} \rightarrow$   
б)  $\text{CF}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow$   
в)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow$   
г)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3 + \text{HBr} \rightarrow$

**26.** В отличие от пропана, пропен реагирует:

- а) с бромом;                                      в) бромоводородом;  
б) бромной водой;                              г) с водородом.

**27.** И бутан, и бутен реагируют:

- а) с хлором;  
б) бромной водой;  
в) водным раствором калий перманганата;  
г) с кислородом в присутствии катализатора.

- 28.** При полном гидрировании этена:
- а) изменяется пространственное строение молекулы;
  - б) число связей  $\sigma$ -типа не изменяется;
  - в) изменяется тип гибридизации атомов углерода;
  - г) образуется смесь веществ.
- 29.** При бромировании этена в отличие от бромирования этана:
- а) протекает реакция замещения;
  - б) изменяется число связей  $\sigma$ -типа;
  - в) изменяется тип гибридизации атомов углерода;
  - г) образуется смесь веществ.
- 30.** При окислении этилена холодным слабощелочным водным раствором калий перманганата образуется:
- а) кислота;    б) альдегид;    в) оксид;    г) спирт;    д) простой эфир.
- 31.** Оксид этилена образуется при взаимодействии этилена:
- а) с кислородом (в присутствии серебра);
  - б) кислородом (в присутствии  $\text{PdCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ , при нагревании);
  - в)  $\text{KMnO}_4$ , (слабощелочной водный раствор,  $5^\circ\text{C}$ );
  - г) с надкислотой.
- 32.** Суммарная степень окисления атомов углерода в этилене изменяется в реакциях:
- а) дегидрирования;                      г) Прилежаева;
  - б) бромирования;                        д) гидрирования;
  - в) гидратации;                            е) присоединения хлороводорода.
- 33.** При окислении циклопентена слабощелочным раствором калий перманганата при  $5^\circ\text{C}$  образуется соединение:
- а) пентаналь;                              г) циклопентандиол-1,2;
  - б) пентановая кислота;                д) циклопентанол.
  - в) циклопентан;
- 34.** При полном сгорании 1 г этилена выделилось 47,2 кДж. Количество теплоты (кДж), которое выделится при сгорании 1 л (н. у.) этилена, равно
- а) 47,2;            б) 59;            в) 118;            г) 661.
- 35.** Алкен может быть получен:
- а) при крекинге пентана;
  - б) при взаимодействии 1-хлорпропана со спиртовым раствором  $\text{KOH}$ ;
  - в) при дегалогенировании 1,2-дихлорэтана;
  - г) при взаимодействии 1 моль пропина с 2 моль водорода.
- 36.** Для осуществления перехода 2-хлорбутан  $\rightarrow$  бутен-2 на исходное вещество 2-хлорбутан надо подействовать:
- а) цинком;                                  в) водородом;
  - б) натрием;                                г) спиртовым раствором  $\text{KOH}$ .
- 37.** Спиртовой раствор  $\text{KOH}$  образует алкен при взаимодействии:
- а) с хлорметаном;                        в) 1-хлорбутаном;
  - б) бромэтаном;                            г) 2-иодпропаном.

38. В соответствии с правилом Зайцева в результате дегидратации 3-метилбутанола-2 образуется:

- а) 2-метилбутен-1;                      в) 3-метилбутен-1;  
б) 2-метилбутен-2;                      г) метилпропен.

39. Укажите число изомерных алкенов, которые могут быть получены при дегидрировании 2-метилбутана:

- а) 2;      б) 1;      в) 3;      г) 4.

40. Укажите формулу элементарного звена полипропилена:

- а)  $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ ;                      в)  $-\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 -$ ;  
б)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$ ;                      г)  $-\text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 -$ .

41. Укажите названия соединений, которые могут вступать в реакцию полимеризации:

- а) этен;      б) винилхлорид;      в) пропен;      г) этилхлорид;

42. Выберите правильные утверждения. При образовании полиэтилена из этена:

- а) изменяется тип гибридизации атомов углерода;  
б) сохраняются связи  $\pi$ -типа между атомами углерода;  
в) общее число атомов в структурном звене полимера равно общему числу атомов в мономере;  
г) сохраняется способность продукта реакции к реакциям присоединения.

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Этан  $\rightarrow$  этен  $\rightarrow$  хлорэтан  $\rightarrow$  бутан  $\rightarrow$  1-хлорбутан  $\rightarrow$  бутен.
2. Пропан  $\rightarrow$  1-хлорпропан  $\rightarrow$  пропилен  $\rightarrow$  2-хлорпропан  $\rightarrow$  хлор.
3. Этиловый спирт  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  этан  $\rightarrow$  бутан  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  этиленгликоль.
4. Пропионат натрия  $\rightarrow$  этан  $\rightarrow$  этилхлорид  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  полиэтилен.
5. Этен  $\rightarrow$  хлорэтан  $\rightarrow$  бутан  $\rightarrow$  бутен-1  $\rightarrow$  бутанол-2  $\rightarrow$  бутен-2.
6. Этан  $\rightarrow$  хлорэтан  $\rightarrow$  этен  $\rightarrow$  этиленоксид  $\rightarrow$  этиленгликоль.
7.  $\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{t}^0, \text{CaO}} \dots \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \dots \xrightarrow{\text{HCl}} \dots \xrightarrow{\text{полимеризация}} \text{X}$

**Решите задачи:**

1. 100 см<sup>3</sup> (н. у.) смеси стереоизомеров газообразных углеводородов имеют массу 0,25 г. При сгорании такой смеси массой 16,8 г образовалось 26,86 дм<sup>3</sup> (н. у.) оксида углерода (IV). Установите структурные формулы изомеров углеводородов, которые находились в смеси.

2. После гидрирования смеси этана и пропена её относительная плотность по водороду равна 20,6. Найдите соотношение химических количеств этана и пропена в исходной смеси.

3. Смесь пропена, пропана и бутана имеет относительную плотность по воздуху 1,603. 0,4 моль этой смеси пропустили через жидкий бром массой 32 г. Определите объёмную долю (%) пропена в смеси.

4. Определите структурную формулу алкена, если известно, что при взаимодействии некоторой массы (г) этого алкена с бромом, растворённым в хлороформе, образовалось 2,16 г дибромиды с разветвлённым углеродным скелетом, а

при гидрировании такой же массы этого углеводорода в присутствии никеля понадобилось 0,02 г водорода.

5. Определите состав и химические количества продуктов, которые образуются, если на смесь, состоящую из 3 дм<sup>3</sup> (н. у.) этена и 6 дм<sup>3</sup> (н. у.) хлора, подействовать солнечным светом.

**Ответы:** 1. бутен-2, цис- и транс-форма. 2. 1 : 4. 3. 50 %. 4. 2-метилпропен. 5. по 0,1339 моль трихлорэтана и HCl.

### Алкадиены

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. В молекуле алкадиена 5 атомов углерода. Укажите значение относительной молекулярной массы алкадиена:

- а) 66;                      б) 68;                      в) 70;                      г) 72.

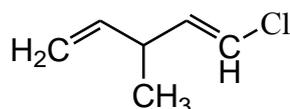
2. Число  $\sigma$ -связей в молекуле бутадиена-1,3 равно:

- а) 7;                      б) 8;                      в) 9;                      г) 10.

3. Число атомов углерода в состоянии  $sp^3$ - и  $sp^2$ -гибридизации в молекуле хлоропрена соответственно:

- а) 1 и 2;                      б) 1 и 4;                      в) 5 и 0;                      г) 0 и 4.

4. Выберите название по систематической номенклатуре углеводорода сле-



дующего строения:

- а) 3-метил-5-хлорпентадиен-1,4;  
б) 3-метил-1-хлорпентадиен-1,4;  
в) 1-хлор-3-метилпентадиен-1,4;  
г) 5-хлор-3-метилпентадиен-1,4.

5. Укажите число всех изомерных диенов (без учета стереоизомеров) с молекулярной формулой C<sub>4</sub>H<sub>5</sub>Cl:

- а) 4;                      б) 5;                      в) 6;                      г) 7.

6. Укажите число сопряженных диенов, имеющих формулу C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>:

- а) 1;                      б) 2;                      в) 3;                      г) 4.

7. Выберите пару, в которой оба вещества по отношению друг к другу являются изомерами:

- а) изопрен и 1,3-бутадиен;  
б) винилхлорид и поливинилхлорид;  
в) изопрен и пентадиен-1,3;  
г) хлоропрен и винилхлорид.

8. Общее число цис-транс-изомеров, в виде которых может существовать 2-хлоргексадиен-2,5, равно:

- а) 2;    б) 3;    в) 4;    г) в виде цис-транс-изомеров вещество не существует.

9. При полном гидрировании бутадиена-1,3 образуется

- а) бутен-1;    б) бутан;    в) изопрен;    г) бутен-2.

**10.** При взаимодействии 1 моль водорода и 1 моль пентадиена-1,3 при комнатной температуре преимущественно образуется:

- а) пентан; б) пентен-1; в) пентен-2; г) циклопентан.

**11.** При взаимодействии 1 моль дивинила с 1 моль брома возможно образование:

- а) 1,4-дибромбутен-2; в) 3,4-дибромбутен-1;  
б) 1,2-дибромбутен-1; г) 1,2,3,4-тетрабромбутан.

**12.** При взаимодействии избытка раствора брома в  $CCl_4$  с бутадиеном-1,3 образуется:

- а) 1,4-дибромбутен-2; в) 1,2,3,4-тетрабромбутан;  
б) 1,2,3,4-бромбутан; г) 1,2-дибромбутен-2.

**13.** В реакцию вступили гексадиен-1,3 химическим количеством 1 моль и бром химическим количеством 1 моль. В результате реакции может образоваться (считать, что изомеризация не происходит):

- а) 1,2-дибромгексен-3 и 1,3-дибромгексен-2;  
б) 1,4-дибромгексен-2 и 1,2-дибромгексен-1;  
в) 1,2,3,4-тетрабромгексан (1 моль);  
г) 3,4-дибромгексен-1 и 1,4-дибромгексен-2.

**14.** При взаимодействии изопрена и избытка брома в качестве основного(-ых) продукта(-ов)возможно образование:

- а) 3,4-дибром-3-метилбутена-1 и 1,4-дибром-2-метилбутена-2;  
б) 3,4-дибром-3-метилбутена-1;  
в) 1,2,3,4-тетрабром-2-метил-бутана;  
г) 1,4-дибром-2-метилбутена-2.

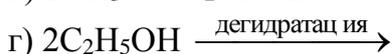
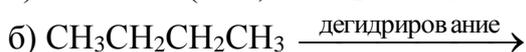
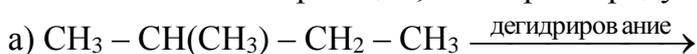
**15.** Присоединение одной молекулы водорода к одной молекуле бутадиена-1,3 с разрывом  $\pi$ -связи между первым и вторым атомами углерода сопровождается следующими изменениями для этих атомов:

- а) длина связи между ними увеличивается  
б) длина связи между ними уменьшается  
в) происходит изменение типа гибридизации их атомных орбиталей  
г) происходит изменение взаимного пространственного расположения этих атомов углерода

**16.** Бромную воду обесцвечивают:

- а) изопрен; б) пропен; в) винилхлорид; г) дивинил.

**17.** Укажите схемы реакций, в которых продуктом может быть 1,3-бутадиен:



**18.** Изопрен можно получить:

- а) изомеризацией пентана;  
б) дегидрированием бутана;  
в) дегидрированием бутадиена-1,3;  
г) дегидрированием 2-метилбутана.

**19.** Уравнение, отражающее способ получения мономера для синтетического каучука по реакции С. В. Лебедева:

- а)  $2C_2H_5OH \rightarrow C_4H_6 + H_2 + 2H_2O$ ;
- б)  $C_8H_{14} \rightarrow C_4H_8 + C_4H_6$ ;
- в)  $C_4H_{10} \rightarrow C_4H_6 + 2H_2$ ;
- г)  $2CH_2 = CHCl + 2Na \rightarrow C_4H_6 + 2NaCl$ .

**20.** Хлоропрен получают присоединением:

- а) хлора к изопрену;
- б) хлороводорода к дивинилу;
- в) хлора к бутену;
- г) хлороводорода к изопрену;
- д) хлороводорода к винилацетилену.

**21.** В реакцию полимеризации вступают:

- а) полиэтилен;
- б) хлористый винил;
- в) хлоропрен;
- г) полиизопрен.

**22.** Натуральный каучук представляет собой:

- а) транс-форму полибутадиена;
- б) цис-форму полиизопрена;
- в) цис-форму полибутадиена;
- г) цис-форму продукта реакции полимеризации 2-метил-1,3-бутадиена.

**23.** Укажите формулу элементарного звена бутадиенового каучука:

- а)  $CH_2 = CH - CH = CH_2$ ;
- б)  $-CH_2 - CH = CH - CH_2 -$ ;
- в)  $-CH_2 - CH = CH - CH_2 -$ ;
- г)  $-CH_2 = CH - CH = CH_2 -$ .

**24.** Хлоропреновый каучук получают полимеризацией:

- а) 1-хлорбутадиена-1,3;
- б) 2-хлорбутадиена-1,3;
- в) 1-хлорбутадиена-1,2;
- г) 2,3-дихлорбутадиена-1,3.

**25.** Бутадиеновый каучук образуется в результате реакции:

- а) дегидрирования бутана;
- б) полимеризации бутена-1;
- в) дегидратации и дегидрирования этанола;
- г) полимеризации дивинила.

**26.** В результате вулканизации каучука можно получить:

- а) гуттаперчу;
- б) резину;
- в) эбонит;
- г) фенопласт;
- д) полистирол.

**27.** Молярная масса полимера, полученного совместной полимеризацией стирола и бутадиена-1,3 (молярное соотношение 1 : 1), равна  $1,58 \cdot 10^6$  г/моль. Число мономерных звеньев в макромолекуле полимера равно:

- а)  $1 \cdot 10^2$ ;
- б)  $1 \cdot 10^3$ ;
- в)  $1 \cdot 10^4$ ;
- г)  $1 \cdot 10^5$ .

**28.** В форме цис- и транс-изомеров могут существовать:

- а) продукт полимеризации дивинила;
- б) бутен-2;
- в) 2-хлорбутен-2;
- г) полиизопрен;
- д) полипропилен.



3. В молекуле алкина 14 атомов водорода. Укажите значение молярной массы углеводорода (г/моль):

- а) 110;      б) 112;      в) 114;      г) 116.

4. Массовая доля углерода в алкинах с возрастанием молярной массы углеводорода:

- а) уменьшается;      б) возрастает;      в) не изменяется.

5. Длина связи углерод – углерод в ряду этан – этен – этин:

- а) увеличивается;  
б) не изменяется;  
в) уменьшается.  
г) сначала увеличивается, затем уменьшается

6. Укажите вид гибридизации валентных атомных орбиталей атомов углерода, который используется для объяснения пространственного строения молекулы ацетилен:

- а)  $sp$ ;      б)  $sp^3$ ;      в)  $sp^2$ ;      г)  $s^2p$ .

7. Укажите название алкина, в молекуле которого ядра четырех атомов углерода лежат на одной линии:

- а) пентин-1;      б) бутин-2;      в) 3-метилбутин-1;      г) бутин-1.

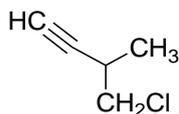
8. Структуру молекулы 4-метилгексина-2 поддерживают:

- а) 16  $\sigma$ -связей и 2  $\pi$ -связи;  
б) 17  $\sigma$ -связей и 2  $\pi$ -связи;  
в) 18  $\sigma$ -связей и 2  $\pi$ -связи;  
г) 17  $\sigma$ -связей и 1  $\pi$ -связь

9. Сумма степеней окисления атомов углерода в молекуле пропина равна:

- а) -2;      б) -3;      в) -4;      г) -5;      д) -6.

10. Назовите по систематической номенклатуре соединение строения



- а) 1-хлор-2-метилбутин-3;  
б) 3-метил-4-хлорбутин-1;  
в) 1-хлор-2-метилпропин;  
г) 2-метил-3-хлорпропин-1.

11. Укажите виды изомерии возможные для алкинов:

- а) углеродного скелета;  
б) положения тройной связи;  
в) пространственная (цис-, транс-изомерия);  
г) межклассовая.

12. Гомологи ацетилен изомерны гомологам:

- а) метана;      б) этилена;      в) бутадиена;      г) бензола.

13. Изомерами по отношению друг к другу являются:

- а) бутин-1;      в) бутин-2;      д) бутадиен-1,2;  
б) бутадиен-1,3;      г) пропин;      е) циклобутен.

**14.** Охарактеризуйте вещество строения  $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_3$ :

- а) 2,2-диметилпентин-3;
- б) 4,4-диметилпентин-2;
- в) изомер гептадиену-1,3;
- г) гомолог бутина-2.

**15.** Массовая доля углерода в составе бутина-1 равна массовой доле углерода в составе:

- а) циклобутена;
- б) бутадиена-1,3;
- в) бутина-2;
- г) бутена-2;
- д) циклобутана.

**16.** Выберите правильные утверждения. В молекуле любого гомолога этина:

- а) возможно формирование только двух  $\pi$ -связей;
- б) возможно наличие только двух атомов углерода в состоянии  $sp$ -гибридизации;

- в) обязательно присутствуют атомы в состоянии  $sp^3$ -гибридизации;
- г) на одной линии будут лежать ядра не менее трех атомов углерода.

**17.** При взаимодействии между собой молекул ацетилена в присутствии активированного угля при нагревании ( $450-500\text{ }^\circ\text{C}$ ) получается:

- а) бензол;
- б) винилацетилен;
- в) винилхлорид;
- г) изопрен.

**18.** При тримеризации пропина возможно образование:

- а) 1,2,3-триметилбензола;
- б) 1,3,5-триметилбензола;
- в) 1,2,4-триметилбензола;
- г) пропилбензола.

**19.** Число атомов углерода, лежащих в одной плоскости в молекуле продукта тримеризации пропина равно:

- а) 6;
- б) 9;
- в) 10;
- г) 12.

**20.** При взаимодействии между собой молекул ацетилена в присутствии катализатора ( $\text{Cu}^+$ ,  $\text{H}^+$ ) и при нагревании получается:

- а) бензол;
- б) винилацетилен;
- в) винилхлорид;
- г) изопрен.

**21.** Укажите формулу винилацетилена:

- а)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{Cl}$ ;
- б)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{OH}$ ;
- в)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \equiv \text{CH}$ ;
- г)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ .

**22.** Укажите правильные утверждения. Винилацетилен:

- а) продукт тримеризации ацетилена ( $\text{C}$ ,  $450-500\text{ }^\circ\text{C}$ );
- б) используется для получения хлоропренового каучука;
- в) продукт димеризации ацетилена ( $\text{Cu}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $t$ );
- г) содержит в молекуле 6 электронов, участвующих в формировании  $\pi$ -связей.

**23.** При взаимодействии гексина-1 с водородом в количественном соотношении 1 : 1 образуется соединение, межклассовый изомер которого называется:

- а) гексен-2;
- б) гексен-1;
- в) гексан;
- г) циклогексан.

**24.** В результате гидрирования этина:

- а) степень окисления атомов углерода повышается;
- б) степень окисления атомов углерода понижается;
- в) изменяется тип гибридизации атомов углерода;
- г) длина связи углерод-углерод уменьшается.

**25.** По реакции Кучерова получают:

- а) из этанола бутадиен-1,3;
- б) из ацетилена винилацетилен;
- в) из ацетилена ацетальдегид;
- г) из хлорэтана этан

**26.** При гидратации пропина в присутствии солей  $\text{Hg}^{2+}$  в кислой среде образуется:

- а) пропандиол-1,2;
- б) оксид пропилена;
- в) пропаналь;
- г) пропанон.

**27.** При взаимодействии 3-метилбутина-1 с избыточным количеством бромоводорода возможно образование:

- а) 1,4-дибром-3-метилбутана;
- б) 2,2-дибром-3-метилбутана;
- в) 2-бром-3-метилбутена-1;
- г) 1,3-дибром-3-метилбутана.

**28.** Соединение, которое преимущественно получается при взаимодействии 1 моль пропина и 1 моль бромоводорода, называется:

- а) 1-бромпропен;
- б) 2-бромпропен;
- в) 1,2-дибромпропен;
- г) все ответы неверны.

**29.** Из ацетилена получают этаналь, бензол и щавелевую кислоту в результате реакций, соответственно:

- а) окисления, тримеризации, гидратации;
- б) гидратации, тримеризации, окисления;
- в) гидрирования, димеризации, окисления;
- г) гидратации, гидрирования, окисления.

**30.** Укажите схемы переходов, при которых степень окисления атома (атомов) углерода возрастает:

- а) ацетилен  $\rightarrow$  этен;
- б) ацетилен  $\rightarrow$  этаналь;
- в) ацетилен  $\rightarrow$  1,1-дибромэтан;
- г) ацетилен  $\rightarrow$  этан.

**31.** Ацетилен можно получить:

- а) восстановлением этилена водородом;
- б) дегидрированием этана;
- в) взаимодействием карбида кальция с водой;
- г) пиролизом метана;
- д) взаимодействием карбида алюминия с водой;
- е) каталитическим окислением метана кислородом ( $1500\text{ }^\circ\text{C}$ ).

**32.** Ацетилен в лаборатории в основном получают:

- а) крекингом этана;
- б) дегидрированием этилена;
- в) взаимодействием карбида кальция с водой;
- г) прямым синтезом из углерода и водорода.

33. Ацетилен в промышленности в основном получают:

- а) с использованием реакции Кучерова;
- б) фракционной перегонкой нефти;
- в) пиролизом метана;
- г) дегидратацией этанола.

34. Полимеризация невозможна:

- а) для этина;                      в) пропана;                      д) полиэтилена;
- б) пропилена;                      г) бутадиена-1,2;                      е) для хлорвинила.

35. Бромную воду обесцвечивают:

- а) полиэтилен; б) этилен; в) пропин; г) цис-бутен-2; д) гексин-2

36. Только по типу замещения с бромом реагируют:

- а) 2-метилбутадиен-1,3;                      в) 2-метилгексен-2;
- б) 2-метилгексан;                      г) пентан.

37. Взаимодействие с хлором по типу реакций присоединения возможно:

- а) для 2-метил-гексана;                      г) бутадиена-1,2;
- б) 1,2-диметилциклобутана;                      д) для 2-метил-2-хлоргептина-3.
- в) пропена;

38. Укажите названия соединений, добавление которых к раствору  $\text{KMnO}_4$  при  $5^\circ\text{C}$  ведет к исчезновению малиновой окраски:

- а) винилацетилен;                      в) дивинил;                      д) гексин-3.
- б) полистирол;                      г) циклогексен;

39. Наибольшее количество водорода присоединяет 1 моль:

- а) пропана;                      в) пропена;                      д) дивинила;
- б) бутена-2;                      г) пропина;                      е) винилацетилена.

40. На полное гидрирование смеси, состоящей из 1 моль ацетилена, 2 моль бутена и 3 моль изопрена, необходимо затратить число молей водорода, равное:

- а) 8;                      б) 9;                      в) 10;                      г) 11.

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Карбид кальция  $\rightarrow$  этин  $\rightarrow$  винилхлорид  $\rightarrow$  бутан  $\rightarrow$  бутадиен 1,3.
2. Ацетилен  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  бутадиен-1,3  $\rightarrow$  бутадиеновый каучук.
3. Этан  $\rightarrow$  хлорэтан  $\rightarrow$  этен  $\rightarrow$  1,2 дихлорэтан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол.
4. Карбид кальция  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  уксусный альдегид.
5. Этилен  $\rightarrow$  винилхлорид  $\rightarrow$  хлорэтан  $\rightarrow$  бутан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  1,2-дибромэтен.
6. Пропан  $\rightarrow$  1-бромпропан  $\rightarrow$  пропен  $\rightarrow$  1,2-дихлорпропан  $\rightarrow$  пропин  $\rightarrow$   $\rightarrow$  2,2-дибромпропан.

**Решите задачи:**

1. Относительная плотность паров неизвестного алкина по воздуху равна 0,896. Определите, какой объем хлора ( $\text{дм}^3$ ) может прореагировать с этим углеводородом массой 5,2 г.

2. Рассчитайте объем ( $\text{дм}^3$ ) 5%-ного раствора  $\text{Br}_2$  в  $\text{CCl}_4$  (пл.  $1,6 \text{ г/см}^3$ ), который может полностью прореагировать со смесью бутена-1, бутадиена-1,3 и бутена-2 массой 5,4 г.

3. Смесью этина и этана объемом  $5 \text{ дм}^3$  гидрировали над никелевым катализатором при повышенной температуре водородом вдвое большего объема, чем

объем смеси газов. После реакции объем газов составил  $10 \text{ дм}^3$ . Все объемы измерены при нормальных условиях. Найдите объемную долю (%) этина в исходной смеси.

4. К  $0,025$  моль смеси этина и этена добавили водород количеством  $0,06429$  моль. После пропускания полученной смеси над платиновым катализатором ее объем уменьшился на  $33,6\%$ . Найдите объемный состав ( $\text{дм}^3$ ) исходной смеси.

5. Определите объем ( $\text{дм}^3$ ) водорода, необходимый для полного гидрирования  $1,48 \text{ дм}^3$  (н. у.) смеси газов, которая состоит из этена и этина, если известно, что их массовые доли составляют  $10\%$  и  $90\%$  соответственно.

6. Плотность смеси этена, пропена и этина равна  $1,304 \text{ г/дм}^3$  (н. у.). Известно, что  $1 \text{ дм}^3$  этой смеси может присоединить хлор объемом  $1,1 \text{ дм}^3$  (н. у.). Найдите состав исходной смеси (в % по объему).

**Ответы:** 1.  $8,96 \text{ дм}^3$ . 2.  $0,4 \text{ дм}^3$ . 3.  $50\%$ . 4.  $0,112 \text{ дм}^3$  этина и  $0,448 \text{ дм}^3$  этена. 5.  $2,83 \text{ дм}^3$ . 6.  $80,6\%$  этилена,  $10\%$  этина,  $9,4\%$  пропена.

## ЗАНЯТИЕ 26. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

### *Основной объем учебного материала.*

Состав, особенности строения и изомерия ароматических соединений на примере гомологического ряда бензола. Физические свойства. Химические свойства бензола: реакции замещения (галогенирование, нитрование, алкилирование). Реакции присоединения. Производные бензола. Гомологи бензола. Реакции замещения галогенов в ядре и боковой цепи. Окисление гомологов бензола. Стирол и полимеры на его основе. Получение и применение ароматических углеводородов.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. К ароматическим соединениям относятся:

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| а) толуол;           | д) винулацетилен;  |
| б) гексахлоран;      | е) хлороформ;      |
| в) винилбензол;      | ж) кумол;          |
| г) метилциклогексан; | з) гидроксibenзол. |

2. Укажите формулы веществ, которые могут относиться к гомологам бензола:

- а)  $\text{C}_7\text{H}_8$ ;      б)  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ ;      в)  $\text{C}_8\text{H}_{12}$ ;      г)  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}$ .

3. Укажите названия гомологов бензола:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| а) винилбензол;       | д) гексатриен-1,3,5; |
| б) кумол;             | е) хлорбензол;       |
| в) изопропилбензол;   | ж) этилбензол;       |
| г) 1,2-диметилбензол; | з) циклогексан.      |

4. Выберите пары веществ, в которых оба вещества по отношению друг к другу являются гомологами:

- а) стирол и бензол;  
б) орто-ксилол и бензол;

- в) толуол и этилбензол;
- г) бутилбензол и 1,2,3,4-тетраметилбензол;
- д) 1-метил-4-этилбензол и 1-метил-2-пропилбензол.

5. Значение молярной массы гомолога бензола (г/моль), в молекуле которого содержится 7 атомов углерода равно:

- а) 98;                      б) 96;                      в) 100;                      г) 92.

6. Число электронов  $N$  и число атомов углерода  $n$  в молекулах гомологов бензола связаны формулой:

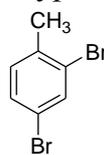
- а)  $N = 3n + 2$ ;      б)  $N = 3n$ ;      в)  $N = 3n - 2$ ;      г)  $N = 8n - 6$ .

7. Охарактеризуйте вещество  $\text{H}_3\text{C} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_3$ :

- а) гомолог бензола;                      в) называется пара-ксилол;
- б) изомер этилбензола;                      г) в молекуле 18 связей  $\sigma$ -типа.

8. Назовите по систематической номенклатуре соединение строения:

- а) 1,3-дибром-4-метилбензол;
- б) 4,6-дибром-1-метилбензол;
- в) 4,5-дибром-1-метилбензол;
- г) 2,4-дибром-1-метилбензол.



9. Число ароматических углеводородов состава  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ , молекулы которых содержат три первичных атома углерода, равно:

- а) 2;      б) 3;      в) 4;      г) 5.

10. Число изомерных трихлорбензолов равно:

- а) 2;      б) 3;      в) 4;      г) 5.

11. Число изомерных диметилпроизводных бензола равно:

- а) изомеров нет;      б) 2;      в) 4;      г) 3.

12. Выберите правильные утверждения относительно молекулы бензола:

- а) молекула плоская;
- б)  $\pi$ -связь включает 6 электронов;
- в) длина связи между атомами углерода в бензоле меньше, чем в циклогексане, но больше, чем в этилене;
- г) все атомы углерода находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации.

13. Толуол отличается от бензола:

- а) числом электронов в  $\pi$ -системе;
- б) химической активностью в реакциях замещения в бензольном кольце;
- в) числом  $\sigma$ -связей в молекуле;
- г) большей стойкостью к действию окислителей.

14. Укажите справедливые заключения относительно химических свойств бензола:

- а) возможны как реакции замещения, так и реакции присоединения;
- б) легко вступает в реакции присоединения;
- в) с хлором реагирует только по типу реакции замещения;
- г) с нитрующей смесью реагирует с меньшей скоростью, чем толуол.

15. Бензол может реагировать по типу реакции замещения:

- а) с галогенами;                      г) водородом;                      ж) хлорметаном;
- б) кислородом;                      д) бромоводородом;                      з) с этеном.
- в) азотной кислотой;                      е) этеном;





6. Бензол  $\rightarrow$  CO<sub>2</sub>  $\rightarrow$  карбонат кальция  $\rightarrow$  карбид кальция  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  циклогексан.

7. 1,6-дихлоргексан  $\rightarrow$  циклогексан  $\rightarrow$  бромбензол  $\rightarrow$  метилбензол  $\rightarrow$  1-метил-2,4,6-тринитробензол.

8.  $\text{CH}_4 \xrightarrow{t^0} \dots \xrightarrow{t^0, \text{активирован. уголь}} \dots \xrightarrow{3\text{Cl}_2(h\nu)} \text{X}$ .

**Решите задачи:**

1. Углеводород, который является гомологом бензола, массой 13,8 г сожгли, получив оксид углерода (IV) объемом 23,52 дм<sup>3</sup> (н. у.). Найдите состав и структурную формулу углеводорода.

2. Бензол бромировали в присутствии катализатора — бромида железа (III). Бромоводород, который образовался в процессе реакции, пропустили через избыток раствора нитрата серебра. При этом выпал осадок массой 47 г. Вычислите массу (г) продукта бромирования бензола.

3. Вычислите, какую массу этилбензола получают при взаимодействии 1,2 моль бензола и 29,12 дм<sup>3</sup> этена (н. у.) в присутствии безводного хлорида алюминия, если массовая доля выхода этилбензола от теоретического составляет 86 %.

4. Смесь паров бензола с этаном и этеном имеет плотность, равную 1,696 г/дм<sup>3</sup> (н. у.). Такая смесь количеством 0,1 моль может прореагировать с бромом массой 1,6 г, растворенного в хлороформе. Вычислите количественный состав (моль) смеси.

5. При гидрировании бензола получили смесь циклогексена и циклогексана. Полученная смесь обесцвечивает раствор брома в хлороформе массой 200 г с массовой долей брома, равной 20 %. Найдите состав смеси (моль), если количество паров бензола, равное исходному, может целиком прореагировать при действии жесткого УФ-облучения с хлором, полученным из оксида марганца (IV) массой 156,6 г, при действии на него концентрированной соляной кислотой.

6. При нитровании гомолога бензола массой 6,0 г образовалась смесь 4 мононитропроизводных общей массой 8,25 г. Установите структурную формулу гомолога бензола, при условии, что нитрогруппа замещает водород у углерода бензольного кольца.

**Ответы:** 1. C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>. 2 39,25 г. 3. 109,4 г. 4. 0,073 моль этана, 0,01 моль этена, 0,017 моль бензола. 5. 0,25 моль циклогексена и 0,35 моль циклогексана. 6. 1-метил-2-этил-бензол.

**ЗАНЯТИЕ 27. ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ, НЕНАСЫЩЕННЫХ И АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ. ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ, СПОСОБЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ**

**Основной объем учебного материала**

*Углеводороды в природе.* Нефть, природные и сопутствующие газы. Основные продукты переработки нефти (бензин, керосин, дизельное топливо и масла). Переработка нефти: перегонка, крекинг, риформинг. Понятие об октановом чис-

ле бензина. Рациональное использование природных источников углеводородов. Охрана окружающей среды от загрязнений при переработке углеводородного сырья.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

**1.** В состав нефти различных месторождений преимущественно входят:

- а) алкины;
- б) циклопарафины;
- в) алкены;
- г) арены;
- д) алканы преимущественно неразветвленного строения;
- е) алканы преимущественно разветвленного строения.

**2.** Основной компонент природного газа:

- а) этан;    б) метан;    в) пропан;    г) бензол.

**3.** Наиболее существенное отличие попутных нефтяных газов от природного газа по составу заключается:

- а) в меньшем содержании метана;
- б) высоком содержании полиэтилена;
- в) отсутствии этана;
- г) меньшей мольной доле бутана;
- д) содержанием алканов с молярной массой более 56 г/моль.

**4.** Укажите названия отдельных фракций попутных нефтяных газов:

- а) керосин;    б) газовый бензин;    в) сухой газ;    г) лигроин.

**5.** Пропан-бутановой фракцией называется:

- а) одна из фракций, получаемых при перегонке нефти;
- б) одна из составных частей попутного нефтяного газа;
- в) один из продуктов пиролиза каменного угля;
- г) фракция, выделяемая из каменноугольной смолы.

**6.** Химическими процессами являются:

- а) крекинг нефтепродуктов;
- б) фракционная перегонка нефти;
- в) риформинг нефтепродуктов;
- г) пиролиз нефтепродуктов.

**7.** Процесс первичной переработки нефти основан:

- а) на различии в химических свойствах отдельных фракций;
- б) на различии в температурах кипения различных фракций;
- в) на различном отношении фракций к окислителям;
- г) на различной стойкости фракций к детонации.

**8.** Фракционная перегонка нефти:

- а) сопровождается протеканием химических явлений;
- б) относится к вторичным процессам переработки, следуя за крекингом;
- в) приводит к разделению нефти на фракции;
- г) относится к первичным процессам переработки.

**9.** При прямой перегонке нефти получают:

- а) мазут;    б) лигроин;    в) керосин;    г) газовый бензин.

- 10.** Укажите процессы вторичной переработки нефти:
- а) фракционная перегонка;
  - б) термический крекинг;
  - в) каталитический крекинг;
  - г) риформинг.
- 11.** Нефтепродукты подвергают вторичной переработке:
- а) для увеличения выхода бензина;
  - б) получения этилена и его гомологов;
  - в) получения углеводородов с разветвленной цепью;
  - г) получения ароматических углеводородов;
  - д) для получения фенолов.
- 12.** При термическом крекинге нефтепродуктов протекает реакция:
- а) гидратации;
  - б) хлорирования;
  - в) разрыва связи C – C;
  - г) гидрирования.
- 13.** Каталитический крекинг отличается от термического тем, что:
- а) осуществляется при более низкой температуре;
  - б) сопровождается изомеризацией углеводородов;
  - в) приводит к образованию большего числа непредельных углеводородов;
  - г) позволяет получить бензин с более высоким октановым числом.
- 14.** Бензин, имеющий октановое число 76, допускает такое же сжатие в цилиндре, как:
- а) 100%-ный изооктан;
  - б) смесь из 76 % изооктана и 24 % н-гептана;
  - в) смесь из 76 % 2,2,4-триметилпентана и 24 % н-гептана;
  - г) 100%-ный гептан.
- 15.** Наименьшей устойчивостью к детонации обладают:
- а) алканы разветвленного строения;
  - б) арены;
  - в) алкены;
  - г) алканы нормального строения.
- 16.** Повышение устойчивости бензина к детонации происходит при добавлении:
- а) гексана;
  - б) пентана;
  - в) тетраэтилсвинца;
  - г) изооктана.
- 17.** Бромную воду обесцвечивает:
- а) бензин прямой перегонки нефти;
  - б) бензин термического крекинга;
  - в) газовый бензин;
  - г) сухой газ.
- 18.** Укажите октановое число органического продукта, образующегося при нагревании с кристаллической щелочью сухого остатка продукта реакции 2-изопропил-3,3-диметил-масляной кислоты с натрий гидроксидом.
- а) 76;
  - б) 93;
  - в) 100;
  - г) 120.
- 19.** Выберите правильные утверждения:
- а) в состав нефти входят парафины (преимущественно неразветвленного строения), циклопарафины и арены;
  - б) нефть некоторых месторождений содержит преимущественно алкены, алкины и диеновые углеводороды;

в) в основе первичной переработки нефти лежат физические свойства ее компонентов;

г) крекинг и риформинг относятся к вторичным процессам нефтепереработки;

д) риформинг и каталитический крекинг проводят с целью получения гомологов этилена;

е) пиролиз нефтепродуктов проводят с целью получения высокомолекулярных гомологов бензола.

**20. Выберите правильные утверждения:**

а) в отличие от бензина прямой перегонки бензин термического крекинга обесцвечивает бромную воду;

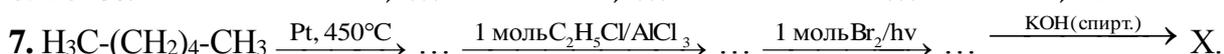
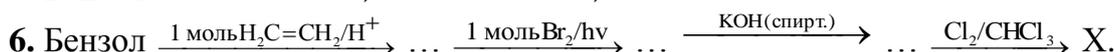
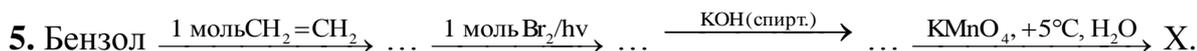
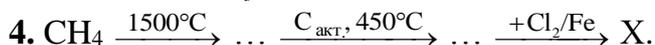
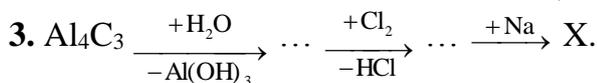
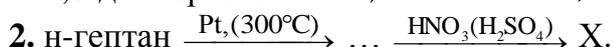
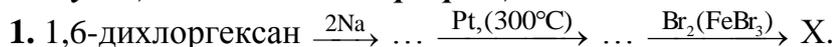
б) в отличие от бензина термического крекинга бензин каталитического крекинга содержит больше углеводородов разветвленного строения;

в) крекинг-бензин более устойчив к детонации, чем бензин прямой перегонки;

б) высокое содержание алканов разветвленного строения понижает октановое число бензина;

в) смазочное (машинное) масло по химическому составу аналогично растительному;

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**



**Решите задачи:**

1. Плотность по озону газовой смеси состоящей из паров бензола и водорода, до пропускания через контактный аппарат для синтеза циклогексана была равна 0,2, а после пропускания стала равна 0,25. Определите объемную долю (%) паров циклогексана в реакционной смеси и процент превращения бензола в циклогексан.

2. Некоторая масса смеси бензола и стирола обесцвечивает раствор брома массой 500 г, с массовой долей  $\text{Br}_2$  3,2 %. При сжигании такой же массы смеси получено 2 моль  $\text{CO}_2$ . Определить массовые доли (%) компонентов в смеси.

3. В отсутствие катализатора и без нагревания, смесь стирола и этилбензола массой 21 г присоединяет бром массой 16 г. Какой объем ( $\text{дм}^3$ ) водорода присоединит эта смесь при полном каталитическом гидрировании?

4. Газ, выделившийся при получении бромбензола из бензола объемом  $25 \text{ см}^3$  (пл.  $0,78 \text{ г/см}^3$ ), ввели в реакцию с бутадиеном-1,3 объемом  $4,48 \text{ дм}^3$ . Установите качественный и количественный (моль) состав полученной при этом смеси, если бромирование бензола прошло с выходом 80 %.

5. Бензол подвергли нитрованию с помощью нитрующей смеси массой 635 кг, содержащей 20 %  $\text{HNO}_3$ . Найти массу (кг) полученного нитробензола, если оставшийся кислый раствор содержит 2 %  $\text{HNO}_3$ .

6. Газ, полученный при дегидрировании смеси гептана с метилциклогексаном массой 1,98 г до толуола, смешали с  $700 \text{ см}^3$  этина. После пропускания смеси над платиновым катализатором, ее объем уменьшился до  $868 \text{ см}^3$ . Найти массовые доли (%) компонентов в исходной смеси.

7. Укажите число атомов в молекуле гомолога бензола, если при сгорании этого вещества количество (моль) образовавшегося  $\text{CO}_2$  оказалось в 1,5 раза больше количества (моль)  $\text{H}_2\text{O}$

**Ответы:** 1. 8,3 %; 66,7 %. 2. 60 % и 40 %. 3.  $15,68 \text{ дм}^3$ . 4. 0,2 моль, смесь непредельных бромпроизводных, в основном 1-бром-бутен-2. 5. 226,4 кг. 6 50,5 % гептана; 49,5 % бензола.

## **ЗАНЯТИЕ 28. ОДНОАТОМНЫЕ СПИРТЫ. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ. МНОГОАТОМНЫЕ СПИРТЫ. АРОМАТИЧЕСКИЕ СПИРТЫ. ФЕНОЛЫ**

### **Основной объем учебного материала**

Классификация, состав, строение и номенклатура спиртов. Физические свойства спиртов. Структурная и пространственная изомерия.

Гомологический ряд насыщенных одноатомных спиртов. Химические свойства этанола: взаимодействие с активными металлами, галогеноводородами; реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации; взаимодействие с кислотами, аммиаком; реакции окисления. Промышленные и лабораторные способы синтеза этанола. Применение спиртов.

Многоатомные спирты. Состав и строение этиленгликоля, глицерина. Физические свойства. Применение этиленгликоля и глицерина. Химические свойства многоатомных спиртов. Качественная реакция на многоатомные спирты. Применение этиленгликоля и глицерина.

Состав, строение, взаимное влияние атомов в молекуле фенола. Физические свойства. Химические свойства фенола в сравнении со свойствами спиртов. Получение и применение фенола. Охрана окружающей среды от промышленных отходов, содержащих фенол и его производные.

### **Одноатомные спирты**

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Выберите формулы, которыми можно выразить состав предельных одноатомных спиртов:

- а)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ ;    б)  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ ;    в)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ ;    г)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{OH}$ .





**21.** Этанол нагревают с конц. серной кислотой при 170 °С и полученный продукт пропускают в сосуд с бромом. При этом образуется:

- а)  $\text{CH}_2(\text{Br}) - \text{CH}_2\text{OH}$ ;                      в)  $\text{CH}(\text{Br}_2) - \text{CH}(\text{Br}_2)$ ;  
б)  $\text{CH}_2(\text{Br}) - \text{CH}_2(\text{Br})$ ;                      г)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Br}$ .

**22.** Укажите возможные продукты, образующиеся при нагревании (90 °С) смеси метанола и этанола в присутствии серной кислоты:

- а) этен;    г) диэтиловый эфир;  
б) пропан;                                        д) метилэтиловый эфир;  
в) диметиловый эфир;                      е) метиловый эфир этановой кислоты.

**23.** При дегидратации 2-метилбутанола-2 образуется:

- а) только 2-метилбутен-1;  
б) только 2-метилбутен-2;  
в) только бутен-2;  
г) смесь 2-метилбутена-1 и 2-метилбутена-2.

**24.** Окисление первичных одноатомных спиртов приводит к образованию:

- а) простых эфиров;                            д) углекислого газа;  
б) альдегидов;                                е) алкенов;  
в) гликолей;                                    ж) карбоновых кислот.  
г) сложных эфиров;

**25.** Укажите формулы спиртов, при окислении которых можно получить альдегид:

- а)  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ ;                              в)  $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{OH}$ ;  
б)  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$ ;                г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ .

**26.** Укажите вещества, которые могут образоваться при нагревании смеси этанола и метанола с концентрированной серной кислотой при разных температурах:

- а) уксусная кислота;                        д) диметиловый эфир;  
б) метилэтиловый эфир;                    е) этиловый эфир муравьиной кислоты;  
в) этен;    ж) диэтиловый эфир.  
г) метилацетат;

**27.** При действии водного раствора щелочи на 2-бром-2-метилпропан преимущественно образуется:

- а) 2-метилпропен;                              в) 2-метил-пропанол-2;  
б) 2-метил-пропанол-1;                      г) пропанол-2.

**28.** Этанол можно получить:

- а) гидратацией этилена;                    г) гидрированием этанала;  
б) гидрированием этилена;                д) при гидролизе этилата натрия.  
в) гидратацией ацетилен;

**29.** Выберите промышленные способы получения этанола:

- а) гидратация этилена;  
б) гидролиз крахмала и сбраживание полученной глюкозы;  
в) гидролиз клетчатки и сбраживание полученной глюкозы;  
г) взаимодействие хлорэтана с водным раствором  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

**30.** Метанол образуется в результате реакции:

- а) каталитического окисления метана кислородом;



6. Укажите формулы веществ, с которыми в необходимых условиях реагирует пропантриол-1,2,3:

- а) Cu;                    в)  $C_{17}H_{33}COOH$ ;            д)  $Cu(OH)_2$ ;            ж)  $C_{15}H_{31}COOH$ .  
б)  $HNO_3$ ;            г)  $HBr$ ;                    е) Na;

7. Качественной реакцией на многоатомные спирты является их взаимодействие:

- а) с аммиачным раствором серебро(I)-оксида;  
б) медь(II)-гидроксидом;  
в) бромной водой;  
г) водным раствором калий-перманганата;  
д) водным раствором сульфата меди (II);  
е) щелочными металлами.

8. Укажите признаки, по которым невозможно отличить водный раствор глицерина от водного раствора пропанола:

- а) по плотности;  
б) по действию на щелочные металлы;  
в) по цвету;  
г) по действию на гидроксид меди (II).

9. Выберите правильные утверждения:

- а) кислотность многоатомных спиртов выше, чем одноатомных;  
б) как для глицерина, так и для этиленгликоля невозможно приготовление насыщенных водных растворов;  
в) глицерин, в отличие от этиленгликоля не ядовит;  
г) в отличие от одноатомных спиртов, многоатомные не образуют межмолекулярных водородных связей.

10. Этиленгликоль может быть получен:

- а) гидратацией этилена;  
б) гидратацией ацетилена;  
в) окислением этана в водной среде  $KMnO_4$ ;  
г) окислением этилена в водной среде  $KMnO_4$ .

11. Этиленгликоль можно получить, непосредственно действуя водным раствором щелочи:

- а) на хлорэтан;    в) 1,2-дихлорэтан;  
б) 1,2,3-трихлорпропан;                            г) на 1,2-дихлорпропан.

12. Глицерин может быть получен:

- а) гидролизом 1,2,3-трихлорпропана;  
б) гидратацией пропина;  
в) гидролизом жиров;  
г) гидрогенизацией жиров.

13. Укажите правильные утверждения. Глицерин используют:

- а) в качестве мономера при производстве лавсана;  
б) для производства лекарств;  
в) для синтеза взрывчатых веществ;  
г) как компонент косметических средств;  
д) в качестве заменителя сахарного сиропа в пищевой промышленности.

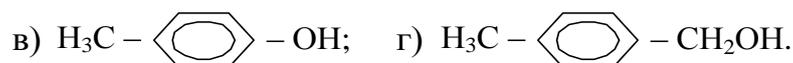
14. Укажите правильные утверждения. Этиленгликоль используют:

- а) в качестве пищевой добавки;
- б) в качестве антифриза;
- в) при получении лавсана;
- г) в качестве реагента в синтезе капрона;
- д) в качестве ароматизатора в парфюмерии.

### Фенолы

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Укажите формулы фенолов:



2. Укажите число σ-связей в молекуле фенола:

- а) 11;      б) 12;      в) 13;      г) 15.

3. Влияние бензольного кольца на свойства фенола проявляется в том, что:

- а) повышается электронная плотность в положениях 2,4,6 ароматического кольца;
- б) атом водорода гидроксильной группы фенола более подвижен, чем атом водорода гидроксильной группы в метаноле;
- в) фенол, в отличие от предельных одноатомных спиртов, реагирует со щелочами;
- г) фенол, в отличие от бензола, реагирует с бромной водой;
- д) химическая связь между атомами кислорода и водорода в гидроксильной группе становится более полярной, чем в спиртах.

4. Влияние гидроксильной группы на свойства фенола состоит в том, что:

- а) химическая связь между атомами кислорода и водорода в гидроксильной группе становится менее полярной, чем в спиртах;
- б) кислотные свойства фенола выше, чем у метанола;
- в) повышается электронная плотность в положениях 2,4,6 бензольного кольца;
- г) реакции замещения в кольце идут в более жестких условиях, чем в молекуле бензола;
- д) реакции замещения в кольце идут в более мягких условиях, чем в молекуле бензола;
- е) фенол, в отличие от метанола, реагирует со щелочами.

5. Укажите ряд, в котором вещества расположены в порядке возрастания их кислотных свойств:

- а) 2-метилпропанол-2, бутанол-1, фенол, глицерин;
- б) бутанол-1, 2-метилпропанол-2, глицерин, фенол;
- в) 2-метилпропанол-2, бутанол-1, глицерин, фенол;
- г) бутанол-1, 2-метилпропанол-2, фенол, глицерин.

6. Найдите число всех возможных изомеров фенолов с молекулярной формулой  $C_7H_8O$ .

- а) 6;      б) 5;      в) 4;      г) 3.

7. Изомерами по отношению друг к другу являются:

- а) этанол и диметиловый эфир;  
б) 1-пропанол и изопропиловый спирт;  
в) фенолят натрия и этилат натрия;  
г) 2-метил-1-пропанол и 2-метил-2-пропанол.

8. Фенолят можно получить при взаимодействии:

- а) фенола и калия;                      в) ацетата калия и фенола;  
б) фенола и гидроксида калия;      г) фенола и хлорида калия.

9. Получение пикриновой кислоты из фенола производят с использованием реакции:

- а) изомеризации;                      в) нитрования;  
б) бромирования;                      г) гидрирования.

10. Охарактеризуйте реакцию взаимодействия фенола с бромной водой:

- а) реакция замещения;  
б) сопровождается образованием белого осадка;  
в) продуктами являются кислота и 2,4,6-трибромфенол;  
г) качественная на фенол.

11. Замещение атома водорода в гидроксильной группе фенола происходит при его взаимодействии:

- а) с азотной кислотой;                      г) водородом;                      ж) калием.  
б) метаном;                                  д) формальдегидом;  
в) натрий гидроксидом;                      е) бромной водой;

12. Замещение атома водорода в бензольном кольце фенола происходит при его взаимодействии:

- а) с азотной кислотой;                      в) калий хлоридом;                      е) бромной водой.  
б) метаналем;                                  г) калием;

13. Как фенол, так и бензол реагируют:

- а) с бромом;  
б) натрием;  
в) водным раствором гидроксида натрия;  
г) с нитрующей смесью.

14. Для обнаружения фенола используются:

- а) хлороводород;  
б) свежеприготовленный гидроксид меди(II);  
в) хлорид железа(III);  
г) бромная вода.

15. Как фенол, так и этиловый спирт реагируют:

- а) с хлороводородом;  
б) калием;  
в) водным раствором гидроксида калия;  
г) гидрокарбонат натрия.



14. 1,2-дихлорэтан → этиленгликоль → этилен → этанол → бутадиен-1,3 → 1,2,3,4-тетрабромбутан.

15. бутан → бутен-1 → 1,2-дибромбутан → бутандиол-1,2 → 1,2-дихлорбутан.

16. карбонат кальция → этин → этанол → бутен-2 → 2,3-бутандиол.

17. Укажите конечный продукт (X) в следующих цепочках превращений:

а) циклопентан  $\xrightarrow{\text{Br}_2/h\nu}$  ...  $\xrightarrow{\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}}$  ...  $\xrightarrow{\text{H}^+/t}$  ...  $\xrightarrow{\text{KMnO}_4}$  ... X;

б) бутен-1  $\xrightarrow{\text{HBr}}$  ...  $\xrightarrow{\text{KOH}/\text{H}_2\text{O}}$  X;

г) пропан  $\xrightarrow{\text{Ni}, t^0}$  ...  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, t^0, p, \text{катализатор}}$  ...  $\xrightarrow{\text{HBr}}$  X.

18. метан → этин → бензол → изопропилбензол → фенол → 2,4,6-трихлорфенол.

19. гексан → бензол → хлорбензол → фенолят натрия → фенол → 2,4,6-трибромфенол.

20. кальций карбонат → ацетилен → бензол → кумол → фенол → пикриновая кислота.

21. ацетат натрия → ацетилен → бромбензол → фенол → 2,4,6-тринитрофенол.

22. метан → этан → этанол → ацетальдегид → уксусная кислота.

23. оксид углерода (II) → метанол → бутан → этен → уксусный альдегид.

24. пропанол-1 → 1-бромпропан → пропен → пропанол-2 → пропанон.

### *Решите задачи:*

#### **Одноатомные спирты. Простые эфиры**

1. В водном растворе с массовой долей алканола 40 % соотношение между числом молекул воды и спирта 8 : 3. Установите формулу спирта.

2. При дегидратации гомолога метанола массой 18 г образовалась вода массой 5,4 г и углеводород. Установите молекулярную массу и формулу спирта.

3. В результате взаимодействия спирта с избытком подкисленного раствора перманганата калия получился продукт с молярной массой в 1,3 раза большей молярной массы исходного спирта. Определите состав исходного спирта и полученного продукта.

4. При дегидратации вторичного спирта получен алкен массой 201,6 г (выход 80 %), а при взаимодействии такой же массы спирта с избытком натрия выделился водород объемом 67,2 дм<sup>3</sup> (н. у.). Установите формулу исходного спирта.

5. При взаимодействии одноатомного насыщенного спирта объемом 30 см<sup>3</sup> ( $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$ ) с бромоводородом образуется вторичный бромалкан, а при действии натрия на то же количество спирта выделяется водород, которого достаточно для полного гидрирования дивинила объемом 2,24 дм<sup>3</sup> (н. у.). Назовите спирт.

6. При межмолекулярной дегидратации спирта получен простой эфир массой 7,4 г, а при внутримолекулярной дегидратации — алкен объемом 4,48 дм<sup>3</sup> (н. у.). Установите формулу спирта.

7. Какую массу (кг) полиэтилена можно получить из этанола объемом 1000 дм<sup>3</sup> (пл. 0,78 г/см<sup>3</sup>) при выходе 70 %?

8. При дегидратации предельного первичного одноатомного спирта выделяется газообразный алкен, объем которого в три раза меньше объема углекислого газа, образующегося при сжигании такой же массы спирта. Укажите название спирта.

9. Из  $89,6 \text{ дм}^3$  (н. у.) бутана с объемной долей примесей 25% двухстадийным синтезом получен бутанол-2 массой 79,92 г. Найдите выход продуктов (%) на первой и второй стадиях, если он одинаков.

10. Определите строение третичного предельного спирта, при дегидратации которого получили алкен массой 39,2 г, если объем спирта равен  $37 \text{ см}^3$  (пл.  $1,4 \text{ г/см}^3$ ).

**Ответы:** 1.  $\text{CH}_3\text{OH}$ . 2.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ . 3.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . 4. пропанол-2. 5. пропанол-2. 6.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . 7. 332,35 кг. 8. пропанол-1. 9. 60 %. 10. 2-метилпропанол-2.

### Многоатомные спирты

1. Некоторый алкен массой 14 г может прореагировать в темноте с бромом массой 40 г, а при окислении этого алкена перманганатом калия в нейтральной среде образуется двухатомный спирт симметричного строения. Установите алкен и найдите массу спирта (г), если он получается с выходом 80 %.

2. Какую массу (г) тринитроглицерина можно получить при действии раствора азотной кислоты массой 120 г (массовая доля  $\text{HNO}_3$  85 %) на глицерин массой 46 г, если выход продуктов реакции составляет 60 % от теоретически возможного?

3. Этилен, полученный в две стадии из этана, обработали водным раствором перманганата калия и получили 190,6 г этиленгликоля, содержащего 15 % примесей. Найдите объем исходного этана ( $\text{дм}^3$ , н. у.), если выход на первых двух стадиях составляют 80 % и 90 % соответственно, а на третьей — 75 % от теоретически возможных.

4. Сожгли смесь глицерина и этиленгликоля массой 15,4 г. Полученный газ пропустили через суспензию, содержащую 50 г  $\text{CaCO}_3$  в 12 000 моль воды, карбонат кальция полностью растворился. Определите объем газа ( $\text{дм}^3$ , н. у.), который выделится при реакции такого же количества смеси спиртов с избытком натрия.

**Ответы:** 1. 18 г; бутен-2. 2. 68,1 г. 3.  $108,4 \text{ дм}^3$ . 4.  $5,6 \text{ дм}^3$ .

### Фенолы

1. Какой объем ( $\text{см}^3$ ) раствора фенола в бензоле (пл.  $0,9 \text{ г/см}^3$ , массовая доля фенола 9,4 %) должен прореагировать с натрием, чтобы полученного водорода хватило на полное каталитическое гидрирование ацетиленом объемом  $1,12 \text{ дм}^3$  (н. у.)?

2. Смесь фенола и гомолога бензола общей массой 14,7 г обработали избытком бромной воды и получили 33,1 г осадка. Количественное (моль) соотношение фенол : арен равно 2 : 1 соответственно. Определите формулу арена.

3. При сжигании некоторого количества смеси этанола и фенола образовалась вода массой 8,1 г. Такое же количество смеси нейтрализует раствор NaOH объемом 19,8 см<sup>3</sup> с массовой долей щелочи 7 % (пл. 1,01 г/см<sup>3</sup>). Найдите массовую долю (%) этанола в смеси.

4. Раствор фенола в этиловом спирте разделили на две равные части, и к одной из них прибавили натрий, в результате чего выделился газ объемом 8,96 дм<sup>3</sup> (н. у.). К другой — избыток бромной воды, при этом образовался осадок массой 16,55 г. Определите массы (г) фенола и этанола в исходном растворе.

**Ответы:** 1. 222 см<sup>3</sup>. 2. C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>. 3. 61,66 %. 4. 69 г.

## ЗАНЯТИЕ 29. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

### Основной объем учебного материала

Состав и строение алифатических альдегидов. Карбонильная группа. Функциональная альдегидная группа. Физические свойства альдегидов. Химические свойства муравьиного и уксусного альдегидов: окисление, восстановление. Получение и применение муравьиного и уксусного альдегидов. Фенолформальдегидная смола. Ацетон: состав, строение.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Состав насыщенных альдегидов может выражаться формулой:

- а) C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>O;                      в) C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O;                      д) C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>CHO;                      ж) C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>CO;  
б) C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>O;                      г) C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O<sub>2</sub>;                      е) C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>CHO;                      з) C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>CHO.

2. Охарактеризуйте строение карбонильной группы:

- а) связь ковалентная полярная;  
б) электронная плотность смещена к атому углерода;  
в) связь двойная, состоит из σ- и π-связей;  
г) электронная плотность смещена к атому кислорода;  
д) связь короче и прочнее чем связь C = C.

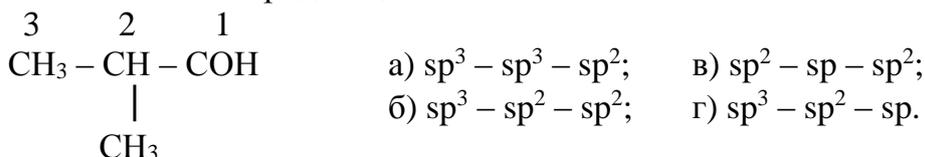
3. Степень окисления атома углерода альдегидной группы одинакова в соединениях:

- а) метаналь;                      б) пентаналь;                      в) пропаналь;                      г) бутаналь.

4. Охарактеризуйте связи в молекуле этаноля:

- а) 7 σ связей;                      в) 6 σ и 1 π;  
б) 5 σ и 2 π;                      г) все связи ковалентные.

5. В молекуле 2-метилпропаноля орбитали атомов углерода под номерами 3, 2 и 1 имеют тип гибридизации соответственно:



6. При образовании σ-связи в молекуле этаноля перекрываются орбитали атомов углерода и кислорода:

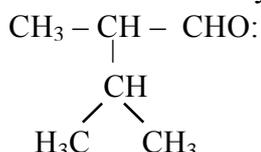
- а) 2s-орбиталь углерода и 2p-орбиталь кислорода;  
б) 2p-орбиталь углерода и 2p-орбиталь кислорода;

- в)  $sp^2$ -гибридная орбиталь углерода и 2р-орбиталь кислорода;  
г) 2s-орбиталь углерода и 3р-орбиталь кислорода.

7. Столько же электронов, как и молекула метаналя, содержит молекула:

- а) кислорода; б) аммиака; в) сероводорода; г) хлора.

8. Назовите по систематической номенклатуре альдегид строения



- а) 2-изопропилпропаналь;  
б) 2-изопропилпропионовый альдегид;  
в) 2,3-диметилбутаналь;  
г) 2,3-диметилмасляный альдегид.
9. Для насыщенных альдегидов возможна изомерия:  
а) по положению альдегидной группы;  
б) углеродного скелета;  
в) геометрическая (цис-транс);  
г) межклассовая (с представителями других гомологических рядов).

10. Альдегиды являются межклассовыми изомерами:

- а) спиртов; в) простых эфиров;  
б) кетонов; г) карбоновых кислот.

11. Число изомерных альдегидов соответствующих формуле  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  равно:

- а) 3; б) 2; в) 5; г) 4.

12. Гомологами метаналя являются:

- а) этаналь; б) формалин; в) бутаналь; г) этанол.

13. Укажите формулу изомера пентанала:

- а)  $(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CHO}$ ; в)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CHO}$ ;  
б)  $(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{CHO}$ ; г)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$ .

14. Гексаналь и капроновый альдегид — это:

- а) структурные изомеры; в) гомологи;  
б) пространственные изомеры; г) одно и то же вещество.

15. Укажите правильные утверждения. Ацетон:

- а) является гомологом метаналя;  
б) представляет собой изомер пропанала;  
в) образуется при гидратации пропина в условиях реакции Кучерова;  
г) является одним из продуктов при получении фенола кумольным способом;  
д) образует межмолекулярные водородные связи.

16. Ацетон также как и бутаналь:

- а) содержит 1 атом углерода в состоянии  $sp^2$ -гибридизации в молекуле;  
б) при гидрировании образует первичный спирт;  
в) не образует межмолекулярных водородных связей;  
г) может образоваться при гидратации алкина в условиях реакции Кучерова.

17. Невозможно приготовить насыщенный водный раствор:

- а) метанала; б) этанала; в) пропанала; г) бутанала.

**18.** При взаимодействии предельных альдегидов с водородом образуются:

- а) карбоновые кислоты;
- б) простые эфиры;
- в) вторичные спирты;
- г) первичные спирты.

**19.** Этанол образуется при взаимодействии ацетальдегида:

- а) с кислородом (в присутствии катализатора);
- б) водородом (при нагревании, в присутствии катализатора);
- в) оксидом меди(II) (при нагревании);
- г) с  $\text{LiAlH}_4$ .

**20.** При восстановлении ацетона образуется:

- а) пропановая кислота;
- б) пропанол-2;
- в) пропанол-1;
- г) изопропиловый спирт.

**21.** При восстановлении 3-метилбутанала образуется:

- а) третичный бутиловый спирт;
- б) 2-метилбутанол-1;
- в) 3-метилбутанол-1;
- г) 2-метилбутанол-4.

**22.** При окислении этанала в различных условиях возможно образование:

- а) этанола;
- б) этановой кислоты;
- в) углекислого газа;
- г) пропионовой кислоты.

**23.** Реакция превращения альдегида в карбоновую кислоту является:

- а) процессом окисления альдегида;
- б) процессом восстановления альдегида;
- в) происходит без изменения степени окисления элементов;
- г) реакцией замещения.

**24.** При взаимодействии бутанала с медью(II) гидроксидом при нагревании происходит:

- а) восстановление бутанала и образуется бутанол-1;
- б) окисление бутанала с образованием бутановой кислоты;
- в) реакция присоединения с разрушением  $\pi$ -связи карбонильной группы;
- г) увеличение степени окисления одного из атомов углерода исходного альдегида.

**25.** Выберите ряд (ряды) веществ, с каждым из которых реагирует этаналь:

- а) натрий хлорид, медь, водород;
- б) водород, кислород, медь(II)-гидроксид;
- в) калий гидроксид, медь(II)-оксид, кислород;
- г) калий гидроксид, натрий хлорид, кальций.

**26.** Выберите правильные утверждения:

- а) при окислении альдегидов получают карбоновые кислоты;
- б) при восстановлении альдегидов получают первичные спирты;
- в) качественной реакцией на альдегиды является реакция с медью(II)-гидроксидом при нагревании;
- г) между молекулами альдегидов образуются водородные связи.

**27.** При гидрировании этанала:

- а) увеличивается степень окисления углерода альдегидной группы;
- б) уменьшается степень окисления углерода карбонила;

- в) образуется кислота или спирт в зависимости от условий гидрирования;
- г) возможно образование алкена или алкина;
- д) образуется только первичный спирт.

**28.** Выберите правильное утверждение, характеризующее реакцию метанала с фенолом с образованием полимера:

- а) реакция полимеризации;
- б) реакция поликонденсации;
- в) в реакции участвуют гидроксильные группы фенола;
- г) в реакции не участвуют гидроксильные группы фенола.

**29.** Для обнаружения альдегидной группы используют:

- а) медь(II)-гидроксид;
- б) медь (II) оксид;
- в) железо (III) хлорид;
- г) серебро(I)-оксид (аммиачный раствор).

**30.** Раствор формальдегида можно отличить от раствора глицерина с помощью:

- а)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  при комнатной температуре;
- б) раствора фенолфталеина;
- в) аммиачного раствора  $\text{Ag}_2\text{O}$  при нагревании;
- г) раствора  $\text{FeCl}_3$ .

**31.** Укажите схемы реакций, в результате которых получается альдегид:

- а)  $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4, t^0}$
- б)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^0, \text{Kat.}}$
- в)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \xrightarrow{t^0}$
- г)  $\text{CH}_3 - \text{COOH} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0}$

**32.** Ацетальдегид можно получить:

- а) дегидрированием этанола;
- б) окислением этанола кислородом в присутствии катализатора хлоридов палладия и меди;
- в) взаимодействием этилена с водой;
- г) взаимодействием ацетилен с водой;
- д) окислением уксусной кислоты.

**33.** Основным промышленным методом получения уксусного альдегида является:

- а) гидролиз 1,2-дихлорэтана;
- б) окисление этанола калий перманганатом;
- в) каталитическое окисление этилена;
- г) пиролиз калий ацетата.

**34.** Пропаналь образуется:

- а) при гидратации пропина по реакции Кучерова;
- б) нагревании пропанола-1 с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.);
- в) взаимодействии хлорпропана с металлическим магнием (в среде диэтилового эфира);
- г) нагревании пропанола-1 с  $\text{CuO}$ ;
- д) при дегидрировании пропанола-2.

**35.** Укажите формулу спирта, при дегидрировании которого получается 3,3-диметилбутаналь:

- а)  $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ ;      в)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ ;  
б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OH}$ ;      г)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}_2\text{OH}$ .

**36.** Для получения 2,2-диметилпропаналя следует окислить:

- а) пентанол-1;      в) 2,2-диметилпропанол-1;  
б) 2-метилпропанол-1;      г) 2-метилбутанол-1.

**37.** Формальдегид получается при окислении:

- а) муравьиной кислоты;      в) этанола;  
б) метанола;      г) метана.

**38.** Формалином называют:

- а) 35–40%-ный раствор этанола в воде;  
б) 35–40%-ный раствор метанала в воде;  
в) 35–40%-ный раствор муравьиного альдегида в воде;  
г) 35–40%-ный раствор формальдегида в воде.

**39.** Альдегиды используют в производстве:

- а) пластмасс;      г) карбоновых кислот;  
б) лекарственных средств;      д) алканов;  
в) душистых веществ;      е) спиртов.

**40.** Выберите правильные утверждения:

- а) в обычных условиях первые три представителя гомологического ряда насыщенных альдегидов газообразные, остальные жидкости или твердые вещества;  
б) в обычных условиях только метаналь находится в газообразном состоянии, остальные представители насыщенных альдегидов — жидкости или твердые вещества;  
в) все альдегиды обладают резким и неприятным запахом;  
г) высшие альдегиды обладают цветочными запахами и применяются в парфюмерии.

*Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:*

1. Метан → метаналь → метанол → хлорметан → формальдегид → фенол-формальдегидная смола.
2. метан → этан → этанол → ацетальдегид → уксусная кислота.
3. оксид углерода (II) → метанол → бутан → этен → уксусный альдегид.
4. ацетат натрия → метан → формальдегид → метиловый спирт → метилат калия.
5. пропанол-1 → 1-бромпропан → пропен → пропанол-2 → пропанон.
6. пропан → пропен → пропанол-1 → пропаналь → пропановая кислота.

*Решите задачи:*

**1.** Установите молекулярную формулу насыщенного альдегида, у которого суммарная масса углерода и водорода в 3,5 раза больше массы кислорода.

**2.** Вычислите массу (кг) карбида кальция, содержащего 20 % примесей, необходимую для двухстадийного синтеза альдегида (выход продуктов на каждой стадии — 80 %), если требуется получить раствор альдегида массой 20 кг с массовой долей альдегида 20 %.

3. Определите, какой объем ( $\text{дм}^3$ ) раствора формальдегида с массовой долей альдегида 40 % (пл.  $1,1 \text{ г/см}^3$ ) получили при растворении метанала, полученного при каталитическом окислении  $1 \text{ м}^3$  (н. у.) метана кислородом воздуха.

4. Из ацетиленов химическим количеством  $0,5 \text{ моль}$  в результате процесса гидратации получили альдегид с выходом продукта реакции 85 %. Определите массу (г) серебра, образовавшегося при окислении полученного альдегида аммиачным раствором оксида серебра.

5. Для гидрирования смеси этанала и пропанала массой  $21,8 \text{ г}$  необходим такой объем водорода, который образуется при взаимодействии  $25,6 \text{ г}$  метанола с избытком натрия. Найдите массовые доли (%) альдегидов в исходной смеси.

6. При частичном окислении метанола получили смесь альдегида и спирта. Массовая доля водорода в этой смеси веществ равна 10 %. Определите массовую долю альдегида в полученной смеси.

7. В результате окисления в газовой среде  $80 \text{ см}^3$  метанола (пл.  $0,8 \text{ г/см}^3$ ) и растворения образовавшегося альдегида в воде массой  $112 \text{ г}$  был получен раствор формалина с массовой долей альдегида 30 %. Рассчитайте выход продукта реакции (%) окисления.

8. Масса смеси спирта и альдегида, содержащих одинаковое число атомов углерода в составе молекул, равна  $7,25 \text{ г}$ . Массовая доля спирта в смеси 20 %. При добавлении к этой смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выделился металл массой  $21,6 \text{ г}$ . Определите формулы спирта и альдегида.

9. К смеси пропанола-1 и неизвестного предельного альдегида массой  $1,17 \text{ г}$  добавили аммиачный раствор, содержащий  $5,8 \text{ г}$   $\text{Ag}_2\text{O}$ , и нагрели. Выпавший осадок отфильтровали, а из фильтрата взаимодействием с соляной кислотой получен хлорид серебра массой  $2,87 \text{ г}$ . Определите строение взятого альдегида, если молярное отношение альдегида к спирту в исходной смеси равно 3 : 1.

10. Смесь метанала и водорода объемом  $11,2 \text{ дм}^3$  (н. у.) и относительной плотностью по воздуху  $0,793$  пропустили при повышенной температуре над никелевым катализатором. К полученному продукту реакции добавили  $5,75 \text{ г}$  натрия. Определите, какой объем ( $\text{дм}^3$ ) водорода выделится при этом.

**Ответы:** 1.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{CHO}$ . 2. 11,36. 3.  $3,044 \text{ дм}^3$ . 4. 91,8 г. 5. 20,2 % и 79,8 %. 6. 42,86 %. 7. 80 %. 8.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}$ . 9. пропаналь. 10.  $1,4 \text{ дм}^3$ .

## ЗАНЯТИЕ 30. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

### Основной объем учебного материала

Классификация. Функциональная карбоксильная группа. Физические свойства карбоновых кислот. Гомологический ряд одноосновных насыщенных кислот: общая их формула, состав, строение, нахождение в природе. Структурная изомерия кислот. Систематическая и тривиальная номенклатура. Физические свойства. Химические свойства уксусной кислоты: электролитическая диссоциация, взаимодействие с металлами, оксидами, щелочами, солями, спиртами, реакция межмолекулярной дегидратации. Сложные эфиры, нахождение в природе. Реакция этерификации. Амиды и галогенангидриды кислот. Получение уксусной

кислоты. Олеиновая кислота как представитель ненасыщенных одноосновных карбоновых кислот, ее состав, химическая и структурная формулы. Линолевая и линоленовая кислоты. Применение карбоновых кислот.

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

**1.** Среди приведенных веществ выберите те, которые относятся к классу карбоновых одноосновных кислот:

- а) пикриновая кислота;                      в) терефталевая кислота;  
б) акриловая кислота;                      г) бензойная кислота.

**2.** Выберите верные утверждения, отражающие взаимное влияние карбонильной и гидроксильной групп в функциональной группе карбоновых кислот:

а) группа ОН уменьшает положительный заряд на атоме углерода группы СО, что уменьшает способность карбонильной группы к реакциям присоединения;

б) группа СО способствует уменьшению полярности связи О – Н;

в) группа СО способствует уменьшению длины связи С – ОН, по сравнению с таковой в этаноле;

г) группа СО способствует уменьшению прочности связи О – Н.

**3.** Укажите число правильных утверждений из перечисленных:

– все карбоновые кислоты хорошо растворимы в воде;

– сила кислот зависит от длины углеводородного скелета;

– карбоновые кислоты – более сильные кислоты, чем фенолы;

– не все карбоновые кислоты изменяют цвет раствора лакмуса;

– электродонорные заместители при карбонильной группе увеличивают кислотные свойства этой группы.

а) 4;      б) 5;      в) 3;      г) 2.

**4.** Подвижность гидроксильного атома водорода в соединениях последовательно увеличивается в рядах:

а)  $C_6H_5OH$ ,  $H_2CO_3$ ,  $CH_3COOH$ ;

б)  $C_2H_5OH$ ,  $HCOOH$ ,  $H_2SO_4$ ;

в)  $C_6H_5OH$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $CH_3COOH$ ;

г)  $H_2CO_3$ ,  $CH_3COOH$ ,  $HCOOH$ .

**5.** Укажите, какая из предложенных схем верно отражает процесс электролитической диссоциации карбоновых кислот:

а)  $R-COOH \rightarrow R-COO^- + H^+$ ;

б)  $R-COOH + OH^- \rightarrow R-COO^- + H_2O$ ;

в)  $R-COOH + H_2O \leftrightarrow R-COO^- + H_3O^+$ ;

г)  $R-COOH + H^+ \leftrightarrow R-CO^+ + H_2O$ .

**6.** Отметьте пары соединений, в которых более сильная кислота приведена первой:

а) уксусная, муравьиная;

в) фторуксусная, хлоруксусная;

б) бензойная, карболовая;

г) муравьиная, угольная.

**7.** Выберите химические формулы, соответствующие предельным ациклическим одноосновным кислотам:

а)  $C_3H_6O_2$ ;

б)  $C_7H_{12}O_2$ ;

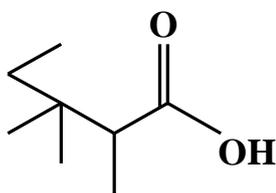
в)  $C_3H_8O_2$ ;

г)  $C_{18}H_{36}O_2$ .

8. Степень окисления атома углерода в карбонильной группе муравьиной кислоты такая же, как у одного из атома углерода в молекуле:

- а) уксусной кислоты;                      в) уксусного ангидрида;  
б) метилформиата;                      г) ацетальдегида.

9. Приведенная формула соответствует:



- а) 2-метил,3-этилпентановой кислоте;  
б) 2,3-диметил,3-этилбутановой кислоте;  
в) 3,3,4-триметилпентановой кислоте;  
г) 2,3,3-триметилпентановой кислоте.

10. Укажите название вещества, с формулой строения  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{COOH}$  по систематической номенклатуре:

- а) нонановая кислота;  
б)  $\alpha,\alpha,\beta,\gamma$ -тетраметилвалерьяновая кислота;  
в) 2,2,3,4,4-пентаметилбутановая кислота;  
г) 2,2,3,4-тетраметилпентановая кислота.

11. Укажите верное утверждение. Гептановая кислота и капроновая кислота являются:

- а) структурными изомерами;                      в) одним и тем же веществом;  
б) гомологами;                      г) геометрическими изомерами.

12. Укажите число изомерных карбоновых кислот состава  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$  (с учетом только структурной изомерии):

- а) 10;                      б) 9;                      в) 8;                      г) 7.

13. Достаточно прочные водородные связи могут образоваться между молекулами:

- а) этанола;                      в) диэтилового эфира;  
б) бензойной кислоты;                      г) муравьиной кислоты и воды.

14. Укажите ряды веществ, в которых они названы в порядке возрастания температур кипения:

- а) бутан, бутанол-1, бутаналь, масляная кислота;  
б) пропан, ацетон, пропанол-1, пропионовая кислота;  
в) этан, ацетальдегид, этанол, этановая кислота;  
г) пропаналь, пропанол-1, глицерин, стеариновая кислота.

15. Укажите число веществ в перечне: изопропиловый спирт, пропанон, пропионовый ангидрид, пропионат натрия, пропилацетат, пропанол-1, кумол — из которых можно в одну стадию получить пропионовую кислоту:

- а) 3;                      б) 5;                      в) 4;                      г) 2.

16. Даны два раствора муравьиной и уксусной кислот с одинаковой молярной концентрацией. Выберите верные утверждения:

- а) оба раствора имеют практически одинаковые значения рН;  
б) концентрация ионов  $\text{H}^+$  больше в растворе муравьиной кислоты;  
в) раствор уксусной кислоты имеет меньшее значение рН, нежели раствор муравьиной кислоты;  
г) при добавлении щелочи значение рН в обоих растворах повышается.

17. Из числа перечисленных веществ: поташ, пропандиол-1,2, хлорид фосфора(V), гидроксид калия, негашеная известь, формиат натрия, медь, сульфид натрия, бензиловый спирт, нашатырный спирт — уксусная кислота может реагировать:

- а) с десятью; б) девятью; в) восьмью; г) с семью.

18. Выберите верные утверждения. Муравьиная кислота в отличие от уксусной кислоты:

- а) растворяется в воде неограниченно;  
б) вступает в реакцию с эффектом «серебряного зеркала»;  
в) реагирует с бромной водой;  
г) не реагирует с кристаллической содой.

19. Укажите правильное утверждение, характеризующее реакцию между  $\text{CH}_3\text{OH}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Эта реакция является реакцией ...

- а) соединения, обратимой; в) замещения, необратимой;  
б) дегидратации, необратимой; г) этерификации, обратимой.

20. Выберите пары, в которых оба, указанных химическими формулами вещества относятся к функциональным производным пропионовой кислоты:

- а)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-O-CO-C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-NH}_2$ ;  
б)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{-CO-C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{CH}_3\text{-CO-O-C}_3\text{H}_7$ ;  
в)  $\text{CH}_3\text{-CO-O-CH}_3$ ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{-CO-O-CH}_3$ ;  
г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-Cl}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-O-CH}_3$ .

21. Выберите возможные варианты продуктов гидролиза ангидрида состава  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$ :

- а) только уксусная кислота;  
б) смесь 2-метилпропановой и метановой кислот;  
в) смесь пропионовой и муравьиной кислот;  
г) только масляная кислота.

22. При растворении в воде 1 моль уксуснопропионового ангидрида в растворе образуется смесь:

- а) 1 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и 1 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-COOH}$ ;  
б) 1 моль  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  и 1 моль  $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ;  
в) 1 моль  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  и 1 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-COOH}$ ;  
г) 1 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CH}_2\text{OH}$  и 1 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

23. В результате взаимодействия уксусной кислоты с избытком аммиака и дальнейшем нагревании продукта реакции, получили азотсодержащее органическое вещество. Укажите число валентных неподелённых электронных пар в молекуле этого вещества:

- а) 5; б) 3; в) 1; г) 2.

24. Укажите правильное название *преимущественного* продукта взаимодействия 1 моль пропионовой кислоты с эквимольным количеством хлора (в присутствии красного фосфора):

- а) хлорангидрид пропионовой кислоты;  
б)  $\alpha$ -хлорпропионовая кислота;  
в)  $\beta$ -хлорпропионовая кислота;  
г) 2,2-дихлорпропионовая кислота.

**25.** Выберите правильные утверждения. Ацетат аммония — это вещество:

- а) водный раствор которого имеет значение  $\text{pH} > 7$ ;
- б) которое в водном растворе практически нацело диссоциирует на ионы;
- в) представляет собой соль, взаимодействующую как с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , так и с  $\text{NaOH}$ ;
- г) относится к группе амидов карбоновых кислот.

**26.** Из ацетата натрия в одну стадию невозможно получить:

- а) метан;
- б) этилат натрия;
- в) сложный эфир;
- г) уксусный ангидрид.

**27.** Выберите утверждение верно характеризующее физические и химические свойства муравьиной кислоты:

- а) при внутримолекулярной дегидратации выделяется  $\text{CO}$ ;
- б) в реакции межмолекулярной дегидратации кислоты со спиртами образуются простые эфиры;
- в) кислота может быть получена взаимодействием формиата натрия с угольной кислотой;
- г) при  $25\text{ }^\circ\text{C}$  является жидкостью и смешивается с водой в любых соотношениях.

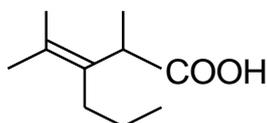
**28.** Укажите общую химическую формулу гомологического ряда предельных двухосновных карбоновых кислот:

- а)  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_4$ ;
- б)  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_4$ ;
- в)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}_4$ ;
- г)  $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}\text{O}_4$ .

**29.** Укажите число метиленовых групп в структурной единице вещества, которое получается при гидрировании двойной связи (в углеродном радикале) в молекуле олеиновой кислоты:

- а) 15;
- б) 17;
- в) 16;
- г) 14.

**30.** Вещество имеет строение:



Выберите правильные характеристики этого вещества:

- а) называется 2,4-диметил-3-пропил-пентен-3-овой кислотой;
- б) молекула этого вещества имеет такое же число двойных связей, как и молекула линолевой кислоты;
- в) не образует, как и метакриловая кислота, цис- и транс-изомеров;
- г) относится к гомологическому ряду с формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{COOH}$ .

**31.** Отметьте утверждения, верно характеризующие сорбиновую кислоту:

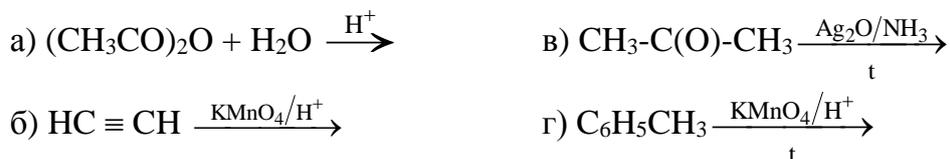
- а) в молекуле вещества содержится 15  $\sigma$ -связей и 3  $\pi$ -связи;
- б) вещество является гомологом линоленовой кислоты;
- в) все атомы углерода в молекуле находятся в гибридизации  $\text{sp}^2$ -типа;
- г) в отличие от капроновой кислоты может вступать в реакцию присоединения.

**32.** Выберите верные утверждения. Акриловая кислота:

- а) в отличие от уксусной реагирует с бромной водой;
- б) как и уксусная, может вступать в реакцию этерификации;
- в) является простейшей одноосновной ненасыщенной ациклической кислотой, состав которой описывается общей формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_2$ ;

г) вещество, для которого присоединение  $\text{HBr}$  и  $\text{H}_2\text{O}(\text{H}^+)$  идёт преимущественно против правила Марковникова.

**33.** Укажите, в каких процессах в качестве основного продукта образуется вещество, относящееся к классу органических кислот:



**34.** При окислении п-ксилола перманганатом калия в кислой среде при нагревании в качестве основного продукта образуется

- а) бензол;      в) пикриновая кислота;  
б) бензойная кислота;      г) терефталевая кислота.

*Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:*

**1.**  $\text{CO} \rightarrow$  метанол  $\rightarrow$  уксусная кислота  $\rightarrow$  метилацетат  $\rightarrow$  метилат натрия  $\rightarrow$  метанол.

**2.** Этанат натрия  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  ацетальдегид  $\rightarrow$  этановая кислота  $\rightarrow$  ацетат аммония  $\rightarrow$  ацетамид.

**3.** Бутан  $\rightarrow$  уксусная кислота  $\rightarrow$  изопропилацетат  $\rightarrow$  пропанол-2  $\rightarrow$  изопропилформиат  $\rightarrow$  формиат натрия.

**4.** Пропанол-1  $\rightarrow$  пропионовая кислота  $\rightarrow$  этан  $\rightarrow$  этен  $\rightarrow$  этановая кислота  $\rightarrow$  ацетилхлорид  $\rightarrow$  ацетамид.

**5.** Хлорангидрид уксусной кислоты  $\rightarrow$  ацетат натрия  $\rightarrow$  уксусный ангидрид  $\rightarrow$  этанат натрия  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  уксуснопропионовый ангидрид  $\rightarrow$   $\text{CO}_2$ .

**6.** Ацетилен  $\rightarrow$  уксусная кислота  $\rightarrow$  этанат натрия  $\rightarrow$  метан  $\rightarrow$  муравьиная кислота  $\rightarrow$  угольная кислота.

**7.** Метан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  толуол  $\rightarrow$  бензойная кислота  $\rightarrow$  бензоат натрия.

**8.** Гексан  $\rightarrow$  толуол  $\rightarrow$  бензилхлорид  $\rightarrow$  бензиловый спирт  $\rightarrow$  бензилпропионат  $\rightarrow$  пропионат натрия.

**9.** Винацетат  $\rightarrow$  ацетальдегид  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  пропилацетат  $\rightarrow$  уксусная кислота  $\rightarrow$  хлоруксусная кислота.

**10.** Щавелевая кислота  $\rightarrow$  оксалат натрия  $\rightarrow$  карбонат натрия  $\rightarrow$  пропионат натрия  $\rightarrow$  этан  $\rightarrow$  ацетальдегид.

**11.** Акриловая кислота  $\rightarrow$  пропановая кислота  $\rightarrow$  этилпропионат  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  этилбензол  $\rightarrow$  бензилбензоат.

**12.** Олеиновая кислота  $\rightarrow$  стеариновая кислота  $\rightarrow$  этиловый эфир стеариновой кислоты  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  хлорангидрид пропановой кислоты.

*Решите задачи:*

**1.** Какое количество уксусного ангидрида необходимо прилить к 350 г водного раствора уксусной кислоты с массовой долей кислоты 75 %, чтобы получить 100%-ную кислоту?

2. Определите, в каких количественных отношениях находятся атомы кислорода и водорода в растворе, полученном при растворении 0,2 моль уксусного ангидрида в 10,2 моль воды.

3. Смесь двух предельных одноосновных органических кислот массой 26,8 г растворили в воде. Половину раствора обработали аммиачным раствором  $\text{Ag}_2\text{O}$ , при этом выделилось 21,6 г серебра. На нейтрализацию всей смеси кислот потребовалось 0,4 моль гидроксида натрия. Определите, какие кислоты были в смеси и их массовые доли.

4. На нейтрализацию 114 г смеси этановой кислоты, этанола и фенола в воде необходимо 140 г раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20 %. При действии на такую же массу смеси бромной водой выпадает 165,5 г осадка. При действии на 22,8 г аналогичной смеси металлическим натрием выделяется  $4,928 \text{ дм}^3$  (н. у.) водорода. Определите количественный состав первоначальной смеси.

5. При сжигании 2,04 г неизвестного ангидрида одноосновной насыщенной кислоты получили 3,52 г углекислого газа. На нейтрализацию ангидрида такой же массы затрачено 4 г раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40 %. Определите состав и строение ангидрида.

6. При обработке смеси, состоящей из равного числа молей предельной одноосновной кислоты и первичного одноатомного спирта, имеющих одинаковое число атомов углерода в молекуле, избытком гидрокарбоната натрия выделился углекислый газ, объем которого в 6 раз меньше объема углекислого газа, полученного при сжигании такого же количества смеси. Какие вещества находятся в смеси? Объемы газов измерены при одинаковых условиях.

7. Вычислите массу пропионовой кислоты, которую можно получить окислением 56,0 л (н. у.) гексана с выходом 45,0 %.

8. На гидрирование неизвестной ненасыщенной одноосновной кислоты было затрачено  $2,8 \text{ дм}^3$  (н. у.) водорода и получена насыщенная карбоновая кислота массой 35,5 г следующего состава:  $\omega(\text{C})$  — 76,0 %;  $\omega(\text{H})$  — 12,7 %;  $\omega(\text{O})$  — 11,3 %. Определите формулу неизвестной ненасыщенной кислоты.

9. Органическая одноосновная кислота количеством 1 моль может присоединить 1 моль брома. При полном сгорании некоторого количества этой кислоты образовалось 15,84 г углекислого газа и 6,12 г воды. Установите возможную формулу исходной кислоты.

10. При сжигании смеси двух соседних членов гомологического ряда двухосновных предельных карбоновых кислот образовалось  $5,376 \text{ л}$  углекислого газа (н. у.). Для нейтрализации такого же количества такой же смеси потребовалось 50,0 г 22,4%-ного раствора гидроксида калия. Установите, какие вещества и в каком количестве входили в состав смеси.

**Ответы:** 1. 4,86 моль. 2. 1 : 2. 3. 34,33 % муравьиной и 65,67 % масляной кислоты. 4. 0,2 моль  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; 0,1 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; 0,5 моль  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ; 0,5 моль  $\text{H}_2\text{O}$ . 5. уксусный ангидрид. 6. пропанол-1, пропионовая кислота. 7. 167 г. 8.  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ . 9.  $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ . 10. 0,06 моль щавелевой кислоты, 0,04 моль малоновой кислоты.

## ЗАНЯТИЕ 31. СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ. ЖИРЫ. МЫЛА

### Основной объем учебного материала

*Сложные эфиры.* Строение сложных эфиров. Изомерия и систематическая номенклатура сложных эфиров. Физические свойства. Реакция этерификации, условия ее протекания, обратимость. Гидролиз сложных эфиров. Сложные эфиры на основе неорганических и органических кислот в природе. Полиэфирные волокна: полиэтилентерефталат (лавсан).

*Жиры.* Состав и строение жиров. Триглицериды. Физические свойства жиров. Химические свойства: кислотный и щелочной гидролиз, гидрирование жидких жиров. Мыла. Синтетические моющие средства. Биологическая роль жиров. Применение жиров.

### Сложные эфиры

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Выберите верное утверждение:

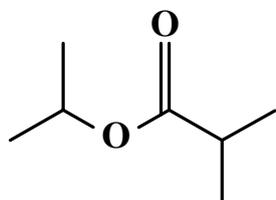
а) сложные эфиры образуются из двух веществ, а простые — всегда из одного;

б) реакции образования простых и сложных эфиров называются реакциями этерификации;

в) как при образовании сложных, так и при образовании простых эфиров всегда выделяется вода;

г) простые эфиры могут иметь симметричное строение, а сложные — нет.

2. Укажите название вещества строения по систематической номенклатуре:



а) изобутиловый эфир пропионовой кислоты;

б) изопропиловый эфир  $\alpha$ -метилпропионовой кислоты;

в) изопропиловый эфир 2-метилпропановой кислоты;

г) пропиловый эфир бутановой кислоты.

3. Укажите число структурных изомеров с общей формулой  $C_4H_{10}O_2$  (учитывать только кислоты и сложные эфиры):

а) 6; б) 4; в) 7; г) 8.

4. Выберите ряды, в которых в обеих указанных схемами реакциях могут образоваться сложные эфиры:

а)  $(CH_3-CO)_2O + CH_3 - CH(OH) - CH_3 \rightarrow$  и  $C_6H_5ONa + C_2H_5COCl \rightarrow$

б)  $CH_2(OH) - CH_2(OH) + HCl \rightarrow$  и  $C_6H_5COOH + C_6H_5CH_2OH \rightarrow$

в)  $CH_2(OH) - CH(OH) - CH_2(OH) + HNO_3 \rightarrow$  и  $CH_2 = CH - COOH + CH_3OH \rightarrow$

г)  $CH_3 - CH(OH) - COOH + CH_3COOH \rightarrow$  и  $C_2H_5Cl + C_2H_5COOK \rightarrow$

5. Укажите ряды, в которых вещества перечислены в порядке увеличения максимального количества щёлочи, вступающей с ними во взаимодействие:

а) щавелевая кислота, стеариновая кислота, ацетилсалициловая кислота

б) карболовая кислота, фенолацетат, тристеарин;

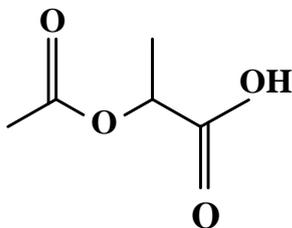
в) уксусная кислота, адипиновая кислота, этилформиат;

г) бензилацетат, фенолбензоат, аспирин.

6. Укажите пары, в которых оба вещества образуют осадок серебра в результате взаимодействия с  $\text{Ag}_2\text{O}$  в аммиачном растворе (при нагревании):

- а) бензальдегид и муравьиная кислота;
- б) формальдегид и метилацетат;
- в) этилформиат и муравьиная кислота;
- г) пропилметаноат и пировиноградная кислота.

7. Соединение строения является:



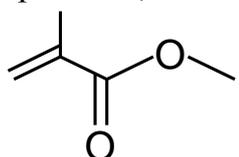
- а) смешанным ангидридом уксусной и пропионовой кислот;
- б) сложным эфиром уксусной кислоты и пропандиола-1,2;
- в) сложным эфиром этанола и  $\alpha$ -гидроксипропионовой кислоты;
- г) сложным эфиром уксусной кислоты и 2-гидроксипропановой кислоты.

8. В схеме превращений:  $\text{A} \xrightarrow{+\text{KOH}} \text{C}_6\text{H}_5\text{COOK} \xrightarrow{+\text{H}_2\text{SO}_4} \text{B}$  — А и В являются веществами, названия которых:

- а) бензойная кислота и бензиловый спирт;
- б) бензилацетат и бензиловый спирт;
- в) этилбензоат и бензойная кислота;
- г) бензойная кислота и бензойная кислота.

9. При кислотном гидролизе винилформиата одно из полученных органических веществ: взаимодействует с аммиачным раствором  $\text{Ag}_2\text{O}$ ; не изменяет цвет раствора лакмуса; может взаимодействовать с метанолом. Это вещество относится к классу:

- а) спиртов;      б) солей;      в) альдегидов;      г) кислот.

10. Укажите верные характеристики, относящиеся к веществу, имеющему следующую формулу строения:  Данное вещество ...

- а) используется для производства плексигласа;
- б) получается при взаимодействии акриловой кислоты с метанолом;
- в) имеет такой же качественный состав, как и винилпропионат;
- г) может существовать в виде цис- и транс-изомеров.

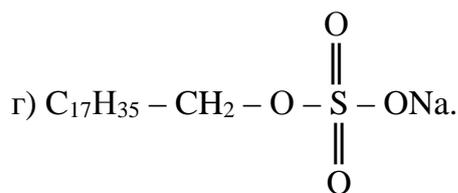
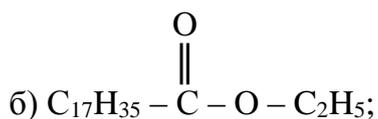
### Жиры. Мыла. Синтетические моющие средства

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. При полном сгорании 1 моль жира образовалось 50 моль воды. В состав жира могли входить:

- а) остатки только линолевой кислоты;
- б) остатки олеиновой, линолевой и линоленовой кислот;
- в) два остатка линолевой кислоты и один остаток олеиновой кислоты;
- г) два остатка олеиновой кислоты и один остаток линолевой кислоты.





**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Кумол → фенол → фенолят натрия → ацетат натрия → уксусный ангидрид → изопропилацетат.
2. Фенилформиат → формиат натрия → муравьиная кислота → СО → метановая кислота → бензилформиат.
3. Изопропилацетат → ацетат натрия → метан → метаналь → метил-метакрилат → полиметилметакрилат.
4. Оксид этилена → этандиол-1,2 → диацетат этиленгликоля → уксусная кислота → пропилацетат → этанол.
5. Этиловый эфир 2-метилбутановой кислоты → этанол → этен → этиленоксид → этиленгликоль → полиэтилентерефталат.
6. Ацетат натрия → фенолят натрия → бензоат натрия → этилбензоат → этилат натрия.
7. Пропен → 3-хлорпропен-1 → аллиловый спирт → глицерин → трипальмитин → тринитроглицерин.
8. Трипальмитин → глицерин → триолеин → тристеарин → стеарат натрия → стеарат калия.
9. Тристеарин → глицерин → триолеин → диолеостеарин → олеодистеарин → 9,10-дибромтристеарин.
10. Пальмитиновая кислота → пальмитат натрия → пальмитиновая кислота → дипальмитилолеин → дипальмитостеарин → глицерин.

**Решите задачи:**

1. Определите молекулярную формулу эфира, для омыления 14,8 г которого необходимо взять 40 г раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20 %.
2. Имеется 148 г смеси двух органических соединений одинакового состава  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ . Определите строение этих соединений и их массовые доли в смеси, если известно, что одно из них при взаимодействии с избытком гидрокарбоната натрия выделяет 22,4 л углекислого газа, а другое не реагирует с карбонатом натрия и аммиачным раствором оксида серебра(I), но при нагревании с водным раствором гидроксида натрия образует спирт и соль кислоты.
3. Для омыления 52 г эфира глицерина и предельной одноосновной кислоты (триглицерида) потребовалось 98,4 мл раствора с массовой долей гидроксида натрия 20 % (плотность 1,22 г/мл). Найдите молярную массу сложного эфира. Какой кислотой образован этот эфир?
4. Имеется смесь метилового и пропилового эфиров бензойной кислоты, в которой число атомов кислорода составляет 8,55 % от общего числа атомов и равно числу Авогадро. Вычислите объем воздуха (н. у.), необходимый для сжигания смеси эфиров.

5. Массовая доля углерода в сложном эфире, образованном бензойной кислотой и предельным одноатомным спиртом, равна 72,0 %. Какой объем 11,2%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,12 г/мл) необходим для гидролиза 30,0 г такого эфира?

6. В продуктах полного сгорания 0,02 моль жира количество вещества воды составляет 1,02 моль, а углекислого газа — 1,06 моль. Какой объем воздуха (н. у.) был израсходован на горение?

7. Какая масса жира, представляющего трипальмитат глицерина, нужна для получения 100 г туалетного мыла, если массовая доля пальмитата натрия в мыле равна 83,4 %?

8. Оливковое масло содержит по массе 80 % триглицерида одноосновной карбоновой кислоты с одной двойной связью. Выведите формулу этого жира, если известно, что 1,105 кг оливкового масла содержит 1 моль этого триглицерида.

9. Две одинаковы порции жира, образованного только одной непредельной кислотой гомологического ряда акриловой кислоты, подвергли кислотному (выход 65 %) и щелочному (выход 95 %) гидролизу. Масса полученной кислоты составила 59,5 % от массы полученной калиевой соли. Установите строение жира.

10. Образец жира может вступить в реакцию (при определенных условиях) с 0,4 моль водорода. Продукт гидрирования вступает в реакцию гидролиза с 0,6 моль гидроксида натрия, при этом образуется соль только одной кислоты, масса соли равна 183,6 г. Вычислите относительную молекулярную массу жира и приведите одну из возможных его формул.

11. Образец жира может вступить в реакцию (при определенных условиях) с 0,05 моль водорода. Продукт гидрирования вступает в реакцию кислотного гидролиза. Масса продуктов гидролиза на 2,7 г больше массы вступившего в эту реакцию вещества. В результате гидролиза образовалась только одна кислота, масса кислоты равна 38,4 г. Вычислите молярную массу жира и приведите одну из возможных его формул.

**Ответы:** 1.  $C_3H_6O_2$ . 2. 50 %  $C_2H_5COOH$ , 50 % метилацетата. 3. 260 г/моль; пропановая кислота. 4. 624 л. 5. 89,3 мл. 6. 161 л. 7. 80,6 г. 8. триолеин. 9. три остатка  $C_{15}H_{29}$ . 10. 886; 1 остаток стеариновой, 2 остатка олеиновой кислоты. 11. 804 г/моль; 2 остатка пальмитиновой, 1 остаток пальмитолеиновой кислот.

## ЗАНЯТИЕ 32. УГЛЕВОДЫ. ИСКУССТВЕННЫЕ ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

### Основной объем учебного материала

Состав и классификация углеводов (моносахариды, дисахариды, полисахариды). Углеводы в природе. Моносахариды. Моносахариды — представители пентоз (рибоза и дезоксирибоза). Состав, строение и биологическая роль. Гексозы: глюкоза и фруктоза. Строение молекул (открытая и циклические формы). Функциональные группы. Нахождение в природе. Физические свойства. Химические свойства моносахаридов: реакции окисления (с гидроксидом меди (II), с бромной водой, реакция «серебряного зеркала») восстановления, образования

сложных эфиров. Брожение глюкозы (спиртовое, масляное, молочнокислое, лимоннокислое). Получение и применение моносахаридов, их биологическая роль.

Мальтоза и сахароза как представители дисахаридов. Состав, строение, молекулярная формула, нахождение в природе. Физические и химические свойства мальтозы и сахарозы. Реакция гидролиза дисахаридов. Промышленное получение сахарозы. Лактоза и целлобиоза: состав, молекулярная формула, нахождение в природе.

Полисахариды как природные биополимеры. Крахмал. Состав и строение макромолекул крахмала (амилоза и амилопектин). Физические свойства. Химические свойства крахмала: гидролиз, реакция со спиртовым раствором йода. Биологическая роль крахмала.

Целлюлоза. Состав, строение макромолекулы целлюлозы. Физические свойства. Химические свойства целлюлозы: гидролиз, образование сложных эфиров.

Применение крахмала, целлюлозы и производных целлюлозы.

Основные направления химической переработки целлюлозы и наиболее важные продукты ее переработки. Искусственные волокна: ацетатное, медноаммиачное, вискозное. Нитропроизводные целлюлозы: пироксилин, коллоксилин, целлулоид.

### Моносахариды

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Общая формула углеводов:

а)  $(C_6H_{12}O_6)_n$ ;      б)  $C_n(H_2O)_m$ ;      в)  $C_xH_yO_z$ ;      г)  $(CH_2O)_n$ .

2. Общей формуле углеводов соответствует состав:

а) рибозы;      в) уксусной кислоты;  
б) дезоксирибозы;      г) метилформиата.

3. Выберите ряд, в котором перечислены только моносахариды:

а) лактоза, галактоза, дезоксирибоза;  
б) фруктоза, целлобиоза, глюкоза;  
в) галактоза, фруктоза, рибоза;  
г) глюкоза, мальтоза, сорбит.

4. По типу функциональных групп углеводы разделяют:

а) на альдозы и кетозы;  
б) моносахариды и дисахариды;  
в) пиранозы и фуранозы;  
г) на пентозы и гексозы.

5. Ряд, в котором углеводы перечислены в порядке уменьшения их молярной массы:

а) сахароза, целлюлоза, фруктоза;  
б) амилоза, целлобиоза, рибоза;  
в) глюкоза, лактоза, галактоза;  
г) целлюлоза, дезоксирибоза, глюкоза.

**6.** Все альдогексозы имеют одинаковую формулу  $C_6H_{12}O_6$ . С точки зрения строения молекулы эти вещества отличаются друг от друга:

- а) числом гидроксильных групп;
- б) взаимным расположением заместителей при асимметрических атомах углерода;
- в) строением углеродного скелета;
- г) расположением альдегидной группы в углеродной цепи.

**7.** Два оптических изомера по отношению друг к другу являются:

- а) эпимерами;
- б) энантиомерами;
- в) диастереомерами;
- г) цис-транс-изомерами.

**8.** Оптическая изомерия углеводов связана с наличием в их молекулах:

- а) карбонильной группы;
- б) нескольких гидроксильных групп;
- в) асимметрических атомов углерода;
- г) хиральных центров.

**9.** Оптической изомерией обладают:

- а) рибоза;
- б) дезоксирибоза;
- в) молочная кислота;
- г) сорбит;
- д) фруктоза;
- е) галактоза.

**10.** Экспериментальные исследования, позволяющие доказать, что молекула глюкозы содержит альдегидную группу — это:

- а) количественный анализ продуктов сгорания глюкозы;
- б) реакция с аммиачным раствором  $Ag_2O$ ;
- в) реакция с  $Cu(OH)_2$  при обычной температуре;
- г) реакция с уксусной кислотой;
- д) реакция с  $Cu(OH)_2$  при нагревании.

**11.** Глюкоза по отношению к фруктозе является:

- а) оптическим изомером;
- б) структурным изомером;
- в) олигосахаридом;
- г) гомологом.

**12.** К глюкозе применим каждый термин рядов:

- а) моносахарид, гексоза, альдоза;
- б) углевод, пентоза, кетоза;
- в) моносахарид, гексоза, восстанавливающий углевод;
- г) углевод, олигосахарид, невосстанавливающий углевод.

**13.** Глюкоза в водном растворе существует в виде:

- а) альдегидспирта;
- б) шестичленного (пиранозного) цикла, содержащего атом кислорода;
- в) пятичленного (фуранозного) цикла, содержащего атом кислорода;
- г) гидратированных ионов.

**14.** При взаимодействии в водном растворе альдегидной группы глюкозы с гидроксилом пятого атома углерода:

- а) формируется циклическая форма глюкозы с шестью атомами в цикле;
- б) формируется циклическая форма глюкозы с пятью атомами в цикле;
- в) происходит образование сложноэфирной связи;
- г) взаимодействие сопровождается отщеплением молекулы воды.

**15.** Образование из ациклической глюкозы шестичленной (пиранозной) циклической формы сопровождается изменением:

- а) типа гибридизации одного из атомов углерода;
- б) степени окисления одного из атомов углерода;
- в) числа асимметрических атомов углерода;
- г) общего числа гидроксильных групп;
- д) числа атомов водорода.

**16.** Выберите верные утверждения. При переходе молекулы глюкозы из ациклической формы в циклическую:

- а) общее число гидроксильных групп в молекуле не изменяется;
- б) изменяется число асимметрических атомов углерода;
- в) образуется только шестичленный цикл;
- г) формируется гидроксильная группа, отсутствовавшая в ациклической форме глюкозы.

**17.** Выберите верные утверждения.  $\alpha$ - и  $\beta$ -таутомерные циклические формы глюкозы различаются:

- а) числом атомов углерода в цикле;
- б) положением гидроксильной группы у первого атома углерода относительно плоскости цикла и гидроксила у второго атома углерода;
- в) наличием у  $\beta$ -формы карбонильной группы;
- г) положением гидроксильной группы у второго атома углерода относительно плоскости цикла и гидроксила у шестого атома углерода;
- д) количественным содержанием в водном растворе глюкозы.

**18.** Рибоза в отличие от дезоксирибозы:

- а) является гомологом глюкозы;
- б) содержит три асимметрических атома углерода;
- в) является альдегидоспиртом;
- г) содержит четыре гидроксильные группы;
- д) образует сложные эфиры с фосфорной кислотой;
- е) имеет меньшую молярную массу.

**19.** Галактоза, так же как и глюкоза:

- а) гексоза;
- б) альдоза;
- в) может существовать в  $\alpha$ - и  $\beta$ -формах;
- г) содержит пять асимметрических атомов углерода в пиранозной циклической форме молекулы;
- д) участвует в образовании лактозы;
- е) имеет молярную массу 180 г/моль.

**20.** Выберите правильные утверждения. Фруктоза:

- а) аллотропная модификация глюкозы;
- б) изомер глюкозы;
- в) гомолог глюкозы;
- г) энантиомер глюкозы.

**21.** Фруктоза в отличие от глюкозы:

- а) альдоза;
- б) кетоза;
- в) входит в состав сахарозы;
- д) существует преимущественно в виде фуранозного цикла;
- е) обладает более сладким вкусом.

**22.** Изомеризация фруктозы в глюкозу:

- а) не происходит ни при каких условиях;
- б) сопровождается процессом кислотного гидролиза сахарозы;
- в) возможна при pH раствора больше 10;
- г) происходит в условиях проведения реакции с эффектом «серебряного зеркала».

**23.** Сорбит может являться продуктом реакции:

- а) изомеризации галактозы;
- б) восстановления глюкозы;
- в) окисления глюкозы;
- г) восстановления фруктозы.

**24.** Основной продукт окисления глюкозы бромной водой:

- а) углекислый газ;
- б) сорбит;
- в) глюконовая кислота;
- г) глюкаровая кислоты;
- д) молочная кислота.

**25.** Общая формула глюконовой кислоты и сорбита соответственно:

- а)  $C_6H_{10}O_6$ ,  $C_6H_{12}O_5$ ;
- б)  $C_6H_{12}O_7$ ,  $C_6H_{14}O_6$ ;
- в)  $C_6H_{10}O_5$ ,  $C_6H_{14}O_7$ ;
- г)  $C_6H_8O_4$ ,  $C_6H_{16}O_6$ .

**26.** Наличие пяти гидроксильных групп в молекуле глюкозы доказывают с использованием реагента:

- а)  $Cu(OH)_2$ ;
- б)  $Ag_2O(NH_3/H_2O, t^0)$ ;
- в)  $H_2SO_{4(конц.)}$ ;
- г)  $CH_3COOH$ .

**27.** Появление ярко-синей окраски при взаимодействии глюкозы со свежеприготовленным  $Cu(OH)_2$  свидетельствует:

- а) о протекании реакции нейтрализации;
- б) образовании комплексной соли меди;
- в) наличии нескольких гидроксильных групп в молекуле глюкозы;
- г) о наличии альдегидной группы в составе молекулы глюкозы.

**28.** Ярко-синюю окраску при взаимодействии с  $Cu(OH)_2$  приобретают водные растворы:

- а) галактозы;
- б) рибозы;
- в) дезоксирибозы;
- г) фруктозы;
- д) сорбита.

**29.** Выберите уравнения, описывающие процессы брожения глюкозы:

- а)  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$ ;
- б)  $C_6H_{12}O_6 = CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$ ;
- в)  $2 C_6H_{12}O_6 = C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ ;
- г)  $C_6H_{12}O_6 + [O] = C_6H_{12}O_7$ ;
- д)  $C_6H_{12}O_6 = 2CH_3CH(OH)COOH$ .

**30.** При взаимодействии 1 моль рибозы с 1 моль фосфорной кислоты происходит:

- а) образование сложного эфира;                      в) окисление рибозы;  
б) восстановление рибозы;                              г) реакция этерификации.

**31.** При полной этерификации дезоксирибозы уксусной кислотой образуется вещество с общей формулой:

- а)  $C_8H_{14}O_6$ ;      б)  $C_{11}H_{22}O_{10}$ ;      в)  $C_{11}H_{16}O_7$ ;      г)  $C_7H_{16}O_7$ .

**32.** Основным продуктом взаимодействия фруктозы с  $NaAlH_4$ :

- а) содержит карбоксильную группу;  
б) вступает в реакцию с эффектом «серебряного зеркала»;  
в) реагирует со свежеприготовленным  $Cu(OH)_2$ ;  
г) является гомологом глицерина.

**33.** Молочнокислое брожение глюкозы:

- а) сопровождается выделением углекислого газа;  
б) является ферментативным процессом;  
в) используется в пищевой промышленности;  
г) сопровождается образованием оксибутановой кислоты;  
д) суммарное химическое количество продуктов брожения вдвое превышает количество исходной глюкозы (при 100 % выходе реакции).

**34.** Спиртовое брожение глюкозы:

- а) используется как источник промышленного получения углекислого газа;  
б) является экзотермическим процессом и используется микроорганизмами как источник энергии;  
в) происходит только в присутствии соответствующих ферментов;  
г) сопровождается образованием продуктов в количественном соотношении 2 : 1.

**35.** Укажите ряды, в которых каждое вещество при гидролизе образует только один моносахарид:

- а) клетчатка, гликоген, лактоза;  
б) амилопектин, мальтоза, гликоген;  
в) гликоген, целлобиоза, амилоза;  
г) крахмал, мальтоза, сахароза.

**36.** Определите промежуточное вещество X в следующей схеме превращений:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow X \rightarrow CH_3COOH$ :

- а)  $CO_2$ ;      б)  $CH_3CHO$ ;      в)  $C_2H_5OH$ ;      г)  $CH_3CH(OH)COOH$ .

**37.** Определите промежуточное вещество X в следующей схеме превращений:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow X \rightarrow CH_3COOH$ :

- а)  $CO_2$ ;      б)  $CH_3CH_2CH_2COOH$ ;      в)  $C_2H_5OH$ ;      г)  $CH_3CH(OH)COOH$ .

**38.** Промышленное получение глюкозы осуществляют с использованием процессов, которые описываются уравнениями;

- а)  $6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ ;  
б)  $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O = n C_6H_{12}O_6$ ;  
в)  $6HCHO \xrightarrow{Ca(OH)_2} C_6H_{12}O_6$ ;  
г)  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ .

**39.** Глюкозу используют:

- а) как компонент кровезаменяющих противошоковых жидкостей;
- б) в пищевой промышленности;
- в) для получения витамина С;
- г) как сырье для получения каучука;
- д) для получения органического стекла.

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Метан → метаналь → глюкоза → этанол → уксусная кислота → метан.
2. Метан → винилацетилен → бутадиен-1,3 → метан → метаналь → глюкоза → этанол → этановая кислота → метан → хлористый метилен.
3. Метилацетат → метанол → глюкоза → этанол → изопропилацетат → углекислый газ → метанол → метаноат калия →  $\text{CO}_2$ .
4. Гептан → толуол → углекислый газ → метан → ацетальдегид → этан → глюкоза → этанол → метилацетат → метилат натрия.
5. Ацетат натрия → метан → хлористый метил → метаналь → глюкоза → углекислый газ → глюкоза → молочная кислота → этиловый эфир молочной кислоты.

**Решите задачи:**

1. Найдите массу глюконовой кислоты, образовавшейся при обработке глюкозы массой 160 г бромной водой, если известно, что выход кислоты в реакции оказался равен 85 %.
2. Какая масса молочной кислоты образуется при брожении 300 г глюкозы, содержащей 5 % примесей?
3. Какую массу шестиатомного спирта сорбита можно получить при восстановлении 1 кг глюкозы, при выходе реакции — 80 %?
4. 18 г глюкозы подвергли спиртовому брожению, после чего выделившийся углекислый газ поглотили известковой водой, содержащей 7,4 г гидроксида кальция. Останется ли раствор прозрачным?
5. Какая масса глюкозы требуется для получения 11,2 дм<sup>3</sup> этена, полученного в результате двух последовательных процессов (спиртового брожения и дегидратации образовавшегося спирта), если выход этилена составляет 50 % от теоретически возможного?
6. В результате ферментативного брожения 30 г глюкозы образовалось вещество А, при взаимодействии которого с карбонатом натрия выделилось 3,36 дм<sup>3</sup> газа. Определите строение соединения А и его выход (в % от теоретического).
7. Спиртовое брожение сиропа, содержащего 300 г глюкозы в 1 дм<sup>3</sup> раствора, прекращается, когда объемная доля спирта в растворе достигает 16 %. Вычислите количество образовавшегося спирта и количество непрореагировавшей глюкозы в 1 дм<sup>3</sup> сиропа. Изменением объема смеси при брожении пренебречь. Плотность этанола составляет 0,79 г/см<sup>3</sup>.

**Ответы:** 1. 148 г. 2. 285 г. 3. 808,89 г. 5. 90 г. 6. 90 %; молочная кислота. 7. 2,75 моль спирта; осталось 0,3 моль глюкозы.

## Дисахариды

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

- Выберите ряды, в которых приведены названия только дисахаридов:
  - лактоза, мальтоза, амилоза;
  - целлобиоза, мальтоза, сахароза;
  - лактоза, галактоза, сорбит;
  - мальтоза, лактоза, целлобиоза.
- Реакция образования дисахаридов из соответствующих моносахаридов является реакцией:
  - поликонденсации;
  - межмолекулярной дегидратации;
  - этерификации;
  - присоединения.
- Только один моносахарид образуется при гидролизе:
  - мальтозы;
  - целлобиозы;
  - сахарозы;
  - лактозы.
- Общее число гидроксильных групп в молекуле сахарозы равно:
  - 5;
  - 10;
  - 8;
  - 9.
- Среди перечисленных: мальтоза, лактоза, амилопектин, сахароза, амилоза, целлобиоза, дезоксирибоза, галактоза — общее число веществ, отвечающих одной и той же формуле, равно:
  - 3;
  - 4;
  - 5;
  - 6.
- Полуацетальный (гликозидный) гидроксил есть в составе:
  - мальтозы;
  - целлобиозы;
  - сахарозы;
  - лактозы.
- Восстанавливающими называют дисахариды, которые вступают в реакции:
  - окисления кислородом;
  - с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  при нагревании;
  - этерификации;
  - гидролиза;
  - с аммиачным раствором оксида серебра (I) при нагревании.
- Мальтоза — восстанавливающий дисахарид, так как:
  - при гидролизе ее образуется только глюкоза;
  - в ее молекуле содержится несколько гидроксильных групп;
  - может вступать в реакцию с эффектом «серебряного зеркала»;
  - один из остатков глюкозы содержит полуацетальный гидроксил.
- Сахароза, в отличие от глюкозы, не обладает восстановительными свойствами. Причина этого:
  - в том, что сахароза — дисахарид;
  - в отсутствии у сахарозы альдегидной группы;
  - в наличии у сахарозы гидроксильных групп;
  - в том, что глюкоза является многоатомным спиртом.
- Даны вещества: рибоза, лактоза, фруктоза, мальтоза, амилоза, целлобиоза, сахароза, сорбит. Общее число восстанавливающих дисахаридов среди них равно:
  - 2;
  - 3;
  - 4;
  - 5.
- В отличие от рибозы, сахароза не реагирует:
  - с уксусной кислотой;
  - свежеприготовленным  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  при обычных условиях;

в) аммиачным раствором оксида серебра (I) с эффектом «серебряного зеркала»;

г) с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  при нагревании с образованием красного осадка.

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Глюкоза → мальтоза → глюкоза → этанол → бромэтан → этаналь → этаноат натрия → этановая кислота → 2-хлорэтановая кислота.

2. Сахароза → глюкоза → этанол → этен → уксусная кислота → бензил-ацетат → ацетат натрия → уксусная кислота → хлоруксусная кислота → натриевая соль хлоруксусной кислоты.

3. Сахароза → фруктоза → углекислый газ → глюкоза → этанол → бутан → уксусная кислота → метан → глюкоза → глюконовая кислота.

4. Ацетат натрия → метан → хлористый метил → метаналь → глюкоза → углекислый газ → глюкоза → молочная кислота → этиловый эфир молочной кислоты.

5. Гептан → толуол → углекислый газ → метан → ацетальдегид → этан → глюкоза → этанол → метилацетат → метилат натрия.

**Решите задачи:**

1. При гидролизе сахарозы получилось 270 г смеси глюкозы и фруктозы. Какая масса сахарозы подверглась гидролизу?

2. Сколько граммов глюкозы и фруктозы получится при гидролизе сахарозы, если на этот процесс расходуется 252 г воды?

3. Масса глюкозы, образовавшейся при гидролизе мальтозы, оказалась на 27,0 г больше массы дисахарида. Молочная кислота, образовавшаяся при брожении глюкозы, была обработана избытком натрия, в результате чего выделилось  $89,6 \text{ дм}^3$  (н. у.) газа. Вычислите выход реакции брожения (остальные реакции протекают с выходом 100 %).

4. Масса продуктов гидролиза смеси сахарозы и глюкозы на 0,36 г больше массы исходных веществ. При сгорании такой же массы этой смеси выделилось 197,3 кДж теплоты, а образовавшийся газ был пропущен через  $400 \text{ см}^3$  раствора  $\text{NaOH}$  с концентрацией  $1,75 \text{ моль/дм}^3$ . В образовавшемся растворе массовые доли карбоната натрия и гидрокарбоната натрия составили 6,65 и 2,63 % соответственно. Вычислите, какое количество теплоты выделяется при сгорании 1 моль глюкозы, если известно, что при сгорании сахарозы выделяется 5640 кДж.

**Ответы:** 1. 256,5 г. 2. по 2520 г. 3. 66,7 %. 4. 2820 кДж/моль.

## Полисахариды

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Выберите полимеры с одинаковой общей формулой структурного звена:

- |               |                |              |
|---------------|----------------|--------------|
| а) крахмал;   | г) пироксилин; | ж) гликоген; |
| б) хитин;     | д) декстрин;   | з) вискоза.  |
| в) целлюлоза; | е) лигнин;     |              |

2. Укажите соединения, структура которых в основном поддерживается практически только 1,4-гликозидными связями:

- а) сахароза; б) мальтоза; в) клетчатка; г) амилопектин.

3. Гликозидные связи в молекулах олиго- и полисахаридов образуются в ходе реакции:

- а) поликонденсации;  
б) полимеризации;  
в) межмолекулярной дегидратации;  
г) этерификации.

4. При образовании тетроза количеством 0,25 моль из моносахарида выделяется вода массой (г):

- а) 0,75; б) 13,5; в) 4,5; г) 9.

5. Крахмал — это:

- а) природное высокомолекулярное соединение;  
б) натуральное волокно;  
в) форма депонирования глюкозы в животных организмах;  
г) форма депонирования глюкозы в растительных организмах.

6. Молекулы крахмала с линейной структурой — это:

- а) декстрины; б) мальтоза; в) амилоза; г) амилопектин.

7. Макромолекула крахмала состоит из остатков:

- а)  $\alpha$ -фруктозы; в)  $\alpha$ -глюкозы;  
б)  $\beta$ -глюкозы; г)  $\beta$ -фруктозы.

8. Число гидроксильных групп в структурном звене амилозы равно:

- а) 5; б) 4; в) 3; г) 2.

9. Крахмал не обладает восстанавливающей способностью, так как:

- а) имеет линейную структуру;  
б) имеет большую молекулярную массу;  
в) не содержит активных гидроксогрупп, способных преобразовываться в альдегидные;  
г) не растворяется в воде.

10. Качественной реакцией на крахмал является:

- а) реакция с эффектом «серебряного зеркала»;  
б) реакция с эффектом «медного зеркала»;  
в) действие раствора йода, появление синего окрашивания;  
г) действие раствора йода, появление красного окрашивания.

11. Продукт частичного гидролиза крахмала — это:

- а) глюкоза; б) декстрины; в) солод; г) карамель.

12. Крахмал используют для получения:

- а) пищевого спирта; в) искусственных волокон;  
б) присыпок, паст, таблеток; г) кондитерских изделий.

13. В отличие от крахмала, гликоген:

- а) состоит из остатков  $\beta$ -глюкозы;  
б) является резервом глюкозы в животных организмах;  
в) имеет большую степень разветвленности молекул и молекулярную массу;  
г) не используется для промышленного получения глюкозы.

**14.** Высокая механическая прочность волокон целлюлозы обуславливается:  
а) линейной структурой молекул;  
б) плотной упаковкой молекул за счет поворота каждого второго кольца на 180°;

- в) межмолекулярными водородными связями между цепями макромолекул;  
г) ориентацией молекул вдоль оси волокна в одном направлении;  
д) разветвленной структурой молекул.

**15.** Целлюлоза, в отличие от крахмала:

- а) построена из остатков циклической глюкозы;  
б) образована остатками  $\beta$ -глюкозы;  
в) имеет три гидроксила в структурном звене;  
г) имеет в структуре только 1,4-гликозидные связи;  
д) не является резервом глюкозы для растительных организмов.

**16.** Средняя молекулярная масса макромолекул целлюлозы хлопкового волокна равна 753 508. Число элементарных звеньев, содержащихся в макромолекуле целлюлозы, равно:

- а) 9781;      б) 8956;      в) 6383;      г) 4651.

**17.** Характерными свойствами целлюлозы являются:

- а) твердое вещество белого цвета;  
б) растворима в органических растворителях;  
в) имеет линейную структуру;  
г) при полном гидролизе образует глюкозу;  
д) с кислотами вступает в реакцию этерификации;  
е) легко получается из нефти;  
ж) служит сырьем для получения декстринов.

**18.** Общее число правильных утверждений равно:

- а) 3;      б) 4;      в) 5;      г) 6.

**19.** Укажите формулы веществ, которые реагируют с целлюлозой:

- а)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ;      в) аммиачный раствор  $\text{Ag}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{HNO}_3$ ;      г)  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ .

**20.** При нагревании древесины без доступа воздуха образуются:

- а) древесный уголь;      г) этанол;      ж) вискоза.  
б) кокс;      д) ацетон;  
в) метанол;      е) глюкоза;

**21.** Только из остатков молекул глюкозы построены:

- а) клетчатка;      в) сахароза;      д) мальтоза;  
б) крахмал;      г) гликоген;      е) лактоза.

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

**1.** Целлюлоза  $\rightarrow$  глюкоза  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  бутадиев  $\rightarrow$  синтетический каучук.

**2.** Целлюлоза  $\rightarrow$  глюкоза  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  уксусная кислота  $\rightarrow$  бромуксусная кислота.

**3.** Глюкоза  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  этилбензол  $\rightarrow$  стирол.

**4.** Целлюлоза  $\rightarrow$  глюкоза  $\rightarrow$  пентаацетат глюкозы.



в) из продуктов гидролиза целлюлозы;

г) при сбраживании глюкозы.

7. Общая формула структурного звена тринитроцеллюлозы:

а)  $C_6H_7O_9N_3$ ; б)  $C_6H_7O_{11}N_3$ ; в)  $C_6H_{10}O_9N_3$ ; г)  $C_6H_5O_{11}N_3$ .

8. В продукте нитрования целлюлозы, имеющем в своем составе 11,1 % азота как элемента, содержится нитрогрупп:

а) одна; б) две; в) три; г) пять.

9. Продукты нитрования целлюлозы являются:

а) нитросоединениями; в) простыми эфирами;

б) сложными эфирами; г) солями.

10. К искусственным волокнам относят:

а) ацетатный шелк; д) вискозу;

б) медноаммиачное волокно; е) коллодий.

г) лавсан;

**Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:**

1. Целлюлоза → глюкоза → этанол → бутадиен-1,3 → пропен → пропанол-2 → пропен → пропанол-1 → пропен → пропандиол-1,2.

2. Глюкоза → крахмал → глюкоза → этанол → углекислый газ → глюкоза → масляная кислота.

3. Крахмал → глюкоза → бутадиен-1,3 → бутен-1 → 2-бромбутан → изопрен → изопреновый каучук.

4. Крахмал → глюкоза → этанол → ацетилен → хлоропрен → хлоропреновый каучук.

5. Карбонат кальция → ацетилен → углекислый газ → глюкоза → целлюлоза → триацетатцеллюлоза.

**Решите задачи:**

1. Приведите уравнения реакций и вычислите, какое количество искусственного каучука можно получить из 1000 кг древесины, содержащей 50 % чистой целлюлозы.

2. Рассчитайте, сколько кг древесных опилок нужно взять, чтобы в результате ряда последовательных превращений получить 896 дм<sup>3</sup> этилена. Известно, что в древесных опилках содержится 50 % чистой целлюлозы. Приведите уравнения всех протекающих реакций.

3. Какую массу триацетата целлюлозы можно получить из древесины массой 162 г с массовой долей целлюлозы 0,5 (выход продукта — 0,8)?

4. Какая масса пироксилина полностью сгорела, если в результате реакции образовалось 140 дм<sup>3</sup> (105 °С, 99 кПа) газообразных продуктов?

**Ответы:** 1. 166,45 кг бутадиена-1,3. 2. 6,48 кг. 3. 115 г. 4. 119 г.

## ЗАНЯТИЕ 33. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### Основной объем учебного материала

Строение, классификация, функциональная группа аминов. Представление о гомологии аминов. Структурная изомерия. Систематическая номенклатура аминов. Амины как органические основания, взаимодействие с кислотами. Метиламин: строение, физические и химические свойства. Анилин: состав, строение, молекулярная и структурная формулы, физические и химические свойства, получение. Применение аминов.

Состав и строение природных аминокислот. Общая формула  $\alpha$ -аминокислот. Стереосомерия  $\alpha$ -аминокислот. Кислотно-основные свойства аминокислот. Физические и химические свойства аминокислот. Пептидная связь. Получение и применение аминокислот. Понятие о полиамидных волокнах: капрон. Представление о гетероциклических соединениях.

Понятие о строении белковых молекул. Альфа-аминокислоты как структурные единицы белков. Свойства и биологическая роль белков.

### Амины

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Укажите формулы аминов:

- а)  $C_6H_5NO_2$ ;                      г)  $(CH_3)_3N$ ;                      ж)  $C_2H_5ONO_2$ ;  
б)  $C_6H_5NH_2$ ;                      д)  $(C_6H_5)_2NH$ ;                      з)  $CH_3 - NH - C_2H_5$ .  
в)  $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$ ;                      е)  $CH_3 - NO_2$ ;

2. Состав аминов, являющихся производными алканов, можно выразить общей формулой:

- а)  $C_nH_{2n+1}NO_2$ ;      б)  $C_nH_{2n+3}N$ ;      в)  $C_nH_{2n}NH_2$ ;      г)  $C_nH_{2n-1}N$ .

3. Общая формула третичных насыщенных ациклических аминов:

- а)  $C_nH_{3n}N$ ;      б)  $C_nH_{3n+3}N$ ;      в)  $C_nH_{3n+2}N$ ;      г)  $C_nH_{2n+3}N$ .

4. К первичным аминам относятся:

- а) анилин;                      в) третбутиламин;  
б) дифениламин;                      г) изопропиламин.

5. Третичными аминами являются:

- а) диметилэтиламин;                      в) анилин;  
б) трифениламин;                      г) изопропиламин.

6. Ароматическими аминами являются:

- а) дифениламин;      б) анилин;      в) глицин;      г) N,N-диметилэтанамиин.

7. Число  $\sigma$ -связей в молекуле метиламина равно:

- а) 6;      б) 5;      в) 7;      г) 4.

8. Изомерами пропанамина-2 являются:

- а) этиламин;                      в) пропанамиин-1;  
б) N-метил-этиламин;                      г) триметиламин.



**21.** Метиламин в реакции с хлороводородом проявляет себя в качестве:

- а) донора электронов;
- б) донора протонов;
- в) акцептора электронов;
- г) основания;
- д) восстановителя.

**22.** Хлороводород, реагируя с диэтиламином, проявляет себя в качестве:

- а) донора электронов;
- б) донора протонов;
- в) акцептора электронов;
- г) кислоты;
- д) окислителя.

**23.** При взаимодействии 1 моль этиламина с 1 моль разбавленной серной кислоты получается:

- а) сульфат диэтиламммония;
- б) сульфат этиламммония;
- в) средняя соль;
- г) гидросульфат этиламммония;
- д) основная соль;
- е) кислая соль.

**24.** Основные свойства 2-бутанамина проявляет, реагируя:

- а) с уксусной кислотой;
- б) водой;
- в) кислородом;
- г) йодоводородом.

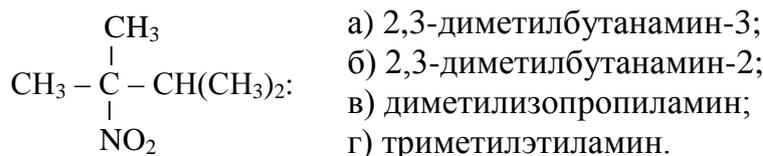
**25.** В реакции хлорангирида уксусной кислоты и этиламина при нагревании образуется:

- а)  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ;
- б)  $\text{CH}_3\text{COONHCH}_2\text{CH}_3$ ;
- в)  $\text{CH}_3\text{CONHCH}_2\text{CH}_3$ ;
- г)  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$ .

**26.** Реагент, при помощи которого можно осуществить переход от нитроэтана к этанамину — это:

- а) кислород;
- б) бромная вода;
- в) водород;
- г) хлороводород.

**27.** Укажите название по систематической номенклатуре амина, который получается при восстановлении следующего нитросоединения:



**28.** Амин можно получить при взаимодействии:

- а) аммиака с хлороводородом;
- б) аммиака с этанолом;
- в) бромида диметилэтиламммония с водным раствором щелочи;
- г) нитроэтана с водородом.

**29.** Третичный амин образуется в результате реакции (в присутствии  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , при нагревании):

- а)  $\text{NH}_3 + \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3 \rightarrow$
- б)  $\text{NH}_3 + \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_3) - \text{CH}_3 \rightarrow$
- в)  $\text{NH}_3 + 3\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \rightarrow$
- г)  $\text{NH}_2 - \text{CH}_3 + 2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow$

**30.** Укажите правильные утверждения. Амины используют:

- а) для синтеза взрывчатых веществ;
- б) в производстве красителей;
- в) при производстве лекарств;
- г) в производстве ракетного топлива;
- е) в производстве пластмасс.

### Анилин

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

**1.** Охарактеризуйте свойства и строение анилина:

а) в бензольном кольце его молекулы электронная плотность сопряженной связи распределяется неравномерно;

б) уменьшение основных свойств  $\text{NH}_2$ -группы в его молекуле объясняется взаимодействием неподеленной электронной пары атома азота с сопряженной  $\pi$ -электронной системой бензольного кольца

в) электронная плотность повышена в положениях 2,4,6 бензольного ядра;

г) электронная плотность повышена в положениях 3,5 бензольного ядра;

д) плохо растворим в воде при комнатной температуре;

е) анилин гораздо лучше аммиака растворяется в  $\text{H}_2\text{O}$ ;

ж) водный раствор окрашивает лакмус в синий цвет.

**2.** Влиянием аминогруппы на бензольное кольцо в молекуле анилина объясняют:

а) неравномерное распределение электронной плотности между атомами углерода в цикле;

б) более слабые по сравнению с аммиаком основные свойства;

в) способность вступать в реакции электрофильного замещения при более мягких условиях, чем бензол;

г) токсичное воздействие на организм человека.

**3.** Влияние аминогруппы на бензольное кольцо в анилине можно доказать с помощью следующей реакции:

а)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow$

в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow$

б)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{раствор}) \rightarrow$

г)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 3\text{Br}_2 \rightarrow$

**4.** Влиянием фенильного радикала на аминогруппу в молекуле анилина объясняют:

а) способность обесцвечивать бромную воду при обычных условиях и в отсутствии катализатора в отличие от бензола;

б) неравномерность распределения электронной плотности в ароматическом кольце;

в) неспособность водных растворов анилина изменять окраску лакмуса;

г) уменьшение основных свойств его аминогруппы по сравнению с аминогруппой первичных насыщенных аминов.

**5.** Выберите правильные утверждения. Реакция взаимодействия бромной воды с анилином:

а) является качественной реакцией на анилин;

б) приводит к образованию белого осадка;

в) сопровождается замещением на бром атомов водорода в положениях 3,5 бензольного ядра;

г) сопровождается замещением на бром атомов водорода в аминогруппе;

д) приводит к образованию в качестве основного продукта 2,4,6-триброманилина.

**6.** Анилин образует соль при взаимодействии:

а) с водой;

б) бромоводородом;

в) разбавленным раствором серной кислоты;

г) с кислородом.

**7.** Анилин проявляет свойства органического основания при взаимодействии с веществами, формулы которых:

а)  $O_2$ ; б)  $HNO_3$ (конц.); в)  $HBr$ ; г)  $Br_2$ ; д)  $H_2SO_4$ (разб.).

**8.** Укажите вещество(-а), реагируя с которым(-и) анилин является восстановителем:

а)  $HCl$ ; б)  $O_2$ ; в)  $H_2O$ ; г)  $Br_2$ ; д)  $H_2$ ; е)  $NaOH$ .

**9.** В отличие от бензола анилин:

а) проявляет слабые основные свойства;

б) не является гомологом толуола;

в) реагирует с соляной кислотой;

г) реагирует с кислородом.

**10.** Анилин и бензол можно различить с помощью:

а) натрий гидроксида;

в) бромной воды;

б) медь(II)-гидроксида;

г) аммиака.

**11.** Укажите правильные утверждения. Как анилин, так и диметиламин:

а) неограниченно растворяются в  $H_2O$ ;

б) при обычных условиях находятся в жидком агрегатном состоянии;

в) в водных растворах окрашивают лакмус в синий цвет;

г) вступают в реакцию соединения с сильными неорганическими кислотами.

**12.** Анилин образуется в результате взаимодействий, схемы которых:

а)  $C_6H_5NO_2 + Fe/HCl \rightarrow$  в)  $C_6H_5NO_2 + H_2 \xrightarrow{t^0, P, kat}$

б)  $C_6H_5NO_2 + NH_3 \rightarrow$  г)  $C_6H_5NO_2 + HBr \rightarrow$

**13.** Анилин можно получить в результате взаимодействия:

а) хлорида фениламмония с натрий гидроксидом;

б) хлорида фениламмония с диметиламином;

в) фенола с азотной кислотой;

г) хлорбензола с аммиаком (в присутствии катализатора, при нагревании).

**14.** N-метилфениламин может реагировать:

а) с хлороводородом;

г) калий сульфатом;

б) кислородом;

д) натрий гидроксидом;

в) нитрующей смесью ( $HNO_3/H_2SO_4$ ); е) водородом.

**15.** Основным продуктом взаимодействия 4-бутиланилина с бромной водой является:

а) 2,4,6-триброманилин;

в) 3-бром-4-бутиланилин;

б) 2,6-дибром-4-бутиланилин;

г) 2,5-дибром-4-бутиланилин.

16. Анилин используют:

- а) в качестве пищевой добавки;
- б) в качестве антифриза;
- в) для синтеза взрывчатых веществ;
- г) в производстве красителей;
- д) в производстве лекарственных средств.

*Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:*

1.  $\text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{NH}_2\text{Cl} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{NH}$ .
2.  $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{NO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_3\text{HSO}_4 \rightarrow (\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2$ .
3.  $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ .
4.  $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{CONHC}_2\text{H}_5$ .
5.  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_3\text{I} \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{NH} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{N} \rightarrow \text{CO}_2$ .
6.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow (\text{CH}_3 - \text{CH}_2)_2\text{NH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}_2\text{Cl} \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} \rightarrow \text{N}_2$ .
7.  $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}$ .
8.  $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ .
9.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow \text{N}_2$ .
10.  $\text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{HSO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ .

*Решите задачи:*

#### АМИНЫ

1. В результате полного окисления 0,9 г органического азотсодержащего соединения образовалось 1,76 г оксида углерода (IV), 1,26 г воды и 0,224 дм<sup>3</sup> (н. у.) азота. Определите возможные формулы неизвестного вещества, плотность паров которого по воздуху 1,552.

2. При сгорании метиламина образовалось 0,7125 моль газообразных продуктов реакции. Определите массу сгоревшего амина.

3. Массовая доля атомов хлора в составе соли, образованной первичным амином и хлороводородом, равна 0,4356. Определите формулу амина.

4. Какой объем хлороводорода (н. у.) может прореагировать с 20 г смеси, состоящей из диметиламина и этиламина?

5. Смесь метиламина и диметиламина массой 25,6 г прореагировала с 66,6 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты (плотность 1,26 г/см<sup>3</sup>) с массовой долей кислоты 35 %. Определите количественный состав смеси аминов.

6. При пропускании смеси метиламина и бутана через склянку с соляной кислотой масса последней увеличилась на 7,75 г. Массовая доля бутана в исходной смеси составляла 25 %. Определите объем исходной газовой смеси (н. у.).

7. Смесь насыщенных амина и одноатомного спирта в количественном соотношении 2 : 1 сожгли. Объемная доля азота в газовой смеси после реакции 10 %. Установите молекулярные формулы, если число атомов углерода в молекулах спирта и амина одинаково.

8. Низкие алкиламины (от C<sub>1</sub> до C<sub>4</sub>) в промышленности получают в реакции аммиака с одноатомными спиртами. Определите, какой объем (н. у.) займет этиламин, полученный при взаимодействии 215,62 кг раствора этанола с массо-

вой долей спирта 96 % с аммиаком объемом 150 см<sup>3</sup> (н. у.), если объемная доля выхода амина составляет 90 % от теоретического.

**9.** Смесь предельного диамина и алкина, содержащих в молекулах одинаковое число атомов водорода, имеет в парах плотность по воздуху, равную 2,138. Какую массу 3%-ной бромной воды может обесцветить такая смесь массой 5 г?

**10.** К 35 дм<sup>3</sup> смеси, состоящей из углекислого газа и метиламина, добавили 25 дм<sup>3</sup> бромоводорода, после чего плотность газовой смеси по воздуху стала равна 1,942. Вычислите объемные доли (%) газов в исходной смеси.

**Ответы:** 1. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH. 2. 14,725 г. 3. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>. 4. 9,95 л. 5. 0,1 моль; 0,5 моль. 6. 6,6 л. 7. C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O, C<sub>3</sub>H<sub>9</sub>N. 8. 90,72 м<sup>3</sup>. 9. 215 г. 10. 57,1 % CO<sub>2</sub>; 42,9 % CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>.

### Анилин

**1.** Через безводную смесь анилина, фенола и бензола массой 120 г пропустили хлороводород. Образовавшийся при этом осадок массой 62,16 г отфильтровали. Фильтрат, обработанный раствором едкого натра, разделился на два слоя. Объем верхнего слоя 42,5 см<sup>3</sup> (плотность 0,58 г/см<sup>3</sup>). Определите массовую долю анилина и бензола в первоначальной смеси.

**2.** При взаимодействии смеси анилина, фенола и бензола с бромом образовалось 39,68 г осадка. При обработке смеси такой же массы раствором гидроксида калия образовалось 10,56 г соли, а при восстановлении такой же массы смеси водородом получено 42 г циклогексана. Определите количественные отношения веществ в первоначальной смеси и массу смеси.

**3.** При взаимодействии чугунных стружек с 400 см<sup>3</sup> раствора соляной кислоты, концентрация которой равна 0,25 моль/л, получен водород, который затратили на восстановление нитробензола. Определите массу полученного анилина.

**4.** Смесь фенола, анилина и диэтилового эфира полностью прореагировала с 70 мл 0,3 М раствора гидроксида натрия. Органический слой отделили и пропустили через него избыток хлороводорода, при этом выпало 3,89 г осадка, а масса органического слоя оказалась равной 38,9 г. При добавлении к органическому слою водного раствора нитрата серебра выпало 2,87 г белого осадка. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

**5.** При обработке смеси хлорида фениламония и бензойной кислоты избытком водного раствора гидрокарбоната натрия выделился газ объемом 1,12 дм<sup>3</sup> (н. у.). Анилин, выделенный из такого же количества смеси, при сжигании в избытке кислорода образует 224 см<sup>3</sup> газа (н. у.), не вступающего во взаимодействие с известковой водой. Определите массовые доли веществ исходной смеси.

**Ответы:** 1. 57,74 %. 2. 1 : 2 : 12,5; 50,24 г; 24,3 см<sup>3</sup>. 3. 1,55 г. 4. 4,59 %; 6,5 %; 88,91 %. 5. 41,4 % C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>3</sub>Cl; 58,6 % C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH.

### Аминокислоты

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Формула  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  соответствует:
- $\alpha$ -аминовалериановой кислоте;
  - $\beta$ -аминовалериановой кислоте;
  - $\gamma$ -аминовалериановой кислоте;
  - $\delta$ -аминовалериановой кислоте.
2. Тривиальное название  $\alpha$ -аминоизовалериановой кислоты:
- валин;
  - лизин;
  - цистеин;
  - серин.
3. При взаимодействии 2-хлорпропановой кислоты с аммиаком образуется:
- глицин;
  - аланин;
  - валин;
  - лизин.
4. Соединение, формула которого  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$ , по систематической номенклатуре имеет название:
- лейцин;
  - 2-амино-3-метилбутановая кислота;
  - $\alpha$ -амино- $\beta$ -метилмасляная кислота;
  - валин;
  - $\alpha$ -аминоизовалериановая кислота.
5. Аланин и 2-аминопропановая кислота являются:
- структурными изомерами;
  - гомологами;
  - одним и тем же веществом;
  - представителями двух различных гомологических рядов.
6. Укажите правильные утверждения. Соединение, формула которого  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$ :
- проявляет амфотерные свойства;
  - входит в состав белков;
  - является изомером 1-нитробутана;
  - имеет центр оптической симметрии.
7. В виде различных оптических изомеров могут существовать:
- глицин;
  - лизин;
  - аланин;
  - фенилаланин;
  - глутаминовая кислота;
  - цистеин.
8. Изомерами аланина являются:
- метилглицинат;
  - $\beta$ -аминопропионовая кислота;
  - 1-нитропропан;
  - $\gamma$ -аминомасляная кислота.
9. В состав природных аминокислот могут входить группы атомов:
- бензольное кольцо;
  - $\text{CCl}_3-$ ;
  - $\text{SH}-$ ;
  - $\text{HO}-$ ;
  - $\text{C}_2\text{H}_5-$ ;
10. Укажите правильные утверждения. Природные аминокислоты:
- содержат аминогруппу в  $\alpha$ -положении;
  - содержат аминогруппу в  $\beta$ -положении;
  - являются только моноамино- и монокарбонными;
  - образуются в процессе ферментативного гидролиза белков.

**11.** Выберите правильные утверждения. Глицин:

- а) природная аминокислота;
- б) растворим в воде;
- в) имеет сладкий вкус;
- г) жидкость при обычных условиях.

**12.** Число электронных пар, осуществляющих химические связи в молекуле глицина равно:

- а) 9;      б) 3;      в) 4;      г) 10.

**13.** Выберите правильные утверждения. Аланин:

- а) твердое вещество при обычных условиях;
- б) растворим в воде;
- в) водный раствор практически не изменяет окраску индикатора;
- г) токсичное для человека вещество.

**14.** При растворении в воде молекула глицина приобретает, главным образом, структуру:

- а)  $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ;      в)  $\text{NH}_3^+ - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ;
- б)  $\text{NH}_3^+ - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$ ;      г)  $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$ .

**15.** Биполярный ион аминокислоты образуется в результате:

- а) взаимодействия со щелочами;
- б) взаимодействия с галогеноводородами;
- в) образования полипептидов;
- г) внутренней нейтрализации.

**16.** Укажите верные утверждения:

- а) аминокислоты — амфотерные соединения;
- б) аминокислоты образуют внутренние соли;
- в) в кислых растворах аминокислоты существуют в катионной форме;
- г) в щелочных растворах аминокислоты существуют в катионной форме;
- д) карбоксильная группа в глицине обладает более сильными кислотными свойствами, чем в уксусной кислоте.

**17.** Укажите соединения, водные растворы которых имеют щелочную среду:

- а) метиламин;      в) лизин;      д) серин.
- б) глицин;      г) глицилглицин;

**18.** Глицин, в отличие от метиламина:

- а) в водном растворе не изменяет окраску индикатора;
- б) реагирует с кислотами;
- в) является жидкостью при обычных условиях;
- г) образует межмолекулярные водородные связи.

**19.** Аланин, так же как и глюкоза:

- а) является гетерофункциональным соединением;
- б) способен образовывать сложные эфиры;
- в) способен образовывать простые эфиры;
- г) практически не изменяет окраску индикатора в водном растворе;
- д) является твердым веществом при обычных условиях;
- е) образует амидные связи при взаимодействии с аминами.

**20.** Аланин, в отличие от глюкозы реагирует:

- а) с метанолом б) раствором азотной кислоты в) натрий сульфатом
- г) натрий гидрокарбонатом д) алюминий хлоридом е) медь(II)гидроксидом

**21.** Водные растворы уксусной и аминоксусной кислот можно различить:

- а) по цвету;
- б) по плотности;
- в) по окраске лакмуса;
- г) по наличию или отсутствию сухого остатка после выпаривания пробы

раствора.

**22.** Как глицин, так и аланин взаимодействуют:

- а) с NaOH; г)  $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ;
- б)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; д)  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .
- в)  $\text{NH}_3$ ;

**23.** При сгорании аланина в избытке кислорода образуются:

- а)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$ ; в)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$ ;
- б)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$ ; г)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ .

**24.**  $\alpha$ -аминопропионовая кислота взаимодействует:

- а) с натрий гидроксидом; г) бромоводородом;
- б) этанолом; д) аммиаком;
- в) глицином; е) с метиламином.

**25.** Укажите соединения, которые взаимодействуют с аминогруппой аминокислоты:

- а) KOH; б) HCl; в) HBr; г)  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

**26.** Укажите названия веществ, взаимодействуя с которыми аминоксусная кислота образует амидные связи:

- а)  $\alpha$ -аминопропионовая кислота;
- б) 3-аминопропановая кислота;
- в) раствор натрий гидроксида;
- г) соляная кислота;
- д) глицилглицин.

**27.** Для получения этилового эфира аминоксусной кислоты посредством реакции этерификации к глицину следует добавить:

- а) аммиак; г) глицин;
- б) бромоводород; д) метиламин.
- в) этанол;

**28.**  $\gamma$ -аминомасляная кислота вступает в реакции:

- а) этерификации; г) нейтрализации;
- б) поликонденсации; д) соединения;
- в) гидролиза; е) замещения.

**29.** Соли образуются, при взаимодействии аминокислоты:

- а) с метанолом;
- б) кальций гидроксидом;
- в) бромоводородом;
- г) калий гидросульфатом;
- д) с разбавленным раствором серной кислоты.

- 30.** При взаимодействии глицина с водным раствором серной кислоты:
- а) возможно образование как кислых, так и средних солей;
  - б) происходит изменение степени окисления атома азота, без изменения его валентности;
  - в) происходит изменение валентности атома азота, без изменения степени окисления;
  - г) не происходит изменения ни степени окисления, ни валентности атома азота.

**31.** Укажите валентность и степень окисления соответственно атома азота в соединении  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH}$ :



- а) V, -4;    б) V, -3;    в) IV, -4;    г) IV, -3.

**32.** Масса амноуксусной кислоты, которую можно получить из 3,2 г карбида кальция, равна:

- а) 1,9 г;    б) 3,75 г;    в) 7,5 г;    г) 15 г.

**33.** Укажите названия веществ, которые при взаимодействии с аммиаком образуют аланин:

- а) 2-хлорпропановая кислота;
- б) 2-бромпропановая кислота;
- в) бромуксусная кислота;
- г) пропионовая кислота.

**34.** Аминокислоту (аминокислоты) можно получить при гидролизе:

- а) пептидов;                      г) твердого жира;                      ж) лавсана;
- б) крахмала;                      д) декстринов;                      з) капрона.
- в) белка;                      е) нуклеиновых кислот;

**35.** Аминокислоты используют в качестве:

- а) лекарственных препаратов;
- б) сырья при производстве полимеров;
- в) ароматизаторов в парфюмерии;
- г) красителей.

*Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:*

**1.** Углерод(II)-оксид → метанол → этан → хлоруксусная кислота → аминоксусная кислота.

**2.** Этин → бензол → нитробензол → аммиак → 2-аминопропановая кислота.

**3.** Этен → уксусная кислота → бромуксусная кислота → глицин → натриевая соль аминоксусной кислоты.

**4.** Бутан → этановая кислота → бромэтановая кислота → 2-аминоэтановая кислота → карбоксиметиламмоний-бромид.

**5.** Пропаналь → пропановая кислота → 2-хлорпропановая кислота → →2-аминопропановая кислота → метиловый эфир 2-аминопропановой кислоты.

**Решите задачи:**

1. Массовая доля кислорода в составе сложного эфира, образованного 2-аминопропановой кислотой равна 0,2735. Определите формулу эфира.

2. К раствору аминокислоты массой 50 г с массовой долей кислоты 6 % добавили 33,3 г раствора гидроксида натрия с массовой долей щёлочи 6%. Определите массовые доли (%) веществ в полученном растворе.

3. Какой объём аммиака (н. у., л) прореагирует с раствором хлоруксусной кислоты (массовая доля кислоты 10 %) массой 20 г с образованием аминокислоты и хлорида аммония.

4. Со смесью аминокислоты и этиламина массой 12 г прореагировало 7,3 г HCl. Определите массу (г) аминокислоты в смеси.

5. Смесью уксусной и аминокислоты прореагировало с 6,5 г гидроксида натрия. Определите количество (моль) каждой из кислот в смеси, зная, что масса уксусной кислоты в ней в два раза меньше, чем аминокислоты.

6. Со смесью первичного амина и α-аминокислоты массой 18,1 г прореагировало 0,3 моль HCl. Количество амина в смеси в 2 раза меньше количества аминокислоты. В составе аминокислоты содержится атомов углерода в 2 раза больше, чем в составе амина. Определите массу (г) аминокислоты в смеси.

7. Смесью массой 20 г, состоящая из метиламина, аминокислоты и этилацетата может прореагировать с хлороводородом объёмом 4,93 дм<sup>3</sup> (н. у.). Та же смесь массой 40 г может прореагировать с раствором гидроксида калия объёмом 300 см<sup>3</sup> с молярной концентрацией 1,4 моль/л. Вычислите массовые доли (%) веществ в исходной смеси.

**Ответы:** 1.  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{CO} - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ . 2. 4,66 %  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COONa}$ ; 0,48 % NaOH. 3. 0,94 л. 4. 7,5 г. 5. 0,0625; 0,1. 6. 15 г. 7. 15,5 %; 45 %; 39,5 %.

**Пептиды. Белки**

**Тестовые задания.** В соответствии с условием тестового задания выберите один или несколько правильных ответов.

1. Пептидной (амидной) называется группа атомов:

а)  $-\text{C}-\text{NH}-$ ; б)  $-\text{CO}-\text{NH}-$ ; в)  $-\text{C}\equiv\text{N}$ ; г)  $-\text{C}=\text{N}-$ .

2. Выберите правильные утверждения, характеризующие пептидную (амидную) группу:

а) четыре атома связаны ковалентными полярными связями;

б) при образовании пептидной связи от кислоты отщепляется протон;

в) пептидные группы могут образовывать водородные связи между собой;

г) пептидная группа имеет линейное строение;

д) взаимодействие пептидных групп поддерживает вторичную структуру белка;

е) все атомы в пептидной группе лежат в одной плоскости.

3. Амидные группы присутствуют в макромолекулах:

а) гемоглобина;

г) лавсана;

б) капрона;

е) полиизопрена;

в) нейлона;

ж) крахмала.

**4.** Число различных дипептидов, которые могут быть получены из смеси глицина и аланина равно:

- а) 1;      б) 2;      в) 3;      г) 4.

**5.** Укажите правильные утверждения, характеризующие глицилфенилаланин:

- а) это дипептид;  
б) в его молекуле две пептидные связи;  
в) является амфотерным соединением;  
г) свободную карбоксильную группу имеет остаток глицина.

**6.** Число пептидных связей в тетрапептиде равно:

- а) 1;      б) 2;      в) 3;      г) 4.

**7.** Число аминокислот, образующихся при полном гидролизе соединения  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-NH-CH(CH}_3\text{)-CO-NH-CH(CH}_2\text{OH)-COOH}$  равно:

- а) одна;      б) две;      в) три;      г) четыре.

**8.** Число амидных связей в молекуле соединения, формула которого  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-NH-CH}_2\text{-CO-NH-CH(CH}_3\text{)-CO-NH-CH(C}_6\text{H}_5\text{)-COOH}$  равно:

- а) 2;      б) 3;      в) 1;      г) 4.

**9.** В отличие от любой аминокислоты, дипептид (в необходимых условиях) вступает в реакцию:

- а) циклизации;      в) окисления;  
б) этерификации;      г) гидролиза.

**10.** При гидролизе глицилаланина в присутствии соляной кислоты образуется:

- а) соль и аминокислота;  
б) две различные по составу соли;  
в) одна аминокислота;  
г) две различные аминокислоты.

**11.** При гидролизе глицилаланина в присутствии щелочи образуется:

- а) соль и аминокислота;  
б) две различные по составу соли;  
в) одна аминокислота;  
г) две различные аминокислоты.

**12.** Необходимое число молекул воды для гидролиза одной молекулы тетрапептида равно:

- а) 1;      б) 2;      в) 3;      г) 4.

**13.** И лейцин, и глицилфенилаланин:

- а) обладают амфотерными свойствами;  
б) содержат пептидную (амидную) группу атомов;  
в) могут вступать в реакцию этерификации;  
г) содержат равное число карбоксильных и аминогрупп.

**14.** Выберите правильные утверждения, характеризующие строение и свойства белков:

- а) белки — высокомолекулярные природные полимеры, построенные из остатков аминокислот, соединенных пептидной связью;  
б) основной источник энергии для организма;  
в) продукт реакции поликонденсации  $\alpha$ - и  $\beta$ -аминокислот;  
г) при ферментативном гидролизе образуют смесь только  $\alpha$ -аминокислот;



23. Качественной реакцией на пептидную связь является добавление к раствору белка:

- а) раствора соли двухвалентной меди в щелочной среде;
- б) соединений свинца;
- в) концентрированной азотной кислотой;
- г) аммиачного раствора оксида серебра.

24. Укажите цвет, в который окрашивается раствор белка при добавлении к нему раствора щелочи и сульфата меди (II):

- а) красный;
- б) зеленый;
- в) желто-оранжевый;
- г) сине-фиолетовый.

25. Последовательность аминокислот в цепи полипептида может быть установлена с помощью реакции:

- а) гидролиза;
- б) хлорирования;
- в) конденсации;
- г) ксантопротеиновой.

*Запишите схемы реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:*

1. Пропан → пропанол → 2-бромпропановая кислота → 2-аминопропановая кислота → аланилглицин.

2. Бутан → уксусная кислота → хлоруксусная кислота → аминоксусная кислота → глицилглицин.

3. Глицилаланин → глицин → натриевая соль аминоксусной кислоты → карбоксиметиламмонийхлорид → глицин.

4. Глицилглицин → хлорид аминоксусной кислоты → аминоксусная кислота → метиловый эфир аминоксусной кислоты → метанол.

*Решите задачи:*

1. 44,8 г дипептида, образованного из одной α-аминокислоты, подвергли кислотному гидролизу в присутствии соляной кислоты. В результате гидролиза получили 70,28 г соли α-аминокислоты. Определите состав и строение аминокислоты.

2. При щелочном гидролизе дипептида массой 48 г образовалось только одно вещество — натриевая соль одной из аминокислот. Масса этой соли равна 66,6г. Установите строение дипептида.

3. Определите, чему может быть равна относительная молекулярная масса белковой молекулы, массовая доля серы в которой равна 0,4 %. При расчётах исходите из того, что в молекуле белка имеются два остатка аминокислот, содержащих по одному атому серы.

**Ответы:** 1.  $C_3H_7NO_2$ . 2. аланилаланин. 3. 16000.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Общая химия* : учебно-тренировочные материалы : учеб.-метод. пособие / Г. Э. Атрахимович [и др.]. 11-е изд. Минск : БГМУ, 2017. 154 с.
- 2. *Неорганическая химия* : практикум для слушателей подготовительного отделения / Г. Э. Атрахимович [и др.]. 5-е изд. Минск : БГМУ, 2017. 124 с.
- 3. *Органическая химия* : практикум / Г. Э. Атрахимович [и др.]. 5-е изд. Минск : БГМУ, 2017. 128 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Тема 1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ПОНЯТИЯ ХИМИИ .....	3
Занятие 1 .....	3
Занятие 2.....	10
Тема 2. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА .....	15
Занятие 3. Строение атома. Периодический закон .....	15
Занятие 4. Химическая связь.....	24
Занятие 5. Валентность и степень окисления атомов элементов. Типы кристаллических решеток .....	26
Тема 3. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ .....	28
Занятие 6. Оксиды и основания .....	28
Занятие 7. Кислоты .....	35
Занятие 8. Соли.....	38
Занятие 9. Взаимосвязь между основными классами неорганических соединений.....	43
Тема 4. РАСТВОРЫ .....	45
Занятие 10.....	45
Занятие 11. Количественный состав раствора.....	49
Занятие 12. Электролитическая диссоциация. Водородный показатель. Ионные уравнения .....	56
Занятие 13. Гидролиз солей. Значение растворов в природе, технике и быту .....	63
Тема 5. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ .....	64
Занятие 14. Окислительно-восстановительные процессы .....	64
Занятие 15. Тепловой эффект химической реакции. Скорость химических реакций.....	72
Занятие 16. Химическое равновесие .....	79
Занятие 17. Водород. Вода. Пероксид водорода. Галогены и их соединения.....	84
Занятие 18. Элементы VI А п/гр. и их соединения .....	94
Занятие 19. П/ГР. азота. V А П/ГР., сравнительная характеристика элементов, простых веществ и соединений элементов V А п/гр. ....	105
Занятие 20. Подгруппа углерода.....	118
Тема 6. МЕТАЛЛЫ .....	130

Занятие 21. Общая характеристика металлов. Ряд стандартных электродных потенциалов (РСЭП). Физические и химические свойства .....	131
Занятие 22. Коррозия металлических материалов. Общие способы получения металлов. Применение металлов и сплавов.....	136
<b>ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</b> .....	142
Занятие 23. Теория химического строения органических соединений. Изомерия. Типы химических реакций с участием органических веществ. Насыщенные углеводороды. Галогенопроизводные алканов. Циклопарафины .....	142
Занятие 24. Алкены. Реакция полимеризации ВМС. Диеновые углеводороды. Каучуки .....	150
Занятие 25. Алкины .....	158
Занятие 26. Ароматические углеводороды .....	163
Занятие 27. Взаимные превращения насыщенных, ненасыщенных и ароматических углеводородов. Природные источники углеводородов, способы их переработки .....	167
Занятие 28. Одноатомные спирты. Простые эфиры. Многоатомные спирты. Ароматические спирты. Фенолы.....	171
Занятие 29. Альдегиды и кетоны .....	182
Занятие 30. Карбоновые кислоты .....	187
Занятие 31. Сложные эфиры. Жиры. Мыла .....	194
Занятие 32. Углеводы. Искусственные волокна на основе целлюлозы .....	198
Занятие 33. Азотсодержащие функциональные производные органических соединений .....	211
Список использованной литературы .....	225

Учебное издание

**Атрахимович** Галина Эдуардовна

# **ХИМИЯ**

Практикум для подготовки  
к централизованному тестированию

*8-е издание*

Ответственный за выпуск В. В. Хрусталёв  
Компьютерная вёрстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 17.04.24. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 13,25. Уч.-изд. л. 11,6. Тираж 200 экз. Заказ 185.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный медицинский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.  
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.