

## 7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 80)

### Задача 1

#### Решение.

1. Запишем уравнения возможных реакций, протекающих в системе газов под действием электрического разряда:



2. Определим число молей исходных газов:

$n(\text{H}_2)=8 \text{ (г)}/2 \text{ (г/моль)}=4 \text{ моль}$ ;  $n(\text{O}_2)=48 \text{ (г)}/32 \text{ (г/моль)}=1.5 \text{ моль}$ ;  $n(\text{Cl}_2)=3.55 \text{ (г)}/35.5 \text{ (г/моль)}=0.1 \text{ моль}$ . Исходя из приведенных выше уравнений реакций (1) и (2) следует, что кислород и хлор были взяты в недостатке и поэтому полностью прореагировали. В сосуде остался избыток не прореагировавшего водорода:

по уравнению (1):

1 моль  $\text{Cl}_2$  реагирует с 1 моль  $\text{H}_2$ ,  
0.1 моль  $\text{Cl}_2$  реагирует с 0.1 моль  $\text{H}_2$ ;

по уравнению (2):

1 моль  $\text{O}_2$  реагирует с 2 моль  $\text{H}_2$ ,  
1.5 моль  $\text{O}_2$  реагирует с 3 моль  $\text{H}_2$ .

Таким образом, в реакцию вступило 3.1 моль (0.1 моль + 3 моль) водорода. Осталось не прореагировавшим 0.9 моль (4 моль - 3.1 моль) водорода. Образовалось 0.2 моль  $\text{HCl}$  и 3 моль  $\text{H}_2\text{O}$ .

3. Поскольку сосуд был охлажден до  $0^\circ\text{C}$ , то в газовой фазе конденсируется вода, в которой полностью растворяется образовавшийся  $\text{HCl}$  (в качестве справки уточним, что в 1 объеме жидкой воды при  $0^\circ\text{C}$  растворяется 506.5 объемов газообразного  $\text{HCl}$ ). Таким образом, в сосуде присутствуют: в газовой фазе – не прореагировавший водород; в жидкой фазе – раствор  $\text{HCl}$  (раствор соляной кислоты).

4. Определим давление, создаваемое 0.9 моль газообразного водорода в сосуде объемом 2 л при температуре  $0^\circ\text{C}$ . Воспользуемся уравнением состояния идеального газа (уравнением Менделеева-Клапейрона):

$$p=(n \cdot R \cdot T)/V=(0.901 \cdot 8.314 \cdot 273.15)/0.002=1021936 \text{ Па или } 1021.9 \text{ кПа } (\approx 10.1 \text{ атм}).$$

5. Определим концентрацию полученного раствора соляной кислоты:

$$\begin{aligned} \omega_m(\text{HCl}) &= m(\text{HCl}) / (m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O})) = \\ &= (0.2 \cdot 36.5) / (0.2 \cdot 36.5 + 3 \cdot 18) = 0.119 \text{ или } 11.9\%. \end{aligned}$$

**Ответ:** в газовой фазе -  $\text{H}_2$ ; в жидкой фазе - водный раствор  $\text{HCl}$ ;  $p=1021.9 \text{ кПа}$ ;  $\omega_m(\text{HCl})=11.9\%$ .

#### Разбалловка: (15 баллов)

За написание уравнений реакций (по 2 баллу за каждую реакцию) – 4 балла,

За определение состава системы после реакции (по 1 баллу) – 3 балла,

За образование раствора соляной кислоты – 2 балла,

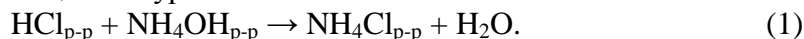
За расчет давления в сосуде – 3 балла,

За расчет концентрации соляной кислоты – 3 балла.

### Задача 2

#### Решение.

1. Указанные в условии задачи газы легко растворяются в воде, образуя соответственно соляную кислоту (раствор  $\text{HCl}$  в воде) и раствор гидроксида аммония (раствор  $\text{NH}_3$  в воде ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )). Эти вещества вступают друг с другом в реакцию по уравнению:



2. Определим число молей  $\text{HCl}$  и  $\text{NH}_3$  в колбах до реакции. При этом примем, что  $V_{\text{HCl}}=3V_{\text{NH}_3}$  (по условию), а также то, что мольный объем ( $V_m$ ) любого газа при нормальных условиях равен 22.4 л/моль. Итак, получаем:

$$n(\text{HCl})=V_{\text{HCl}}/22.4=3V_{\text{NH}_3}/22.4; n(\text{NH}_3)=V_{\text{NH}_3}/22.4.$$

3. По уравнению (1) видно, что вещества вступают в реакцию в эквивалентном отношении, т.е. 1 моль HCl реагирует с 1 моль NH<sub>3</sub>, при этом получается 1 моль NH<sub>4</sub>Cl. Это означает, что HCl находится в избытке в растворе ( $n(\text{HCl})_{\text{избыток}} = (3V_{\text{NH}_3}/22.4) - (V_{\text{NH}_3}/22.4) = 2V_{\text{NH}_3}/22.4$ ). Таким образом, после реакции в растворе имеется ( $V_{\text{NH}_3}/22.4$ ) моль образовавшегося NH<sub>4</sub>Cl и  $2(V_{\text{NH}_3}/22.4)$  моль не вступившего в реакцию HCl. Свободного аммиака в растворе нет!

4. По определению, молярная концентрация ( $C_m$ , моль/л или М) растворенного вещества в растворе показывает число молей растворенного вещества, содержащегося в 1 литре раствора. Принимая во внимание тот факт, что объем раствора после смешения равен  $V_{\text{HCl}}+3V_{\text{NH}_3}=4V_{\text{NH}_3}$ , получаем:

$$C_m(\text{HCl})=2V_{\text{NH}_3}/(22.4 \cdot 4V_{\text{NH}_3})=0.022 \text{ моль/л или } 0.022 \text{ М};$$

$$C_m(\text{NH}_4\text{Cl})=V_{\text{NH}_3}/(22.4 \cdot 4V_{\text{NH}_3})=0.011 \text{ моль/л или } 0.011 \text{ М};$$

5. По определению, массовая доля растворенного вещества ( $\omega_m$ ) равна отношению массы растворенного вещества к массе всего раствора. Зная  $C_m$  нетрудно перейти к  $\omega_m$ . При этом будем считать, что 1 литр раствора приблизительно равен 1000 г, поскольку полученные растворы являются сильно разбавленными и поэтому их плотность можно принять равной 1 г/мл. Итак:

$$\omega_m(\text{HCl})=C_m \cdot M(\text{HCl})/1000=0.000803 \text{ или } 0.0803\%;$$

$$\omega_m(\text{NH}_4\text{Cl})=C_m \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl})/1000=0.000589 \text{ или } 0.0589\%.$$

**Ответ:**  $C_m(\text{HCl})=0.022 \text{ М}$ ,  $\omega_m(\text{HCl})=0.0803\%$ ;  $C_m(\text{NH}_4\text{Cl})=0.011 \text{ М}$ ,  $\omega_m(\text{NH}_4\text{Cl})=0.0589\%$ .

**Разбалловка: (15 баллов)**

*За составление уравнения химической реакции – 2 балла,*

*За определение числа молей исходных веществ и продуктов реакции (по 2 балла на каждое вещество) – 6 баллов,*

*За определение избытка/недостатка – 1 балл;*

*За расчет молярной концентрации компонентов в растворе (по 1.5 баллу за каждое вещество) – 3 балла,*

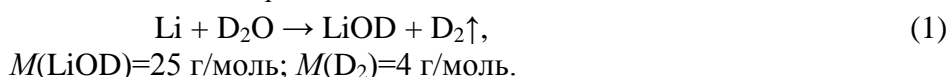
*За расчет массовой доли компонентов в растворе (по 1.5 баллу за каждое вещество) – 3 балла.*

### **Задача 3**

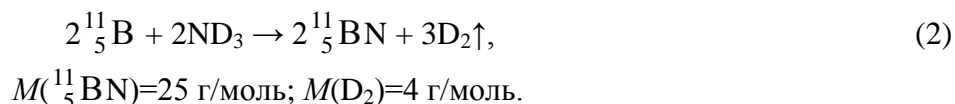
#### **Решение.**

Возможно несколько вариантов ответа. Приведем некоторые примеры.

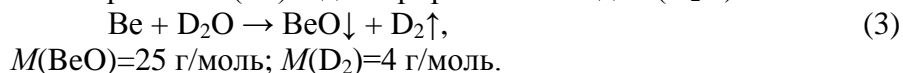
1. Реакция между металлическим литием (Li) и дейтерированной водой (D<sub>2</sub>O) (дейтерий (D) – изотоп водорода с массовым числом 2:  ${}^2_1\text{H} \equiv \text{D}$ ):



2. Реакция между бором (изотоп с массовым числом 11:  ${}^{11}_5\text{B}$ ) и дейтероаммиаком:



3. Реакция между металлическим бериллием (Be) и дейтерированной водой (D<sub>2</sub>O):



Очевидно, что возможны и другие варианты

**Ответ:** реакция между а) Li и D<sub>2</sub>O; б)  ${}^{11}_5\text{B}$  и ND<sub>3</sub>; в) Be и D<sub>2</sub>O.

**Разбалловка: (15 баллов)**

*За указание вещества с молекулярной массой 4 – 5 баллов,*

*За написание любой правильной реакции – 10 баллов.*

### **Задача 4**

#### **Решение.**

1. Жидкостью **A** может быть перекись (пероксид) водорода –  $H_2O_2$ . Пероксид водорода является первым членом в гомологическом ряду полипероксидов водорода  $H_2O_n$ , молекулы которых образованы цепями из атомов кислорода ( $n=2-4$ ). Пероксид водорода – бледно-голубая жидкость (т. пл.  $-0.3^\circ C$ ; т. кип.  $+152^\circ C$ ), смешивается с водой в любых отношениях из-за образования водородных связей.  $H_2O_2$  – неустойчив при хранении, легко подвергается реакции диспропорционирования, протекающей часто со взрывом:



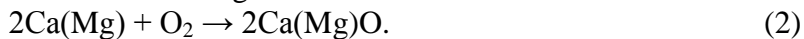
$H_2O_2$  проявляет как окислительные, так и восстановительные свойства (первые выражены сильнее), поскольку кислород находится в промежуточной степени окисления (-1). Механизм окислительно-восстановительных реакций с участием  $H_2O_2$  в значительной степени определяется кислотностью среды.

2. Под действием ряда веществ ( $MnO_2$ , Pt,  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ) происходит каталитическое разложение перекиси водорода на кислород и воду:

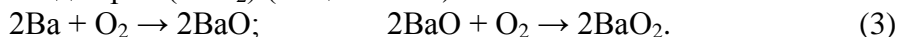


т.е. веществом **B** могут быть  $MnO_2$ , Pt,  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ , а газом **X** –  $O_2$ .

3. Кислород легко вступает в реакцию со многими простыми веществами, в том числе и металлами. Под описание свойств вещества **E** очень хорошо подходит оксид кальция или магния, поэтому двухвалентным металлом (**C**) может быть Ca или Mg:



4. Более тяжелым аналогом Ca или Mg может быть Ba (металл **D**), который при взаимодействии с кислородом (газ **X**) даёт пероксид бария ( $BaO_2$ ) (вещество **M**):



5. Взаимодействие  $BaO_2$  с водой приводит к образованию гидроксида бария ( $Ba(OH)_2$ ) и пероксида водорода (вещество **A**):



**Ответ:** **A** –  $H_2O_2$ ; **B** –  $MnO_2$ , Pt,  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ; **X** –  $O_2$ ; **C** – Ca или Mg; **E** – CaO или MgO; **D** – Ba; **M** –  $BaO_2$ .

**Разбалловка: (15 баллов)**

За расшифровку веществ (за вещество **A** – 3 балла, за все остальные по одному баллу) – 9 баллов,

За описание свойств пероксида водорода – 2 балла,

За уравнения химических реакций (1)-(4) (по 1 баллу за каждое уравнение) – 4 балла.

### Задача 5

#### Решение.

1. Найдем массу 90.5%-ной серной кислоты (обозначим раствор 2) которую можно добавить к 15.41%-ному раствору (обозначим раствор 1), чтобы получить 20%-ный раствор (обозначим раствор 3):

$$\begin{aligned} m_1(H_2SO_4) + m_2(H_2SO_4) &= m_3(H_2SO_4), \\ \omega_1 \cdot m_1(p-p) + \omega_2 \cdot m_2(p-p) &= \omega_3 \cdot (m_1(p-p) + m_2(p-p)), \\ \omega_1 \cdot m_1(p-p) + \omega_2 \cdot m_2(p-p) &= \omega_3 \cdot m_1(p-p) + \omega_3 \cdot m_2(p-p), \\ \omega_2 \cdot m_2(p-p) - \omega_3 \cdot m_2(p-p) &= \omega_3 \cdot m_1(p-p) - \omega_1 \cdot m_1(p-p), \\ m_2(p-p) \cdot (\omega_2 - \omega_3) &= m_1(p-p) \cdot (\omega_3 - \omega_1), \\ m_2 &= \frac{m_1 \cdot (\omega_3 - \omega_1)}{\omega_2 - \omega_3}, \\ m_2 &= \frac{\rho_1 \cdot V_1 \cdot (\omega_3 - \omega_1)}{\omega_2 - \omega_3} = \frac{1.105 \cdot 1750 \cdot (20 - 15.41)}{90.5 - 15.41} = 118.2 \text{ (г)}. \\ V_2 &= \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{118.2}{1.815} = 65.12 \text{ (мл)}. \end{aligned}$$

2. Рассчитаем массу 20%-ного раствора, которого не хватает до 5 л:

$$m_4 = \rho_3 \cdot V_3 - (\rho_1 \cdot V_1 + m_2) = 1.14 \cdot 5000 - (1.105 \cdot 1750 + 118.2) = 3648.05 \text{ (г)}.$$

3. Определим массу и объем 90.5%-ного раствора необходимую для ее приготовления:

$$m_5 = \frac{\omega_3 \cdot m_4}{\omega_2} = \frac{20 \cdot 3648.05}{90.5} = 806.2 \text{ (г)},$$

$$V_5 = \frac{m_5}{\rho_2} = \frac{806.2}{1.815} = 444.2 \text{ (мл)}.$$

4. Вычислим объем воды

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 5000 - 1750 - 65.12 - 444.2 = 2740.68 \text{ (мл)}.$$

**Ответ:**  $m(\text{H}_2\text{SO}_4)$  (90.5%-раствор)=118.2 г,  $V(\text{H}_2\text{O})=2740.68$  мл.

**Разбалловка: (10 баллов)**

За определение массы и объёма 90.5%-раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 5 баллов,

За расчет объёма воды – 5 баллов.

### Задача 6

**Решение.**

1. Из условия задачи следует, что 1 л газообразного  $\text{CO}_2$  растворяется в 1 литре жидкой  $\text{H}_2\text{O}$  (при нормальных условиях  $\text{CO}_2$  – газ, а  $\text{H}_2\text{O}$  – жидкость). 1 л газообразного  $\text{CO}_2$  содержит  $1/22.4=0.0446$  моль или 1.964 г  $\text{CO}_2$ . Таким образом, массовая доля  $\text{CO}_2$  в водном растворе ( $m(\text{H}_2\text{O})=1000$  г) при  $p=101325$  Па составляет  $1.964/(1.964+1000)=0.00196$  или 0.196%.

2. Между растворимостью вещества (концентрацией газообразного вещества в растворе) в газе и давлением существует прямолинейная зависимость (закон Генри). Отсюда получаем:

$$\begin{array}{ll} \text{при } p=101325 \text{ Па концентрация } \text{CO}_2 \text{ составляет } 0.196\%, & \\ \text{при } x \text{ Па} & 2\%. \end{array}$$

Таким образом, 2%-ное содержание  $\text{CO}_2$  в воде достигается при давлении 1033929 Па или 1.034 МПа.

Рассуждая аналогично для 0.88%-ного раствора, получаем  $p=454929$  Па или 0.455 МПа.

**Ответ:** 1.034 МПа и 0.455 МПа.

**Разбалловка: (10 баллов)**

За определение концентрации  $\text{CO}_2$  в воде – 5 баллов,

За использование закона Генри – 5 баллов.

## 9 КЛАСС

(продолжительность – 4 часа; общее количество баллов 100)

### Задача 1

#### Решение.

1. При нагревании с кислородом (в зависимости от его количества) медь может давать два оксида:  $\text{Cu}_2\text{O}$  (недостаток кислорода) и  $\text{CuO}$  (кислорода). Поскольку в условии задачи ничего не сказано о количестве пропущенного кислорода, будем считать, что могут образоваться оба оксида одновременно. Запишем уравнения протекающих реакций:



2. Пусть масса исходной меди была 100 г. Поскольку все продукты реакции нелетучие соединения, нетрудно найти массу вступившего в реакцию кислорода:

$$100 \text{ г} - 100\%,$$

$$x_1 \text{ г} - 18\%.$$

Откуда  $x_1=18$  г. Итак, в обоих оксидах содержится 18 г кислорода. Общая масса смеси составляет 118 г. Другими словами:

$$m(\text{Cu}) + m(\text{Cu}_2\text{O}) + m(\text{CuO}) = 118 \text{ г}.$$

3. Выразим массы кислорода, вступившего в реакции (1) и (2):

$$x_2 = 32 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) / 2 \cdot 144,$$

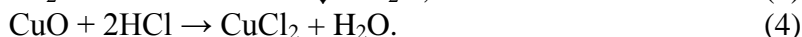
$$x_3 = 32 \cdot m(\text{CuO}) / 2 \cdot 80.$$

$$x_2 + x_3 = 18 \text{ г}.$$

Отсюда имеем:

$$m(\text{Cu}_2\text{O})/9 + m(\text{CuO})/5 = 18; \quad 5 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) + 9 \cdot m(\text{CuO}) = 810 (*).$$

4. При обработке полученной смеси разбавленной соляной кислотой в реакцию будут вступать только оксиды:



Отметим, что хлорид меди (I) плохо растворим в воде, а хлорид меди (II) – хорошо растворимое соединение. Очевидно, что после растворения оксидов твердый остаток состоит из непрореагировавшей меди и труднорастворимого хлорида меди (I). Масса полученного твердого остатка составила  $(100 - 47.67) \cdot 118 / 100 = 61.75$  г. Таким образом, имеем:

$$m(\text{Cu}) + m(\text{CuCl}) = 61.75 \text{ г}.$$

Из уравнения реакции (3) нетрудно видеть, что  $m(\text{CuCl}) = 199 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) / 144 = 1.3819 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O})$ .

Отсюда получаем:

$$m(\text{Cu}) + 1.3819 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) = 61.75 \text{ г}; \quad m(\text{Cu}) = 61.75 \text{ г} - 1.3819 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O});$$

$$61.75 \text{ г} - 1.3819 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) + m(\text{Cu}_2\text{O}) + m(\text{CuO}) = 118 \text{ г}; \quad m(\text{CuO}) - 0.3819 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) = 56.25. (**)$$

5. Решая систему уравнений (\*) и (\*\*) находим:

$$5 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) + 9 \cdot m(\text{CuO}) = 810, (*)$$

$$m(\text{CuO}) - 0.3819 \cdot m(\text{Cu}_2\text{O}) = 56.25. (**)$$

$$m(\text{Cu}_2\text{O}) = 36 \text{ г}.$$

Отсюда следует, что  $m(\text{CuO})=70$  г,  $m(\text{Cu})=12$  г.

6. В итоге, имеем:

$\omega_m(\text{Cu})=12/118=0.1017$  или 10.17%;  $\omega_m(\text{Cu}_2\text{O})=36/118=0.3051$  или 30.51%;  $\omega_m(\text{CuO})=70/118=0.5932$  или 59.32%.

**Ответ:**  $\omega_m(\text{Cu})=10.17\%$ ;  $\omega_m(\text{Cu}_2\text{O})=30.51\%$ ;  $\omega_m(\text{CuO})=59.32\%$ .

**Разбалловка: (17 баллов)**

За составление уравнений химических реакций (по 1 балла за каждую) – 4 балла,

За определение массы смеси продуктов окисления – 2 балла,

За составление уравнения (\*) – 2 балла,

За сведения о нерастворимости хлорида меди (I) – 2 балла,

За составление уравнения (\*\*) – 3 баллов,  
За определение массы компонентов смеси после окисления меди – 2 балла,  
За расчет массовой доли – 2 балла.

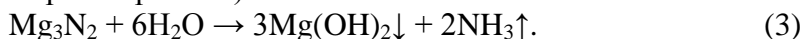
### Задача 2

#### Решение.

При сгорании магния на воздухе (температура ~ 700-800°C) образуется смесь веществ: оксид магния (MgO) и нитрид магния (Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>):

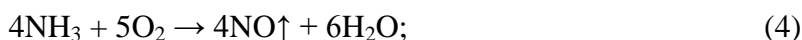


При взаимодействии полученной смеси веществ с водой в химическую реакцию вступает только Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub> (MgO, как известно, в воде не растворяется!):



Итак, выделившийся газ **A** – аммиак (NH<sub>3</sub>).

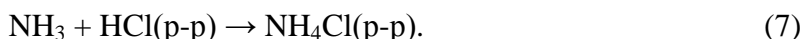
При окислении аммиака в избытке кислорода и в присутствии катализатора (платиновая сетка) протекают реакции:



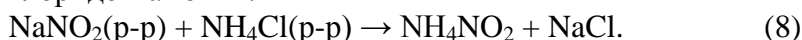
Выделившийся газ (двуокись азота - NO<sub>2</sub>) поглощается раствором гидроксида натрия, при этом протекает реакция:



Раствор, образованный эквивалентным количеством соляной кислоты и газа **A**, содержит хлорид аммония:



При смешении продуктов реакции (6) с раствором хлорида аммония протекает обменная реакция между нитритом натрия (NaNO<sub>2</sub>) и хлоридом аммония:



При нагревании (60-70°C) полученной смеси солей NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> разлагается по следующей схеме (пример реакции *диспропорционирования* или *внутримолекулярного окисления-восстановления*):



(Эта реакция широко используется в лабораторной практике для получения азота).

Таким образом, выделившийся газ **B** – азот (N<sub>2</sub>).

*Обратить внимание!*

*Если учащийся пишет окислительно-восстановительную реакцию между NaNO<sub>3</sub> и NH<sub>4</sub>Cl, то это совершенно неверно, поскольку соли азотной кислоты в растворах не обладают окислительными свойствами.*

**Ответ:** A – NH<sub>3</sub>; B – N<sub>2</sub>.

**Разбалловка: (9 баллов)**

За составление химической реакции (2) – 2 балла,

За определение веществ A и B (по 1.5 баллу) – 3 балла,

За составление остальных химических реакций (по 0.5 балла) – 4 балла.

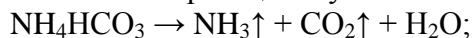
### Задача 3

#### Решение.

1. Вещество состава H<sub>5</sub>O<sub>3</sub>NC – гидрокарбонат аммония, класс - кислые соли.

Химическая формула вещества – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>;

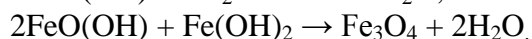
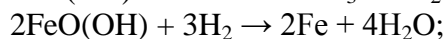
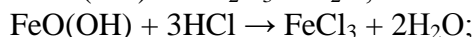
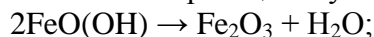
Химические реакции с участием этого вещества:



2. Вещество состава HO<sub>2</sub>Fe – метагидроксид железа, класс - гидроксиды.

Химическая формула вещества – FeO(OH);

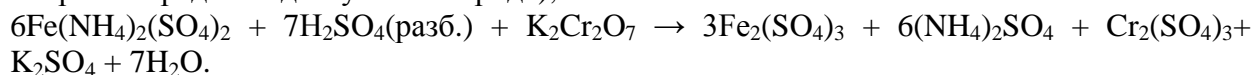
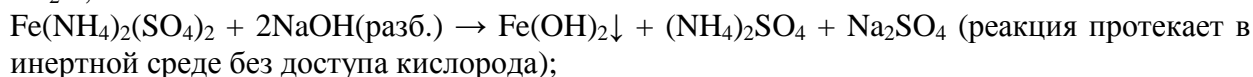
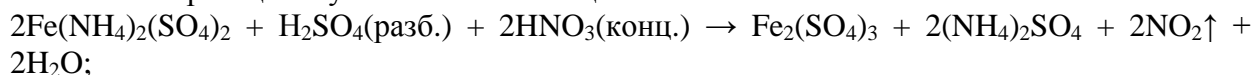
Химические реакции с участием этого вещества:



3. Вещество состава  $\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_8\text{S}_2\text{Fe}$  – сульфат аммония-железа (II) (гексагидрат называется солью Мора), класс – двойная соль.

Химическая формула вещества –  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ;

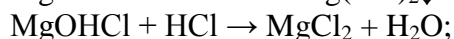
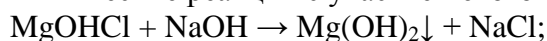
Химические реакции с участием этого вещества:



4. Вещество состава  $\text{HClMgO}$  – гидроксохлорид магния, класс – основная соль.

Химическая формула вещества –  $\text{MgOHCl}$ ;

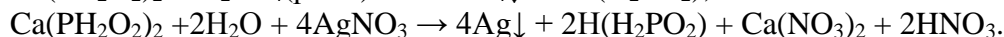
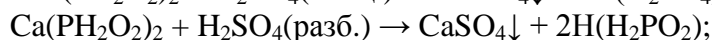
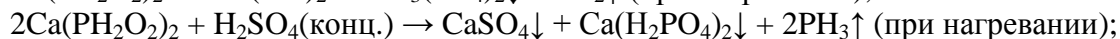
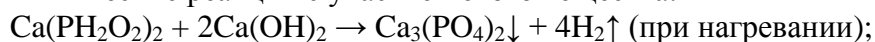
Химические реакции с участием этого вещества:



5. Вещество состава  $\text{H}_4\text{O}_4\text{P}_2\text{Ca}$  – фосфинат (гипофосфит) кальция, класс – средняя соль.

Химическая формула вещества –  $\text{Ca}(\text{PH}_2\text{O}_2)_2$ ;

Химические реакции с участием этого вещества:



**Ответ:**  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ;  $\text{FeO}(\text{OH})$ ;  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ;  $\text{MgOHCl}$ ;  $\text{Ca}(\text{PH}_2\text{O}_2)_2$ .

**Разбалловка: (20 баллов)**

За определение химической формулы веществ (по 1 баллу за вещество) – 5 баллов,

За название веществ (по 0.5 балла за вещество) – 2.5 балла,

За определение химического класса веществ (по 0.5 балла за вещество) – 2.5 балла,

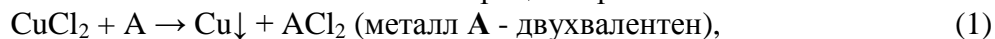
За написание структурной формулы (по 1 баллу за вещество) – 5 баллов,

За написание реакций с участием веществ (по 0.5 балла за каждую реакцию) – 5 баллов (не более).

#### Задача 4

##### Решение.

При погружении металлов в раствор хлорида меди происходит вытеснение ионов металла в раствор и осаждение меди на пластинке металла. Указанный процесс протекает согласно схеме:



Согласно условию задачи масса обеих пластинок увеличилась. Следовательно, масса молей атомов обоих металлов меньше массы моля атома меди.

Обозначим атомные массы (массы одного моля) металлов **A** и **B** через  $x$  и  $y$ , соответственно.

1. Рассчитаем, сколько граммов металла **A** вступило в реакцию, учитывая, что разность между атомными массами меди и металла **A** равна  $(64-x)$  г. Согласно схеме реакции (1) можно получить пропорцию:

если в реакцию вступило  $x$  г **A**, то разность масс **Cu** и **A** составляет  $(64-x)$  г;

если в реакцию вступило  $a$  г **A**, то разность масс **Cu** и **A** составляет 4.4 г (по условию).

Отсюда следует, что

$$a=4.4 \cdot x / (64 - x).$$

2. Рассчитаем, сколько граммов металла **Б** вступило в реакцию. Согласно схеме уравнения реакции (2) отношение числа молей атомов **Сu**:**Б**=3:2 и поэтому разность между атомными массами **Сu** и **Б** равна  $(64 \cdot 3 - 2y)$  г. Составим пропорцию:

если в реакцию вступает 2y г. металла **Б**, то разность масс **Сu** и **Б** составляет  $(64 \cdot 3 - 2y)$  г;

если в реакцию вступило  $b$  г металла **Б**, то разность масс **Сu** и **Б** составляет 5.52 г.

Отсюда следует, что

$$b=5.52 \cdot y / (96 - y).$$

Очевидно, что  $x:y = a:b$ . Отсюда следует:

$$x:y = (4.4x / (64 - x)) : 5.52 \cdot y / (96 - y).$$

После небольших математических преобразований, получаем:

$$4.4y - 5.52x = 69.12.$$

Из условия задачи известно, что отношение эквивалентных масс металлов **А** и **Б** равно 1:2 (Эквивалентная масса металла равна отношению его атомной массы на валентность:  $\text{Э}(\text{Me}) = A(\text{Me})/n$ ). Следовательно, учитывая валентность металлов, отношение их атомных масс должно быть равно 2:6 или 1:3. Другими словами,  $x:y=1/3$ . Учитывая это, можно решить систему уравнений:

$$4.4y - 5.52x = 69.12,$$

$$y=3x.$$

В итоге, получаем:  $x = 9$ , т.е. **А** – бериллий (Be);  $y = 27$ , т.е. **Б** – алюминий (Al).

**Ответ:** **А** – бериллий (Be); **Б** – алюминий (Al).

**Разбалловка: (15 баллов)**

За правильное составление уравнений (1) и (2) (по 1 баллу) – 2 балла,

За правильное составление пропорций (по 2 балла за каждое) – 4 балла,

За правильное использование отношения эквивалентных масс – 3 баллов,

За определение каждого из металлов (по 3 балла) – 6 баллов.

### Задача 5

**Решение.**

1. Осадок представляет собой смесь хлоридов серебра и свинца. Если его поместить в горячую воду, то хлорид свинца растворится, поэтому можем найти массу  $\text{AgCl}$ :

$$m(\text{AgCl}) = 2.5 - 2.5 \cdot 0.2 = 2 \text{ (г)}.$$

Зная массу хлорида серебра можно рассчитать массу чистого серебра:

$$m(\text{Ag}) = \frac{m(\text{AgCl}) \cdot M(\text{Ag})}{M(\text{AgCl})} = \frac{2 \cdot 108}{143.5} = 1.5 \text{ (г)}.$$

И массовую долю серебра в сплаве:

$$\omega(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag}) \cdot 100\%}{m(\text{сплава})} = \frac{1.5 \cdot 100\%}{2} = 75\%.$$

2. Найдем массу свинца, которая не осадилась действием разбавленного раствора соляной кислоты (у хлорида свинца достаточно высокая растворимость, поэтому ионы свинца частично остаются в растворе). Для этого найдем массу свинца в сплаве и осажденную кислотой:

$$m_{\text{сплав}}(\text{Pb}) = 2 - 1.5 = 0.5 \text{ (г)},$$

$$m_{\text{осадок}}(\text{Pb}) = \frac{m(\text{PbCl}_2) \cdot M(\text{Pb})}{M(\text{PbCl}_2)} = \frac{0.5 \cdot 207}{278} = 0.37 \text{ (г)}.$$

Разность этих масс даст массу свинца, оставшегося в растворе:

$$m_{\text{раствор}}(\text{Pb}) = 0.5 - 0.37 = 0.13 \text{ (г)}.$$

**Ответ:**  $\omega(\text{Ag})=75\%$ ;  $m_{\text{раствор}}(\text{Pb})=0.13$  г.

**Разбалловка: (12 баллов)**

За указание различной растворимости хлоридов серебра и свинца в горячей воде – 2 балла,



За расчет массовой доли серебра в сплаве – 5 баллов,  
За расчет массы неосажденного свинца – 5 баллов.

### Задача 6

#### Решение.

1. Запишем уравнение реакции между растворами исходных веществ в общем виде:



2. Рассмотрим термическое разложение вещества  $Y$ :



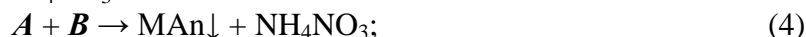
В результате реакции (2) образуется 0.9 г  $\text{H}_2\text{O}$ , что соответствует 0.05 моль или 1.12 л. Поскольку  $V(\text{Э}_n\text{O}_m + \text{H}_2\text{O}) = 1.68$  л, получаем, что  $V(\text{Э}_n\text{O}_m) = 0.56$  л, что соответствует 0.025 моль  $\text{Э}_n\text{O}_m$ . Значит коэффициенты  $d$  и  $c$  в уравнении (2) относятся как 1:2. Масса оксида  $\text{Э}_n\text{O}_m$  составляет  $2 \text{ г} - 0.9 \text{ г} = 1.1 \text{ г}$ . Отсюда следует, что молярная масса  $\text{Э}_n\text{O}_m$  составляет 44 г/моль.

Пусть оксид  $\text{Э}_n\text{O}_m$  имеет формулу  $\text{Э}_2\text{O}$ , тогда  $A(\text{Э}) = (44 - 16)/2 = 14$  г/моль. Оксидом  $\text{Э}_2\text{O}$  может являться  $\text{N}_2\text{O}$ . Таким образом, на основании сведений о продуктах и их стехиометрии в реакции (2) можно сделать вывод о том, что вещество  $Y$  – нитрат аммония:

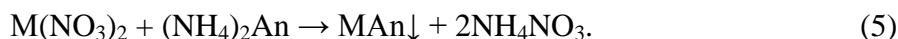


3. Вернёмся к уравнению реакции (1) и воспользуемся всей известной по условию и полученной в решении информацией:

а) одним из продуктов реакции является  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :



б) вещество  $MAn$  – соль двухвалентного металла, а исходные соединения взяты в эквивалентном отношении (1:1):



4. Из уравнения реакции найдём молекулярную массу вещества  $M(MAn)$ :

$$M(MAn) = (1.25 \cdot 2 \cdot 80) / 2 = 100 \text{ г/моль}.$$

5. Определим металл, входящий в состав  $MAn$ :

в 1.25 г  $MAn$  содержится 0.7 г  $MO$ ,

в 100 г  $MAn$  содержится  $x$  г  $MO$ .

Отсюда  $M(MO) = 56$  г/моль. По условию известно, что металл двухвалентный и поэтому  $A(M) = 56$  г/моль - 16 г/моль = 40 г/моль. Это кальций ( $Ca$ ).

6. Определим формулу выделившегося при прокаливании газообразного оксида  $X$ :

$$100 - 56 = 44 \text{ г/моль}.$$

Условию задачи удовлетворяет  $\text{CO}_2$ . Таким образом, выпавшая в осадок соль двухвалентного металла – карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ).

Итак,  $A - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;  $B - (\text{NH}_4)\text{CO}_3$ .

**Ответ:**  $A - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;  $B - (\text{NH}_4)\text{CO}_3$ .

**Разбалловка: (13 баллов)**

За определение  $\text{N}_2\text{O}$  – 4 балла,

За определение  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 3 балла,

За составление реакции (5) – 3 балла,

За определение  $\text{CaCO}_3$  – 3 балла.

### Задача 7

#### Решение.

Составим таблицу-матрицу, в которой запишем результаты всех возможных реакций:

Вещество	KOH	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{AgNO}_3$	KJ	$\text{Na}_2\text{S}$
KOH		$\text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow$ белый	$\text{NH}_3\uparrow$	$\text{Ag}_2\text{O}\downarrow$ бурый	–	–
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow$ белый		$\text{PbCl}_2\downarrow$ белый	–	$\text{PbJ}_2\downarrow$ золотистый	$\text{PbS}\downarrow$ черный
$\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{NH}_3\uparrow$	$\text{PbCl}_2\downarrow$		$\text{AgCl}\downarrow$	–	–

		белый		белый		
AgNO <sub>3</sub>	Ag <sub>2</sub> O↓ бурый	–	AgCl↓ белый		AgJ↓ желтый	Ag <sub>2</sub> S↓ черный
KJ	–	PbJ <sub>2</sub> ↓ золотистый	–	AgJ↓ желтый		–
Na <sub>2</sub> S	–	PbS↓ черный	–	Ag <sub>2</sub> S↓ черный	–	

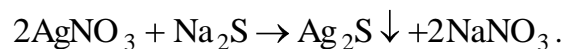
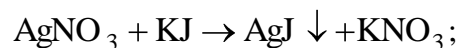
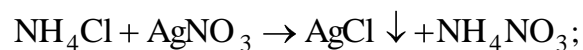
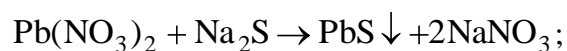
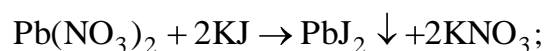
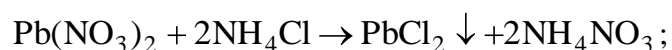
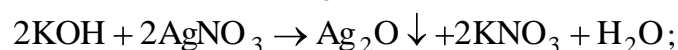
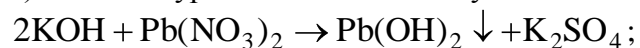
1) В первую очередь легко определяются растворы KJ (образует 2 осадка желтого цвета PbJ<sub>2</sub> и AgJ) и Na<sub>2</sub>S (образует 2 осадка черного цвета PbS и Ag<sub>2</sub>S).

2) Затем устанавливаем пробирки с Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и AgNO<sub>3</sub>. Эти вещества можно отличить друг от друга по белому осадку Pb(OH)<sub>2</sub> и бурому осадку Ag<sub>2</sub>O (действуя KOH). С остальными реактивами эти соединения дают похожие по цвету осадки – с NH<sub>4</sub>Cl белые осадки PbCl<sub>2</sub> и AgCl; с KJ желтые осадки PbJ<sub>2</sub> и AgJ; с Na<sub>2</sub>S черные осадки PbS и Ag<sub>2</sub>S.

3) Раствор KOH можно определить действием растворов Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и AgNO<sub>3</sub>.

4) В оставшейся пробирке содержится NH<sub>4</sub>Cl, который можно открыть подействовав раствором щелочи (выделившийся аммиак определяется по характерному запаху).

5) Запишем уравнения соответствующих химических реакций:



**Разбалловка: (14 баллов)**

За общую стратегию анализа (таблица или схема) – 3.5 балла,

За определение KJ и Na<sub>2</sub>S – 2 балла;

За определение Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и AgNO<sub>3</sub> – 2 балла;

За определение KOH – 1 балл;

За определение NH<sub>4</sub>Cl – 1 балл;

За уравнения реакций (по 0.5 баллов за каждое) – 4.5 балла.

## 10 КЛАСС

(продолжительность – 4 часа; общее количество баллов 100)

### Задача 1

#### Решение.

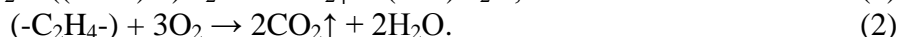
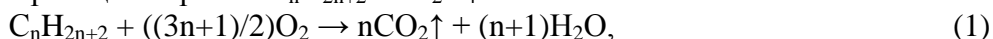
1. Представим массу смеси исходных углеводородов в виде следующей суммы:

$$m_1(C_nH_{2n+2}) + m_2(C_{n+2}H_{2(n+2)+2}) = m_3(C_nH_{2n+2}) + m_4(-C_2H_4) = 2.72 \text{ г.}$$

(Обращаем внимание на то, что  $m_3$  включает массу исходного углеводорода  $C_nH_{2n+2}$ , а также массу фрагмента  $C_nH_{2n+2}$ , соответствующего углеводороду  $C_{n+2}H_{2(n+2)+2}$  за вычетом массы фрагмента  $-C_2H_4$ , т.е.  $m_3 = m_1 + (m_2 - m_4)$ ).

2. Общее количество  $CO_2$ , образовавшегося в ходе реакции, составило  $8.36/44 = 0.19$  моль.

3. Запишем уравнения реакций горения  $C_nH_{2n+2}$  и  $-C_2H_4$ :



Согласно уравнению реакции (1) имеем:

$$\text{при сгорании } \frac{m_3}{14n+2} \text{ моль } C_nH_{2n+2} \text{ получается } x \text{ моль } CO_2,$$

$$\text{при сгорании } 1 \text{ моль } C_nH_{2n+2} \text{ получается } n \text{ моль } CO_2.$$

Отсюда имеем:

$$n \cdot m_3 = 14nx + 2x.$$

Согласно уравнению реакции (2) имеем:

$$\text{при сгорании } \frac{2.72 - m_3}{28} \text{ моль } -C_2H_4 \text{ получается } 0.19 - x \text{ моль } CO_2,$$

$$\text{при сгорании } 1 \text{ моль } -C_2H_4 \text{ получается } 2 \text{ моль } CO_2.$$

Отсюда имеем:

$$m_3 = 0.06 + 14x.$$

Решая систему уравнений, получаем, что  $n/x = 33.33$ .

4. Рассмотрим несколько случаев.

Пусть  $n=1$  (т.е. возможная смесь –  $CH_4$  и  $C_3H_8$ ), тогда  $x=0.03$ ; отсюда получаем, что  $m_3=0.48$  г, а  $m_4=2.24$  г.

В 44 г  $C_3H_8$  содержится 28 г  $-C_2H_4$ , а в  $m_2$  г  $C_3H_8$  содержится 2.24 г  $-C_2H_4$ . Отсюда  $m_2=3.52$  г.

Из полученного результата видно, что масса одного из компонентов ( $m_2(C_3H_8)=3.52$  г) больше массы всей смеси (2.72 г), что является очевидным противоречием и поэтому  $n$  не может равняться 1!

Рассуждая совершенно аналогично, нетрудно рассчитать массы компонентов для других  $n$ . Результаты расчета представим в виде таблицы:

$n$	$x$ , моль	$m_3$ , Г	$m_4$ , Г	$m_2$ , Г	$m_1$ , Г	ВЫВОД
1	0.03	0.48	2.24	3.52	<0	не подходит
2	0.06	0.90	1.82	3.77	<0	не подходит
3	0.09	1.32	1.40	3.60	<0	не подходит
4	0.12	1.74	0.98	3.01	<0	не подходит
<b>5</b>	<b>0.15</b>	<b>2.16</b>	<b>0.56</b>	<b>2.00</b>	<b>0.72</b>	<b>подходит</b>
<b>6</b>	<b>0.18</b>	<b>2.58</b>	<b>0.14</b>	<b>0.57</b>	<b>2.15</b>	<b>подходит</b>
7	0.21	3.00	<0	-	-	не подходит
8	0.24	3.42	<0	-	-	не подходит

Из приведенных в таблице данных, следует, что условиям задачи удовлетворяет только две пары углеводородов:  $C_5H_{12}$  и  $C_7H_{16}$ ;  $C_6H_{14}$  и  $C_8H_{18}$ .

5. Рассчитаем массовую долю углеводородов в исходной смеси:

а)  $\omega(C_5H_{12}) = (0.72 \text{ г } 100\%) / 2.72 \text{ г} = 26.5\%$ ,  $\omega(C_7H_{16}) = 100\% - 26.5\% = 73.5\%$ ;

б)  $\omega(C_6H_{14}) = (2.15 \text{ г } 100\%) / 2.72 \text{ г} = 79.0\%$ ,  $\omega(C_8H_{18}) = 100\% - 79\% = 21.0\%$ .

**Ответ:** а)  $\omega(C_5H_{12}) = 26.5\%$ ,  $\omega(C_7H_{16}) = 73.5\%$ ; б)  $\omega(C_6H_{14}) = 79.0\%$ ,  $\omega(C_8H_{18}) = 21.0\%$ .

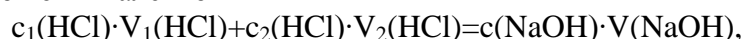
**Разбалловка: (20 баллов)**

За общую схему решения – 3 балла,  
 За определение числа молей  $CO_2$  – 1 балл  
 За составление уравнений реакции горения (по 1 баллу) – 2 балла,  
 За составление и решение системы уравнений – 5 баллов,  
 За определение формул соединений (по 2.5 балла за каждую пару) – 5 баллов,  
 За расчет массовой доли компонентов в смеси (по 2 балла за каждую пару) – 4 балла.

### Задача 2

#### Решение.

1. Используя закон эквивалентов



можно записать систему уравнений

$$\begin{cases} 7.5 \cdot c_1(\text{HCl}) + 2.5 \cdot c_2(\text{HCl}) = 7.5 \cdot c(\text{NaOH}) \\ 2.5 \cdot c_1(\text{HCl}) + 7.5 \cdot c_2(\text{HCl}) = 10.5 \cdot c(\text{NaOH}) \end{cases}$$

Решая которую, получаем  $c_1(\text{HCl}) = 0.6 c(\text{NaOH})$ ;  $c_2(\text{HCl}) = 1.2 c(\text{NaOH})$ .

2. Для нахождения искомого соотношения надо принять во внимание равенство объемов смеси кислот и щелочи:

$$\begin{aligned} c_1(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{HCl}) + c_2(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl}) &= c(\text{NaOH}) \cdot (V_1(\text{HCl}) + V_2(\text{HCl})), \\ 0.6 c(\text{NaOH}) \cdot V_1(\text{HCl}) + 1.2 c(\text{NaOH}) \cdot V_2(\text{HCl}) &= c(\text{NaOH}) \cdot (V_1(\text{HCl}) + V_2(\text{HCl})), \\ 0.6 \cdot V_1(\text{HCl}) + 1.2 \cdot V_2(\text{HCl}) &= V_1(\text{HCl}) + V_2(\text{HCl}), \\ 0.4 \cdot V_1(\text{HCl}) &= 0.2 \cdot V_2(\text{HCl}), \end{aligned}$$

Соответственно искомое соотношение объемов составляет 1:2.

**Ответ:** соотношение объемов растворов кислот составляет 1:2.

#### Разбалловка: (10 баллов)

За закон эквивалентов – 2 балла,

За составление системы уравнений – 4 балла,

За определение искомого соотношения объёмов кислот – 4 балла.

### Задача 3

При электролизе горячего водного раствора природного минерала **A** (катодное и анодное пространства не разделены) образуется вещество **B** и выделяется газ **C**. Вещество **B** при нагревании ведет себя по-разному: 1) в присутствии катализатора оно разлагается до исходного вещества **A** и газа **D**, который с газом **C** образует взрывоопасную смесь; 2) без катализатора это вещество также разлагается до вещества **A** и вещества **E**, которое умеренно растворяется в холодной воде, а его водный раствор имеет нейтральную среду. Если на вещество **B** подействовать тяжелой бурой жидкостью, то выделяется газ **F** с резким неприятным запахом, который может быть получен из вещества **A** электролизом водного раствора при условии, что катодное и анодное пространства разделены перегородкой. Назовите все указанные здесь вещества и приведите уравнения химических реакций. Объясните наблюдаемые различия в продуктах электролиза вещества **A** при различных конструкциях электролизёра.

#### Решение.

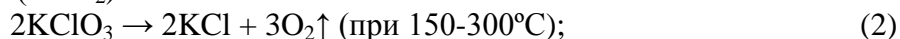
1. Минерал **A** – *сильвин*, один из самых распространенных минералов в природе. Его состав  $KCl$ . При электролизе горячего водного раствора  $KCl$  при не разделенном катодном и анодном пространствах протекает реакция:



Таким образом, веществом **B** может быть хлорат калия ( $KClO_3$ ), а газом **C** – молекулярный водород ( $H_2$ ).

При нагревании  $KClO_3$  может разлагаться по нескольким направлениям, в зависимости от условий:

- в присутствии катализатора ( $MnO_2$ ):



- в отсутствие катализатора:



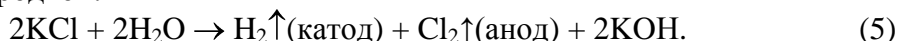
Таким образом, веществом **D** является молекулярный кислород ( $\text{O}_2$ ), который с молекулярным водородом (газ **C**) образует взрывоопасную смесь – *гремучий газ*. Веществом **E** является перхлорат калия ( $\text{KClO}_4$ ).  $\text{KClO}_4$  – умеренно растворяется в холодной воде (в отличие, например, от  $\text{NaClO}_4$ ) и не подвергается гидролизу (соль образована сильным основанием ( $\text{KOH}$ ) и сильной кислотой ( $\text{HClO}_4$ )).

Темной бурой жидкостью может быть молекулярный бром ( $\text{Br}_2$ ), который реагирует с  $\text{KClO}_3$  по схеме:

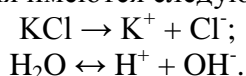


Отсюда следует, что выделяющийся газ **F** с резким неприятным запахом – молекулярный хлор ( $\text{Cl}_2$ ).

$\text{Cl}_2$  может быть получен из водного раствора  $\text{KCl}$  при условии, что катодное и анодное пространства будут разделены перегородкой:



2. В водном растворе хлорида калия имеются следующие ионы:



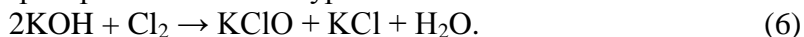
При обычной температуре электролиз протекает по схеме:

реакция на катоде:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}^0 \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$  (выделяется молекулярный водород и накапливаются ионы  $\text{OH}^-$ , образующиеся в результате диссоциации воды)

реакция на аноде:  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^0 \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow$ .

Если анодное пространство отделено перегородкой от катодного, то получаемые продукты электролиза – газообразные  $\text{H}_2$  и  $\text{Cl}_2$ .

Если анодное пространство не отделено перегородкой от катодного, то растворяющийся хлор реагирует с образовавшимся у катодного пространства  $\text{KOH}$  по уравнению:



Нагревание раствора гипохлорита калия ( $\text{KClO}$ ) до  $70^\circ\text{C}$  приводит к его разложению и образованию хлората калия:



**Ответ:** **A** -  $\text{KCl}$ ; **B** -  $\text{KClO}_3$ ; **C** -  $\text{H}_2$ ; **D** -  $\text{O}_2$ ; **E** -  $\text{KClO}_4$ ; **F** -  $\text{Cl}_2$ .

**Разбалловка: (15 баллов)**

За определение каждого из веществ (по 1 баллу) – 6 баллов,

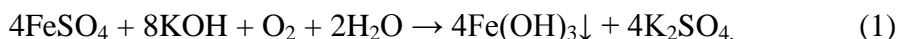
За каждое уравнение реакции (по 1 баллу) – 7 баллов,

За объяснение причин различий в продуктах электролиза  $\text{KCl}$  – 2 балла.

#### **Задача 4**

**Решение:**

1. Составим уравнения возможных реакций, протекающих между веществами в закрытом сосуде:



Из представленных уравнений реакций следует, что находящиеся в воздухе кислород и углекислый газ вступают в химические реакции, в результате чего окажутся в связанном состоянии (перейдут из газовой фазы в раствор). В газовой фазе останется только азот ( $\text{N}_2$ ).

2. Определим число молей  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{KOH}$ , взятых для реакции:

$$n(\text{FeSO}_4) = (2000 \text{ мл} \cdot 1.05 \text{ г/мл} \cdot 0.0289) / 156 \text{ (г/моль)} = 0.389 \text{ моль};$$

$$n(\text{KOH}) = 3 \text{ л} \cdot 0.4 \text{ моль/л} = 1.2 \text{ моль}.$$

3. Объём воздуха в сосуде с растворами составил 10 л – (2 л + 3 л) = 5 л.

4. Определим число молей кислорода и углекислого газа в 5 л воздуха при нормальных условиях (н.у.) ( $T=273.15 \text{ К}$ ,  $p=101325 \text{ Па}$ ). При этом учтем, что мольная доля компонентов в смеси

идеальных газов равна их объёмной доли, т.е.  $N(\text{O}_2)=V(\text{O}_2)=0.21$ ,  $N(\text{N}_2)=V(\text{N}_2)=0.78$ ,  $N(\text{CO}_2)=V(\text{CO}_2)=0.01$  (качественный и количественный состав воздуха общеизвестен и в дополнительном упоминании в условии задачи не нуждается). По уравнению Менделеева-Клапейрона определим общее число молей газов в 5 л воздуха:

$$n_{\Sigma}=P \cdot V / R \cdot T=101325 \cdot 0.005 / 8.314 \cdot 273.15=0.2231 \text{ моль.}$$

Отсюда:

$$N(\text{O}_2)=n(\text{O}_2) / n_{\Sigma}, \quad n(\text{O}_2)=N(\text{O}_2) \cdot n_{\Sigma}=0.21 \cdot 0.2231=0.0468 \text{ моль,}$$

$$N(\text{CO}_2)=n(\text{CO}_2) / n_{\Sigma}, \quad n(\text{CO}_2)=N(\text{CO}_2) \cdot n_{\Sigma}=0.01 \cdot 0.2231=0.002231 \text{ моль,}$$

$$N(\text{N}_2)=n(\text{N}_2) / n_{\Sigma}, \quad n(\text{N}_2)=N(\text{N}_2) \cdot n_{\Sigma}=0.78 \cdot 0.2231=0.1740 \text{ моль.}$$

5. Из уравнений реакций (1)-(2) следует, что на взаимодействие с 0.389 моль  $\text{FeSO}_4$  требуется 0.0973 моль  $\text{O}_2$ , что заметно больше 0.0468 моль. Т.е. кислород взят в недостатке, а значит полностью вступает в реакцию. Также видно, что  $\text{KOH}$  взят в большом избытке и поэтому  $\text{CO}_2$  также полностью вступает в реакцию. Отсюда следует, что в газовой фазе остался один азот.

6. Определим давление, соответствующее 0.174 моль  $\text{N}_2$  в 5 л при  $T=273.15 \text{ K}$ :

$$p=n \cdot R \cdot T / V=0.174 \text{ моль} \cdot 8.314 \text{ (Дж/моль} \cdot \text{K)} \cdot 273.15 \text{ K} / 0.005 \text{ м}^3=79030 \text{ Па или } 0.78 \text{ атм.}$$

**Ответ:**  $p=79030 \text{ Па}$  или  $0.78 \text{ атм}$ .

**Разбалловка: (15 баллов)**

За составление уравнений реакций (1)- (2) (по 1 баллу за каждое уравнение) – 2 балла;

За определение числа молей  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{KOH}$  (по 2 балла за каждое вещество) – 4 балла;

За расчет общего числа молей газов – 2 балла,

За определение числа молей каждого газа – 3 балла,

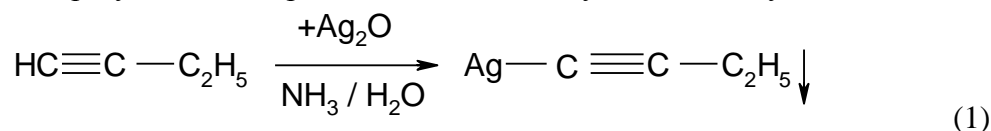
За определение избытка/недостатка компонентов в системе – 2 балла,

За расчет давления после реакции – 2 балла.

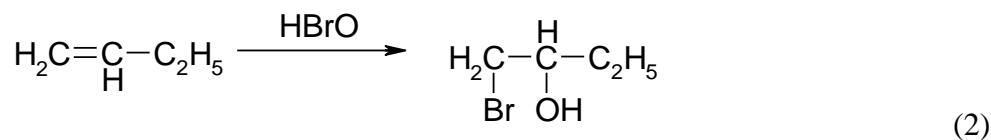
### Задание 5

**Решение.**

1. Измерим объём смеси ( $V_0$ ) при некотором давлении  $P_0$  и температуре  $T_0$ .
2. Пропустим исходную газовую смесь через водно-аммиачный раствор оксида серебра. Происходит реакция, в результате которой из газовой смеси удаляется 1-бутин:



3. Приведем оставшуюся смесь к давлению  $P_0$  и температуре  $T_0$  и измерим её объём  $V_1$ .
4. Пропустим оставшуюся смесь через бромную воду, при этом из газовой фазы удаляется 1-бутен:



5. После приведения конечной газовой фазы к давлению  $P_0$  и  $T_0$  измерим объём оставшегося бутана ( $V_2$ ).
6. Рассчитаем объёмные доли компонентов в исходной смеси:

$$\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{V_2}{V_0}; \quad \varphi(\text{C}_4\text{H}_6) = \frac{(V_0 - V_1)}{V_0}; \quad \varphi(\text{C}_4\text{H}_8) = 1 - \varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) - \varphi(\text{C}_4\text{H}_6).$$

**Разбалловка: (15 баллов)**

За общую стратегию решения - 5 баллов;

За уравнения реакции (по 1 баллу за каждое)- 2 балла;

За определение объёмной доли  $n$ -бутана – 4 балла;

За определение объёмной доли 1-бутина – 3 балла;

За определение объёмной доли 1-бутена – 1 балл.

### Задача 6

#### Решение.

1. Под данное описание подходит элемент (**X**) сера (**S**). Сера образует свыше 10 кислот, некоторые из которых приведены ниже:

$H_2S$  – сероводородная кислота (соли - *сульфиды*);

$H_2SO_3$  – сернистая кислота (соли - *сульфиты*);

$H_2SO_4$  – серная кислота (соли - *сульфаты*);

$H_2S_2O_3$  – тиосерная кислота (соли - *тиосульфаты*);

$H_2S_2O_7$  – дисерная кислота (соли - *дисульфаты*);

$H_2S_2O_8$  – пероксодисерная кислота (соли – *пероксодисульфаты*);

$H_2SO_5$  – пероксомономерная (надсерная, кислота Каро) кислота (соли – *пероксомоносульфаты*)

$H_2S_n$  – группа *сульфанов* (получены для  $n$  от 1 до 8) (соли - *полисульфиды*);

$H_2S_2O_2$  - *тиосернистая* кислота (соли - *тиосульфиты*);

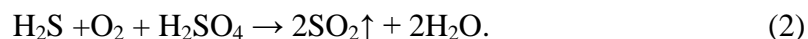
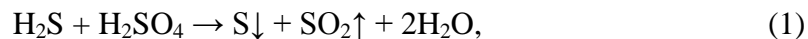
$H_2S_nO_6$  – *политионовые* кислоты ( $n \geq 2$ ) (соли - *политионаты*);

$H_2SO_2$  – *сульфоксилов*ая кислота (соли - *сульфоксилаты*);

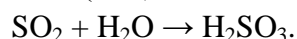
$H_2S_2O_4$  – *гидросернистая* (дитионистая) кислота (соли – *гидросульфиты* (*дитиониты*));

(Приведен не полный список, однако это основной список кислот, на который нужно ориентироваться при проверке этой части задания)

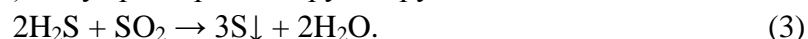
2. Веществами **A** и **B** могут быть сероводород ( $H_2S$ ) и серная кислота ( $H_2SO_4$ ). Между ними возможны реакции:



Таким образом, вещество **C** – сернистый газ ( $SO_2$ ), являющийся ангидридом сернистой кислоты:



Сероводород (**A**) и сернистый газ (**C**) могут реагировать друг с другом:



Здесь возможна также реакция:



Серная кислота (**B**) и сернистый газ (**C**) не взаимодействуют друг с другом.

**Ответ:** **X** – сера, **A** – сероводород, **B** – серная кислота, **C** – сернистый газ; кислоты – см. в решении.

#### Разбалловка: (12 баллов)

За определение элемента – 3 балла,

За определение веществ **A**, **B** и **C** (по 1 баллу за каждое вещество) – 3 балла,

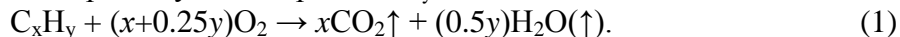
За примеры кислот, образуемых серой (по 0.5 балла за каждую кислоту, но не более 6) – 3 балла,

За уравнения реакций (1)–(3) (по 1 баллу за каждую реакцию) – 3 балла.

### Задача 7

#### Решение:

1. Запишем уравнение реакции горения углеводорода  $C_xH_y$  в общем виде:



Равенство суммарного давления исходных веществ суммарному давлению продуктов реакции означает равенство суммы числа молей газообразных исходных веществ и суммы числа молей газообразных продуктов реакции:

$$n(\text{газообразные исходные вещества})=n(\text{продукты газообразные}).$$

2. Рассмотрим 1-й случай, когда  $t < 100^\circ\text{C}$ . В этом случае вода является жидкостью и поэтому не вносит вклад в суммарное давление продуктов реакции. Исходя из уравнения (1) можно получить:

$$1 + (x + 0.25y) = x.$$

Решая это уравнение находим, что  $y = -4 < 0$ , что не имеет смысла. Поэтому для случая 1 таких углеводородов нет!

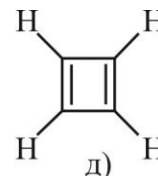
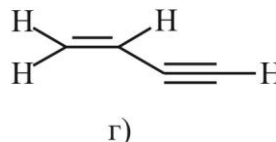
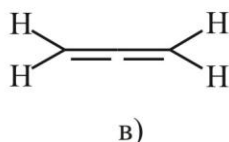
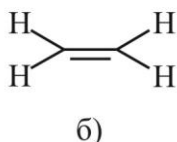
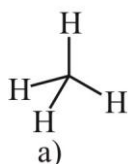
3. Рассмотрим 2-й случай, когда  $t > 100^\circ\text{C}$ . В этом случае вода является паром и поэтому вносит вклад в суммарное давление продуктов реакции. С учетом этого из уравнения (1) получаем:

$$1 + (x + 0.25y) = x + 0.5y.$$

Решая это уравнение находим, что  $y = 4$ . Отсюда получаем общую формулу углеводородов:  $\text{C}_x\text{H}_4$ .

4. Общей формуле  $\text{C}_x\text{H}_4$  отвечают следующие углеводороды:

- а)  $\text{CH}_4$  – метан;
- б)  $\text{C}_2\text{H}_4$  – этен (этилен);
- в)  $\text{C}_3\text{H}_4$  – пропadiен (аллен);
- г)  $\text{C}_4\text{H}_4$  – винулацетилен;
- д)  $\text{C}_4\text{H}_4$  – циклобутадиен.



(также можно ещё указать пропин ( $\text{C}_3\text{H}_4$ ), тетраэдран ( $\text{C}_4\text{H}_4$ ), 1,2-дегидробензол ( $\text{C}_5\text{H}_4$ ) и др.)

При описании химических свойств соединений достаточно указать типы химических реакций, в которые они вступают и отметить реакционно-способные центры в молекулах этих соединений.

**Разбалловка: (13 баллов)**

- За правильное понимание связи давления с числом молей газообразных веществ – 2 балла,
- За решение и вывод в случае 1 – 1.5 балла,
- За решение и вывод в случае 2 – 1.5 балла,
- За указание веществ (по 1 баллу за каждое но не больше 5) – 5 баллов;
- За структурные формулы веществ (по 0.3 балла за каждое вещество) – 1.5 балла,
- За краткое описание химических свойств соединений (по 0.3 балла за каждое вещество) – 1.5 балла.



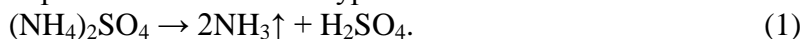
## 11 КЛАСС

(продолжительность – 4 часа; общее количество баллов 114)

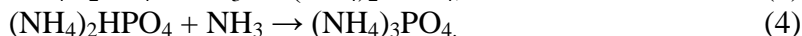
### Задача 1

#### Решение:

При нагревании сульфата аммония он разлагается согласно уравнению:



Выделившийся аммиак реагирует с фосфорной кислотой согласно уравнениям реакций:



По условию задачи аммиак, образовавшийся при разложении 5.28 г, или  $5.28/132=0.04$  моль (132 г/моль – молекулярная масса  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), сульфата аммония, прореагировал с фосфорной кислотой, содержащейся в 200 мл 0.25 М раствора. Из уравнения реакции разложения сульфата аммония (1) видно, что при разложении 1 моль  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  образуются 2 моль аммиака, а при разложении 0.04 моль  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  образуются 0.08 моль аммиака. В 200 мл, или 0.2 л, 0.25 М раствора содержалось  $0.25 \cdot 0.2 = 0.05$  моль фосфорной кислоты.

Из уравнений реакций (2)-(4) нейтрализации фосфорной кислоты аммиаком видно, что имеющегося в наличии аммиака достаточно для превращения фосфорной кислоты полностью в дигидрофосфат и частично в гидрофосфат.

Из уравнения реакции нейтрализации (2) видно, что 1 моль фосфорной кислоты реагирует с 1 моль аммиака с образованием 1 моль дигидрофосфата аммония, а 0.05 моль фосфорной кислоты прореагирует с 0.05 моль аммиака с образованием 0.05 моль дигидрофосфата аммония. Оставшиеся 0.03 моль ( $0.08-0.05=0.03$ ) аммиака будут реагировать с дигидрофосфатом аммония с образованием гидрофосфата.

Из уравнения реакции нейтрализации фосфорной кислоты (3) видно, что 1 моль аммиака реагирует с 1 моль дигидрофосфата с образованием 1 моль гидрофосфата аммония, а 0.03 моль аммиака прореагируют с 0.03 моль дигидрофосфата аммония с образованием 0.03 моль, или  $0.03 \cdot 132=3.96$  г (132 г/моль – молекулярная масса  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ), гидрофосфата аммония, которые будут находиться в смеси с 0.02 моль ( $0.05-0.03=0.02$ ), или  $0.02 \cdot 115=2.30$  г, дигидрофосфата аммония (115 г/моль – молекулярная масса  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ).

Таким образом, в результате реакции образуются 3.96 г гидрофосфата аммония  $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$  и 2.3 г дигидрофосфата аммония  $(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4)$ .

#### Разбалловка: (15 баллов)

За написание уравнений реакций (1)-(4) (по одному баллу) – 4 балла,

За расчет количества фосфорной кислоты – 1 балл,

За определение соли и её количества (по 5 баллов) – 10 баллов.

### Задача 2

#### Решение:

1. Исходя из условия задачи следует, что речь идет об электролизе раствора сульфата одного из металлов средней активности, для которых на катоде характерно одновременное выделение чистых металлов и молекулярного водорода. Запишем схемы реакций, протекающих на катоде:



2. Определим число молей электронов, пропущенный через раствор (имеем ввиду, что 1 ч = 3600 с):

$$n(\bar{e}) = I(\text{A}) \cdot t(\text{с}) / F(\text{Кл/моль}) = 268 \cdot 3600 / 96480 = 10 \text{ моль.}$$

3. Исходя из уравнения реакции (2) определим количество молей электронов, необходимых для получения 11.2 л (или 0.5 моль) водорода:

2 моль водорода образуются при расходе 4 моль  $\bar{e}$ ,

0.5 моль водорода образуются при расходе  $x$  моль  $\bar{e}$ .

Отсюда следует, что на получение 0.5 моль водорода требуется 1 моль  $\bar{e}$ . Таким образом, на восстановление катиона неизвестного двухвалентного металла было затрачено 9 моль  $\bar{e}$ .

4. Из уравнения реакции (1) следует, что на восстановление 1 моль Me требуется 2 моль  $\bar{e}$ . Исходя из п.3, количество Me, восстановленного на катоде, составляет 4.5 моль. Таким образом, атомная масса выделившегося металла составляет  $265.5 \text{ г}/4.5 \text{ моль} = 59 \text{ г/моль}$ . Искомый двухвалентный металл – никель (Ni).

5. Определим выход продуктов по току:

10 моль  $\bar{e}$  соответствуют 100%,

1 моль  $\bar{e}$ , затраченных на восстановление водорода – у%.

Откуда  $u=10\%$ . Т.е. выход водорода по току составляет 10%. Следовательно выход никеля по току составляет  $100\% - 10\% = 90\%$ .

**Ответ:** сульфат никеля ( $\text{NiSO}_4$ ); выход водорода – 10%, выход никеля – 90%.

**Разбалловка: (15 баллов)**

За составление уравнений реакций (1) и (2) (по 1.5 балла за каждое уравнение) – 3 балла,

За определение числа молей электронов – 4 балла,

За определение числа молей, необходимых для восстановления водорода и никеля – 4 балла,

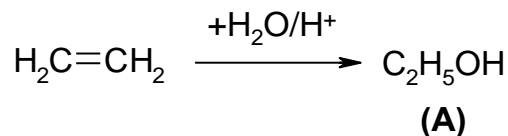
За определение двухвалентного металла – 2 балла,

За определение выхода продуктов по току – 2 балла.

### Задача 3

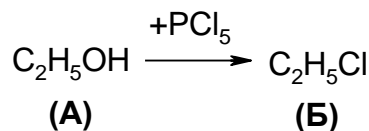
**Решение:**

1)



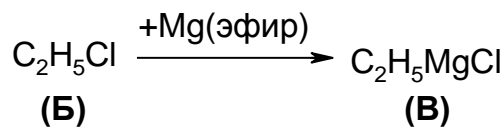
Вещество А – этанол.

2)



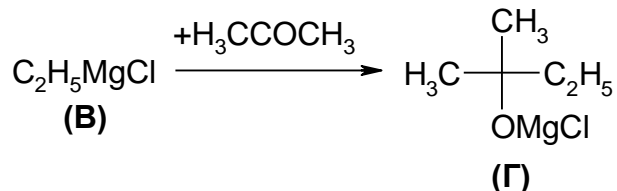
Вещество Б – хлорэтан.

3)



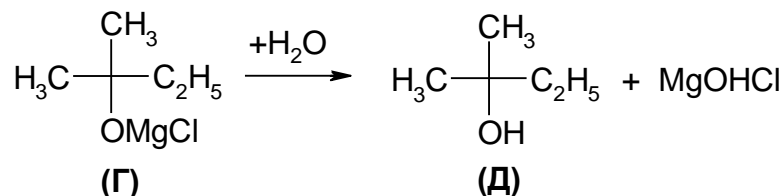
Вещество В – этилмагнийхлорид.

4)



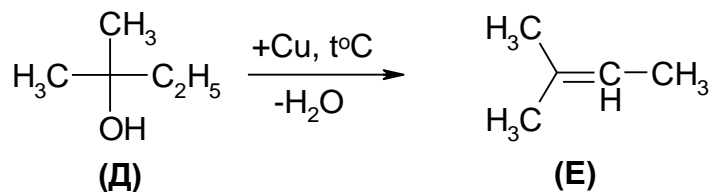
Вещество Г – 2-метил-2-бутоксимагнийхлорид.

5)



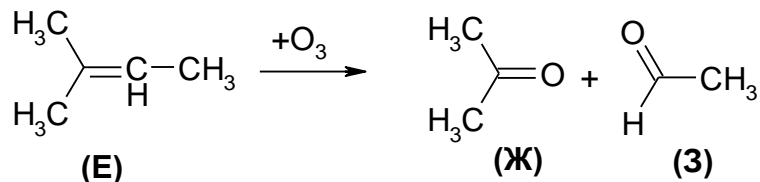
Вещество *Д* – 2-метилбутан-2-ол.

6)



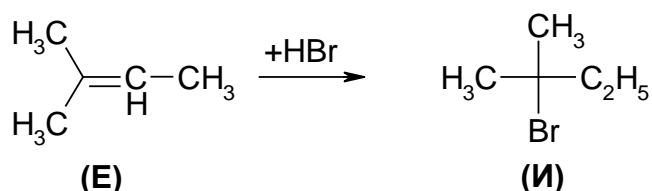
Вещество *Е* – 2-метилбутен-2.

7)



Вещество *Ж* – диметилкетон (ацетон); *З* – уксусный альдегид (ацетальдегид).

8)



Вещество *И* – 2-бром-2-метилбутан.

**Разбалловка: (20 баллов)**

За правильное составление уравнений реакций (по 2 балла за каждое уравнение) – 16 баллов;

За правильное название веществ *А*, *Б*, *В*, *Г*, *Д*, *Е*, *Ж*, *З* и *И* (по 0.5 балла за каждое соединение) – 4 балла (в сумме получается 4.5, названием спирта можно пренебречь).

#### Задача 4

**Решение:**

Решение этой задачи удобно начинать с конца, подробно рассматривая горение газов *2*, *4* и *7*.

1. При сгорании газа *4* получается только жидкость *10*. Скорее всего речь идет о горении водорода:



Таким образом газ *4* – водород ( $\text{H}_2$ ), жидкость *10* – вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

2. При сгорании газа *7* получается газ *8*, которые (судя по другим условиям задачи) могут являться оксидами углерода:



Таким образом газ *7* – окись углерода ( $\text{CO}$ ), газ *8* – двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ).

3. Газы  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  выделяются совместно, при действии концентрированной серной кислоты на щавелевую кислоту или её соли (оксалаты):



Таким образом, веществом *6* может быть оксалат калия ( $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ).

4. Оксалат калия может быть получен путем прокаливании формиата калия ( $\text{HCOOK}$ ), в результате чего выделяется водород (*4*):



При действии на формиат калия серной кислоты выделяется окись углерода (газ *7*):



Таким образом, веществом *3* может быть формиат калия ( $\text{HCOOK}$ ). Важно подчеркнуть, что это действие задачи позволяет однозначно сделать вывод о правильности нашего хода рассуждений, поскольку выделяющийся в реакции (4) газ – водород полностью удовлетворяет всем приведенным выше рассуждениям!

5. Сплавление формиата калия со щелочью приводит к образованию карбоната калия ( $K_2CO_3$ ) и выделению водорода:

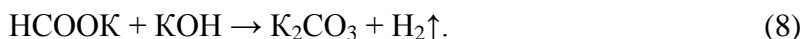


Действие серной кислоты на карбонат калия приводит к выделению двуокси углерода (газ 8):



Таким образом, веществом 5 является карбонат калия ( $K_2CO_3$ ).

6. Сплавление формиата калия со щелочью приводит к образованию карбоната калия (соединение 5) и выделению водорода (газ 4):

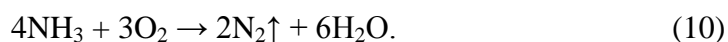


7. Формиат калия может быть получен действием щелочи на формиат аммония ( $HCOONH_4$ ), в результате чего выделяется газ 2 – аммиак ( $NH_3$ ):



Таким образом, веществом 1 может быть формиат аммония ( $HCOONH_4$ ).

8. Аммиак – газ 2 – горит в кислороде с выделением азота (газ 9) и образованием жидкой воды:



Таким образом, веществом 9 является азот  $N_2$ .

**Ответ:** 1 -  $HCOONH_4$ ; 2 -  $NH_3$ ; 3 -  $HCOOK$ ; 4 -  $H_2$ ; 5 -  $K_2CO_3$ ; 6 -  $K_2C_2O_4$ ; 7 -  $CO$ ; 8 -  $CO_2$ ; 9 -  $N_2$ ; 10 -  $H_2O$ .

**Разбалловка: (15 баллов)**

За определение и название веществ (по 1 баллу за каждое вещество) – 10 баллов,

За составление уравнений реакций (по 0.5 балла за каждую реакцию) – 5 баллов.

### Задача 5

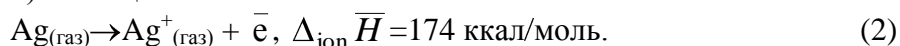
**Решение:**

1. Рассчитаем энергию кристаллической решетки фторида серебра ( $AgF_{(кр)}$ ).

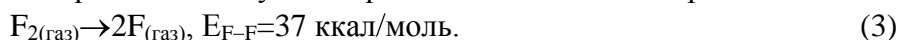
Теплотой атомизации ( $\Delta_{ат} \bar{H}$ , ккал/моль) называется тепловой эффект процесса перевода атомов из конденсированной фазы в газообразное состояние:



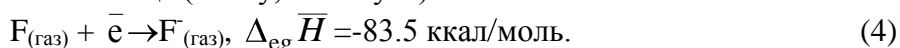
Теплотой ионизации ( $\Delta_{ион} \bar{H}$ , ккал/моль) называется тепловой эффект процесса отрыва электрона(ов) от газообразной нейтральной (первый потенциал ионизации) или заряженной (второй, третий и т.д. потенциалы ионизации) частицы:



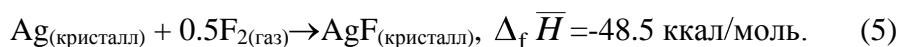
Энергией связи ( $E_{A-B}$ , ккал/моль) называется тепловой эффект процесса гомолитического разрыва данной химической связи в газообразной молекуле с образованием свободных радикалов:



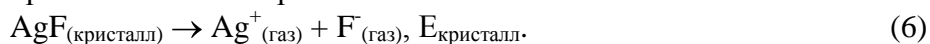
Сродством к электрону ( $\Delta_{ег} \bar{H}$ , ккал/моль) называется тепловой эффект присоединения электрона к нейтральной газообразной частице (атому, молекуле):



Стандартной теплотой (энтальпией) образования ( $\Delta_f \bar{H}$ , ккал/моль) называется тепловой эффект реакции получения одного моля сложного соединения из базисных форм химических элементов:



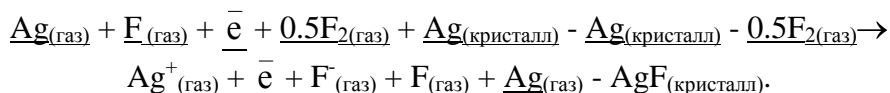
Энергией кристаллической решетки ( $E_{кристалл}$ , ккал/моль) называется энергия, необходимая для разрушения кристаллической решетки на газообразные ионы:



Комбинируя приведенные выше термохимические уравнения (1)-(5), получаем уравнение (6). Указанная комбинация имеет вид:

$$2) + 4) + 0.5 \cdot 3) + 1) - 5) = 6).$$

или



(подчеркнуты те компоненты, которые сокращаются при записи суммарного уравнения).

После подстановки величин тепловых эффектов, получаем:

$$E_{\text{кристалл}} = \Delta_{\text{ион}} \bar{H} + \Delta_{\text{ег}} \bar{H} + 0.5 \cdot E_{\text{F-F}} + \Delta_{\text{ат}} \bar{H} - \Delta_{\text{ф}} \bar{H} =$$

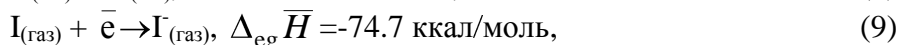
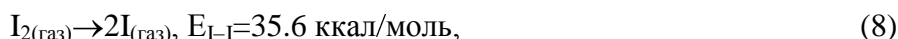
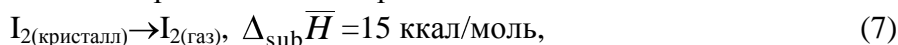
$$= 174 - 83.5 + 0.5 \cdot 37 + 66 + 48.5 = 223.5 \text{ ккал/моль}.$$

Таким образом, энергия кристаллической решетки AgF равна 223.5 ккал/моль.

2. Рассчитаем энергию кристаллической решетки иодида серебра (AgI<sub>(кр)</sub>).

Рассуждаем абсолютно аналогично тому, как и в случае AgF, с тем лишь дополнением, что в случае AgI необходимо учесть сублимацию кристаллического иода:

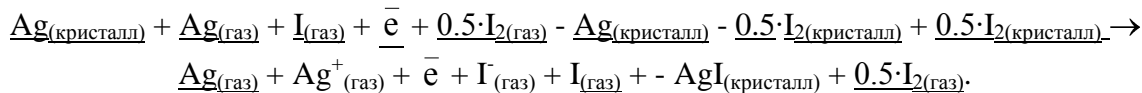
*теплотой сублимации* ( $\Delta_{\text{суб}} \bar{H}$ , ккал/моль) называется тепловой эффект процесса перевода молекулы из твердого состояния в состояние равновесного пара:



Комбинируя уравнения (1)-(2) и (7)-(10), получаем уравнение (11). Указанная комбинация имеет вид:

$$1) + 2) + 9) + 0.5 \cdot 8) - 10) + 0.5 \cdot 7) = 11).$$

или



(подчеркнуты те компоненты, которые сокращаются при записи суммарного уравнения).

После подстановки величин тепловых эффектов, получаем:

$$E_{\text{кристалл}} = \Delta_{\text{ат}} \bar{H} + \Delta_{\text{ион}} \bar{H} + \Delta_{\text{ег}} \bar{H} + 0.5 \cdot E_{\text{I-I}} - \Delta_{\text{ф}} \bar{H} + 0.5 \cdot \Delta_{\text{суб}} \bar{H} =$$

$$= 66 + 174 - 74.7 + 0.5 \cdot 35.6 + 14.9 + 0.5 \cdot 15 = 205.5 \text{ ккал/моль}.$$

Таким образом, энергия кристаллической решетки AgI равна 205.5 ккал/моль.

Сравнивая полученные значения видно, что  $E_{\text{кристалл}}(\text{AgF}) > E_{\text{кристалл}}(\text{AgI})$ , т.е. более прочную кристаллическую решетку имеет AgF.

**Ответ:**  $E_{\text{кристалл}}(\text{AgF}) = 223.5$  ккал/моль;  $E_{\text{кристалл}}(\text{AgI}) = 205.5$  ккал/моль.

**Разбалловка: (20 баллов)**

За правильную интерпретацию физических констант (по одному баллу) – 7 баллов,

За составление термохимических уравнений (1)-(7) (по одному баллу) – 7 баллов,

За расчет энергий кристаллической решетки (по 2.5 балла) – 5 баллов,

За правильный вывод об относительной прочности кристаллических решеток – 1 балл.

### Задача 6

**Решение:**

1. Определим массу альдегидов-гомологов в 2 г полученного раствора:

а) масса полученного раствора:

$$m_{\text{р-р}}(\text{альдегид 1} + \text{альдегид 2} + \text{растворитель}) = m_1 + m_2 + m_3 = 23 \text{ г} + 77 \text{ г} + 19 \text{ г} = 119 \text{ г};$$

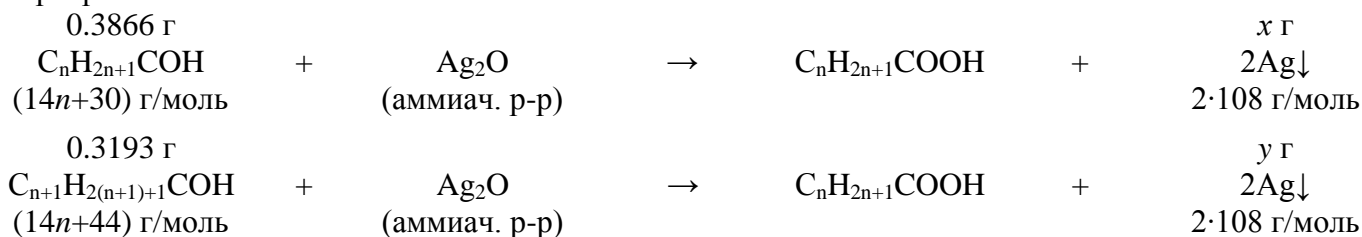
б) определим массовую долю альдегида 1 и альдегида 2:

$$\omega_1 = m_1 / m_{\text{р-р}} = 23 \text{ г} / 119 \text{ г} = 0.1933; \quad \omega_2 = m_2 / m_{\text{р-р}} = 77 \text{ г} / 119 \text{ г} = 0.6471;$$

в) определим массы альдегидов, содержащихся в 2 г раствора:

$$m_1' = \omega_1 \cdot 2 \text{ г} = 0.3866 \text{ г}; m_2' = \omega_2 \cdot 2 \text{ г} = 0.3193 \text{ г}.$$

2. Запишем уравнения реакций взаимодействия альдегидов с аммиачным раствором оксида серебра:

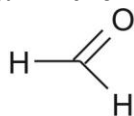


3. Составим систему уравнений и определим  $n$ :

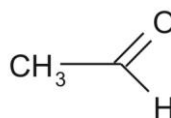
$$\begin{aligned} x + y &= 4.35 \text{ г}, \\ \frac{2 \cdot 108 \cdot 0.3866}{14n + 30} + \frac{2 \cdot 108 \cdot 0.3193}{14n + 44} &= 4.35; \\ \frac{108 \cdot 0.3866}{7n + 15} + \frac{108 \cdot 0.3193}{7n + 22} &= 4.35; \\ \frac{0.3866}{7n + 15} + \frac{0.3193}{7n + 22} &= 0.04028; \\ \frac{3866}{7n + 15} + \frac{3193}{7n + 22} &= 40.28; \end{aligned}$$

Решая полученное уравнение, находим  $n = 0$ . Искомые вещества: метаналь ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) и этаналь ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ).

4. Структурные формулы искомых альдегидов:



метаналь (муравьиный альдегид)



этаналь (уксусный альдегид)

**Разбалловка: (14 баллов)**

За определение массы альдегидов в растворе – 5 баллов,

За уравнения реакций (по 1 баллу за каждое уравнение) – 2 балла,

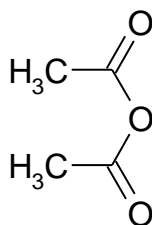
За определение числа атомов С в первом гомологе - 6 баллов,

За структурные формулы соединений (по 0.5 баллов за каждое соединение) – 1 балл.

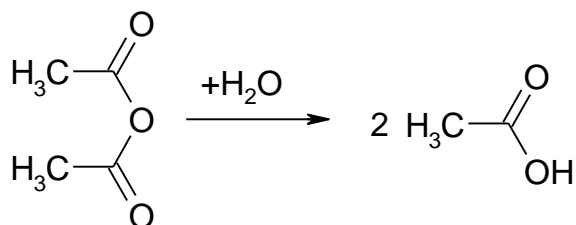
**Задача 7**

**Решение:**

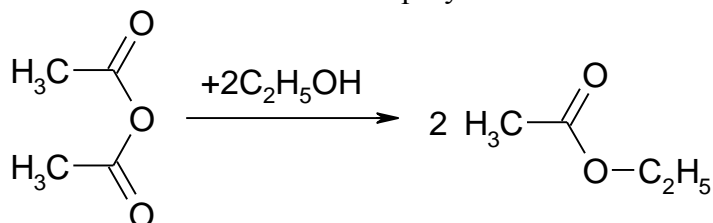
1. Вещество, удовлетворяющее перечисленным выше характеристикам – уксусный ангидрид. Его структурная формула:



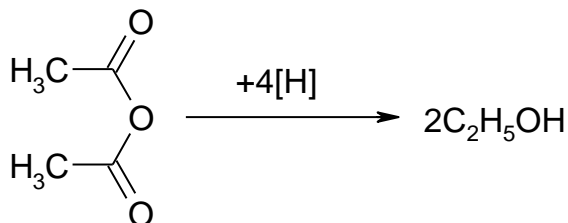
2. Уксусный ангидрид легко гидролизуется с образованием 2 молей уксусной кислоты (реакция среды кислая):



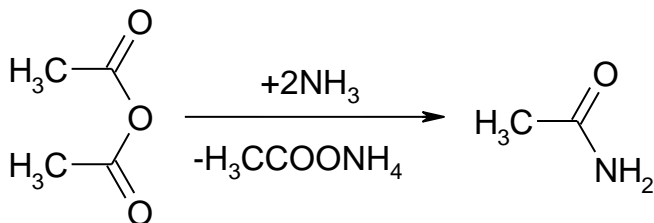
3. При взаимодействии с 2 молями этанола образуется 2 моль этилацетата:



4. При восстановлении этилацетата сильными восстановителями образуется 2 моль спирта:



5. При взаимодействии уксусного ангидрида с аммиаком получается аминокислота – глицин, содержащаяся во многих белках как растительного, так и животного происхождения:



**Ответ:** уксусный ангидрид ((CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O).

**Разбалловка: (15 баллов)**

За установление формулы вещества - 7 баллов,

За составление уравнений реакций (по 2 балла за каждое) – 8 баллов.