

**Решение заданий Всероссийской олимпиады школьников по химии**  
**(муниципальный этап)**  
**11 класс**  
**2021-2022 учебный год**

**Задача 11-1**

В состав солей входят катионы и анионы электронная структура которых описывается одной и той же формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ . Какую окраску будет иметь лакмус в растворах этих солей? Рассмотрите возможные варианты, напишите соответствующие уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.

**Всего: 10 баллов**

**Решение**

Катионы с формулой  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  -  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sc^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$

Анионы с формулой  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  -  $Cl^-$ ,  $S^{2-}$ ,  $P^{3-}$

Соли, растворы которых имеют нейтральную реакцию среды (лакмус - фиолетовый):  
**KCl**, **CaCl<sub>2</sub>**, **Sc<sub>2</sub>S<sub>3</sub>** (из-за нерастворимости), **TiS<sub>2</sub>** (из-за нерастворимости), фосфид титана(IV) не известен, фосфид скандия не известен.

Соли, растворы которых имеют кислую реакцию среды (лакмус - красный):  
**ScCl<sub>3</sub>**, **TiCl<sub>4</sub>**



Соли, растворы которых имеют щелочную реакцию среды (лакмус - синий):  
**K<sub>2</sub>S**, **CaS**, **K<sub>3</sub>P**, **Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub>**



**За каждую соль с указанием окраски лакмуса по 0,5 балла** **до 5,0 баллов**

**За каждое уравнение по 0,5 балла** **до 3 баллов**

**За ионные уравнения гидролиза** **до 2 баллов**

**Всего: 10 баллов.**

**Задача 11-2**

Сколько энергии выделится при прокаливании 29 г эквимолярной смеси кальция, графита и карбида кальция, если при образовании 1 моля карбида кальция выделяется 62,7 кДж теплоты? Напишите уравнение взаимодействия карбида кальция с концентрированной азотной кислотой.

**Всего: 6 баллов**

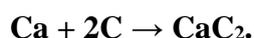
### Решение

По условию задачи  $n(\text{Ca}) = n(\text{C}) = n(\text{CaC}_2)$ .

Пусть  $n = x$  моль, тогда масса смеси составляет:

$$m = x * 40 + x * 12 + x * 64 = 29 \text{ (г)}, \text{ откуда } x = 0,25 \text{ моль.}$$

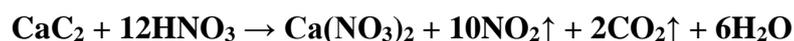
При прокаливании смеси идет реакция:



Из уравнения реакции следует, что графит в недостатке, поэтому из 0,25 моль графита образуется 0,125 моль  $\text{CaC}_2$ , отсюда количество теплоты:

$$Q = 0,125 \text{ моль} * 62,7 \text{ кДж/моль} = 7,85 \text{ кДж.}$$

Уравнение окисления карбида кальция концентрированной азотной кислотой:



За расчет количества веществ	1 балл
За уравнение реакции образования $\text{CaC}_2$ .	1 балл
За определение «избытка – недостатка»	1 балл
За расчет выделяющейся энергии	2 балл
За уравнение окисления $\text{CaC}_2$	1 балл
<b>Всего: 6 баллов</b>	

### Задача 11-3

В склянках с испорченными этикетками находятся растворы соляной кислоты, аммиака, пропионовой кислоты, этиламина и глицина одинаковой молярной концентрации. Как, используя только универсальную индикаторную бумагу, распознать вещества? Расположите растворы веществ в порядке увеличения pH.

**Всего: 10 баллов.**

### Решение

Растворы кислот будут иметь кислую реакцию среды. В растворе сильной соляной кислоты pH будет меньше, чем – слабой пропионовой.

Раствор глицина или аминокислоты будет иметь значение pH близкое к 7, так как аминокислота в кристаллическом состоянии или в водном растворе существует в виде внутренней соли.

Растворы аммиака и этиламина будут иметь щелочную реакцию среды. Раствор этиламина имеет большее значение pH, чем раствор аммиака из-за положительного индукционного эффекта этильного радикала.

Следовательно, можно выстроить ряд в порядке увеличения pH:



Формулы веществ по 0,5 балла	до 2,5 баллов
Определения реакции среды в каждом растворе по 0,5 балла	до 2,5 баллов
Сравнение силы кислот с объяснением	1 балл
Объяснение нейтральности раствора глицина	1балл
Построение ряда	до 3 баллов
	<b>Всего: 10 баллов.</b>

### Задача 11-4

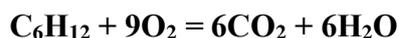
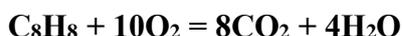
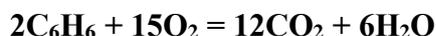
В избытке кислорода сожгли 0,512 г смеси бициклогексадиена, стирола и гексена-2. Продукты сгорания были пропущены последовательно через трубку с фосфорным ангидридом и сосуд, содержащий 17,51 мл 16,25 % раствора гидроксида калия (плотность раствора равна 1,142 г/мл). Масса трубки при этом возросла на 0,504 г.

1. Напишите уравнения произошедших реакций.
2. Вычислите массовые доли соединений, содержащихся в растворе после окончания поглощения продуктов сгорания.

**Всего: 10 баллов.**

### Решение

Сгорание компонентов смеси происходит по уравнениям:



При этом весь водород, входивший в состав углеводородов, образовал воду, а углерод - углекислый газ. Пары образовавшейся воды поглощаются фосфорным ангидридом:



По условию, было поглощено 0,504 г воды, содержащей  $0,504 \text{ г} \cdot \frac{2}{18} = 0,056 \text{ г}$  водорода.

В состав углеводородной смеси входило  $0,512 - 0,056 = 0,456 \text{ г}$  углерода и, соответственно, было получено углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{C}) = 0,456/12 = 0,038 \text{ моль.}$$

При поглощении  $\text{CO}_2$  раствором щелочи могут происходить реакции:





Взятый раствор содержит  $n(\text{KOH}) = 17,51 \cdot 1,142 \cdot 16,25 / (56 \cdot 100) = 0,058$  моль **KOH** ( $M = 56$ ).

По уравнению реакции (1), с 0,058 моль **KOH** прореагирует 0,029 моль **CO**<sub>2</sub>. При этом образуется 0,029 моль **K**<sub>2</sub>**CO**<sub>3</sub>, и останется  $0,038 - 0,029 = 0,009$  моль **CO**<sub>2</sub>.

Эти 0,009 моль **CO**<sub>2</sub> с 0,029 моль **K**<sub>2</sub>**CO**<sub>3</sub> по уравнению (2) дадут 0,018 моль **KHCO**<sub>3</sub> ( $M = 100$ ), или 1,8 г.

В растворе останется  $0,029 - 0,009 = 0,020$  моль **K**<sub>2</sub>**CO**<sub>3</sub> ( $M = 138$ ) массой 2,76 г.

Масса исходного раствора  $17,51 \cdot 1,142 = 20$  г возрастает на массу поглощенного **CO**<sub>2</sub> ( $M = 44$ ):

$$m(\text{CO}_2) = 0,038 \cdot 44 = 1,67 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 20 + 1,67 = 21,67 \text{ г.}$$

Массовые доли веществ в растворе:

$$\omega(\text{KHCO}_3) = 1,8 / 21,67 = 0,083, \text{ или } 8,3\%;$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2,76 / 21,67 = 0,127, \text{ или } 12,7\%.$$

**За уравнения реакций по 1 баллу**

**до 6 баллов**

**За определение количеств веществ KOH и CO<sub>2</sub> по 1 баллу**

**до 2 баллов**

**Расчет массовых долей KHCO<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> по 1 баллу**

**до 2 баллов**

**Всего: 10 баллов.**

### Задача 11-5

Напишите структурные формулы углеводородов, массовая доля водорода в которых 0,0769 и обладающих следующими свойствами:

не реагирует с водным раствором перманганата калия и бромной водой, легко хлорируется при освещении;

легко реагирует с водным раствором перманганата калия и бромной водой, окисляется раствором перманганата калия при нагревании до бензойной кислоты;

неароматическое вещество, реагируя с бромом, превращается в ароматическое соединение, при окислении которого образуется терефталевая кислота;

неароматическое вещество, реагируя с бромом, превращается в ароматическое соединение, при окислении которого образуется фталевая кислота;

соединение легко вступает в реакции окисления и присоединения, реагирует с аммиачным раствором оксида серебра.

**Всего: 13 баллов**

### Решение

Пусть формула углеводорода **C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>**,

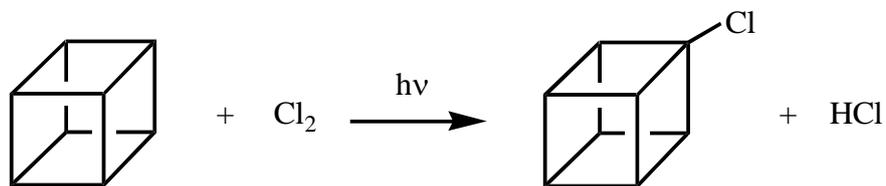
$$\text{тогда } x(\text{C}) : y(\text{H}) = (100 - 7,69) / 12 : 7,69 / 1 = 7,69 : 7,69 = 1 : 1.$$

Простейшая формула **CH**.

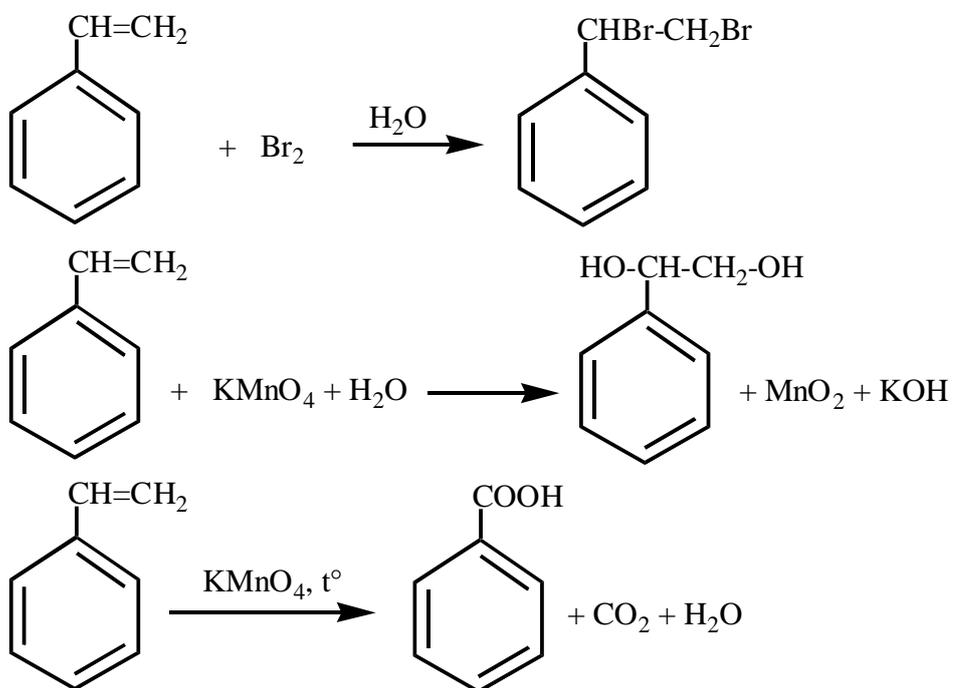
Подсказка о молекулярной формуле содержится во 2 утверждении. Соединение окисляется до бензойной кислоты, следовательно, содержит бензольное кольцо, связанное с углеводородным радикалом.

Вещество легко реагирует с водным раствором перманганата калия и бромной водой - в радикале есть двойная связь. Этим условиям отвечает стирол, молекулярная формула которого  $C_8H_8$

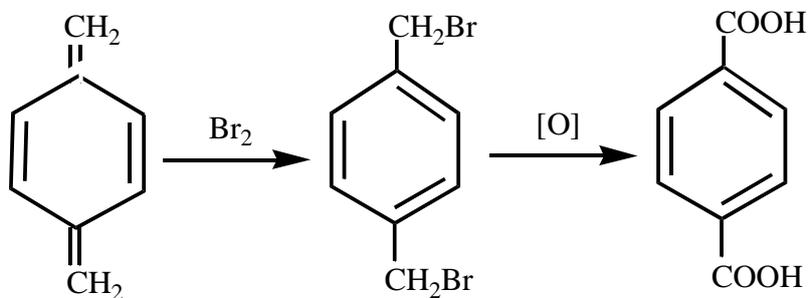
### 1. Кубан



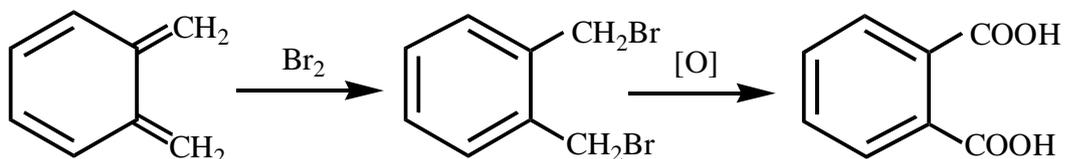
### 2. Стирол



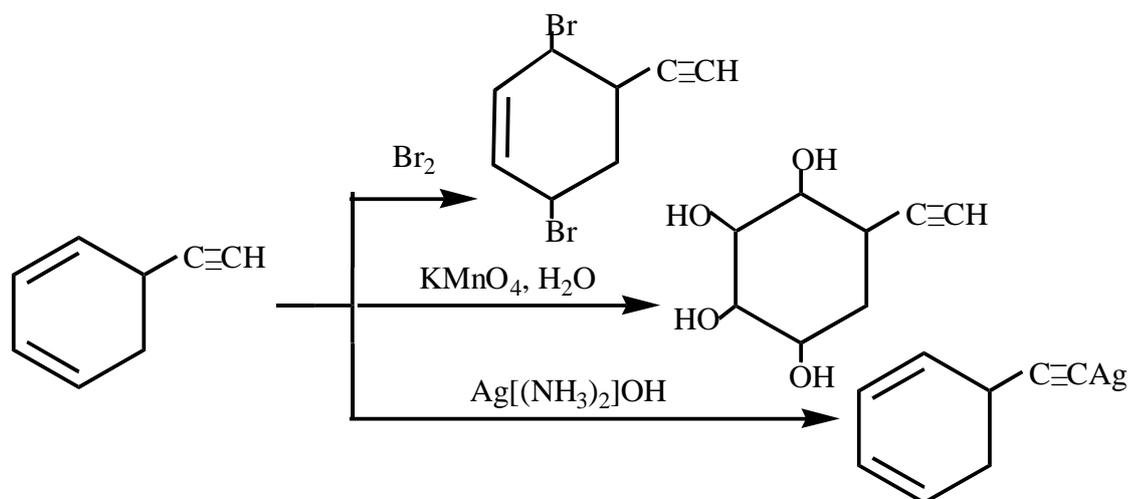
### 3.



### 4.



5. Таких соединений может быть достаточно много, например:



За определение простейшей формулы  
За определение молекулярной формулы  
За каждую схему реакции по 1 баллу

1 балл  
1 балл  
до 11 баллов  
Всего: 13 баллов