

**Комитет образования и науки Курской области**  
**Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады**  
**школьников по химии в 2022/2023 учебном году**  
**8 класс**

**РЕШЕНИЕ**

**Задание 8-1. (14,5 баллов)**

Определите, в каких фразах говорится о химическом элементе, а в каких – о простом веществе. Верному утверждению в таблице соответствует буква. Выберите эти буквы и составьте из них фамилию ученого–естествоиспытателя.

В ответе укажите:

- 1) фамилию ученого;
- 2) название установленного им закона;
- 3) формулировку соответствующего закона.

	Химический элемент	Простое вещество
кальций необходим для роста клеток	О	К
азот входит в состав воздуха	М	О
натрий входит в состав глауберовой соли	М	Е
натрий растворяется в ртути с образованием амальгамы	И	Л
кислород необходим для дыхания	Я	С
хлор получают электролизом расплава поваренной соли	Л	О
капуста содержит около 0,08% серы	Н	Б
фтор входит в состав зубной эмали	В	Н
железо содержится в гемоглобине крови	О	С

**Ответ.**

**Ученый** – Ломоносов (4,5 балла).

**Закон:** закон сохранения массы веществ (5 баллов).

**Формулировка:** масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе всех продуктов реакции (5 баллов).

**Задание 8-2. (7 баллов)**

В состав человеческого организма входит в среднем по массе 65% кислорода, 18% углерода, 10% водорода, 0,15% натрия и 0,15% хлора. Перечислите выше названные химические элементы в порядке уменьшения числа их атомов, содержащихся в организме человека.

**Решение.**

- 1) Расчет количества вещества атомов каждого элемента по формуле  $n(\text{Э}) = m(\text{Э})/Ar(\text{Э})$

$n(\text{O}) = m(\text{O})/\text{Ar}(\text{O}) = 65:16=4,06$  моль атомов кислорода (1 балл)  
 $n(\text{C}) = m(\text{C})/\text{Ar}(\text{C}) = 18:12= 1,5$  моль атомов углерода (1 балл)  
 $n(\text{H}) = m(\text{H})/\text{Ar}(\text{H}) = 10:1=10$  моль атомов водорода (1 балл)  
 $n(\text{Na})= m(\text{Na})/\text{Ar}(\text{Na}) = 0,15:23=0,065$  моль атомов натрия (1 балл)  
 $n(\text{Cl}) = m(\text{Cl})/\text{Ar}(\text{Cl}) = 0,15:35,5=0,0042$  моль атомов хлора (1 балл)

2) Число атомов элемента прямо пропорционально количеству вещества элемента (1 балл).

Сравнивая величины количества вещества атомов каждого элемента, получаем, что в порядке уменьшения атомы располагаются в следующей последовательности: **водород, кислород, углерод, натрий, хлор**. (1 балл).

**Ответ: водород, кислород, углерод, натрий, хлор.**

### **Задание 8-3. (10 баллов)**

Вещество состоит из двух элементов, в его молекуле – 5 атомов. Масса одного из атомов в 3 раза больше суммарной массы всех остальных атомов. Определите формулу вещества.

#### **Решение.**

Обозначим тяжелый атом X, а легкий Y, тогда формула вещества – XY<sub>4</sub>. Соотношение масс:  $m(\text{X}) / (4m(\text{Y})) = 3$ , откуда  $m(\text{X}) = 12m(\text{Y})$ , или  $\text{Ar}(\text{X}) = 12\text{Ar}(\text{Y})$ . Этому соотношению удовлетворяют C и H. Формула – CH<sub>4</sub>.

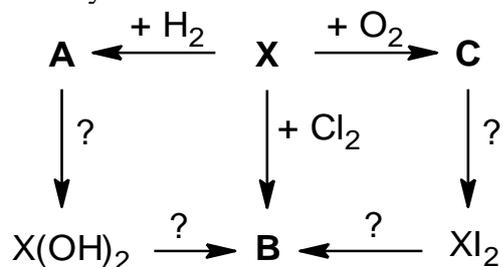
За формулу XY<sub>4</sub> - 5 баллов.

За формулу CH<sub>4</sub> - 5 баллов.

**Ответ. CH<sub>4</sub>.**

### **Задание 8-4. (4 балла)**

Приведена схема превращений с участием элемента X:



Расшифруйте схему, записав уравнения всех приведённых реакций, если известно, что электронная конфигурация стабильного иона, образуемого элементом X,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

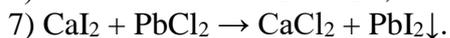
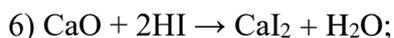
В ответе укажите название элемента X и названия веществ A, B и C.

#### **Решение.**

Количество электронов в стабильном ионе X составляет  $2 + 2 + 6 + 2 + 6 = 18$ .

Из схемы видно, что это двухзарядный катион. Т.е. элемент X содержит 20 электронов – это кальций Ca.

- 1)  $\text{Ca} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CaH}_2$  (A);
- 2)  $\text{Ca} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2$  (B);
- 3)  $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$  (C);
- 4)  $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$ ;
- 5)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;



**Задание 8-5. (12 баллов, по 2 балла за каждое вещество)**

Петр нашел на свалке 6 банок с реактивами. Этикетки от банок отклеились и лежали отдельно, на них было написано: **натрий сернокислый, цинк сернокислый, барий хлористый, натрий фосфорнокислый, калий сернистый, калий цианистый.**

Чтобы определить содержимое банок, Петр перенес небольшое количество каждого из веществ в отдельную пробирку, пронумеровал их, растворил все вещества в воде и попарно смешивал полученные растворы в чистых пробирках. Наблюдавшиеся при этом явления сведены в таблицу.

	1	2	3	4	5	6
1		–	–	белый осадок	–	белый осадок
2	–		–	белый осадок	–	–
3	–	–		–	–	белый осадок
4	белый осадок	белый осадок	–		–	белый осадок
5	–	–	–	–		белый осадок, растворим в избытке 5

Определите вещество в каждой пробирке.

В ответе укажите номера пробирок и соответствующие им молекулярные формулы веществ.

**Ответ.**

**1 –  $\text{Na}_3\text{PO}_4$**

**2 –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$**

**3 –  $\text{K}_2\text{S}$**

**4 –  $\text{BaCl}_2$**

**5 –  $\text{KCN}$**

**6 –  $\text{ZnSO}_4$**

**Комитет образования и науки Курской области**  
**Задания и решения для муниципального этапа всероссийской**  
**олимпиады школьников по химии в 2021/2022 учебном году**  
**9 класс**

**Задание 9-1**

1. Некоторый раствор серной кислоты содержит одинаковое число атомов водорода и кислорода. Найдите массовую долю (%) серной кислоты в этом растворе.
2. Как называли серную кислоту в XVIII—XIX веках? (В ответе запишите целое число и название кислоты).

**Решение**

1. Находим количественный состав раствора. Пусть на 1 моль  $H_2SO_4$  приходится  $x$  моль  $H_2O$ , тогда  $\nu(H) = 2+2x$ ,  $\nu(O) = 4+x$   
 $2 + 2x = 4 + x$   
 $x = 2$ , т.е. 1 моль  $H_2SO_4$  и 2 моль  $H_2O$
2.  $\omega(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m(H_2SO_4)+m(H_2O)} = \frac{98}{98+2 \cdot 18} = 0,7313$ , или 73,13%

**Ответ:** 73%, купоросное масло.

**Критерии оценивания:** 6 баллов – 4 балла за массовую долю и 2 балла за название кислоты.

**Задание 9-2**

Какие свойства проявляет концентрированная азотная кислота в реакциях с указанными в таблице веществами: 1) окислительные, 2) кислотные, 3) не реагирует (в каждую пустую клетку поставьте соответствующую цифру).

Вещество	Свойство $HNO_3$
C	
CuO	
ZnCl <sub>2</sub>	
Na <sub>2</sub> S	
FeO	
Au	
Fe(OH) <sub>3</sub>	

**Ответ:**

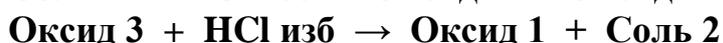
Вещество	Свойство $HNO_3$
C	1
CuO	2
ZnCl <sub>2</sub>	3
Na <sub>2</sub> S	1
FeO	1

Au	3
Fe(OH) <sub>3</sub>	2

**Критерии оценивания:** 7 баллов, выбор каждого верного ответа 1 балл, неверного – минус 2 балла, но не меньше 0.

### Задание 9-3

Некоторая соль 1 зеленого цвета разлагается с образованием трех оксидов, находящихся в разных агрегатных состояниях. Определите вещества, участвующие в превращениях:



В каждой пустой клетке напишите формулу соответствующего вещества:

Соль 1	Соль 2	Оксид 1	Оксид 2	Оксид 3

**Ответ:**

Соль 1	Соль 2	Оксид 1	Оксид 2	Оксид 3
(CuOH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CuCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CuO

**Критерии оценивания:** 5 баллов - по 1 баллу за каждое вещество.

### Задание 9-4

Ниже приведены 8 уравнений реакций. Некоторые из этих реакций идут в обычных условиях, другие – невозможны. (Все растворимые в воде вещества находятся в растворе.) Укажите все реакции, которые идут (перечислите все номера выбранных реакций).

- 1)  $\text{CuS} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
- 2)  $\text{BaCl}_2 + 2\text{KNO}_3 = \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KCl}$
- 3)  $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S}$
- 4)  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- 5)  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{HCl}$
- 6)  $\text{NH}_4\text{F} + 2\text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{HF}$
- 7)  $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 8)  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц}) = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$

**Ответ:** 3,4,7

**Критерии оценивания:** 3 балла (1 балл за каждый правильный выбор, минус 1 балл за каждый неправильный).

### Задание 9-5

Газ, выделившийся при термическом разложении навески хромата аммония, пропустили через избыток раствора соляной кислоты. При этом наблюдали уменьшение его объема. Рассчитайте объем газа, прошедшего через раствор соляной кислоты, при внешнем давлении 760 мм рт ст и температуре 25 °С. Известно, что при разложении хромата аммония при 25°С выделилось 161 ккал теплоты.

*Справочная информация:* стандартные теплоты образования хромата аммония, оксида хрома (III) и аммиака равны соответственно 1163 кДж/моль, 1141 кДж/моль и 46 кДж/моль, теплота сгорания водорода равна 286 кДж/моль.

В ответе запишите формулу газа (латинскими буквами) и его объем в литрах (округлить до целого числа, размерность не пишете).

#### Решение

1. В результате разложения хромата аммония выделяются азот и аммиак:



2. Теплота сгорания водорода равна теплоте образования воды:



$$Q_c(\text{H}_2) = Q_f(\text{H}_2\text{O}) = 286 \text{ кДж/моль}$$

3. По закону Гесса можно рассчитать стандартный тепловой эффект реакции разложения 2 моль хромата:

$$Q = Q_f(\text{Cr}_2\text{O}_3) + Q_f(\text{N}_2) + 2Q_f(\text{NH}_3) + 5Q_f(\text{H}_2\text{O}) - 2Q_f((\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4) = 1141 + 0 + 2 \cdot 46 + 5 \cdot 286 - 2 \cdot 1163 = 337 \text{ кДж.}$$

4. Так как выделилось 161 ккал тепла, т.е. 673,6 кДж, то

$$\nu((\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4) = 4 \text{ моль}, \nu(\text{N}_2) = 2 \text{ моль.}$$

5. В растворе соляной кислоты аммиак поглотился:



значит через раствор прошел только азот.

$$\text{Рассчитаем его объем: } V(\text{N}_2) = \frac{\nu RT}{p} = (2 \cdot 8,314 \cdot 298) / 101,325 = 48,9 \text{ л} \approx 49 \text{ л.}$$

**Ответ:** NH<sub>3</sub> , 49.

**Критерии оценивания:** 10 баллов – 4 балла за формулу газа и 6 баллов за объем в литрах.

### Задание 9-6

Раствор гидрокарбоната калия разлили по двум пробиркам. В первую пробирку прилили раствор гидроксида X, в результате наблюдалось образование белого осадка. К содержимому второй пробирки добавили гидроксид Y, в результате чего наблюдалось образование газа. Какие из приведенных веществ соответствуют гидроксидам X и Y?

- 1) NaOH
- 2) HNO<sub>3</sub>
- 3) BaCl<sub>2</sub>
- 4) Ca(OH)<sub>2</sub>
- 5) HBr

В каждую пустую клетку поставьте соответствующую цифру.

X	Y

**Ответ:**

X	Y
4	2

**Критерии оценивания:** 4 балла, выбор каждого верного ответа 2 балла, неверного – минус 2 балла, но не меньше 0.

**Всего за всю работу - 36 баллов**

**Задание 10-1.**

Над платиновым катализатором пропущены 1,12 л газов (н.у.), полученных в результате гидролиза 1,48 г смеси гидрида и карбида кальция. При этом общий объем газовой смеси уменьшился на 20%. Определите вещества и их количества в полученной смеси. Формулы веществ запишите латинскими буквами, например, так  $\text{CH}_4$ , количества веществ укажите цифрами, например 0,01

**Ответ:**

Вещество	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$
Количество вещества, моль	0,005	0,03	0,005

**6 баллов – по 1 баллу за каждое вещество и за его количество.****Решение**

1. Запишем уравнения реакций соединений кальция: а) $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$ б) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2\uparrow$
2. Рассчитаем количество смеси газов: $n = \frac{V}{V_M} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}$
3. Составим уравнение относительно масс веществ в исходной смеси. Пусть $x$ – $n(\text{CaH}_2)$ и $y$ – $n(\text{CaC}_2)$ , тогда $m(\text{CaH}_2) + m(\text{CaC}_2) = 42x + 64y = 1,48$
4. Составим уравнение относительно получившейся по реакциям а и б газовой смеси. Из $x$ моль $\text{CaH}_2$ образуется $2x$ моль $\text{H}_2$ ; из $y$ моль $\text{CaC}_2$ образуется $y$ моль $\text{C}_2\text{H}_2$ . $2x + y = 0,05$
5. Решаем систему уравнений: $\left. \begin{array}{l} 42x + 64y = 1,48 \\ 2x + y = 0,05 \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,02 \text{ моль}; y = 0,01 \text{ моль}$
6. Рассчитанное по уравнению $n(\text{H}_2) = 0,04$ моль, $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,01$ моль. Следовательно, водород в газовой смеси <i>присутствует в избытке</i> .
7. Составим уравнение протекающей на платиновом катализаторе реакции: (в) $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{C}_2\text{H}_6$
8. Пусть прореагировало $x$ моль $\text{C}_2\text{H}_2$ . Тогда по уравнению реакции (в) прореагировало $2x$ моль $\text{H}_2$ и образовалось $x$ моль $\text{C}_2\text{H}_6$ . Суммарное число молей газов после реакции $(0,01 - x) + (0,04 - 2x) + x$ .
9. Т.к. по условию задачи объем газовой смеси (т.е. число молей газообразных веществ) уменьшился на 20%, то можно составить следующее уравнение: $\frac{(0,01 - x) + (0,04 - 2x) + x}{0,05} = 0,8 \Rightarrow x = 0,005 \text{ моль}$
10. Рассчитаем количества веществ в конечной газовой смеси: $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,01 - 0,005 = 0,005$ моль $n(\text{H}_2) = 0,04 - 2 \cdot 0,005 = 0,03$ моль $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,005$ моль

**Задание 10-2.**

Сколько тепла выделится при сжигании 50 л этилена (н.у.), если теплоты образования этилена, воды и углекислого газа соответственно равны: -52,31 кДж/моль, 285,6 кДж/моль, 393,5 кДж/моль.

**Ответ: 3145,4 кДж/моль****4 балла**

### Решение

1	Уравнение химической реакции $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$ $Q_{обр.} \quad -52,31 \quad 0 \quad 393,5 \quad 285,6 \quad \text{кДж\моль}$
2	$Q_{обр. \text{ реакции}} = \sum 2Q_{обр. (CO_2)} + 2Q_{обр. (H_2O)} - \sum Q_{обр. (C_2H_4)}$  $Q_{обр. \text{ реакции}} = 2(393,5) + 2(285,6) - (-52,31) = 1410,51 \text{ кДж\моль}$
3	$n_{(C_2H_4)} = V/V_m = 50 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л\моль)} = 2,23 \text{ (моль)}$
4	$Q = 2,23 \text{ (моль)} \cdot 1410,51 \text{ (кДж\моль)} \cdot 1 \text{ (моль)} = 3145,4 \text{ кДж\моль}$

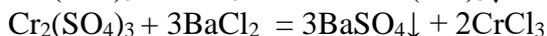
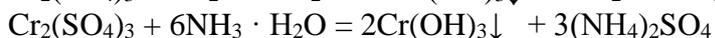
#### Задание 10-3.

При добавлении к водному раствору вещества А отдельно сульфида калия, раствора аммиака и хлорида бария образуются осадки. В первом и втором случае – осадок вещества В серо-зеленого цвета одного состава, в третьем случае – белый кристаллический осадок вещества С, нерастворимый в растворах минеральных кислот и щелочей. Определите вещества А, В и С и запишите их формулы в ответ. Формулы веществ запишите латинскими буквами, например, так  $H_3PO_4$

**Ответ: А -  $Cr_2(SO_4)_3$ , В -  $Cr(OH)_3$ , С -  $BaSO_4$**

**3 балла – по 1 баллу за каждое вещество**

### Решение



#### Задание 10-4.

При пропускании алкена  $X_1$  через избыток раствора перманганата калия масса выпавшего осадка оказалась в 2,07 раза больше массы алкена. Относительная плотность по водороду равна 14. При жидкофазном каталитическом (Pd в присутствии Cu, Fe) окислении кислородом получают альдегид  $X_2$ , в тех же условиях в присутствии уксусной кислоты получают эфир этой карбоновой кислоты  $X_3$ . Установите формулы всех неизвестных веществ и укажите их молярные массы. Формулы веществ запишите латинскими буквами, например, так  $CH_3-CH_3$ . Атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых.

Ответ:

Вещество	$C_2H_4$	$CH_3COH$	$H_2C=CH_2-O-COCH_3$
Молярная масса, г/моль	28	44	87

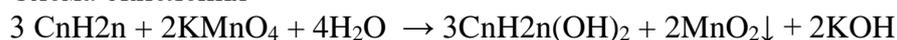
**6 баллов – по 1 баллу за каждый правильный ответ.**

### Решение

1.

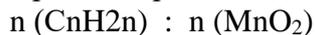
Окисление алкенов в «мягких условиях» идет с образованием диолов и осадка оксида марганца(IV)

Схема окисления



2.

Проведем расчеты для определения n



3: 2

$$2 m(\text{MnO}_2) / 3 m(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 2,07$$

$$2 \cdot 87 / 3 \cdot (14n) = 2,07$$

$$n=2$$

Формула алкена  $\text{C}_2\text{H}_4$  – этилен (этен)

3.

Используя значение относительной плотности алкена по водороду, определим его молярную массу:

$$M_x = D \cdot M(\text{H}_2) = 14 \cdot 2 = 28 \text{ (г/моль)}$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \text{ (г/моль)}$$

4.

Каталитическое окисление этилена с образованием уксусного альдегида и винилацетата:



### Задание 10-5.

Осуществите следующую цепочку превращений:



если известно, что в результате взаимодействия 4,81 л газообразного углеводорода А при 20°C и нормальном атмосферном давлении с бромом образуется 20,9 г монобромпроизводного Б с выходом 85 %. Назовите вещества А, Б, В, Г, Д, например, так **Метан**.

**Ответ:**

А – пропан

Б – 2-бромпропан

В - пропиен

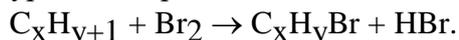
Г – 1,2-дибромпропан

Д - пропиин

**5 баллов – по 1 баллу за каждый правильный ответ.**

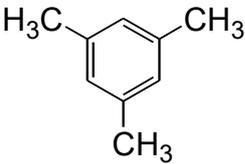
### Решение

1. Бромирование вещества А – реакция радикального замещения, так как условием протекания данной реакции является облучение. В общем виде уравнение реакции выглядит следующим образом:



2. Количество углеводорода рассчитываем по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{1 \text{ атм} \cdot 4,81 \text{ л}}{0,082 \frac{\text{атм} \cdot \text{л}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ К}} = 0,2 \text{ моль}$$

3.	С учетом выхода количество монобромпроизводного составляет: $0,2 \cdot 0,85 = 0,17$ моль, молярная масса $20,9 / 0,17 = 123$ г/моль.
4.	$M(C_xH_y) = 123 - 80 = 43$ г/моль. Поскольку природа углеводорода не известна, его формулу определяем подбором. Если $x = 3$ , то $M(C) = 36$ ; а $M(H) = 7$ , следовательно, монобромпроизводное имеет состав $C_3H_7Br$ , а углеводород $C_3H_8$ , то есть - это пропан.
5.	$CH_3CH_2CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3CHBrCH_3 + HBr$
6.	$CH_3CHBrCH_3 + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_2=CH-CH_3 + KBr + H_2O$
7.	$CH_2=CH-CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_2BrCHBrCH_3$
8.	$CH_2BrCHBrCH_3 + 2KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH\equiv C-CH_3 + 2KBr + 2H_2O$
9.	$3 CH\equiv C-CH_3 \xrightarrow{C_{акт.}, 600^\circ C}$  мезитилен
А – пропан Б – 2-бромпропан В- пропен Г – 1,2-дибромпропан Д - пропин	

**Комитет образования и науки Курской области**  
**Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в**  
**2022/2023 учебном году**

**11 класс**

**Задание 1.**

В 22,4 л (н.у.) неизвестного газа, являющегося простым веществом, содержится  $1.445 \cdot 10^{25}$  электронов. Определите молекулярную формулу газа. В ответе напишите значение молярной массы газа с точность до целых.

**Ответ: 48**

**Решение.**

Количество газа  $22,4/22,4 = 1$  моль

Количество электронов  $1.445 \cdot 10^{25}/6.023 \cdot 10^{23} = 24$  моль

Пусть  $x$  – порядковый номер элемента ( $\ominus$ ), т.е. это число протонов или электронов в его атоме.

Пусть Э образует одноатомную молекулу простого вещества, тогда

$n(e) = 24$  или  $1x = 24$  откуда  $x = 24$ , что соответствует атому хрома и не подходит под условие задачи.

Пусть Э образует двухтомную молекулу Э<sub>2</sub> простого вещества, тогда

$2(n(e)) = 24$  или  $2x = 24$  откуда  $x = 12$ , что соответствует атому магния и не подходит под условие задачи.

Пусть Э образует трехтомную молекулу Э<sub>3</sub> простого вещества, тогда

$3(n(e)) = 24$  или  $3x = 24$  откуда  $x = 8$ , что соответствует атому кислорода и молекуле газообразного простого вещества озона О<sub>3</sub>. Молярная масса 48 г/моль.

**Критерий оценивания: 4 балла**

**Задание 2.**

Смесь медного CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O и железного FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O купороса содержит 40,91% связанной воды. Определите 1) мольную и 2) массовую доли медного купороса в смеси в процентах с точностью до целых.

Ответ:

1) 50

2) 47

**Критерий оценивания:**

**1) 4 балла**

**2) 2 балла**

Решение.

Пусть количество CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O равно  $x$  моль

количество FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O равно  $y$  моль

Тогда масса медного купороса равна  $250x$  и масса воды в нем  $90x$

масса соды равна  $278y$  и воды в ней  $126y$

выразим массовую долю воды в смеси:

$$0,4091 = \frac{90x + 126y}{250x + 278y}$$

Находим, что  $x = y$

Пусть количество веществ по 1 моль, тогда

Мольная доля равна  $\chi = 1/2 = 0,5$  или 50%

Масса медного купороса в смеси равна  $\cdot 250$  г

Масса железного купороса 278 г

Массовая доля  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  равна  $\omega = 250/528 = 0,4735$  или 47% (округляем до целых)

### Задание 3.

Вещество **A** является галогензамещенным алканом, содержит 89,9% галогена и имеет молярную массу 237 г/моль. Вещество **A** реагирует с водным раствором гидроксида бария при нагревании. Выпадает осадок **B**, который с разбавленной азотной кислотой образует органическое вещество **C** и неорганическое **D**. Прокаливание вещества **B** приводит к образованию смеси газообразных продуктов **E** и **K** с относительной плотностью по водороду, равной 18. Установите молекулярные формулы всех веществ

Формулы веществ запишите латинскими буквами, например так :  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Ответ:

A –  $\text{C}_2\text{Cl}_6$

B –  $\text{BaC}_2\text{O}_4$  или  $\text{BaC}_2\text{O}_4$

C –  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

D –  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

E – CO или  $\text{CO}_2$

K –  $\text{CO}_2$  или CO

Критерий ответа :

A – 4 балла

B – 2 балла

C – 1 балл

D – 1 балл

E – 1 балл

K – 1 балл

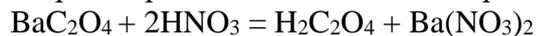
### Решение:

Формула галогенопроизводного -  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Hal}_z$ . Масса галогена в одном моле вещества равна  $237 \cdot 0,899 = 213$  г. Из всех галогенов уравнению  $Z \cdot A = 213$  удовлетворяет только хлор ( $A = 35,5, z = 6$ ). На углеводородный радикал приходится масса  $237 - 213 = 24$  г/моль, откуда  $x = 2, y = 0$ . Искомое галогенопроизводное – гексахлорэтан  $\text{C}_2\text{Cl}_6$ .

При щелочном гидролизе соединений, содержащих радикал  $-\text{CCl}_3$ , образуются соли карбоновых кислот, следовательно, при гидролизе  $\text{Cl}_3\text{C}-\text{CCl}_3$  образуется соль дикарбоновой (щавелевой) кислоты:



Нерастворимый в воде оксалат бария растворяется в разбавленной азотной кислоте:



а при прокаливании выделяет эквимольную смесь CO и  $\text{CO}_2$  :



Средняя молярная масса полученной газовой смеси равна  $(28 + 44)/2 = 36$  г/моль.

### Задание 4.

Органическое предельное соединение **A** состоит из трех элементов. Массовая доля углерода в нем составляет 72,41 %, а массовые доли кислорода и водорода равны между собой. Молярная масса вещества **A** находится в интервале 100-150 г/моль.

Известно, что вещество **A** не реагирует с металлическим натрием, при комнатной температуре растворяется в концентрированной серной кислоте.

При взаимодействии с равным количеством йодоводородной кислоты образует вторичный галогеноалкан (**B**) и вещество (**B**), которое при окислении сернокислым раствором калия перманганата превращается в бутанон.

- 1) Найдите молекулярную формулу вещества **A**.
- 2) Определите, к какому классу относится соединение **A**. Отметьте, какие функциональные группы есть в молекуле **A**.

$\begin{array}{c} \text{---C---} \\    \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{---C=O} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	-O-	-COOH	-OH
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

- 3) Определите структуру **A**. Отметьте, какие фрагменты есть в молекуле **A**.

1. CH <sub>3</sub> -	2. CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -	3. CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -
4. CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	5. CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH-   CH <sub>3</sub>	6. CH <sub>3</sub> -CH-   CH <sub>3</sub>
7. CH <sub>3</sub> -CH-CH <sub>2</sub> -   CH <sub>3</sub>	8. CH <sub>3</sub> -C-   CH <sub>3</sub>	9. CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -

- 4) Сколько моль перманганата калия потребуется для окисления 10 моль вещества **A** в сернокислом растворе. В ответ запишите целое число.

**Ответ:**

1. **C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>O.**
2. Правильный ответ - 3.
3. Правильный ответ - 56 или 65.
4. Правильный ответ - 4

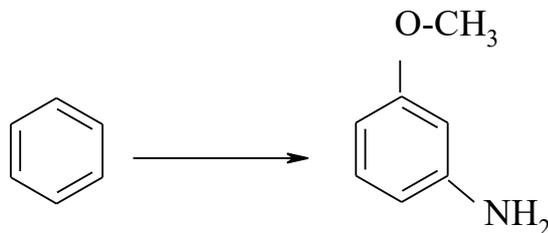
**4 балла. По вопросам:**

- 1) 3 балла
- 2) 2 балла
- 3) 2 балла за полный ответ (1 балл за половину ответа)
- 4) 3 балла.

### Задание 5.

Расположите в правильном порядке стадии селективного синтеза м-метоксианилина из бензола. Указанные стадии могут быть использованы один или несколько раз, а могут не использоваться совсем. На каждой стадии должен получаться только один органический продукт.

В качестве ответа введите последовательность цифр без пробелов, например: 143265 или 1563.



- 1)  $\text{Cl}_2, \text{AlCl}_3, t$
- 2)  $\text{NaOH}$  (водный раствор), избыток
- 3)  $\text{NaOH}$  (спиртовой раствор), избыток
- 4)  $\text{HNO}_3$  (конц.),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.)
- 5)  $\text{HNO}_3$  (разб.),  $t$
- 6)  $\text{Cl}_2, h\nu$
- 7)  $\text{H}_2, \text{Ni}, \text{Pt}, t$
- 8)  $\text{HCl}$
- 9)  $\text{CH}_3\text{-Cl}$

Правильный вариант 41297.

**Ответ и критерии оценивания:**

Вариант 41297 оценивать полным баллом 5 баллов .

Варианты 412879 – 2 балла

41279 - 2 балла

Комментарии к решению:

Введение заместителей в мета-положение возможно, если первый заместитель – ориентант второго рода. Поэтому для первой стадии подходит нитрование, а не хлорирование. Нитрование бензольного кольца выполняют концентрированной азотной кислотой в присутствии катализатора конц. серной кислоты. Продукт первой стадии – нитробензол. Для галогенирования бензола необходимо выбрать хлорирование в присутствии катализатора и при нагревании, а не радикальное хлорирование при УФ облучении. Получается м-нитрохлорбензол. Для замещения галогена хлора на гидроксильную группу необходимо выбрать водный раствор натрия гидроксида, а не спиртовой. При добавлении избытка щелочи невозможно получить фенольный гидроксил, так как он реагирует со щелочью и образует натриевую соль – м- нитрофенолят натрия. Подкисление соляной кислотой для получения группы  $\text{OH}$  проводить не следует, так как в следующую стадию синтеза – алкилирование метилхлоридом фенолят натрия вступает намного более активнее, чем фенольный гидроксил. Образуется м-метоксинитробензол. Последняя стадия – каталитическое восстановление нитрогруппы до аминогруппы. Получается м-метоксианилин.

Вариант 412879, в котором проводят подкисление соляной кислотой, и сначала проводят восстановление нитрогруппы до амино группы в м-аминофеноле, а затем алкилирование, является ошибкой, так как аминогруппа более активна, чем  $\text{OH}$  при алкилировании, и это не позволяет получить конечный продукт. В этом случае получится м-метиламинофенол.

В варианте 41279 проведение восстановления м-нитрофенолята натрия до алкилирования тоже неправильно, так как аминогруппа в м-аминофеноляте натрия может вступить во взаимодействие с хлороводородом, который образуется при алкилировании фенолята как побочный продукт. Это не позволит получить нужный продукт. Будет получаться м-метоксианилиния хлорид.