

## 11 класс

### № 1

#### 1 вариант

Если допустить протекание обменного процесса, то в этом случае в качестве осадка должен выпадать нерастворимый сульфид. Определим металлы. Пусть формула нерастворимого сульфида  $Y_2S_n$ , тогда

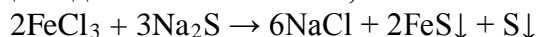
$$2 : n = \frac{0.5385}{M(Y)} : \frac{0.4615}{32} = \frac{0.5385}{M(Y)} : 0.0144 = 1 : 0.0267M(Y) = 2 : 0.0534M(Y)$$

откуда  $0.0534M(Y) = n$

$$M(Y) = 18.73n$$

n	1	2	<b>3</b>
M(Y)	18.73	37.46	<b>56.19</b>

Искомый металл **Y** – железо **Fe**. Формально, получается, что выпавший осадок –  $Fe_2S_3$ . Однако по условию речь шла о реакциях в растворах. Сульфид железа (III) не существует в водной среде. Значит, реакция идет не как обменная, а как окислительно-восстановительная:

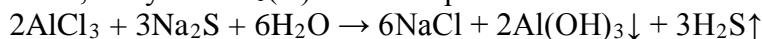


Выпавший осадок представляет собой смесь  $FeS$  и  $S$  в мольном соотношении 2 : 1.

Поскольку речь идет о хлоридах трехвалентных металлов, выделение газа при взаимодействии с растворами сульфидов ( $H_2S$ ) указывает на случай взаимного усиления гидролиза. Значит, осадок, выпавший в первом случае – гидроксид. Пусть формула нерастворимого гидроксида  $X(OH)_3$ , тогда

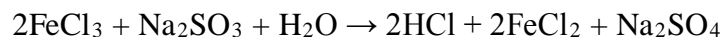
$$\omega(X) = \frac{A_r(X)}{A_r(X) + 51} = 0.3462$$

решая данное уравнение, получаем  $A_r(X) = 27$ . Второй искомый металл **X** – алюминий **Al**:

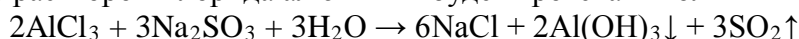


а) Хлорид железа (III) и хлорид алюминия не взаимодействуют с сульфатом натрия.

б) Хлорид железа (III) при взаимодействии с сульфитом также будет проявлять окислительные свойства:



Сульфит, также как и сульфид натрия, гидролизуеться по аниону, следовательно, при взаимодействии с раствором хлорида алюминия будет протекать полный гидролиз:



#### 2 вариант

Если допустить протекание обменного процесса, то в этом случае в качестве осадка должен выпадать нерастворимый сульфид. Определим металлы. Пусть формула нерастворимого сульфида  $Y_2S_n$ , тогда

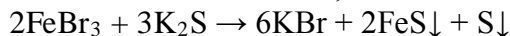
$$2 : n = \frac{0.5385}{M(Y)} : \frac{0.4615}{32} = \frac{0.5385}{M(Y)} : 0.0144 = 1 : 0.0267M(Y) = 2 : 0.0534M(Y)$$

откуда  $0.0534M(X) = n$

$$M(Y) = 18.73n$$

n	1	2	<b>3</b>
M(Y)	18.73	37.46	<b>56.19</b>

Искомый металл **Y** – железо **Fe**. Формально, получается, что выпавший осадок –  $Fe_2S_3$ . Однако по условию речь шла о реакциях в растворах. Сульфид железа (III) не существует в водной среде. Значит, реакция идет не как обменная, а как окислительно-восстановительная:



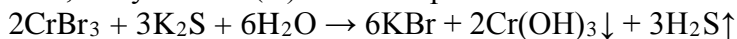
Выпавший осадок представляет собой смесь  $FeS$  и  $S$  в мольном соотношении 2 : 1.

Поскольку речь идет о хлоридах трехвалентных металлов, выделение газа при взаимодействии с растворами сульфидов ( $H_2S$ ) указывает на случай взаимного усиления

гидролиза. Значит, осадок, выпавший в первом случае – гидроксид. Пусть формула нерастворимого гидроксида  $X(OH)_3$ , тогда

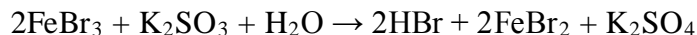
$$\omega(X) = \frac{A_r(X)}{A_r(X) + 51} = 0.5048$$

решая данное уравнение, получаем  $A_r(X) = 52$ . Второй искомым металл  $X$  – хром  $Cr$ :

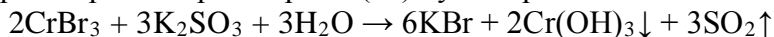


а) Бромид железа (III) и бромид алюминия не взаимодействуют с сульфатом калия.

б) Бромид железа (III) при взаимодействии с сульфитом также будет проявлять окислительные свойства:



Сульфит, также как и сульфид калия, гидролизуется по аниону, следовательно, при взаимодействии с раствором хлорида хрома (III) будет протекать полный гидролиз:



### Рекомендации к оцениванию:

- |                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| 1. Определение металлов по 1 баллу | 2 балла |
| 2. Уравнения реакций по 0.75 балла | 3 балла |

**ИТОГО: 5 баллов**

## № 2

### 1 вариант

1) Данную задачу можно решить двумя способами: качественно, а затем опереться на расчёт, или же, если решение не очевидно сразу из условия, можно без труда решить её. Мы пойдём по второму пути.

2) Запишем уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона) и определим количество молей газа в смеси  $B$  с  $C$ , а также количество молей  $C$ :

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

$$n_C + n_B = \frac{101.325 \cdot 22.4}{8.314 \cdot 423} = 0,6454 \text{ моль}$$

$$n_C = \frac{101.325 \cdot 7.47}{8.314 \cdot 423} = 0.2152 \text{ моль}$$

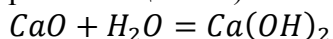
Отсюда не составляет труда найти мольные доли:

$$\chi(C) = \frac{0.2152}{0.6454} \cdot 100 \% = 33.34 \% ; \chi(B) = 100 \% - \chi(C) = 100 \% - 33.34 \% = 66.66 \%$$

Очевидно, что масса твёрдой фазы увеличивается за счёт поглощения газа  $B$ . Нетрудно найти его примерную молярную массу:

$$M_B \approx \frac{8}{0.6666 \cdot 0.6454} = 18.6 \text{ г/моль}$$

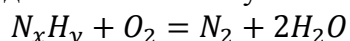
Видно, что логике задачи и полученным числам может удовлетворять только  $B = H_2O$ . Действительно, именно вода вносит основной вклад в парниковый эффект (40–70 % по разным оценкам). Реакцию с  $CaO$  написать нетрудно:



3) Для нахождения молярной массы второго газа воспользуемся плотностью по воздуху газовой смеси и мольными долями воды и газа  $C$ :

$$0.3334M_C + 0.6666 \cdot 18 = 29 \cdot 0,736 \Rightarrow M_C = 28 \text{ г/моль}$$

Условиям задачи удовлетворяет только  $C = N_2$ . Значит  $A$  — водородное соединение азота с простейшей формулой  $N_xH_y$ . Составим уравнение его сгорания, основываясь на мольных долях газов в полученной смеси:



Отсюда легко найти, что  $A = N_2H_4$ , гидразин.

4) Инертность азота можно объяснять множеством причин. Самым логичным будет сказать, что в молекуле  $N_2$  крайне прочная связь (одна из самых прочных, энергия связи около 950 кДж/моль).

## 2 вариант

1) Данную задачу можно решить двумя способами: качественно, а затем опереться на расчёт, или же, если решение не очевидно сразу из условия, можно без труда решить её. Мы пойдём по второму пути.

2) Запишем уравнение состояния идеального газа (ур-ние Менделеева-Клайперона) и определим количество молей газа в смеси **В** с **С**, а также количество моль **С**:

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

$$n_C + n_B = \frac{101.325 \cdot 22.4}{8,314 \cdot 423} = 0.6454 \text{ моль}$$

$$n_C = \frac{101.325 \cdot 16.8}{8.314 \cdot 423} = 0.4840 \text{ моль}$$

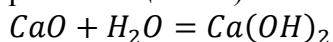
Отсюда не составляет труда найти мольные доли:

$$\chi(C) = \frac{0.4840}{0.6454} \cdot 100 \% = 75 \% ; \chi(B) = 100 \% - \chi(C) = 100 \% - 75 \% = 25 \%$$

Очевидно, что масса твёрдой фазы увеличивается за счёт поглощения газа **В**. Нетрудно найти его примерную молярную массу:

$$M_B \approx \frac{3}{0.25 \cdot 0.6454} = 18.6 \text{ г/моль}$$

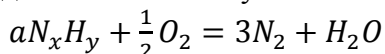
Видно, что логике задачи и полученным числам может удовлетворять только **В** =  $H_2O$ . Действительно, именно вода вносит основной вклад в парниковый эффект (40–70 % по разным оценкам). Реакцию с  $CaO$  написать нетрудно:



3) Для нахождения молярной массы второго газа воспользуемся плотностью по воздуху газовой смеси и мольными долями воды и газа **С**:

$$0.75M_C + 0.25 \cdot 18 = 29 \cdot 0.879 \Rightarrow M_C = 28 \text{ г/моль}$$

Условиям задачи удовлетворяет только **С** =  $N_2$ . Значит **А** — водородное соединение азота с простейшей формулой  $N_xH_y$ . Составим уравнение его сгорания, основываясь на мольных долях газов в полученной смеси:



Отсюда легко найти, что при  $a = 2$  **А** =  $NN_3$ , азидоводород.

4) Инертность азота можно объяснять множеством причин. Самым логичным будет сказать, что в молекуле  $N_2$  крайне прочная связь (одна из самых прочных, энергия связи около 950 кДж/моль).

### Рекомендации к оцениванию:

- |    |  |           |
|----|--|-----------|
| 1. | Рассчитаны мольные доли                                    | 1 балл    |
| 2. | Определена молярная масса <b>В</b>                         | 0.5 балла |
| 3. | Определено вещество <b>В</b><br>без обоснования — 0 баллов | 1 балл    |
| 4. | Определены <b>А</b> и <b>С</b> по 0.5 балла                | 1 балл    |
| 5. | Приведены уравнения реакций по 0.5 балла                   | 1 балл    |
| 6. | Объяснение инертности вещества <b>С</b>                    | 0.5 балла |

**ИТОГО: 5 баллов**

### № 3

#### 1 вариант

1) Определим брутто-формулу соединения **X**:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{C})_{\text{X}} = 1.21/22.4 = 0.054 \text{ моль. } m(\text{C})_{\text{X}} = 0.054 \cdot 12 = 0.648 \text{ г.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1/2n(\text{H})_{\text{X}} = 1.216/18 = 0.0676 \text{ моль. } n(\text{H})_{\text{X}} = 0.135 \text{ моль. } m(\text{H})_{\text{X}} = 0.135 \cdot 1 = 0.135 \text{ г}$$

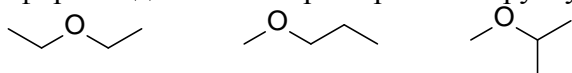
$$m(\text{остатка})_{\text{X}} = 1 - 0.648 - 0.135 = 0.217 \text{ г.}$$

Так как образовалось только два продукта, то, следовательно, кроме углерода и водорода в соединении **X** имеется кислород.

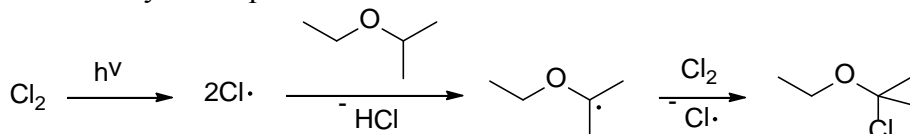
$$n(\text{O})_{\text{X}} = 0.217/16 = 0.01356 \text{ моль.}$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0.054 : 0.135 : 0.01356 = 4 : 10 : 1. \text{ Брутто-формула } \mathbf{X}: \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}.$$

2) Исходя из состава, соединение **X** не содержит кратных связей или циклов и является спиртом или простым эфиром. Так как соединение не реагирует с натрием, то это простой эфир. Тогда имеется три варианта структур:



3) На свету легко происходит хлорирование простых эфиров в альфа-положение. Реакция происходит по радикальному механизму через образование более устойчивого радикала, в данном случае – третичного:



#### 2 вариант

1) Определим брутто-формулу соединения **Y**:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{C})_{\text{Y}} = 1.27/22.4 = 0.057 \text{ моль. } m(\text{C})_{\text{Y}} = 0.057 \cdot 12 = 0.684 \text{ г.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1/2n(\text{H})_{\text{Y}} = 1.227/18 = 0.068 \text{ моль. } n(\text{H})_{\text{Y}} = 0.136 \text{ моль. } m(\text{H})_{\text{Y}} = 0.136 \cdot 1 = 0.136 \text{ г.}$$

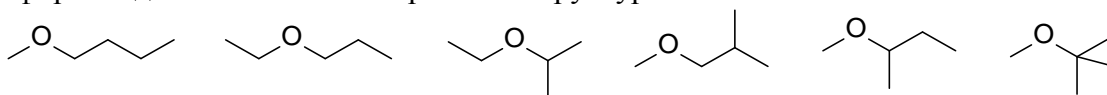
$$m(\text{остатка})_{\text{Y}} = 1 - 0.684 - 0.136 = 0.18 \text{ г.}$$

Так как образовалось только два продукта, то, следовательно, кроме углерода и водорода в соединении **Y** имеется кислород.

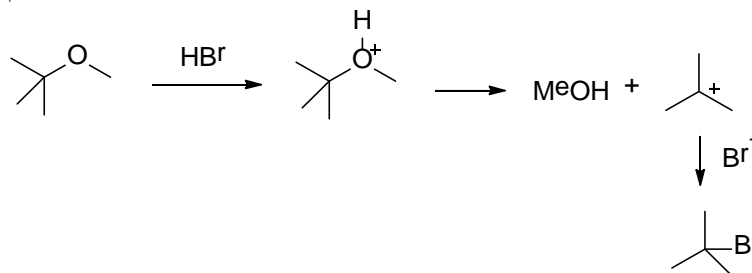
$$n(\text{O})_{\text{Y}} = 0.18/16 = 0.01125 \text{ моль.}$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0.057 : 0.136 : 0.01125 = 5 : 12 : 1. \text{ Брутто-формула } \mathbf{Y}: \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}.$$

2) Исходя из состава, соединение **Y** не содержит кратных связей или циклов и является спиртом или простым эфиром. Так как соединение не реагирует с натрием, то это простой эфир. Тогда имеется шесть вариантов структур:



3) Под действием бромоводорода происходит расщепление простых эфиров на спирт и алкилгалогенид. Вследствие образования устойчивого третичного карбокатиона расщепление *tert*-бутилметилового эфира происходит селективно, образуются метанол и *tert*-бутилбромид:



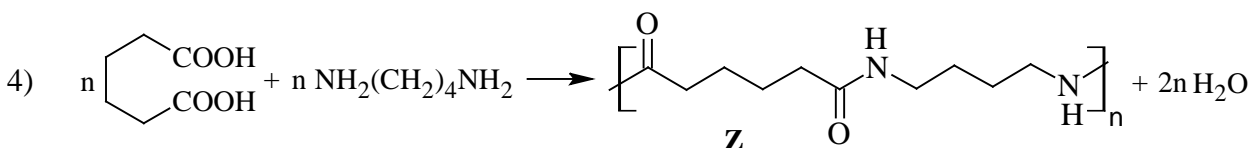
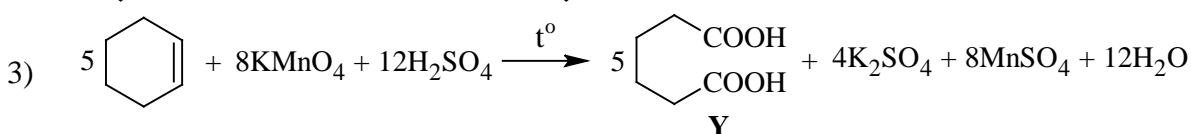
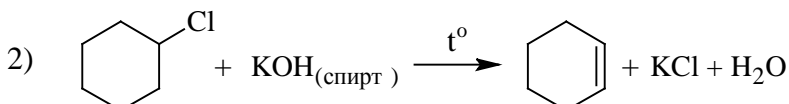
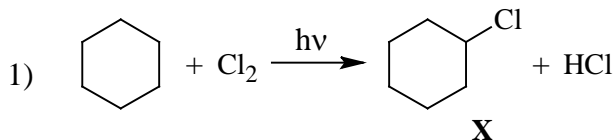
**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Определена брутто-формула<br>без расчётов — 0 баллов  | 2 балла   |
| 2. Верно указан класс соединения   | 0.5 балла |
| 3. Приведены три изомера по 0.5 балла<br>если приведено больше изомеров, то это не влияет на количество баллов | 1.5 балла |
| 4. Верно указан продукт(ы) реакции   | 1 балл    |

**ИТОГО: 5 баллов**

**№ 4**

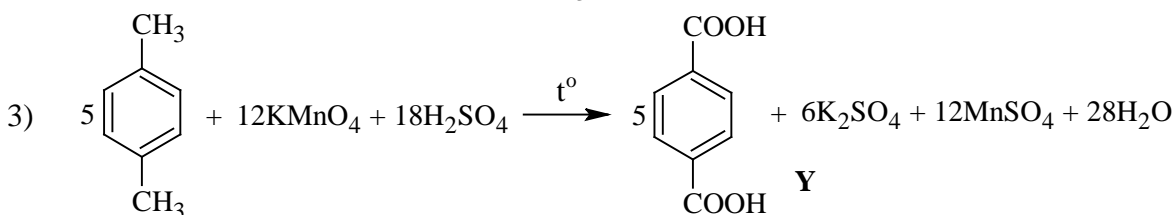
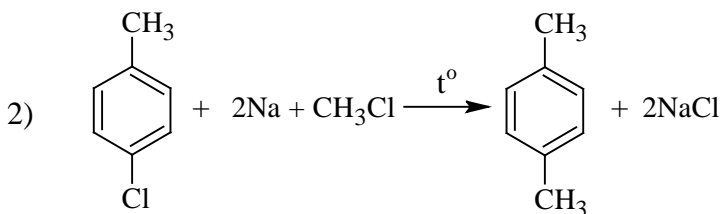
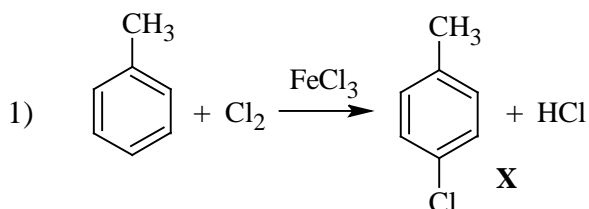
**1 вариант**

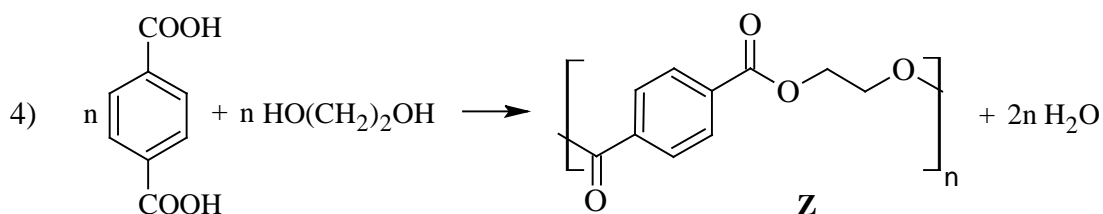


**Z** – синтетический полимер, нейлон (анид, нейлон-66). Проверим массовую долю азота, указанную в условии, по молекулярной формуле мономерного звена:

$$\omega(N) = \frac{2 \cdot A_r(N)}{M(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2\text{N}_2)} \cdot 100\% = 14.14\%$$

**2 вариант**





**Z** – синтетический полимер, лавсан (полиэтилентерефталат, ПЭТ). Проверим массовую долю кислорода, указанную в условии, по молекулярной формуле мономерного звена:

$$\omega(O) = \frac{4 \cdot A_r(O)}{M(C_{10}H_8O_4)} \cdot 100\% = 33.33\%$$

**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Структурные формулы <b>X</b> , <b>Y</b> , <b>Z</b> по 0.5 балла | 1.5 балла |
| 2. Уравнения реакций 1-2 по 0.75 балла                             | 3.5 балла |
| Уравнения реакций 3-4 по 1 баллу                                   |           |
| *если неверно уравнены реакции 1-2 – 0 баллов, 3-4 – 0.5 балла     |           |

**ИТОГО: 5 баллов**

**№ 5**

**1 вариант**

1) При любом разбавлении сильной кислоты (к таковым относится соляная и азотная кислота) pH не может стать больше 7.

2) Хлорноватистая кислота – слабый электролит. Уравнение диссоциации:



$$K_d = \frac{[H^+][ClO^-]}{[HClO]}$$

3) При pH = 4.2:  $[H^+] = 10^{-4.2} = 6.3 \cdot 10^{-5}$  моль/л =  $[ClO^-]$

$$[HClO]_1 = 0.1418 \text{ моль/л}$$

$$[HClO]_2 = (10^{-5})^2 / 2.8 \cdot 10^{-8} = 0.0357 \text{ моль/л}$$

4) Рассчитаем сколько моль HClO содержится в 30 мл первого раствора:

В 1000 мл содержится 0.1418 моль

В 30 мл — X моль

$$X = 30 \cdot 0.1418 / 1000 = 0.00425 \text{ моль}$$

5) Это число моль HClO должно содержаться в конечном растворе, для которого

$C = 0.0357$  моль/л, т.е.

В 1000 мл второго раствора содержится 0.0357 моль HClO

В а мл этого раствора содержится 0.00425 моль HClO

$$\text{Откуда } a = 1000 \cdot 0.00425 / 0.0357 = 119.2 \text{ мл}$$

Следовательно, к 30 мл первого раствора нужно добавить  $119 - 30 = 89$  мл воды.

**2 вариант**

1) При любом разбавлении сильной кислоты (к таковым относится соляная и азотная кислота) pH не может стать больше 7.

2) Хлорноватистая кислота – слабый электролит. Уравнение диссоциации:



$$K_d = \frac{[H^+][ClO^-]}{[HClO]}$$

3) При pH = 4:  $[H^+] = 10^{-4}$  моль/л =  $[ClO^-]$

$$[HClO]_1 = 0.357 \text{ моль/л}$$

$$[HClO]_2 = (10^{-5})^2 / 2.8 \cdot 10^{-8} = 0.0357 \text{ моль/л}$$

4) Рассчитаем сколько моль HClO содержится в 50 мл первого раствора:

В 1000 мл содержится 0.357 моль

В 50 мл — X моль

$$X = 50 \cdot 0.357 / 1000 = 0.0179 \text{ моль}$$

5) Это число моль  $\text{HClO}$  должно содержаться в конечном растворе, для которого

$$C = 0.0357 \text{ моль/л, т.е.}$$

В 1000 мл второго раствора содержится 0.0357 моль  $\text{HClO}$

В а мл этого раствора содержится 0.0179 моль  $\text{HClO}$

$$\text{Откуда } a = 1000 \cdot 0.0179 / 0.0357 = 501.4 \text{ мл}$$

Следовательно, к 50 мл первого раствора нужно добавить  $501.4 - 50.0 = 451.4$  мл воды.

**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Дан ответ на первый вопрос   | 2 балл  |
| 2. Рассчитано количество вещества $\text{HClO}$ до и после разбавления по 1 баллу | 2 балла |
| 3. Рассчитан объём воды   | 1 балла |

**ИТОГО: 5 баллов**