

11 класс

№ 1

1 вариант

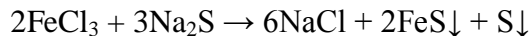
Если допустить протекание обменного процесса, то в этом случае в качестве осадка должен выпадать нерастворимый сульфид. Определим металлы. Пусть формула нерастворимого сульфида Y_2S_n , тогда

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

откуда $0.0534M(Y) = n$; $M(Y) = 18.73n$

n	1	2	3
M(Y)	18.73	37.46	56.19

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:

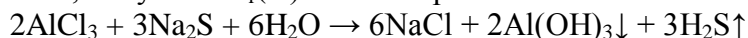


Выпавший осадок представляет собой смесь FeS и S в мольном соотношении 2 : 1.

Поскольку речь идет о хлоридах трехвалентных металлов, выделение газа при взаимодействии с растворами сульфидов (H₂S) указывает на случай взаимного усиления гидролиза. Значит, осадок, выпавший в первом случае – гидроксид. Пусть формула нерастворимого гидроксида X(OH)₃, тогда

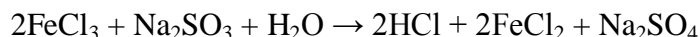
$$\omega(X) = \frac{A_r(X)}{A_r(X) + 51} = 0.3462$$

решая данное уравнение, получаем A_r(X) = 27. Вторым искомым металлом X – алюминий Al:

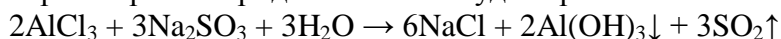


а) Хлорид железа (III) и хлорид алюминия не взаимодействуют с сульфатом натрия.

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



Сульфит, также как и сульфид натрия, гидролизует 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 выпасть нерастворимый сульфид. Определим металлы. Пусть формула нерастворимого сульфида Y₂S_n, тогда

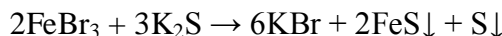
$$2 : n = \frac{0.5385}{M(Y)} : \frac{0.4615}{32} = \frac{0.5385}{M(Y)} : 0.0144 = 1 : 0.0267M(Y) = 2 : 0.0534M(Y)$$

откуда 0.0534M(X) = n; M(Y) = 18.73n

n	1	2	3
M(Y)	18.73	37.46	56.19

Искомый металл Y – железо Fe. Формально, получается, что выпавший осадок – Fe₂S₃.

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:

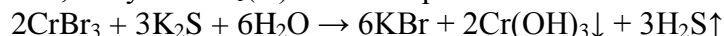


Выпавший осадок представляет собой смесь FeS и S в мольном соотношении 2 : 1.

Поскольку речь идет о хлоридах трехвалентных металлов, выделение газа при взаимодействии с растворами сульфидов (H₂S) указывает на случай взаимного усиления гидролиза. Значит, осадок, выпавший в первом случае – гидроксид. Пусть формула нерастворимого гидроксида X(OH)₃, тогда

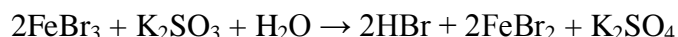
$$\omega(X) = \frac{A_r(X)}{A_r(X) + 51} = 0.5048$$

решая данное уравнение, получаем A_r(X) = 52. Вторым искомым металлом X – хром Cr:

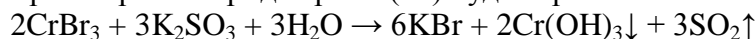


а) Бромид железа (III) и бромид алюминия не взаимодействуют с сульфатом калия.

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



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



Рекомендации к оцениванию:

1. Определение металлов по 1 баллу
2. Уравнения реакций по 0.75 балла

2 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-Клайперона) и определим количество молей газа в смеси **B** с **C**, а также количество моль **C**:

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$
$$n_C + n_B = \frac{101.325 \cdot 22.4}{8.314 \cdot 423} = 0,6454 \text{ моль}$$
$$n_C = \frac{101.325 \cdot 7.47}{8.314 \cdot 423} = 0.2152 \text{ моль}$$

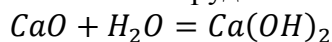
Отсюда не составляет труда найти мольные доли:

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

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

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

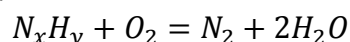
Видно, что логике задачи и полученным числам может удовлетворять только **B** = H_2O . Действительно, именно вода вносит основной вклад в парниковый эффект (40–70 % по разным оценкам). Реакцию с CaO написать нетрудно:



- 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 (уравнение Менделеева-Клайперона) и определим количество молей газа в смеси **B** с **C**, а также количество моль **C**:

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$
$$n_C + n_B = \frac{101.325 \cdot 22.4}{8,314 \cdot 423} = 0.6454 \text{ моль}$$
$$n_C = \frac{101.325 \cdot 16.8}{8.314 \cdot 423} = 0.4840 \text{ моль}$$

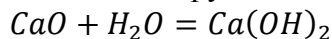
Отсюда не составляет труда найти мольные доли:

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

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

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

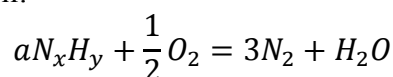
Видно, что логике задачи и полученным числам может удовлетворять только **B** = H₂O. Действительно, именно вода вносит основной вклад в парниковый эффект (40–70 % по разным оценкам). Реакцию с CaO написать нетрудно:



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

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

Условиям задачи удовлетворяет только **C** = N₂. 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 при $a = 2$ **A** = HN₃, азидоводород.

4) Инертность азота можно объяснять множеством причин. Самым логичным будет сказать, что в молекуле N₂ 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 В | 0.5 балла |
| 3. Определено вещество В
без обоснования — 0 баллов | 1 балл |
| 4. Определены А и С по 0.5 балла | 1 балл |
| 5. Приведены уравнения реакций по 0.5 балла | 1 балл |
| 6. Объяснение инертности вещества С | 0.5 балла |

ИТОГО: 5 баллов

№ 3

1 вариант

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

$$n(CO_2) = n(C)_X = 1.21/22.4 = 0.054 \text{ моль. } m(C)_X = 0.054 \cdot 12 = 0.648 \text{ г.}$$

$$n(H_2O) = 1/2n(H)_X = 1.216/18 = 0.0676 \text{ моль. } n(H)_X = 0.135 \text{ моль. } m(H)_X = 0.135 \cdot 1 = 0.135 \text{ г}$$

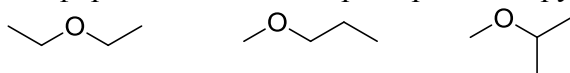
$$m(\text{остатка})_X = 1 - 0.648 - 0.135 = 0.217 \text{ г.}$$

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

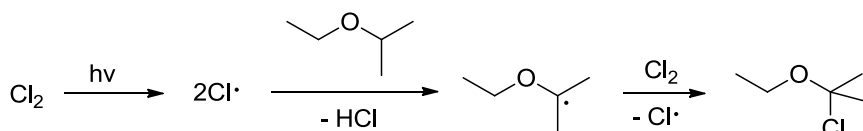
$$n(O)_X = 0.217/16 = 0.01356 \text{ моль.}$$

$$n(C) : n(H) : n(O) = 0.054 : 0.135 : 0.01356 = 4 : 10 : 1. \text{ Брутто-формула } \mathbf{X}: C_4H_{10}O.$$

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**:

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

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

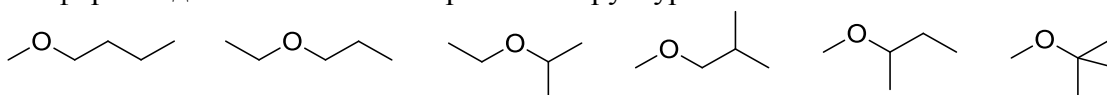
$$m(\text{остатка})_{\text{Y}} = 1 - 0.684 - 0.136 = 0.18 \text{ г.}$$

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

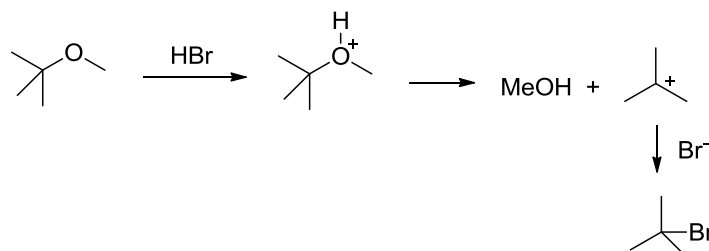
$$n(\text{O})_{\text{Y}} = 0.18/16 = 0.01125 \text{ моль.}$$

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

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 *трет*-бутилметилового эфира происходит селективно, образуются метанол и *трет*-бутилбромид:



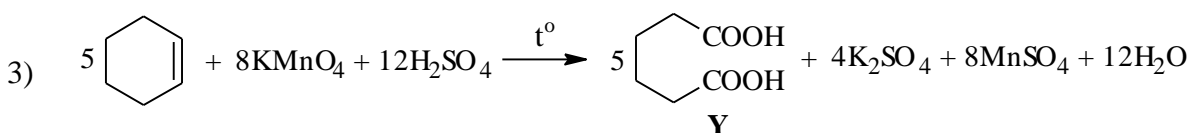
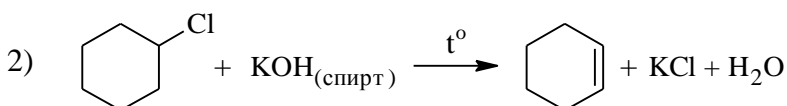
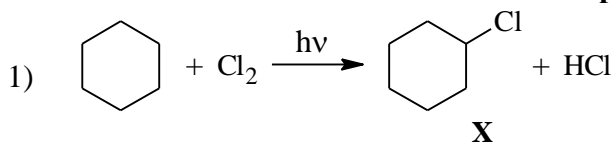
Рекомендации к оцениванию:

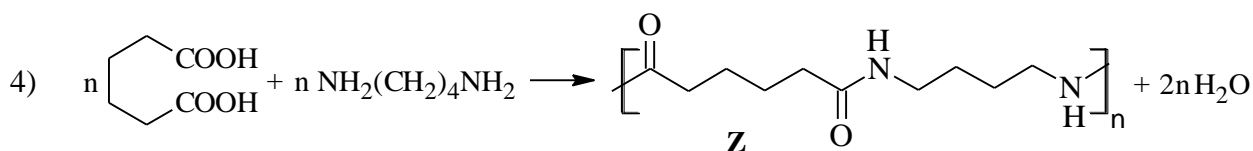
- | | |
|---|-----------|
| 1. Определена брутто-формула без расчётов — 0 баллов | 2 балла |
| 2. Верно указан класс соединения | 0.5 балла |
| 3. Приведены три изомера по 0.5 балла если приведено больше изомеров, то это не влияет на количество баллов | 1.5 балла |
| 4. Верно указан продукт(ы) реакции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

ИТОГО: 5 баллов

№ 4

1 вариант

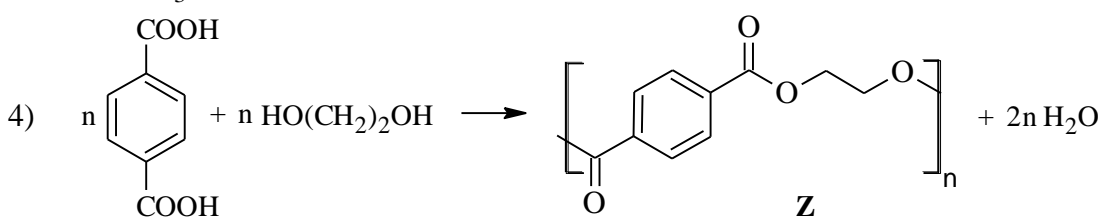
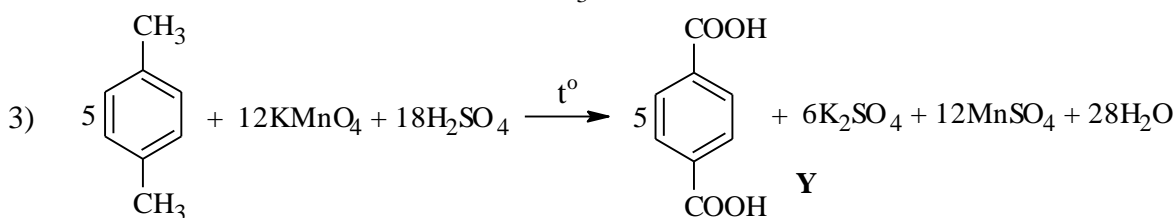
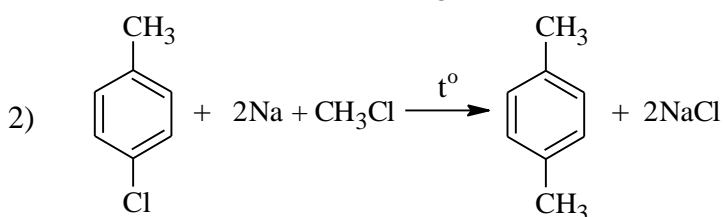
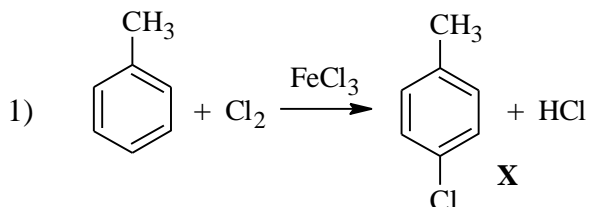




Z – синтетический полимер, нейлон (анид, нейлон-66). Проверим массовую долю азота, указанную в условии, по молекулярной формуле мономерного звена:

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

2 вариант



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

$$\omega(O) = \frac{4 \cdot A_r(O)}{M(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)} \cdot 100\% = 33.33\%$$

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Структурные формулы X, Y, Z 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 относятся соляная и азотная кислота) pH не может стать больше 7.
- 2) Хлорноватистая кислота – слабый электролит. Уравнение диссоциации:
 $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^- K_d = 2.8 \cdot 10^{-8}$
 $K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$
- 3) При pH = 4.2: $[\text{H}^+] = 10^{-4.2} = 6.3 \cdot 10^{-5}$ моль/л = $[\text{ClO}^-]$
 $[\text{HClO}]_1 = 0.1418$ моль/л
 $[\text{HClO}]_2 = (10^{-5})^2 / 2.8 \cdot 10^{-8} = 0.00357$ 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
 $X = 30 \cdot 0.1418 / 1000 = 0.00425$ моль
- 5) Это число моль HClO должно содержаться в конечном растворе, для которого
 $C = 0.00357$ моль/л, т.е.
 В 1000 мл второго раствора содержится 0.00357 моль HClO
 В а мл этого раствора содержится 0.00425 моль HClO
 Откуда $a = 1000 \cdot 0.00425 / 0.00357 = 1190$ мл
 Следовательно, к 30 мл первого раствора нужно добавить $1190 - 30 = 1160$ мл воды.

2 вариант

- 1) При любом разбавлении сильной кислоты (к таковым относятся соляная и азотная кислота) pH не может стать больше 7.
- 2) Хлорноватистая кислота – слабый электролит. Уравнение диссоциации:
 $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^- K_d = 2.8 \cdot 10^{-8}$
 $K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$
- 3) При pH = 4: $[\text{H}^+] = 10^{-4}$ моль/л = $[\text{ClO}^-]$
 $[\text{HClO}]_1 = 0.357$ моль/л
 $[\text{HClO}]_2 = (10^{-5})^2 / 2.8 \cdot 10^{-8} = 0.00357$ 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
 $X = 50 \cdot 0.357 / 1000 = 0.0179$ моль
- 5) Это число моль HClO должно содержаться в конечном растворе, для которого
 $C = 0.00357$ моль/л, т.е.
 В 1000 мл второго раствора содержится 0.00357 моль HClO
 В а мл этого раствора содержится 0.0179 моль HClO
 Откуда $a = 1000 \cdot 0.0179 / 0.00357 = 5014$ мл
 Следовательно, к 50 мл первого раствора нужно добавить $5014 - 50 = 4964$ мл воды.

Рекомендации к оцениванию:

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

ИТОГО: 5 баллов