

## Решение варианта 1

1. Электронную конфигурацию катиона  $Al^{3+}$  ( $1s^2 2s^2 2p^6$ ) имеют анионы  $F^-$ ,  $O^{2-}$ .
2. Молярная масса простого вещества

$$M = \rho \cdot V_m = 19.32 \cdot 10.2 = 197 \text{ г/моль.}$$

Простое вещество – золото Au.

3.  $ClCH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ;  
 $CH_3-CHCl-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ;  
 $CH_3-CH_2-CHCl-CH_2-CH_2-CH_3$ .

4. Из условия задачи рассчитаем количество углекислого газа

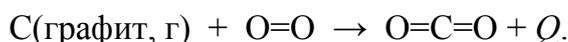
$$\nu(CO_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{35 \cdot 101.3}{8.314 \cdot 298} = 1.43 \text{ моль}$$

и пересчитаем тепловой эффект реакции на 1 моль углекислого газа

$$Q = \frac{563}{1.43} = 394 \text{ кДж/моль.}$$

Тепловой эффект реакции возникает из-за того, что при образовании химических связей энергия выделяется (экзотермический процесс), а на разрыв связей и на испарение твердого вещества энергия затрачивается (эндотермический процесс).

Запишем уравнение реакции образования углекислого газа:



Выразим тепловой эффект реакции:

$$Q = 2 \cdot E_{\text{св}}(C=O) - E_{\text{св}}(O=O) - Q(\text{исп.графита}).$$

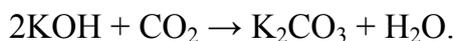
Приняв  $E_{\text{св}}(O=O)$  за  $x$  кДж/моль, можно записать

$$394 = 2 \cdot 798 - x - 705,$$

откуда  $x = 497$  кДж/моль.

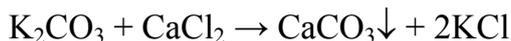
*Ответ:*  $E_{\text{св}}(O=O) = 497$  кДж/моль.

5. Твердый гидроксид калия поглощает из воздуха  $H_2O$  и  $CO_2$ :



Таким образом, влажное вещество – это смесь  $KOH$ ,  $K_2CO_3$  и  $H_2O$ .

При добавлении к первому раствору избытка хлорида кальция:



образуется осадок карбоната кальция в количестве:

$$\nu(CaCO_3) = 1.75 / 100 = 0.0175 \text{ моль.}$$

Следовательно, карбоната калия в половине влажного вещества содержалось 0.0175 моль, а во всем влажном веществе 0.035 моль.

Масса этого вещества

$$m(K_2CO_3) = 0.035 \cdot 138 = 4.83 \text{ г.}$$

Массовая доля  $K_2CO_3$  во влажном веществе:

$$\omega(K_2CO_3) = 4.83 / 34.4 = 0.140 \text{ (или 14.0\%)}$$

В реакцию с 0.035 моль  $CO_2$  вступило 0.07 моль  $KOH$ ; в смеси (во влажном веществе) его осталось

$$m(KOH) = 30.0 - 0.07 \cdot 56 = 26.08 \text{ г.}$$

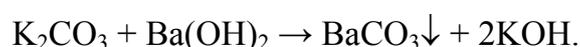
Массовая доля  $KOH$  во влажном веществе:

$$\omega(KOH) = 26.08 / 34.4 = 0.758 \text{ (или 75.8\%)}$$

Массовую долю воды найдем по разности:

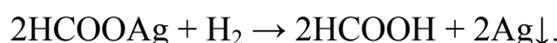
$$\omega(H_2O) = 100 - 14.0 - 75.8 = 10.2\%$$

Чтобы избавиться во втором растворе от карбоната калия и получить раствор чистого гидроксида калия, надо добавить необходимое количество гидроксида бария:



*Ответ:* 75.8%  $KOH$ , 14.0%  $K_2CO_3$ , 10.2%  $H_2O$ ; добавить  $Ba(OH)_2$ .

6. Уравнение реакции:



По условию,  $pH$  полученного раствора равен 2, отсюда равновесная концентрация ионов  $H^+$  составляет

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Обозначим молярную концентрацию образовавшейся муравьиной кислоты за  $c$  и выразим ее константу диссоциации:

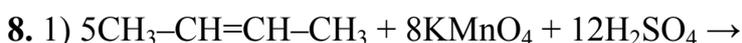
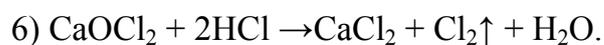
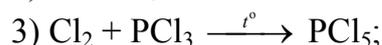
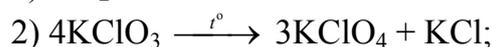
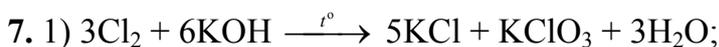
$$K_{\text{дис}} = \frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{[H^+]^2}{c - [H^+]}$$

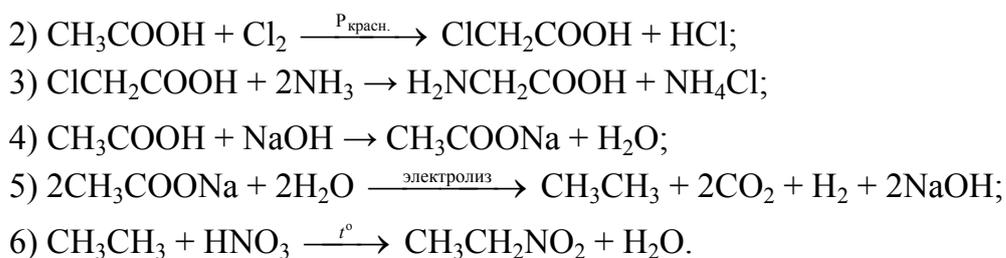
Подставив в это выражение все численные значения, получаем:

$$1.82 \cdot 10^{-4} = \frac{10^{-4}}{c - 10^{-2}}$$

откуда  $c(HCOOH) = 0.559$  моль/л. Молярная концентрация формиата серебра в исходном растворе также равна 0.559 моль/л.

*Ответ:* 0.559 моль/л.





Ответ: X – ClCH<sub>2</sub>COOH, Y – CH<sub>3</sub>COONa.

9. Из условия задачи рассчитаем количества щелочи и сернистого газа:

$$v(\text{NaOH}) = \frac{m(p - pa) \cdot \omega}{M} = \frac{560 \cdot 0.1}{40} = 1.4 \text{ моль};$$

$$v(\text{SO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{99.9 \cdot 2.48}{8.31 \cdot 298} = 0.1 \text{ моль}.$$

Возможны следующие варианты смесей:

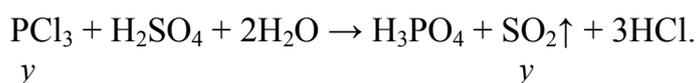
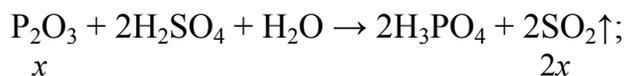
- а) P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и PCl<sub>3</sub>;
- б) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и PCl<sub>3</sub>;
- в) P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и PCl<sub>5</sub>;
- г) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и PCl<sub>5</sub>.

Последний вариант (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и PCl<sub>5</sub>) невозможен, т.к. ни одно из этих соединений не может реагировать с концентрированной серной кислотой.

Рассмотрим первые три варианта.

а) P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и PCl<sub>3</sub>.

Концентрированная серная кислота окисляет оба компонента смеси (x моль P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и y моль PCl<sub>3</sub>):



Масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 110x + 137.5y = 36.775 \text{ г}.$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 110x + 137.5y = 36.775; \\ 2x + y = 0.1. \end{cases}$$

Решение системы дает  $x < 0$ , следовательно, этот вариант невозможен.

б) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и PCl<sub>3</sub>.

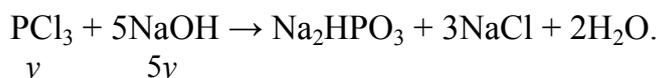
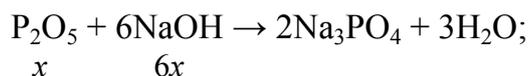
Масса смеси, состоящей из x моль P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и y моль PCl<sub>3</sub>, составляет:

$$m(\text{смеси}) = 142x + 137.5y = 36.775 \text{ г}.$$

С концентрированной серной кислотой взаимодействует только PCl<sub>3</sub>, при этом выделяется y моль сернистого газа, что составляет, по условию задачи, 0.1 моль.

Из уравнения для массы смеси получаем  $x = 0.16$  моль.

Проверку этого варианта проведем по количеству затраченной на нейтрализацию щелочи:



Количество щелочи:

$$v(\text{NaOH}) = 6x + 5y = 6 \cdot 0.16 + 5 \cdot 0.1 = 1.46 \text{ моль},$$

но по условию задачи щелочи тратится 1.4 моль, следовательно, вариант б) также исключается.

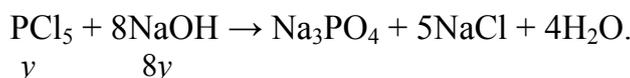
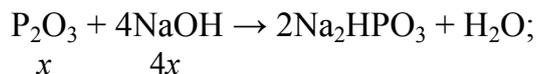
в)  $\text{P}_2\text{O}_3$  и  $\text{PCl}_5$ .

Масса смеси, содержащей  $x$  моль  $\text{P}_2\text{O}_3$  и  $y$  моль  $\text{PCl}_5$ , составляет

$$m(\text{смеси}) = 110x + 208.5y = 36.775 \text{ г}.$$

С концентрированной серной кислотой взаимодействует только оксид фосфора (уравнение реакции см. выше); из этого уравнения и условия задачи следует, что  $2x = 0.1$  моль. Отсюда  $x = 0.05$  моль. Подставляем это значение в уравнение для массы смеси и получаем  $y = 0.15$  моль.

Проверим этот вариант по количеству щелочи на нейтрализацию:



Количество щелочи:

$$v(\text{NaOH}) = 4x + 8y = 4 \cdot 0.05 + 8 \cdot 0.15 = 1.4 \text{ моль},$$

что полностью соответствует условию.

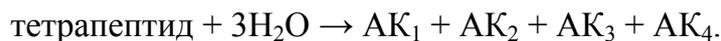
Мольные доли компонентов:

$$\chi(\text{P}_2\text{O}_3) = \frac{0.05}{0.05 + 0.15} = 0.25 \text{ (или 25\%);}$$

$$\chi(\text{PCl}_5) = 0.75 \text{ (или 75\%).}$$

*Ответ:* 25%  $\text{P}_2\text{O}_3$  и 75%  $\text{PCl}_5$  (по молям).

**10.** Для полного гидролиза 1 моль тетрапептида требуется 3 моль воды. В результате гидролиза образуется четыре аминокислоты (АК):



Из условия задачи количество требуемой воды составляет:

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.81 / 18 = 0.045 \text{ моль}.$$

Следовательно,  $v(\text{пептида})$  равно 0.015 моль,  $v_{\text{общ}}(\text{аминокислот})$  равно 0.06 моль.

Рассчитаем суммарную массу образовавшихся аминокислот:

$$m(\text{аминокислот}) = m(\text{пептида}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 6.39 \text{ г} + 0.81 \text{ г} = 7.2 \text{ г}.$$

В результате реакции одной из полученных аминокислот с азотистой кислотой образуется гидроксикислота (органическое вещество) и выделяется азот в соответствии с уравнением:



Из условия задачи, количество выделившегося азота:

$$\nu(\text{N}_2) = 1.008 / 22.4 = 0.045 \text{ моль},$$

значит, количество образовавшейся гидроксикислоты также равно 0.045 моль.

Отсюда молярная масса гидроксикислоты и молярная масса радикала в ней составляют соответственно

$$M = m / \nu = 4.77 / 0.045 = 106 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{R}) = 106 - 75 = 31 \text{ г/моль};$$

это радикал  $-\text{CH}_2\text{OH}$ . Следовательно, образующаяся при гидролизе аминокислота – серин (Ser)  $\text{H}_2\text{NCH}(\text{CH}_2\text{OH})\text{COOH}$  с молярной массой 105 г/моль.

Масса серина:

$$m(\text{Ser}) = 105 \cdot 0.045 = 4.725 \text{ г}.$$

Поскольку серина при гидролизе получилось в три раза больше, чем исходного тетрапептида (0.015 моль), можно заключить, что в состав последнего входили три остатка серина и еще один – неизвестной аминокислоты, количество которой равно 0.015 моль.

Масса и молярная масса неизвестной аминокислоты:

$$m(\text{аминокислоты}) = 7.2 - 4.725 = 2.475 \text{ г};$$

$$M(\text{аминокислоты}) = 2.475 / 0.015 = 165 \text{ г/моль};$$

это – фенилаланин  $\text{H}_2\text{NCH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{COOH}$ .

Одна из возможных структур тетрапептида: серил-серил-фенилаланил-серин



*Ответ:* Ser-Ser-Phe-Ser.