

### Решение варианта 1

**1.6.** Приведите пример аниона, который имеет электронную конфигурацию катиона  $Al^{3+}$ .

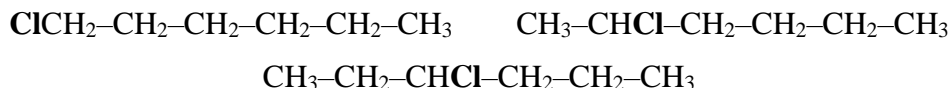
*Ответ:* ионы  $F^-$ ,  $O^{2-}$  имеют конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p^6$ .

**2.4.** Какое простое вещество имеет плотность  $19.32 \text{ г/см}^3$  (н.у.) и молярный объем  $10.2 \text{ см}^3/\text{моль}$ ?

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

Простое вещество – золото Au.

**3.5.** Нарисуйте структурные формулы трех моноклорпроизводных гексана.

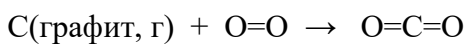


**4.5.** При образовании 35 л углекислого газа из графита и кислорода (при  $25^\circ\text{C}$  и нормальном давлении) выделилось 563 кДж теплоты. Испарение одного моля графита требует затраты энергии 705 кДж/моль. Средняя энергия связи  $C=O$  в молекуле углекислого газа равна 798 кДж/моль. Рассчитайте энергию связи  $O=O$  в молекуле кислорода (в кДж/моль).

*Решение.* Пересчитаем тепловой эффект реакции на 1 моль углекислого газа:

$$\begin{aligned} \nu(CO_2) &= \frac{pV}{RT} = \frac{35 \cdot 101.3}{8.314 \cdot 298} = 1.43 \text{ моль,} \\ Q &= \frac{563}{1.43} = 394 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

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



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

$$E_{\text{св}}(O=O) = x$$

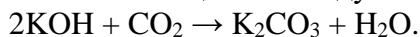
$$394 = 2 \cdot 798 - x - 705 = 891 - x$$

$$x = 497 \text{ кДж/моль.}$$

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

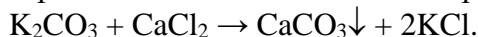
**5.3.** Твердый гидроксид калия массой 30.0 г оставили на воздухе. Через некоторое время он превратился во влажное вещество массой 34.4 г. Его растворили в воде и поделили раствор на две равные части. При добавлении избытка хлорида кальция к первому раствору выпал осадок массой 1.75 г. Определите состав влажного вещества (в массовых процентах). Как из второго раствора получить раствор чистого гидроксида калия?

*Решение.* КОН поглощает из воздуха  $H_2O$  и  $CO_2$ :



Таким образом, влажное вещество – это смесь КОН,  $K_2CO_3$  и воды.

Именно карбонат калия дает осадок с хлоридом кальция



Из половины исходной смеси получено

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

Состав влажного вещества:

1) Карбонат калия:

$$\nu(K_2CO_3) = 2 \cdot 0.0175 = 0.035 \text{ моль,}$$

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

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

2) Гидроксид калия. В реакцию с 0.035 моль  $\text{CO}_2$  вступило 0.07 моль  $\text{KOH}$ . В смеси осталось:

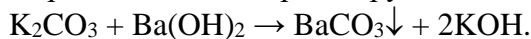
$$m(\text{KOH}) = 30.0 - 0.07 \cdot 56 = 26.08 \text{ г},$$

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

3) Долю воды найдем по разности:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 14.0 - 75.8 = 10.2\%.$$

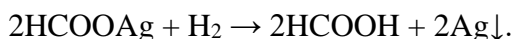
Чтобы избавиться от карбоната калия, к раствору надо добавить гидроксид бария:



Ответ: 75.8%  $\text{KOH}$ , 14.0%  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , 10.2%  $\text{H}_2\text{O}$ .

**6.5.** Через 200 мл раствора формиата серебра пропустили избыток водорода до полного выпадения осадка. После отделения осадка pH раствора стал равен 2. Определите молярную концентрацию соли в исходном растворе. Константа диссоциации муравьиной кислоты равна  $1.82 \cdot 10^{-4}$ .

Решение. Уравнение реакции:



По условию,  $\text{pH} = 2$ , отсюда равновесная концентрация ионов  $\text{H}^+$  составляет

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

Обозначим молярную концентрацию образовавшейся кислоты за  $c$

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]},$$
$$1.82 \cdot 10^{-4} = \frac{10^{-4}}{c - 10^{-2}}.$$

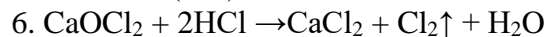
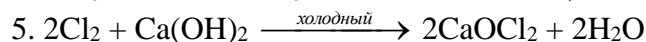
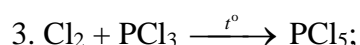
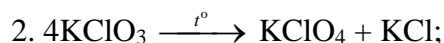
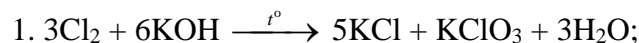
Отсюда

$$c - 10^{-2} = \frac{10^{-4}}{1.82 \cdot 10^{-4}} = 0.549,$$

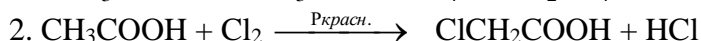
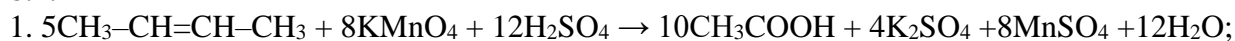
$$c = 0.549 + 0.01 = 0.559 \text{ моль/л}.$$

Ответ: 0.559 моль/л.

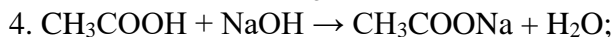
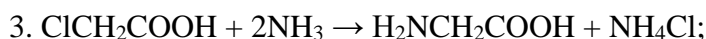
**7.5.**



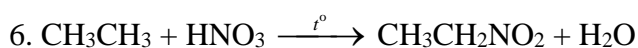
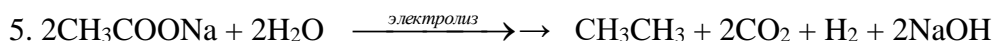
**8.2.**



**X**



**Y**



**9.1.** Смесь двух бинарных соединений (т.е. состоящих из атомов двух элементов) массой 36.775 г содержит атомы фосфора, хлора и кислорода. Эта смесь может нейтрализовать 560 г 10.0%-ного холодного раствора NaOH. При взаимодействии такой же навески смеси с избытком концентрированной серной кислоты выделяется сернистый газ объемом 2.48 л (измерено при 25°C и 99.9 кПа). Определите качественный состав и молярные доли компонентов в исходной смеси.

*Решение.* Сначала рассчитаем количества сернистого газа и щелочи. Количество выделившегося SO<sub>2</sub> составит

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

Количество щелочи:

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

Возможны три варианта смесей:

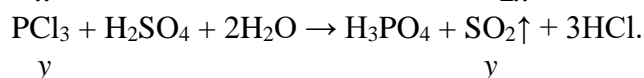
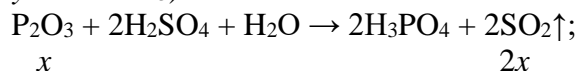
а) P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и PCl<sub>3</sub>;

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>.

Вариант P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и PCl<sub>5</sub> невозможен, т.к. ни одно из этих соединений не будет реагировать с концентрированной серной кислотой.

В случае а) 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  $110x + 137.5y = 36.775$  г.

Составим и решим систему уравнений:

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

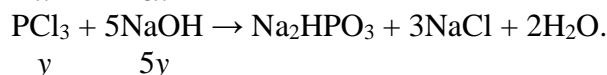
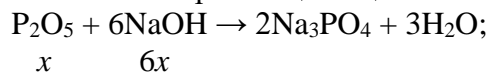
Решение системы дает  $x < 0$ , следовательно, этот вариант невозможен.

Рассмотрим вариант б).

Пусть смесь состоит из x моль P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и y моль PCl<sub>3</sub>, тогда масса смеси составляет

$$144x + 137.5y = 36.775.$$

С концентрированной серной кислотой взаимодействует только PCl<sub>3</sub>, при этом выделяется y моль сернистого газа, следовательно,  $y = 0.1$ . Из предыдущего уравнения для массы смеси получаем  $x = 0.16$  моль. Окончательную проверку проведем по количеству затраченной на нейтрализацию щелочи:

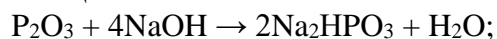


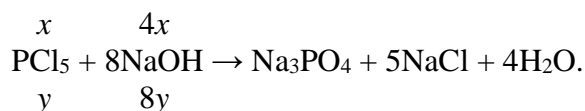
На нейтрализацию необходимо  $6x + 5y = 6 \cdot 0.16 + 5 \cdot 0.1 = 1.46$  моль, но по условию задачи щелочи тратится 1.4 моль, следовательно, вариант б) исключается.

Остается проанализировать вариант в): смесь содержит x моль P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и y моль PCl<sub>3</sub>.

Масса смеси:  $10x + 208.5y = 36.775$ .

С концентрированной серной кислотой взаимодействует только трихлорид фосфора (уравнение реакции см. выше), получается, что  $x = 0.05$  моль. Подставляем это значение в уравнение для массы смеси и получаем  $y = 0.15$  моль. Проверим по количеству щелочи на нейтрализацию:





Количество щелочи  $4x + 8y = 4 \cdot 0.05 + 8 \cdot 0.15 = 1.4$  моль, что полностью соответствует условию.

Мольные доли компонентов:

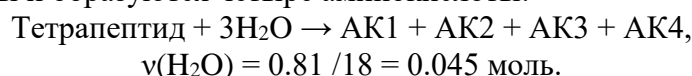
$$x(\text{P}_2\text{O}_3) = \frac{0.05}{0.05 + 0.15} = 0.25 \text{ или } 25\%,$$

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

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

## 10.1.

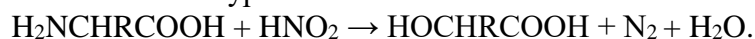
В условии задачи сказано, что гидролизуются тетрапептид; на гидролиз моля тетрапептида требуется 3 моль воды и образуются четыре аминокислоты:



Следовательно,  $\nu(\text{пептида}) = 0.045 / 3 = 0.015$  моль,  $\nu$  аминокислот = 0.06 моль.

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

В результате реакции аминокислоты с азотистой кислотой образуется гидроксикислота и выделяется азот в соответствии с уравнением:

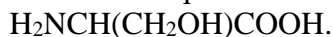


$$\nu(\text{N}_2) = 1.008 / 22.4 = 0.045 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{орг. в-ва}) = 0.045 \text{ моль},$$

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

$M(\text{R}) = 106 - 75 = 31$  г/моль. Аминокислота – серин Ser.



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

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

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

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

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

