

Решение варианта 2

1.3. Приведите пример катиона, который имеет электронную конфигурацию аниона O^{2-} .

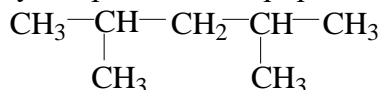
Ответ: ионы Na^+ , Mg^{2+} имеют конфигурацию $1s^2 2s^2 2p^6$.

2.6. Какое простое вещество имеет плотность 2.33 г/см^3 (н.у.) и молярный объем $12.1 \text{ см}^3/\text{моль}$?

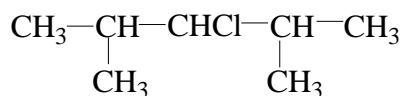
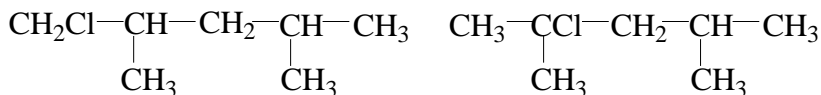
$$M = \rho \cdot V = 2.33 \cdot 12.1 = 28 \text{ г/моль.}$$

Простое вещество – кремний Si.

3.1. Нарисуйте структурные формулы трех монохлорпроизводных 2,4-диметилпентана.



Решение:



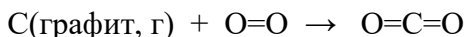
4.6. При образовании 45 л углекислого газа из графита и кислорода (при 25°C и нормальном давлении) выделилось 725 кДж теплоты. Испарение одного моля графита требует затраты энергии 705 кДж/моль. Энергия связи $O=O$ в молекуле кислорода равна 497 кДж/моль. Рассчитайте среднюю энергию связи $C=O$ в молекуле углекислого газа (в кДж/моль).

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

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{45 \cdot 101.3}{8.314 \cdot 298} = 1.84 \text{ моль,}$$

$$Q = \frac{725}{1.84} = 394 \text{ кДж/моль.}$$

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.



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

$$E_{\text{св}}(\text{C}=\text{O}) = x$$

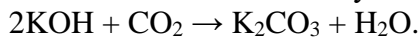
$$394 = 2 \cdot x - 497 - 705 = x - 1202$$

$$x = 0.5 \cdot 1596 = 798 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: $E_{\text{св}}(\text{C}=\text{O}) = 798 \text{ кДж/моль.}$

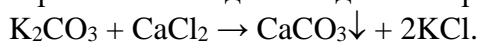
5.2. Твердый гидроксид калия массой 22.4 г оставили на воздухе. Через некоторое время он превратился во влажное вещество массой 26.0 г. Его растворили в воде и поделили раствор на две равные части. При добавлении избытка хлорида кальция к первому раствору выпал осадок массой 1.5 г. Определите состав 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

$$\nu(\text{CaCO}_3) = 1.5 / 100 = 0.015 \text{ моль.}$$

В состав влажного вещества входят:

1) Карбонат калия:

$$\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0.015 = 0.03 \text{ моль.}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0.03 \cdot 138 = 4.14 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 4.14 / 26.0 = 0.159 \text{ (15.9\%).}$$

2) Гидроксид калия. В реакцию с 0.03 моль CO_2 вступило 0.06 моль KOH. В смеси осталось:

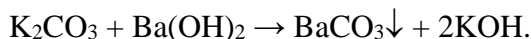
$$m(\text{KOH}) = 22.4 - 0.06 \cdot 56 = 19.04 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{KOH}) = 19.04 / 26.0 = 0.732 \text{ (73.2\%).}$$

3) Вода

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 15.9 - 73.2 = 10.9\%.$$

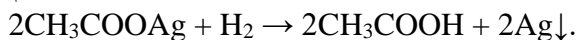
Для того, чтобы избавиться от карбоната калия, к раствору надо добавить гидроксид бария:



Ответ: 73.2% KOH, 15.9% K_2CO_3 , 10.9% H_2O .

6.1. Через 500 мл раствора ацетата серебра пропустили избыток водорода до полного выпадения осадка. После отделения осадка pH раствора стал равен 4. Определите молярную концентрацию соли в исходном растворе. Константа диссоциации уксусной кислоты равна $1.74 \cdot 10^{-5}$.

Решение. Уравнение реакции:



По условию, pH = 4, отсюда равновесная концентрация ионов H^+ составляет

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Обозначим молярную концентрацию образовавшейся кислоты за c

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]},$$

$$1.74 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-8}}{c - 10^{-4}}.$$

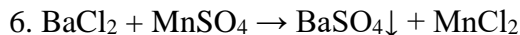
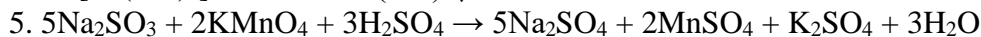
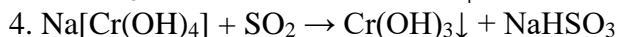
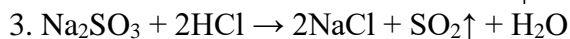
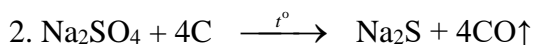
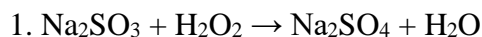
Отсюда

$$c - 10^{-4} = \frac{10^{-8}}{1.74 \cdot 10^{-5}} = 5.75 \cdot 10^{-4},$$

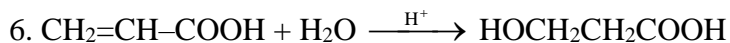
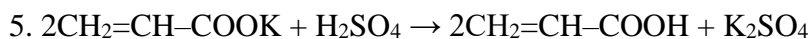
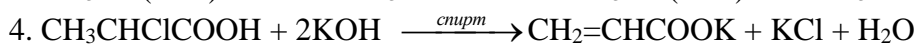
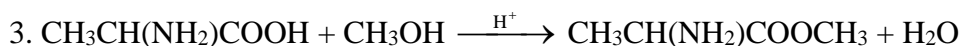
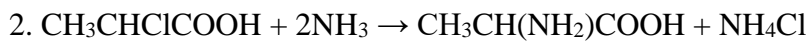
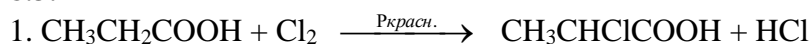
$$c = 5.75 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-4} = 6.75 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Ответ: $6.75 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

7.4.



8.3.



9.5. Смесь двух бинарных соединений (т.е. состоящих из атомов двух элементов) массой 69.15 г содержит атомы фосфора, хлора и кислорода. Эта смесь может нейтрализовать 352 г 30.0%-ного холодного раствора NaOH. При взаимодействии такой же навески смеси с избытком разбавленной азотной кислоты выделяется 1.96 л оксида азота (II) (измерено при 21°C и 99.7 кПа). Определите качественный состав и мольные доли компонентов в исходной смеси.

Решение. Сначала рассчитаем количества оксида азота и щелочи. Количество выделившегося NO составит

$$v(\text{NO}) = \frac{pV}{RT} = \frac{99.7 \cdot 1.96}{8.31 \cdot 294} = 0.08 \text{ моль.}$$

Количество щелочи:

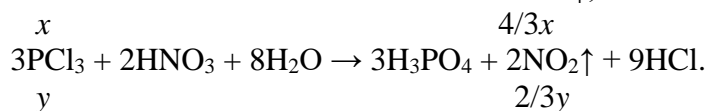
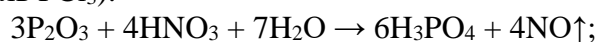
$$v(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{p-pa}) \cdot \omega}{M} = \frac{352 \cdot 0.3}{40} = 2.64 \text{ моль.}$$

Возможны три варианта смесей:

- а) P_2O_3 и PCl_3 ;
б) P_2O_5 и PCl_3 ;
в) P_2O_3 и PCl_5 .

Вариант P_2O_5 и PCl_5 невозможен, т.к. ни одно из этих соединений не будет реагировать с концентрированной серной кислотой.

В случае а) разбавленная азотная кислота окисляет оба компонента смеси (x моль P_2O_3 и y моль PCl_3):



Масса смеси равна $110x + 137.5y = 69.15$ г.

Составим и решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 110x + 137.5y = 69.15; \\ 1.33x + 0.667y = 0.08. \end{cases}$$

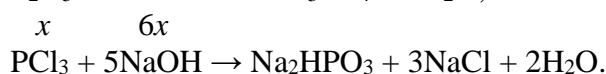
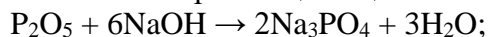
Решение системы дает $x < 0$, следовательно, этот вариант невозможен.

Рассмотрим вариант б).

Пусть смесь состоит из x моль P_2O_5 и y моль PCl_3 , тогда масса смеси составляет

$$144x + 137.5y = 69.15.$$

С концентрированной серной кислотой взаимодействует только PCl_3 , при этом выделяется 1.33 моль NO , следовательно, $y = 0.12$. Из предыдущего уравнения для массы смеси получаем $x = 0.366$ моль. Окончательную проверку проведем по количеству затраченной на нейтрализацию щелочи:



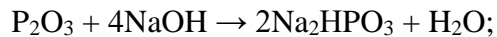
$$y \quad 5y$$

На нейтрализацию необходимо $6x + 5y = 6 \cdot 0.366 + 5 \cdot 0.12 = 2.8$ моль, но по условию задачи щелочи тратится 2.64 моль, следовательно, вариант б) исключается.

Остается проанализировать вариант в): смесь содержит x моль P_2O_5 и y моль PCl_3 .

Масса смеси: $10x + 208.5y = 69.15$.

С разбавленной азотной кислотой взаимодействует только трихлорид фосфора (уравнение реакции см. выше), получается, что $x = 0.06$ моль. Подставляем это значение в уравнение для массы смеси и получаем $y = 0.3$ моль. Проверим по количеству щелочи на нейтрализацию:



$$x \quad 4x$$



$$y \quad 8y$$

Количество щелочи $4x + 8y = 4 \cdot 0.06 + 8 \cdot 0.3 = 2.64$ моль, что полностью соответствует условию.

Мольные доли компонентов:

$$x(P_2O_3) = \frac{0.06}{0.06 + 0.3} = 0.167 \text{ или } 16.7\%,$$

$$x(PCl_5) = 0.833 \text{ или } 83.3\%.$$

Ответ: 16.7% P_2O_3 и 83.3% PCl_5 по молям.

10.2. Для полного гидролиза 2.13 г тетрапептида потребовалось 0.27 мл воды, при этом образовалось две аминокислоты, которые количественно разделили. При добавлении к одной из аминокислот избытка азотистой кислоты выделилось 112 мл (н.у.) газа и образовалось 0.83 г органического вещества. Установите возможное строение тетрапептида.

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

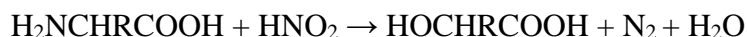


$$\nu(H_2O) = 0.27 / 18 = 0.015 \text{ моль.}$$

Следовательно ν пептида = 0.005 моль, ν аминокислот = 0.02 моль.

$$m_{\text{аминокислот}} = m_{\text{пептида}} + m_{H_2O} = 2.13 + 0.27 = 2.4 \text{ г.}$$

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



$$\nu(N_2) = 0.112 / 22.4 = 0.005 \text{ моль, } \nu_{\text{HOCHRCOOH}} = 0.005 \text{ моль.}$$

$$M = \frac{m}{\nu} = \frac{0.83}{0.005} = 166 \text{ г/моль.}$$

$M_{\text{аминокислоты}} = 165 \text{ г/моль.}$ Аминокислота – фенилаланин $H_2NCH(CH_2C_6H_5)COOH$.

$$m_{\text{фенилаланина}} = 165 \text{ г/моль} \cdot 0.005 \text{ моль} = 0.825 \text{ г.}$$

ν фенилаланина – 0.005 моль, тогда ν второй аминокислоты = 0.015 моль.

$$m_{\text{аминокислоты}} = 2.4 \text{ г} - 0.825 \text{ г} = 1.575 \text{ г.}$$

$$M_{\text{аминокислоты}} = 1.575 \text{ г} / 0.015 \text{ моль} = 105 \text{ г/моль.}$$

Это – серин $H_2NCH(CH_2OH)COOH$.

Одна из возможных структур тетрапептида: серин-серин-фенилаланин-серин.

