

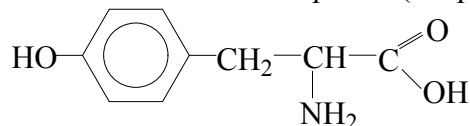
Решение заданий варианта 1

1. Приведите формулы двух соединений разных классов, в которых атом серы имеет максимальную степень окисления. (4 балла)

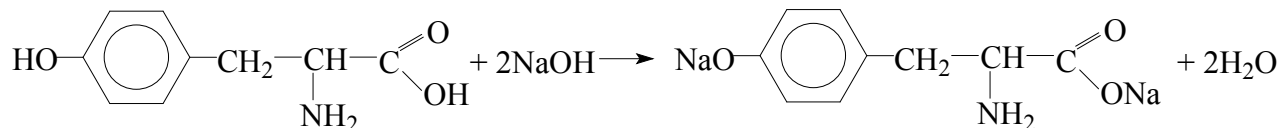
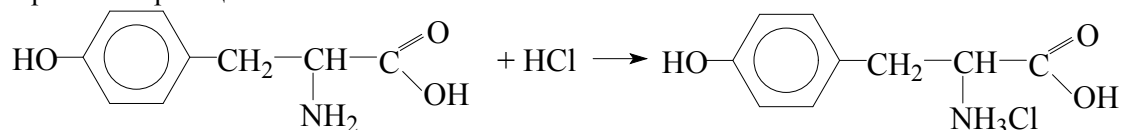
Максимальная степень окисления серы +6; примеры соединений SO_3 , Na_2SO_4 .

2. Природное соединение состава $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_3$ реагирует с растворами HCl и NaOH . Приведите структурную формулу соединения, его название и два упомянутых уравнения реакций. (8 баллов)

Формуле соответствует природная аминокислота *тирозин* (гидроксифенилаланин):

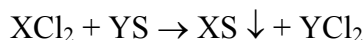


Уравнения реакций:



3. К раствору, содержащему 1.35 г хлорида металла (степень окисления +2), прибавили раствор, содержащий 0.51 г соли сероводородной кислоты, при этом выпало 0.96 г осадка. Приведите формулы исходных солей, если они прореагировали полностью. (8 баллов)

Решение:



Определим металл, входящий в состав исходного хлорида, для этого выразим количества солей:

$$\nu(\text{XS}) = \frac{m(\text{XS})}{M(\text{XS})} = \frac{0.96}{x + 32}; \quad \nu(\text{XCl}_2) = \frac{m(\text{XCl}_2)}{M(\text{XCl}_2)} = \frac{1.35}{x + 71}.$$

Так как $\nu(\text{XS}) = \nu(\text{XCl}_2)$, находим $x = 64$ г/моль, X – это медь Cu, исходная соль – CuCl_2 .

Определим молярную массу Y.

$$\nu(\text{YS}) = \nu(\text{XS}) = 0.96/96 = 0.01 \text{ моль}; \quad M(\text{YS}) = 0.51 / 0.01 = 51 \text{ г/моль}, \quad M(\text{Y}) = 19 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, исходная соль – гидросульфид аммония NH_4HS .

Ответ: CuCl_2 , NH_4HS .

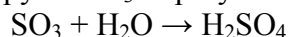
4. К 400 мл раствора NaOH с концентрацией 1.2 моль/л и плотностью 1.04 г/мл осторожно добавили 30 г 70%-ного олеума. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе. (8 баллов)

Решение:

Состав олеума: $m(\text{SO}_3) = \omega \cdot m = 0.7 \cdot 30 = 21$ г, $\nu(\text{SO}_3) = 21/80 = 0.2625$ моль,

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30 - 21 = 9 \text{ г}, \quad \nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9/98 = 0.092 \text{ моль}.$$

При добавлении олеума к водному раствору из SO_3 образуется серная кислота:



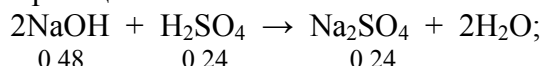
в количестве 0.2625 моль. Таким образом, общее количество серной кислоты из олеума составляет

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2625 + 0.092 = 0.3545 \text{ моль}.$$

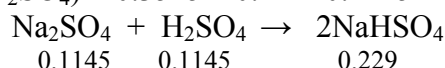
Количество щелочи:

$$\nu(\text{NaOH}) = c \cdot V = 1.2 \cdot 0.4 = 0.48 \text{ моль}.$$

В растворе протекают следующие реакции:



$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.3545 - 0.24 = 0.1145 \text{ моль}.$$



Количества и массы солей:

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.24 - 0.1145 = 0.1255 \text{ моль}, \quad m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.1255 \cdot 142 = 17.8 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{NaHSO}_4) = 0.229 \text{ моль}, \quad m(\text{NaHSO}_4) = 0.229 \cdot 120 = 27.5 \text{ г.}$$

Масса раствора и массовые доли солей:

$$m(\text{р-ра}) = 30 + 400 \cdot 1.04 = 446 \text{ г};$$

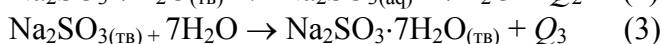
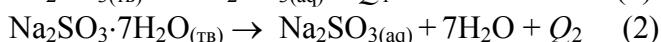
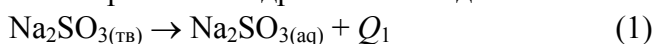
$$\omega(\text{NaHSO}_4) = 27.5 / 446 = 0.062 \text{ (или 6.2\%);}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 17.8 / 446 = 0.04 \text{ (или 4.0\%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{NaHSO}_4) = 6.2\%$; $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 4.0\%$. Реально в растворе будут находиться ионы Na^+ , SO_4^{2-} , HSO_4^- .

5. При растворении в воде 63 г Na_2SO_3 выделяется 5650 Дж теплоты, а при растворении 63 г кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ поглощается 11715 Дж теплоты. Определите тепловой эффект процесса образования 1 моль $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ из безводной соли. (10 баллов)

Решение: запишем термохимические уравнения растворения Na_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и образования кристаллогидрата из безводной соли:



Видно, что $Q_3 = Q_1 - Q_2$

Рассчитаем значения Q_1 и Q_2 , приходящиеся на 1 моль $\text{Na}_2\text{SO}_{3(\text{тв})}$ и $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв})}$.

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 63/126 = 0.5 \text{ моль}, \quad Q_1 = 5650/0.5 = 11300 \text{ Дж/моль} = 11.3 \text{ кДж/моль};$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв})}) = 63/252 = 0.25 \text{ моль}, \quad Q_2 = -11715/0.25 = -46860 \text{ Дж/моль} = -46.86 \text{ кДж/моль}.$$

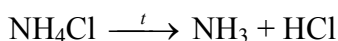
$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 11.3 + 46.86 = 58.16 \text{ кДж/моль}.$$

Ответ: 58.16 кДж/моль.

6. В стеклянную трубку поместили навеску хлорида аммония массой 3г, затем трубку закрепили наклонно и нагрели. Газы, выходящие из нижнего и из верхнего концов трубки, пропустили через дистиллированную воду. Объем воды в первом случае составил 250 мл, во втором – 1 л. Рассчитайте pH полученных растворов, если $K_{\text{дис}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 2 \cdot 10^{-5}$. (10 баллов)

Решение:

$$\nu(\text{NH}_4\text{Cl}) = m(\text{NH}_4\text{Cl}) / M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 3/53.5 = 0.056 \text{ моль}.$$



вверх вниз

$$\nu(\text{NH}_3) = \nu(\text{HCl}) = 0.056 \text{ моль}.$$

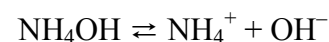
После пропускания газов через воду образовалось два раствора: раствор HCl ($V(\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ мл}$) и раствор NH_4OH ($V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ л}$).

Рассчитаем pH раствора HCl (сильная кислота, диссоциирует полностью):

$$c(\text{H}^+) = c(\text{HCl}) = \nu / V = 0.056 / 0.25 = 0.224 \text{ моль/л}, \quad \text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = 0.65.$$

Исходная концентрация NH_4OH (слабое основание):

$$c(\text{NH}_4\text{OH})_0 = 0.056 / 1 = 0.056 \text{ моль/л}.$$



$$c_0 - x \qquad \qquad x \qquad \qquad x$$

$$K_{\text{дис}} = \frac{x^2}{c_0 - x}.$$

Составим квадратное уравнение и решим его: $\frac{x^2}{0.056 - x} = 2 \cdot 10^{-5}$, $x = 1.05 \cdot 10^{-3}$.

$$c(\text{OH}^-) = 1.05 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

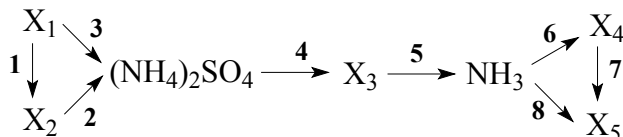
$$c(\text{H}^+) = 10^{-14} / c(\text{OH}^-) = 0.95 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л}.$$

Рассчитаем pH второго раствора:

$$\text{pH} = -\lg(0.95 \cdot 10^{-11}) = 11.03.$$

Ответ: 0.65, 11.03.

7. Дана следующая схема превращений:

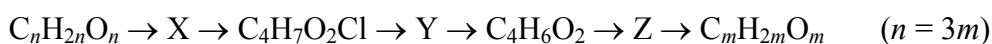


В левом треугольнике все реакции протекают без изменения степени окисления элементов, в правом – все реакции окислительно-восстановительные. Предложите возможные неизвестные вещества и напишите уравнения соответствующих реакций. (12 баллов)

Один из возможных вариантов решения:

- 1) $NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow NH_4HSO_4$
- 2) $NH_4HSO_4 + NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$
- 3) $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$
- 4) $(NH_4)_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + 2NH_4Cl$
- 5) $NH_4Cl_{(тв)} + KOH_{(конц)} \xrightarrow{t} NH_3 \uparrow + KCl + H_2O$
- 6) $2NH_3 + 1.5O_2 \xrightarrow{t} N_2 \uparrow + 3H_2O$
- 7) $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{разряд}} 2NO$
- 8) $2NH_3 + 2.5O_2 \xrightarrow{\text{кат}} 2NO + 3H_2O$

8. Дана следующая схема превращений:



Запишите уравнения реакций с использованием структурных формул участников превращений, укажите условия протекания. (12 баллов)

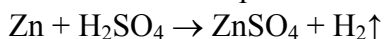
Один из возможных вариантов решения:

- 1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{глюкоза}]{\text{ферменты}} CH_3-CH_2-CH_2-COOH + 2CO_2 + 2H_2$ (маслянокислое брожение глюкозы)
- 2) $CH_3-CH_2-CH_2-COOH + Cl_2 \xrightarrow{P} CH_3-CH_2-CHCl-COOH + HCl$
- 3) $CH_3-CH_2-CHCl-COOH + 2KOH_{(спирт)} \rightarrow CH_3-CH=CH-COOK + KCl + 2H_2O$
- 4) $2CH_3-CH=CH-COOK + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3-CH=CH-COOH + K_2SO_4$
- 5) $CH_3-CH=CH-COOH + 8KMnO_4 + 11KOH \rightarrow CH_3-COOK + KOOC-COOK + 8K_2MnO_4 + 7H_2O$
- 6) $CH_3-COOK + HCl \rightarrow CH_3-COOH + KCl$

Ответ: **X** – бутановая кислота $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$; **Y** – калийная соль бутеновой кислоты $CH_3-CH=CH-COOK$; **Z** – ацетат калия CH_3-COOK .

9. Локальное анодное растворение металла (электрохимическое травление) используют для получения рисунка на его поверхности. При каком значении тока следует проводить анодную обработку медно-цинкового сплава ($\rho = 8.2 \text{ г/см}^3$), чтобы за 10 минут сформировать бороздку длиной 10 см, шириной 5 мм и глубиной 3 мм при выходе реакции 50%. Известно, что при частичном растворении образца этого сплава массой 96.6 г в избытке разбавленной серной кислоте объем выделившегося газа при 25°C и 1 атм составил 14.66 л. (14 баллов)

1) определим состав и среднюю молярную массу сплава. С разбавленной кислотой реагирует только Zn



Всего выделилось $v(H_2) = 1 \cdot 101.3 \cdot 14.66 / (8.31 \cdot 298) = 0.6$ моль.

$$v(Zn) = 0.6 \text{ моль}, m(Zn) = 39 \text{ г}$$

$$m(Cu) = 96.6 - 39 = 57.6 \text{ г}$$

$$v(Cu) = 57.6 / 64 = 0.9 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср}} = m(\text{сплава}) / (v(Cu) + v(Zn)) = 96.6 / (0.6 + 0.9) = 64.4 \text{ г/моль.}$$

2) Рассчитаем массу сплава, которая подверглась анодной обработке.

$$m(\text{сплава}) = V \cdot \rho = 10 \cdot 0.5 \cdot 0.3 \cdot 8.2 = 12.3 \text{ г}$$

3) По закону Фарадея определим значение тока.

$$m(\text{сплава}) = \frac{t \cdot I \cdot \eta \cdot M_{\text{ср}}}{n \cdot F}, \text{ где } \eta = 0.5 - \text{выход реакции, } n = 2 - \text{число электронов.}$$

$$I = \frac{n \cdot F \cdot m(\text{сплава})}{t \cdot \eta \cdot M_{\text{ср}}} = \frac{2 \cdot 96500 \cdot 12.3}{600 \cdot 0.5 \cdot 64.4} = 123 \text{ А.}$$

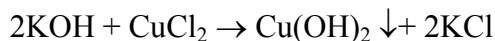
Ответ: 123 А.

10. Сложный эфир массой 25.6 г подвергли гидролизу. Образовавшуюся смесь нагрели со свежесажженной взвесью, полученной при действии 560 г 20%-ного раствора гидроксида калия на 135 г хлорида меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 250°C до постоянной массы, которая составила 60.8 г. Предложите возможную структурную формулу исходного эфира. (14 баллов)

Решение:

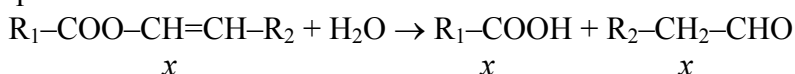
$$1) \nu(\text{KOH}) = 560 \cdot 0.2 / 56 = 2 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{CuCl}_2) = 135 / 135 = 1 \text{ моль.}$$

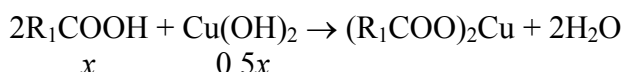
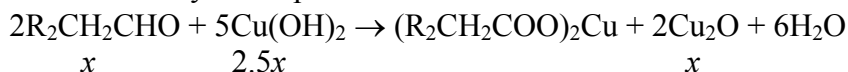


$$\nu(\text{Cu(OH)}_2) = 1 \text{ моль.}$$

2) Из условия известно, что продукты гидролиза сложного эфира реагируют с Cu(OH)_2 с образованием осадка. Возможно, что продуктом гидролиза является альдегид, а исходное соединение – эфир непредельного спирта:



При избытке Cu(OH)_2 возможны следующие реакции:

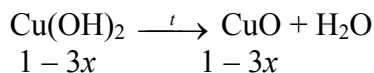


3) Осадок образован Cu_2O и оставшимся Cu(OH)_2 :

$$\nu(\text{Cu(OH)}_2) = 1 - 2.5x - 0.5x = 1 - 3x$$

$$\nu(\text{Cu}_2\text{O}) = x$$

После прокаливания:



Масса твердого остатка равна 60.8, получаем уравнение

$$144 \cdot x + 80(1 - 3x) = 60.8 \quad x = 0.2 \text{ моль}$$

4) Определим молярную массу эфира:

$$M(\text{эфира}) = m(\text{эфира}) / \nu(\text{эфира}) = 25.6 / 0.2 = 128 \text{ г/моль.}$$

Искомый эфир – например $\text{CH}_3\text{COOCH=CH-C}_3\text{H}_7$, его структурная формула:

