

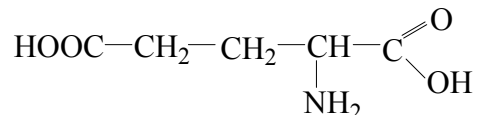
Решение заданий варианта 2

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

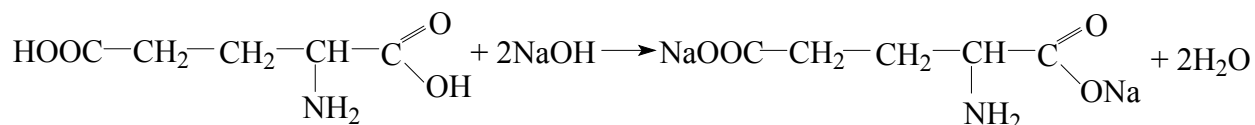
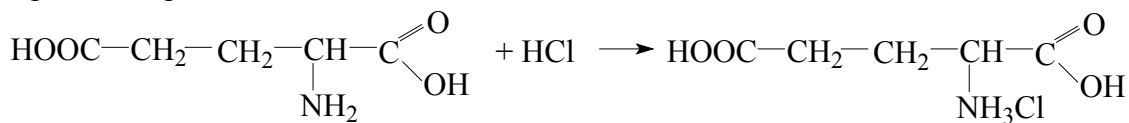
Минимальная степень окисления фосфора –3, примеры соединений: PH_3 , K_3P .

2. Природное соединение состава $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ реагирует с растворами HCl и NaOH . Приведите структурную формулу соединения, его название и два упомянутых уравнения реакций. (8 баллов)

Формуле соответствует природная аминокислота – *глутаминовая* (2-аминопентандиовая).

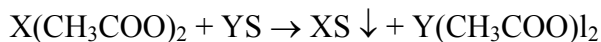


Уравнения реакций:



3. К раствору, содержащему 38.28 г ацетата металла (степень окисления +2), прибавили раствор, содержащий 6.12 г соли сероводородной кислоты, в результате выпало 27.96 г осадка. Приведите формулы исходных солей, если они прореагировали полностью. (8 баллов)

Решение:



Определим металл, входящий в состав исходного ацетата:

$$\nu(\text{XS}) = \frac{m(\text{XS})}{M(\text{XS})} = \frac{27.96}{x + 32} \quad n(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2) = \frac{m(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2)}{M(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2)} = \frac{38.28}{x + 118}$$

Так как $\nu(\text{XS}) = \nu(\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2)$, находим $M(\text{X}) = 201$ г/моль, X – это ртуть Hg, исходная соль – $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

Определим молярную массу Y.

$\nu(\text{YS}) = \nu(\text{XS}) = 27.96 / 233 = 0.12$ моль, $M(\text{YS}) = 6.12 / 0.12 = 51$ г/моль, $M(\text{Y}) = 19$ г/моль. Следовательно, исходная соль – гидросульфид аммония NH_4HS .

Ответ: $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, NH_4HS .

4. К 350 мл раствора KOH с концентрацией 1.4 моль/л и плотностью 1.07 г/мл осторожно добавили 50 г 55%-ного олеума. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе. (8 баллов)

Состав олеума: $m(\text{SO}_3) = \omega \cdot m = 0.55 \cdot 50 = 27.5$ г, $\nu(\text{SO}_3) = 27.5/80 = 0.344$ моль,
 $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 50 - 27.5 = 22.5$ г, $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 22.5/98 = 0.230$ моль.

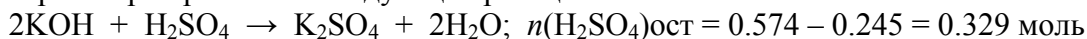
При добавлении олеума к водному раствору из SO_3 образуется серная кислота



в количестве 0.344 моль. Таким образом, общее количество серной кислоты из олеума составляет $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.344 + 0.230 = 0.574$ моль.

Количество щелочи: $\nu(\text{KOH}) = c \cdot V = 1.4 \cdot 0.35 = 0.49$ моль.

В растворе протекают следующие реакции:



$$0.49 \Rightarrow 0.245 \Rightarrow 0.245$$



$$0.245 \Rightarrow 0.245 \Rightarrow 0.49$$

Количества и массы веществ в растворе:

$$\nu(\text{KHSO}_4) = 0.49 \text{ моль}, m(\text{KHSO}_4) = 0.49 \cdot 136 = 66.64 \text{ г};$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.329 - 0.245 = 0.084 \text{ моль}, m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.084 \cdot 98 = 8.23 \text{ г}.$$

Масса раствора и массовые доли солей:

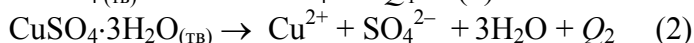
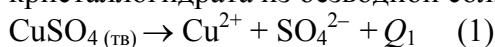
$$m = 50 + 350 \cdot 1.07 = 424.5 \text{ г}. \quad \omega(\text{KHSO}_4) = 66.64 / 424.5 = 0.157 \text{ (или 15.7\%);}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 8.23 / 424.5 = 0.019 \text{ (или 1.9\%)}. \quad \text{}$$

Ответ: $\omega(\text{KHSO}_4) = 15.7\%$; $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.9\%$. Реально в растворе будут находиться ионы K^+ , SO_4^{2-} , HSO_4^- .

5. При растворении в воде 160 г CuSO_4 выделяется 66.53 кДж теплоты, а при растворении 428 г кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ выделяется 30.2 кДж теплоты. Определите тепловой эффект процесса образования 1 моль $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ из безводной соли. (10 баллов)

Запишем термохимические уравнения растворения CuSO_4 , $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 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 $\text{CuSO}_{4(\text{тв})}$ и $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв})}$.

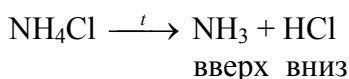
$$n(\text{CuSO}_4) = 160/1608 = 1 \text{ моль}, \quad Q_1 = 66.53 \text{ кДж/моль}$$

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв})}) = 428/214 = 2 \text{ моль}, \quad Q_2 = 30.2/2 = 15.1 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 66.53 - 15.1 = 51.43 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: **51.43 кДж/моль.**

6. Стеклянную трубку, заполненную хлоридом аммония, закрепили наклонно и нагрели. Газы, выходящие из нижнего и из верхнего концов трубки, пропустили через одинаковые объемы дистиллированной воды. pH раствора, полученного при пропускании одного газа, равен 2. Определите pH другого раствора, если $K_{\text{дис}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 2 \cdot 10^{-5}$. (10 баллов)



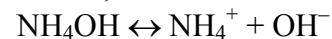
После пропускания газов через воду (например, объемом 1 л) образовалось два раствора: раствор HCl (pH = 2) и раствор NH_4OH .

В растворе HCl $c(\text{H}^+) = 10^{-2}$ моль/л, следовательно $c(\text{HCl})_{\text{исх}} = 10^{-2}$ моль/л,

$$\nu(\text{HCl}) = 0.01 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{HCl}) = \nu(\text{NH}_3) = 0.01 \text{ моль}.$$

Значит, исходная концентрация NH_4OH составляет $c(\text{NH}_4\text{OH})_0 = 0.01$ моль/л.



$$c_0 - x \quad \quad x \quad \quad x$$

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

Составим квадратное уравнение и решим его:

$$\frac{x^2}{0.01 - x} = 2 \cdot 10^{-5}$$

$$x = 4.46 \cdot 10^{-4}$$

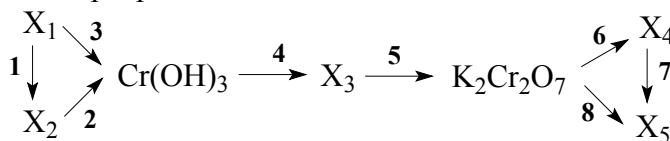
$$c(\text{OH}^-) = 4.46 \cdot 10^{-4}$$

$$c(\text{H}^+) = 2.24 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{Рассчитаем } \text{pH}(\text{NH}_4\text{OH}) = -\lg(2.24 \cdot 10^{-11}) = 10.65.$$

Ответ: 10.65

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)

- 1) $KOH + Cr(OH)_3 \rightarrow K[Cr(OH)_4]$
- 2) $K[Cr(OH)_4] + CO_2 \rightarrow Cr(OH)_3 \downarrow + 3KHCO_3$
- 3) $3KOH + CrCl_3 \rightarrow Cr(OH)_3 \downarrow + 3KCl$
- 4) $2Cr(OH)_3 + 3Cl_2 + 10KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$
- 5) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$
- 6) $3K_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 4K_2SO_4 + 4H_2O$
- 7) $Cr_2(SO_4)_3 \xrightarrow{t} Cr_2O_3 \downarrow + 3SO_2 \uparrow + 1.5O_2$
- 8) $4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2 \uparrow$

8. Дана следующая схема превращений:



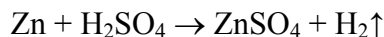
Запишите уравнения реакций с использованием структурных формул участников превращений, укажите условия протекания. (12 баллов)

- 1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{глюкоза}]{\text{ферменты}} 2CH_3-CH_2OH + 2CO_2 \uparrow$
- 2) $CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$
- 3) $3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0^\circ C} 3CH_2(OH)-CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$
- 4) $CH_2(OH)-CH_2(OH) + 2CH_3-COOH \xrightarrow{H^+} CH_3-COO-CH_2-CH_2-OOC-CH_3 + 2H_2O$
- 5) $CH_3-COO-CH_2-CH_2-OOC-CH_3 + 2KOH \rightarrow 2CH_3-COOK + CH_2(OH)-CH_2(OH)$
- 6) $CH_3-COOK + HCl \rightarrow CH_3-COOH + KCl$

Ответ: X – CH_3-CH_2OH ; Y – $CH_2(OH)-CH_2(OH)$; Z – 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 8 минут сформировать бороздку длиной 8 см, шириной 5 мм и глубиной 2 мм при выходе реакции 60%. Известно, что при частичном растворении образца этого сплава массой 32.2 г в избытке разбавленной серной кислоте объем выделившегося газа при $25^\circ C$ и 1 атм составил 4.86 л.

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



Всего выделилось $n(H_2) = 1 \cdot 101.3 \cdot 4.89 / (8.31 \cdot 298) = 0.2$ моль

$$\nu(Zn) = 0.2 \text{ моль}, m(Zn) = 13 \text{ г}$$

$$m(Cu) = 32.2 - 13 = 19.2 \text{ г}, \quad \nu(Cu) = 19.2 / 64 = 0.3 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср}} = m(\text{сплава}) / (\nu(Cu) + \nu(Zn)) = 32.2 / (0.2 + 0.3) = 64.4 \text{ г/моль}$$

2) Рассчитаем массу сплава, которая подверглась анодной обработке.

$$m(\text{обр}) = V \cdot \rho = 8 \cdot 0.5 \cdot 0.2 \cdot 8.2 = 6.56 \text{ г}.$$

3) По закону Фарадея определим значение тока:

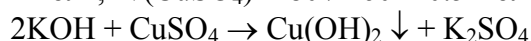
$$m(\text{обп}) = \frac{t \cdot I \cdot \eta \cdot M_{\text{cp}}}{n \cdot F}, \quad \eta = 0.6 - \text{выход реакции}, \quad n = 2 - \text{число электронов}$$

$$I = \frac{n \cdot F \cdot m(\text{обп})}{t \cdot \eta \cdot M_{\text{cp}}} = \frac{2 \cdot 96500 \cdot 6.56}{480 \cdot 0.6 \cdot 64.4} = 68 \text{ A.}$$

Ответ: 68 A.

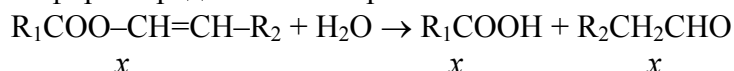
10. Сложный эфир массой 4.3 г подвергли гидролизу. Образовавшуюся смесь нагрели со свежесажженной взвесью, полученной при действии 280 г 20%-ного раствора гидроксида калия на 80 г сульфата меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 250°C до постоянной массы, которая составила 35.2 г. Предложите возможную структурную формулу исходного эфира. (14 баллов)

1) $\nu(\text{KOH}) = 280 \cdot 0.2 / 56 = 1$ моль, $\nu(\text{CuSO}_4) = 80 / 160 = 0.5$ моль.

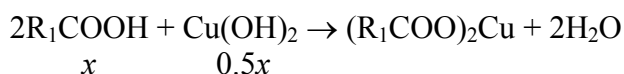
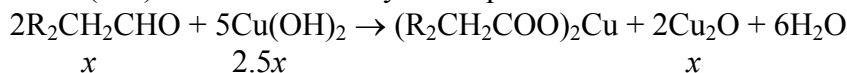


$\nu(\text{Cu(OH)}_2) = 0.5$ моль.

2) 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:

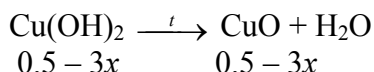


3) Осадок образован Cu_2O и оставшимся Cu(OH)_2 :

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

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

После прокаливания:



Масса твердого остатка равна 35.2 г, получаем уравнение

$$144 \cdot x + 80(0.5 - 3x) = 35.2, \quad x = 0.05 \text{ моль.}$$

4) Определим молярную массу эфира:

$$M(\text{эфира}) = m(\text{эфира}) / \nu(\text{эфира}) = 4.3 / 0.05 = 86 \text{ г/моль,}$$

Это, например, виниловый эфир уксусной кислоты:

