

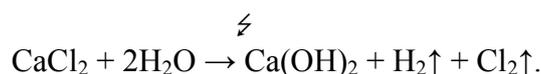
## Вариант 4

1. К какому типу солей можно отнести: а)  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$ , б)  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , кристаллогидрат, в)  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ?

*Ответ:* а)  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$  – основная соль, б)  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – двойная соль, кристаллогидрат, в)  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  – кислая соль.

2. При электролизе водного раствора соли, которая окрашивает пламя в кирпично-красный цвет, на катоде и аноде выделились равные объемы газов (при н. у.). Какая соль могла быть взята? Запишите уравнение реакции электролиза

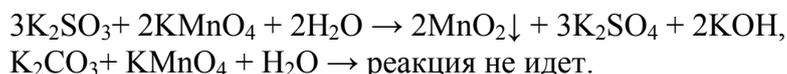
*Решение.* Подходящий вариант – хлорид кальция. Кирпично-красное окрашивание пламени свидетельствует о присутствии ионов кальция. При электролизе раствора  $\text{CaCl}_2$  на катоде выделяется водород, а на аноде – равное количество хлора:



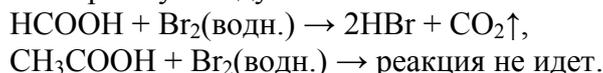
*Ответ:*  $\text{CaCl}_2$ .

3. Как с помощью одного реагента различить: а)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{K}_2\text{SO}_3$ , б) уксусную и муравьиную кислоты. Приведите уравнения соответствующих реакций.

а) Сульфит калия обесцвечивает водный раствор перманганата калия, а карбонат калия – нет:

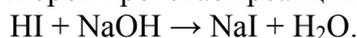


б) Муравьиная кислота, в отличие от уксусной, является восстановителем. Она обесцвечивает бромную воду:



4. Определите pH раствора, который образуется при смешении 100 мл 2%-ного раствора иодоводородной кислоты (плотность 1.01 г/мл) и 50 мл 2%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1.02 г/мл). Примите, что при смешении растворов их объемы можно суммировать.

*Решение.* При смешении растворов протекает реакция нейтрализации:



Найдем количества кислоты и щелочи:

$$v(\text{HI}) = \omega \cdot \rho \cdot V / M = 0.02 \cdot 1.01 \cdot 100 / 128 = 0.0158 \text{ моль}.$$

$$v(\text{NaOH}) = \omega \cdot \rho \cdot V / M = 0.02 \cdot 1.02 \cdot 50 / 40 = 0.0255 \text{ моль}.$$

Избыток NaOH составляет  $0.0255 - 0.0158 = 0.0097$  моль.

$$[\text{OH}^-] = c(\text{NaOH}) = \frac{v}{V} = \frac{0.0097}{0.15} = 0.0647 \text{ моль/л}.$$

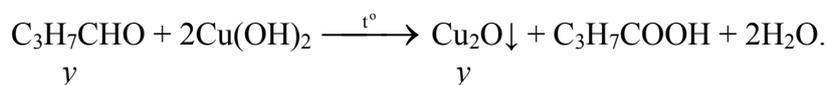
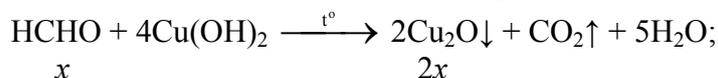
$$[\text{H}^+] = 10^{-14} / 0.0647 = 1.545 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л}.$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 12.81.$$

*Ответ:* 12.81.

5. К 120 г водного раствора смеси муравьиного и масляного альдегидов добавили избыток свежеполученного гидроксида меди (II), при умеренном нагревании выпало 100.8 г осадка. Для полного гидрирования исходной смеси карбонильных соединений на металлическом никеле при нагревании требуется 9.72 л водорода (измерено при 760 мм рт.ст. и 23°C). Рассчитайте массовые доли альдегидов в исходном водном растворе.

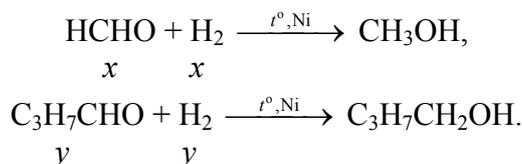
*Решение.* Пусть в исходном растворе было  $x$  моль формальдегида и  $y$  моль масляного альдегида. Уравнения реакций со свежесажженным гидроксидом меди:



Выпавший осадок – это оксид меди (I):

$$v(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{100.8}{144} = 0.7 \text{ моль.}$$

Гидрирование альдегидов:



Количество водорода для гидрирования:

$$v(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{9.72 \cdot 101.3}{8.314 \cdot 296} = 0.4 \text{ моль.}$$

Можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + y = 0.7, \\ x + y = 0.4; \end{cases}$$

ее решение  $x = 0.3; y = 0.1$  (моль).

Массовые доли альдегидов в исходном растворе:

$$\begin{aligned} \omega(\text{HCHO}) &= \frac{0.3 \cdot 30}{120} = 0.075 \text{ (7.5\%),} \\ \omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{CHO}) &= \frac{0.1 \cdot 72}{120} = 0.06 \text{ (6.0\%).} \end{aligned}$$

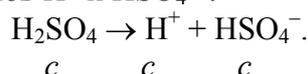
*Ответ:* 7.5% HCHO, 6.0% C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>CHO.

**6.** Серная кислота – двухосновная: в разбавленных растворах по первой ступени она диссоциирует необратимо, а по второй – обратимо. В 0.05 М растворе H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> степень диссоциации по второй ступени составляет 15%.

а) Напишите уравнения диссоциации и рассчитайте константу диссоциации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по второй ступени.

б) При какой исходной концентрации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> раствор будет содержать равные количества сульфат- и гидросульфат-ионов?

*Решение.* Обозначим исходную молярную концентрацию H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> как  $c$ , а равновесную концентрацию SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – как  $x$ . При необратимой диссоциации серной кислоты по первой ступени образуется по  $c$  моль/л ионов H<sup>+</sup> и HSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:



По второй ступени диссоциация протекает обратимо:



Константа диссоциации по второй ступени имеет вид:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{(c+x)x}{c-x}.$$

а) Степень диссоциации кислоты по второй ступени:

$$\alpha = \frac{x}{c} = \frac{x}{0.05} = 0.15,$$

отсюда

$$x = 0.15 \cdot 0.05 = 0.0075 \text{ моль/л.}$$

Константа диссоциации:  $K = \frac{(c+x)x}{c-x} = \frac{(0.05+0.0075)0.0075}{0.05-0.0075} = 0.01.$

б) Если по условию [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] = [HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>], тогда

$$x = c - x \text{ или } x = 0.5c.$$



Общая формула предельных спиртов –  $C_nH_{2n+2}O$ , формула соответствующего кетона –  $C_nH_{2n}O$ . Так как масса кетона меньше массы спирта на 2.7%, молярная масса кетона составляет 0.973 от молярной массы спирта. Тогда

$$0.973(14n + 18) = 14n + 16.$$

Получаем  $n = 4$ . Следовательно, искомым спирт –  $C_4H_{10}O$ , бутанол-2. Масса спирта

$$m = \nu \cdot M = 0.18 \cdot 74 = 13.32 \text{ г.}$$

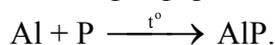
Масса кетона с учетом выхода реакции  $\eta = 0.9$  составляет

$$m = \nu \cdot M \cdot \eta = 0.18 \cdot 72 \cdot 0.9 = 11.66 \text{ г.}$$

*Ответ:* бутанол-2, 13.32 г, 11.66 г.

**10.** Смесь алюминия и фосфора прокалили без доступа воздуха, образовавшийся продукт разделили на три равные части. Первую часть обработали водой, при этом выделилось 0.734 л газа (25°C, давление 1 атм). Вторую часть обработали раствором гидроксида натрия (при комнатной температуре), при этом выделилось 1.467 л газа (25°C, давление 1 атм). Третью часть продукта нагрели с избытком концентрированной азотной кислоты, и выделившийся при этом оксид азота (IV) был поглощен 20%-ным раствором гидроксида калия (плотность 1.20 г/мл). Рассчитайте объем раствора гидроксида калия, который потребовался для полного поглощения оксида азота (IV).

*Решение.* При нагревании алюминия с фосфором образуется фосфид алюминия:

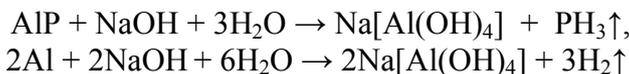


При обработке получившегося продукта водой возможно выделение только одного газа – фосфина:



$$\nu(PH_3) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.734}{8.314 \cdot 298} = 0.03 \text{ моль, тогда } \nu(AlP) = 0.03 \text{ моль.}$$

Так как, по условию, при обработке продукта раствором гидроксида натрия газа выделилось больше, чем при обработке водой, можно предположить, что алюминий в исходной смеси был в избытке и остался в продукте после прокаливания. При взаимодействии непрореагировавшего алюминия с раствором гидроксида натрия выделился еще один газ – водород:



Суммарное количество газов:

$$\nu(\text{газов}) = \nu(PH_3) + \nu(H_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 1.467}{8.314 \cdot 298} = 0.06 \text{ моль,}$$

тогда

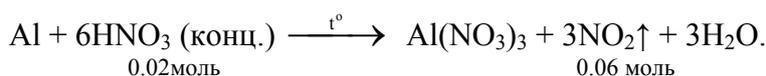
$$\nu(H_2) = \nu(\text{газов}) - \nu(PH_3) = 0.06 - 0.03 = 0.03 \text{ моль}$$

и, следовательно,

$$\nu(Al) = 0.02 \text{ моль.}$$

Таким образом, каждая из трех частей продукта после прокаливания содержит по 0.03 моль AlP и 0.02 моль алюминия.

При нагревании третьей части продукта с концентрированной  $HNO_3$  происходит выделение оксида азота (IV) в результате следующих реакций:



При разложении азотной кислотой 0.03 моль AlP выделилось  $0.03 \cdot 8 = 0.24$  моль  $NO_2$ , а при взаимодействии  $HNO_3$  с 0.02 моль Al  $0.02 \cdot 3 = 0.06$  моль  $NO_2$ . Значит, всего выделилось  $\nu(NO_2) = 0.24 + 0.06 = 0.30$  моль.

Для поглощения этого количества оксида азота (IV) потребуется 0.30 моль KOH:



Такое количество гидроксида калия содержится в следующем объеме 20%-ного раствора:

$$V = \frac{0.30 \cdot 56}{0.2 \cdot 1.20} = 70.0 \text{ мл.}$$

*Ответ:* 70 мл.