

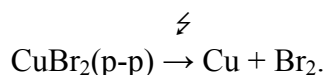
Вариант 1

1. К какому типу солей можно отнести: а) $[\text{Al}(\text{OH})_2]\text{Br}$, б) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, в) CoHSO_4 ?

Ответ: $[\text{Al}(\text{OH})_2]\text{Br}$ – основная соль, б) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – двойная соль, кристаллогидрат, в) CoHSO_4 – кислая соль.

2. При электролизе водного раствора соли газы (н.у.) на катоде и аноде не выделялись. Какая соль могла быть взята? Запишите уравнение реакции электролиза.

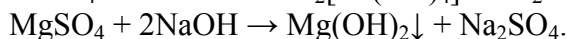
Решение. Один из вариантов решения – бромид меди. При электролизе водного раствора этой соли на катоде выделяется медь (расположена правее водорода в ряду активности металлов), а на аноде – бром, который при н.у. представляет собой жидкость, частично растворимую в воде. Уравнение реакции:



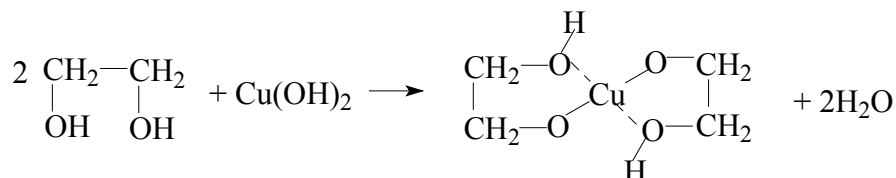
Ответ: CuBr_2 .

3. Как с помощью одного реагента различить: а) ZnSO_4 и MgSO_4 , б) этанол и этиленгликоль. Приведите уравнения соответствующих реакций.

Решение. а) В отличие от гидроксида магния, гидроксид цинка – амфотерный, поэтому при прибавлении избытка раствора щелочи к растворам солей образование осадка будет наблюдаться только в пробирке с сульфатом магния:



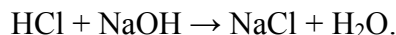
б) При добавлении свежесосажденного гидроксида меди к этиленгликолю наблюдается растворение осадка и образование ярко-синего (василькового) раствора за счет образования комплексного соединения – гликолята меди:



Между свежесосажденным гидроксидом меди и этанолом реакция не протекает.

4. Определите pH раствора, который образуется при смешении 100 мл 2% раствора соляной кислоты (плотность 1.01 г/мл) и 50 мл 4% раствора гидроксида натрия (плотность 1.05 г/мл). Примите, что при смешении растворов их объемы можно суммировать.

Решение. При смешении растворов кислоты и щелочи протекает реакция нейтрализации:



Определим количества HCl и NaOH :

$$v(\text{HCl}) = \omega \cdot \rho \cdot V / M = 0.02 \cdot 1.01 \cdot 100 / 36.5 = 0.0553 \text{ моль.}$$

$$v(\text{NaOH}) = \omega \cdot \rho \cdot V / M = 0.04 \cdot 1.05 \cdot 50 / 40 = 0.0525 \text{ моль.}$$

Избыток HCl составляет $0.0553 - 0.0525 = 0.0028$ моль.

Объем полученного раствора равен $100 + 50 = 150$ мл = 0.15 л.

$$[\text{H}^+] = c(\text{HCl}) = v / V = 0.0028 / 0.15 = 0.0187 \text{ моль/л.}$$

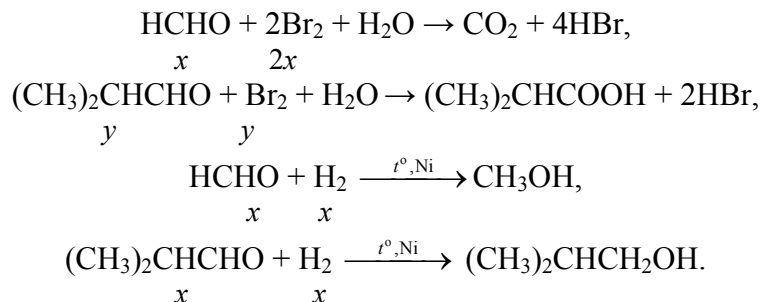
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 1.73.$$

Ответ: 1.73.

5. 120 г водного раствора смеси муравьиного и изомасляного альдегидов обесцветили 3200 г бромной воды с массовой долей брома 2.5%. Для полного гидрирования исходной смеси карбонильных соединений на металлическом никеле при нагревании требуется 7.58 л

водорода (измерено при 760 мм рт.ст. и 35°C). Рассчитайте массовые доли альдегидов в исходном водном растворе.

Решение. Пусть в исходном растворе было x моль формальдегида и y моль изомасляного альдегида. Уравнения реакций альдегидов с бромом и с водородом:



Количество брома, содержащегося в бромной воде:

$$m(\text{Br}_2) = 3200 \cdot 0.025 = 80 \text{ г},$$

$$\nu(\text{Br}_2) = \frac{m}{M} = \frac{80}{160} = 0.5 \text{ моль}.$$

Количество водорода для гидрирования:

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 7.58}{8.314 \cdot 308} = 0.3 \text{ моль}.$$

Можно составить систему уравнений

$$\begin{cases} 2x + y = 0.5, \\ x + y = 0.3; \end{cases}$$

ее решение: $x = 0.2$; $y = 0.1$ (моль).

Массовые доли в исходном растворе:

$$\omega(\text{HCHO}) = 0.2 \cdot 30 / 120 = 0.05 \text{ (или 5\%)},$$

$$\omega((\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}) = 0.1 \cdot 72 / 120 = 0.06 \text{ (или 6\%)}. \quad \text{}$$

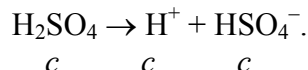
Ответ: 5% формальдегида и 6% изомасляного альдегида в исходном растворе.

6. Серная кислота – двухосновная: в разбавленных растворах по первой ступени она диссоциирует необратимо, а по второй – обратимо. Константа диссоциации по второй ступени: $K(\text{HSO}_4^-) = 1.0 \cdot 10^{-2}$.

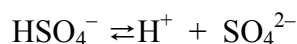
а) При какой исходной концентрации H_2SO_4 раствор будет содержать в два раза больше гидросульфат-ионов, чем сульфат-ионов?

б) При какой исходной концентрации H_2SO_4 степень диссоциации по второй ступени составит 50%?

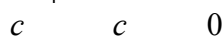
Решение. Обозначим исходную молярную концентрацию H_2SO_4 как c , а равновесную концентрацию SO_4^{2-} – как x . При необратимой диссоциации серной кислоты по первой ступени образуется по c моль/л ионов H^+ и HSO_4^- :



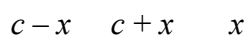
По второй ступени диссоциация протекает обратимо:



Исходная конц.



Равновесная конц.



Константа диссоциации по второй ступени имеет вид:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{(c+x)x}{c-x} = 1.0 \cdot 10^{-2}.$$

а) По условию, $[\text{HSO}_4^-] = 2[\text{SO}_4^{2-}]$. Тогда

$$c - x = 2x,$$

$$x = c / 3.$$

$$K = [\text{H}^+] / 2 = 2c / 3,$$

$$c = 1.5K = 0.015 \text{ M}.$$

б) Степень диссоциации по второй ступени $\alpha = \frac{x}{c} = 0.5$, тогда $x = 0.5c$.

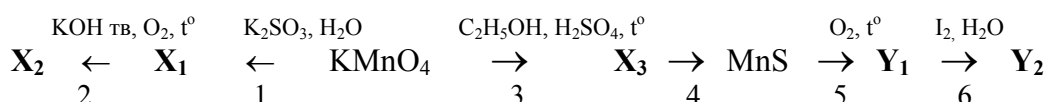
$$K = \frac{(c + 0.5c) \cdot 0.5c}{c - 0.5c} = 1.5c = 1 \cdot 10^{-2}.$$

отсюда

$$c = 6.7 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

Ответ: а) 0.015 M; б) $6.7 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия проведения реакции 4 (все вещества X содержат марганец, все вещества Y – серу):

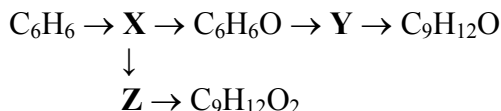


Решение.

- 1) $2\text{KMnO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{MnO}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH},$
- 2) $2\text{MnO}_2 + 4\text{KOH(тв.)} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O},$
- 3) $4\text{KMnO}_4 + 5\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{t}^\circ} 4\text{MnSO}_4 + 5\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 11\text{H}_2\text{O},$
- 4) $\text{MnSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow \text{MnS} \downarrow + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4,$
- 5) $\text{MnS} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} \text{MnO}_2 + \text{SO}_2,$
- 6) $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}.$

Ответ: X₁ – MnO₂, X₂ – K₂MnO₄, X₃ – MnSO₄, Y₁ – SO₂, Y₂ – H₂SO₄.

8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

Решение.

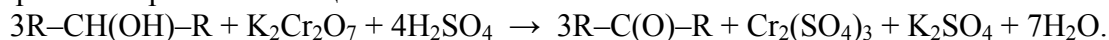
- 1) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2,$
- 2) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \xrightarrow{\text{H}^+, \text{O}_2} \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COCH}_3,$
- 3) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2\text{O},$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{C}_3\text{H}_7\text{Br} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OC}_3\text{H}_7 + \text{NaBr},$
- 5) $5\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + 18\text{KMnO}_4 + 27\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{H}^+} 5\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 9\text{K}_2\text{SO}_4 + 18\text{MnSO}_4 + 42\text{H}_2\text{O}.$

- 6) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}/$

Ответ: X – кумол (изопропилбензол), Y – бензоат натрия, Z – бензойная кислота.

9. Для полного окисления навески предельного спирта требуется 400 мл подкисленного раствора дихромата калия с концентрацией 0.15 моль/л. При количественном протекании реакции (выход 100%) масса продукта меньше массы исходного спирта на 1.72%. Установите строение и массу спирта и продукта окисления, если известно, что выход в реакции окисления составляет 80%, а при дегидратации спирта образуется только один неразветвленный алкен.

Решение. Поскольку масса продукта окисления оказалась меньше массы исходного спирта, можно заключить, что в реакцию вступил вторичный спирт, который окислился до кетона (обратите внимание, что в условии задачи говорится о полном окислении, и если исходный спирт был бы первичным, он должен был бы окисляться до кислоты!). Кроме того, исходный вторичный спирт должен иметь неразветвленный углеродный скелет и симметричное строение. Реакция окисления:



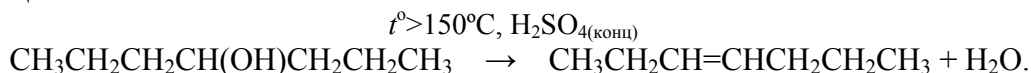
$$v(K_2Cr_2O_7) = c \cdot V = 0.15 \cdot 0.4 = 0.06 \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда } v(\text{спирта}) = v(\text{кетона}) = 3v(K_2Cr_2O_7) = 3 \cdot 0.06 = 0.18 \text{ моль.}$$

Общая формула предельных спиртов – $C_nH_{2n+2}O$, молярная масса $M = 14n + 18$ (г/моль).
Формула соответствующего кетона – $C_nH_{2n}O$ ($M = 14n + 16$ (г/моль)). Так как по условию масса кетона меньше массы спирта на 1.72%, молярная масса кетона составляет 98.28% от молярной массы спирта. Тогда

$$0.9828(14n + 18) = 14n + 16.$$

Получаем $n = 7$, спирт – гептанол, и, поскольку по условию задачи при дегидратации спирта образуется только один неразветвленный алкен, спирт – гептанол-4. Реакция дегидратации:



$$\text{Масса спирта: } m = v \cdot M = 0.18 \cdot 116 = 20.88 \text{ г,}$$

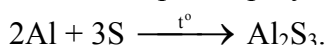
масса кетона с учетом выхода реакции $\eta = 0.8$ составляет:

$$m = v \cdot M \cdot \eta = 0.18 \cdot 114 \cdot 0.8 = 16.42 \text{ г.}$$

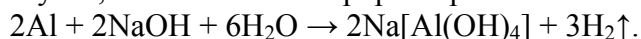
Ответ: гептанол-4, 20.88 г, 16.42 г.

10. Смесь алюминия и серы прокалили без доступа воздуха, образовавшийся продукт разделили на три равные части. Первую часть обработали раствором гидроксида натрия (при комнатной температуре), при этом выделилось 1.467 л газа (25°C, давление 1 атм). Ко второй части добавили соляную кислоту, при этом выделилось 2.200 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 30%-ным раствором гидроксида калия (плотность 1.29 г/мл). Рассчитайте объем раствора гидроксида калия, который потребовался для полного поглощения оксида азота (IV).

Решение. При нагревании алюминия с серой образуется сульфид алюминия:



При обработке получившегося продукта раствором гидроксида натрия выделение газа возможно только в том случае, если остался непрореагировавший алюминий:

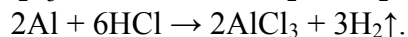
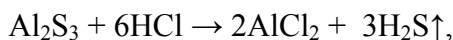


Значит, исходная смесь содержала избыток алюминия.

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

$$\text{тогда } v(Al) = \frac{2}{3} v(H_2) = 0.04 \text{ моль.}$$

При обработке продукта прокаливания соляной кислотой газ выделяется в результате следующих реакций:



$$v(\text{газов}) = v(H_2S) + v(H_2) = \frac{101.3 \cdot 2.200}{8.314 \cdot 298} = 0.09 \text{ моль.}$$

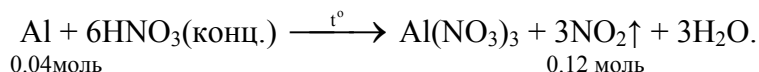
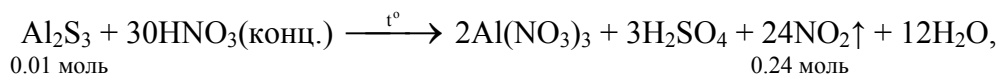
Количество водорода в реакции с кислотой $v(H_2) = 0.06$ моль, тогда

$$v(H_2S) = 0.09 - 0.06 = 0.03 \text{ моль}$$

и, следовательно,
$$v(\text{Al}_2\text{S}_3) = \frac{1}{3} v(\text{H}_2\text{S}) = 0.01 \text{ моль.}$$

Таким образом, в каждой из трех частей продукта после прокаливания содержится 0.01 моль Al_2S_3 и 0.04 моль алюминия.

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



При разложении концентрированной азотной кислотой 0.01 моль Al_2S_3 выделилось $0.01 \cdot 24 = 0.24$ моль NO_2 , а при взаимодействии HNO_3 с 0.04 моль алюминия выделилось $0.04 \cdot 3 = 0.12$ моль NO_2 . Значит, всего выделилось $v(\text{NO}_2) = 0.24 + 0.12 = 0.36$ моль. Для поглощения этого количества оксида азота(IV) потребуется 0.36 моль KOH :



Такое количество гидроксида калия содержится в следующем объеме 30%-ного раствора:

$$V = \frac{0.36 \cdot 56}{0.3 \cdot 1.29} = 52.1 \text{ мл.}$$

Ответ: 52.1 мл.

