

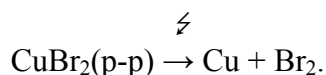
Вариант 1

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.

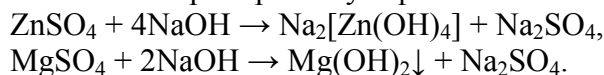
Решение. Один из вариантов решения – бромид меди. При электролизе водного раствора этой соли на катоде выделяется медь (расположена правее водорода в ряду активности металлов), а на аноде – бром, который при н.у. представляет собой жидкость, частично растворимую в воде. Уравнение реакции:



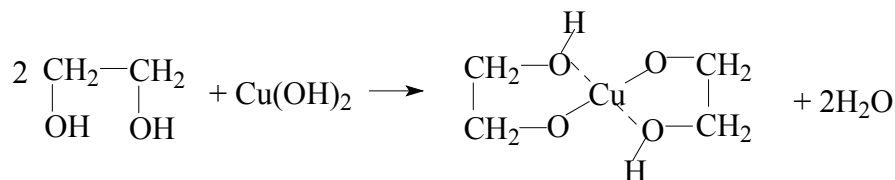
Ответ: CuBr_2 .

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:



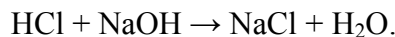
б) При добавлении свежесожденного гидроксида меди к этиленгликолю наблюдается растворение осадка и образование ярко-синего (василькового) раствора за счет образования комплексного соединения – гликолята меди:



Между свежесожденным 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.

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

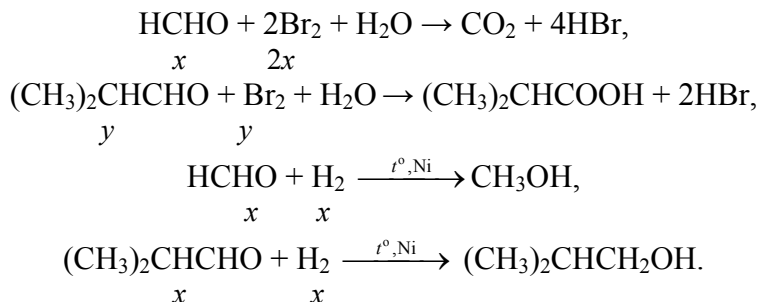
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 1.73.$$

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 изомаляного 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:

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

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

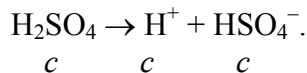
Ответ: 5% формальдегида и 6% изомаляного альдегида в исходном растворе.

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^{2-} :



По второй ступени диссоциация протекает обратимо:



Исходная конц. $\quad \quad \quad c \quad \quad \quad c \quad \quad \quad 0$

Равновесная конц. $\quad \quad \quad c - x \quad \quad \quad c + x \quad \quad \quad x$

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

$$c - x = 2x,$$

$$x = c / 3.$$

$$K = [H^+] / 2 = 2c / 3,$$

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

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

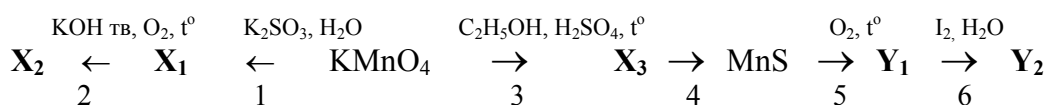
$$K = \frac{(c + 0.5c) \cdot 0.5c}{c - 0.5c} = 1.5c = 1 \cdot 10^{-2}.$$

отсюда

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

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

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

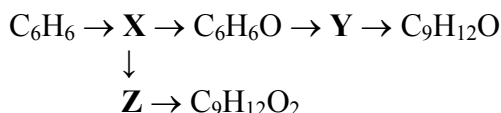


Решение.

- 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.

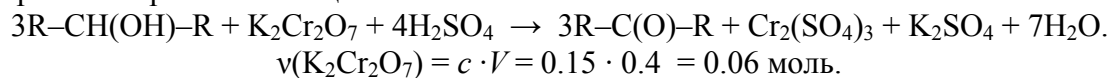
- 1) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2$,
- 2) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \xrightarrow{\text{H}^+, \text{O}_2} \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COCH}_3$,
- 3) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2\text{O}$,
- 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:

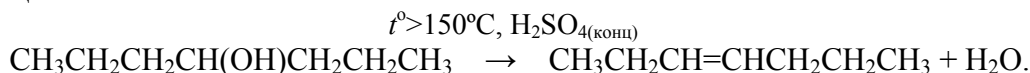


Тогда $v(\text{спирта}) = v(\text{кетона}) = 3v(K_2Cr_2O_7) = 3 \cdot 0.06 = 0.18 \text{ моль.}$

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:



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

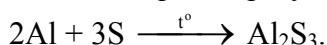
масса кетона с учетом выхода реакции $\eta = 0.8$ составляет:

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

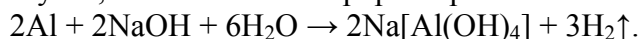
Ответ: гептанол-4, 20.88 г, 16.42 г.

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:

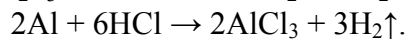
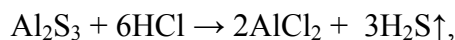


Значит, исходная смесь содержала избыток алюминия.

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

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

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



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

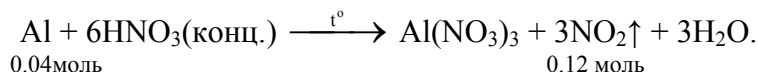
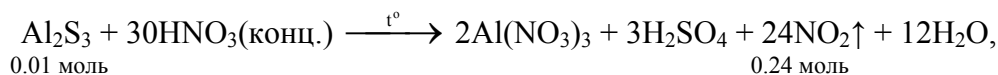
Количество водорода в реакции с кислотой $v(H_2) = 0.06$ моль, тогда

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

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.

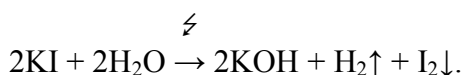
Вариант 2

1. К какому типу солей можно отнести: а) $[\text{Al}(\text{OH})](\text{NO}_3)_2$, б) $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; в) CoHS ?

Ответ: а) $[\text{Al}(\text{OH})](\text{NO}_3)_2$ – основная соль, б) $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – двойная соль, кристаллогидрат, в) CoHS – кислая соль.

2. При электролизе водного раствора соли, которая окрашивает пламя в фиолетовый цвет, газ (при н. у.) выделялся только на катоде. Какая соль могла быть взята? Запишите уравнение реакции электролиза.

Решение. Один из подходящих вариантов – иодид калия. Фиолетовое окрашивание пламени свидетельствует о том, что катионом соли является калий. При электролизе водного раствора KI на катоде выделяется водород, а на аноде – иод, который при нормальных условиях – твердое вещество. Уравнение реакции электролиза:



Возможны и другие варианты решения, например, KBr или K_2S .

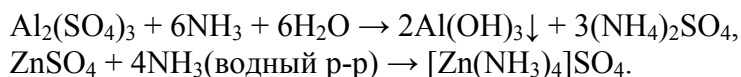
Ответ: KI , KBr , K_2S .

3. Как с помощью одного реагента различить:

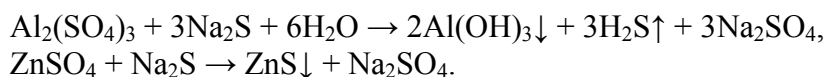
- а) ZnSO_4 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
- б) пропен и пропин.

Приведите уравнения соответствующих реакций.

Решение. а) Один из возможных реагентов – водный раствор аммиака. При прибавлении избытка раствора аммиака к сульфату алюминия из раствора выпадет осадок гидроксида алюминия, в случае же раствора сульфата цинка образования осадка не произойдет, т. к. цинк образует с аммиаком растворимое комплексное соединение:

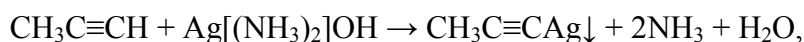


Другой способ – можно воспользоваться раствором сульфида натрия:



И в том, и в другом случае происходит образование белого осадка, но при реакции с сульфатом алюминия также выделяется газ с неприятным запахом.

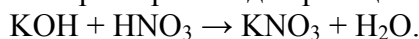
б) Различить пропен и пропин поможет аммиачный раствор оксида серебра. При пропускании пропина через раствор выпадает белый осадок:



а пропен с аммиачным раствором оксида серебра не взаимодействует.

4. К 250 мл раствора гидроксида калия с pH 13 прибавили 15 мл 10%-ного раствора азотной кислоты плотностью 1.06 г/мл при 25°C. Определите pH полученного раствора. Примите, что при смешении растворов их объемы можно суммировать.

Решение. При смешении растворов происходит реакция нейтрализации:



Найдем количества щелочи и кислоты в исходных растворах. В растворе щелочи:

$$\begin{array}{l} [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-13} \text{ моль/л,} \\ [\text{OH}^-] = 10^{-14} / 10^{-13} = 0.1 \text{ моль/л.} \end{array}$$

Молярная концентрация и количество щелочи:

$$\begin{array}{l} c(\text{KOH}) = [\text{OH}^-] = 0.1 \text{ моль/л,} \\ \nu(\text{KOH}) = c \cdot V = 0.1 \cdot 0.25 = 0.02500 \text{ моль.} \end{array}$$

В растворе азотной кислоты:

$$v(\text{HNO}_3) = \omega \cdot \rho \cdot V / M = 0.1 \cdot 1.06 \cdot 15 / 63 = 0.02524 \text{ моль.}$$

Избыток HNO_3 составляет $0.02524 - 0.02500 = 0.00024$ моль.

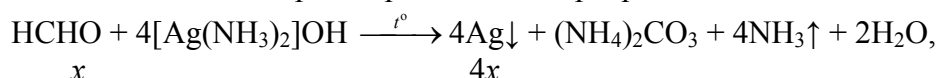
$$[\text{H}^+] = c(\text{HNO}_3) = \frac{v}{V} = \frac{0.00024}{0.265} = 0.00091 \text{ моль/л.}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 3.04.$$

Ответ. 3.04.

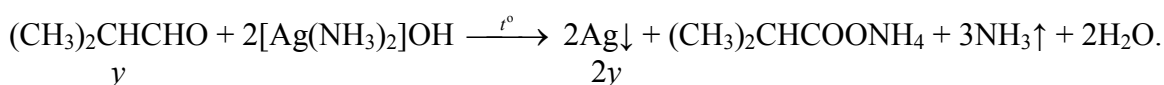
5. К 80 г водного раствора смеси муравьиного и изомасляного альдегидов добавили избыток аммиачного раствора оксида серебра, при умеренном нагревании выпало 54 г осадка. Для полного гидрирования исходной смеси карбонильных соединений на металлическом никеле при нагревании требуется 3.68 л водорода (измерено при 760 мм рт.ст. и 26°C). Рассчитайте массовые доли альдегидов в исходном водном растворе.

Решение. Пусть в исходном растворе было x моль формальдегида и y моль масляного альдегида. Реакции с аммиачным раствором оксида серебра:



x

$4x$



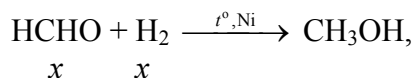
y

$2y$

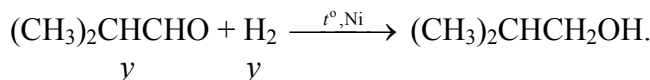
Выпавший осадок – это серебро:

$$v(\text{Ag}) = \frac{m}{M} = \frac{54}{108} = 0.5 \text{ моль.}$$

Гидрирование альдегидов:



x x



y

y

Количество водорода для гидрирования:

$$v(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{3.68 \cdot 101.3}{8.314 \cdot 299} = 0.15 \text{ моль.}$$

Можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 4x + 2y = 0.5, \\ x + y = 0.15. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.1$; $y = 0.05$ (моль).

Массовые доли альдегидов в исходном растворе:

$$\omega(\text{HCHO}) = \frac{0.1 \cdot 30}{80} = 0.0375 \text{ (или 3.75\%)},$$

$$\omega((\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}) = \frac{0.05 \cdot 72}{80} = 0.045 \text{ (или 4.5\%)}.$$

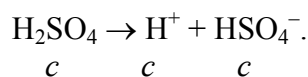
Ответ: 3.75% HCHO , 4.5% $(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}$.

6. Серная кислота – двухосновная: в разбавленных растворах по первой ступени она диссоциирует необратимо, а по второй – обратимо. В 0.033 М растворе H_2SO_4 степень диссоциации по второй ступени составляет 20%.

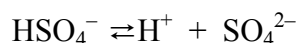
а) Напишите уравнения диссоциации и рассчитайте константу диссоциации H_2SO_4 по второй ступени.

б) При какой исходной концентрации H_2SO_4 раствор будет содержать в 2 раза больше гидросульфат-ионов, чем сульфат-ионов?

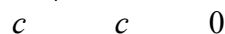
Решение. Обозначим исходную молярную концентрацию H_2SO_4 как c , а равновесную концентрацию SO_4^{2-} – как x . При необратимой диссоциации серной кислоты по первой ступени образуется по c моль/л ионов H^+ и HSO_4^{2-} :



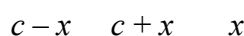
По второй ступени диссоциация протекает обратимо:



Исходная конц.



Равновесная конц.



Константа диссоциации по второй ступени имеет вид:

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

а) По условию, степень диссоциации по второй ступени $\alpha = \frac{x}{c} = \frac{x}{0.033} = 0.2$.

Отсюда $x = 0.2 \cdot 0.033 = 0.0066$ М. Тогда константа диссоциации равна:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{(0.033 + 0.0066) \cdot 0.0066}{0.033 - 0.0066} = 9.9 \cdot 10^{-3} \approx 1 \cdot 10^{-2}$$

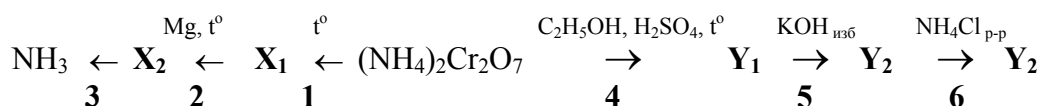
б) $[\text{HSO}_4^-] = 2[\text{SO}_4^{2-}] = 2x$,
 $c - x = 2x$,
 $x = 0.33c$,

$$K = \frac{(c + 0.33c) \cdot 0.33c}{c - 0.33c} = 0.655c = 1 \cdot 10^{-2}$$

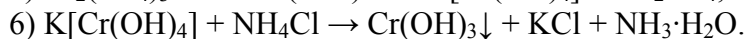
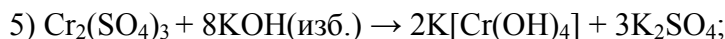
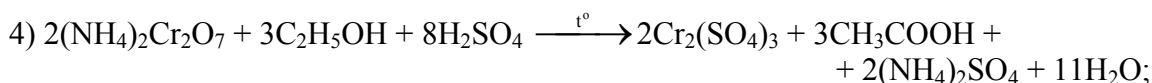
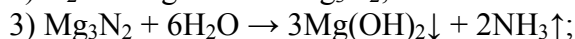
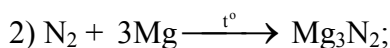
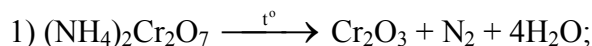
Отсюда $c = 1.53 \cdot 10^{-2}$ М.

Ответ: а) $1 \cdot 10^{-2}$; б) $1.53 \cdot 10^{-2}$ М.

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия проведения реакции 3 (все вещества X содержат азот, все вещества Y содержат хром):



Решение.



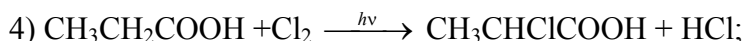
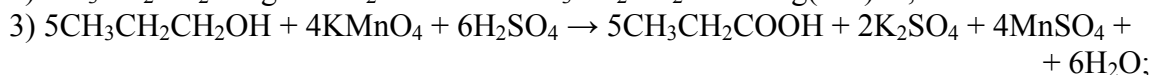
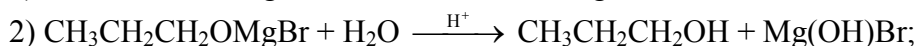
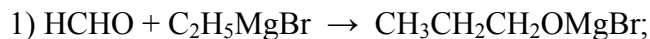
Ответ: X₁ – N₂, X₂ – Mg₃N₂, Y₁ – Cr₂(SO₄)₃, Y₂ – K[Cr(OH)₄], Y₃ – Cr(OH)₃.

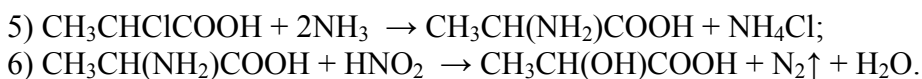
8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

Решение.





Ответ: **X** – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OMgBr}$; **Y** – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ пропионовая кислота; **Z** – $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, аланин.

9. Для полного окисления навески предельного спирта требуется 200 мл подкисленного раствора перманганата калия с концентрацией 0.4 моль/л. При количественном протекании реакции (выход 100%) масса продукта больше массы исходного спирта на 18.92%. Установите строение и массу спирта и продукта окисления, если известно, что выход в реакции окисления составляет 90%, а при дегидратации спирта образуется неразветвленный алкен.

Решение. Поскольку при окислении масса продукта оказалась больше массы исходного спирта, в реакцию вступил первичный спирт, который окислился до кислоты:



$$v(\text{KMnO}_4) = c \cdot V = 0.4 \cdot 0.2 = 0.08 \text{ моль}.$$

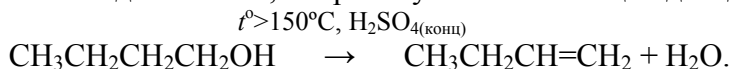
Тогда, в соответствии с уравнением реакции окисления,

$$v(\text{спирта}) = v(\text{кислоты}) = 1.25 \cdot v(\text{KMnO}_4) = 0.1 \text{ моль}.$$

Общая формула предельных спиртов – $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$, формула соответствующей кислоты – $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$. Так как масса кислоты больше массы спирта на 18.92%, молярная масса кислоты больше молярной массы спирта в 1.1892 раза:

$$1.1892(14n + 18) = 14n + 32,$$

откуда $n = 4$, спирт – $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$. По условию задачи при дегидратации спирта образуется неразветвленный алкен. Следовательно, спирт – бутанол-1. Реакция дегидратации:



Масса спирта: $m = v \cdot M = 0.1 \cdot 74 = 7.4 \text{ г}$.

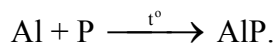
Масса кислоты с учетом выхода реакции $\eta = 0.9$ составляет

$$m = v \cdot M \cdot \eta = 0.1 \cdot 88 \cdot 0.9 = 7.92 \text{ г}.$$

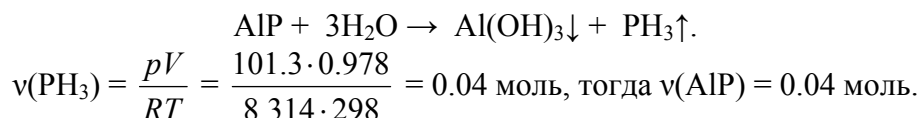
Ответ: бутанол-1, 7.4 г, 7.92 г.

10. Смесь алюминия и фосфора прокалили без доступа воздуха, образовавшийся продукт разделили на три равные части. Первую часть обработали водой, при этом выделилось 0.978 л газа (25°C, давление 1 атм). Вторую часть обработали соляной кислотой, при этом выделилось 1.712 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).

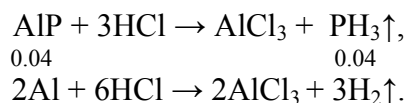
Решение. При нагревании алюминия с фосфором образуется фосфид алюминия:



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



При обработке получившегося продукта соляной кислотой выделение газа возможно в следующих реакциях:



Так как, по условию, при обработке продукта соляной кислотой 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 соляной кислотой выделился еще один газ – водород.

$$v(\text{газов}) = v(\text{PH}_3) + v(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 1.712}{8.314 \cdot 298} = 0.07 \text{ моль,}$$

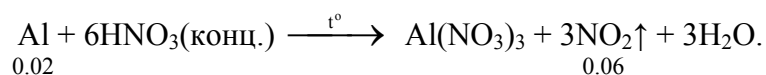
$$v(\text{H}_2) = 0.07 - 0.04 = 0.03 \text{ моль}$$

и, следовательно,

$$v(\text{Al}) = 0.02 \text{ моль.}$$

Таким образом, каждая из трех частей продукта после прокаливания содержит 0.04 моль AlP и 0.02 моль алюминия.

При нагревании третьей части продукта с концентрированной HNO₃ происходит выделение оксида азота(IV) в результате следующих реакций:



Всего в реакции с азотной кислотой выделилось

$$v(\text{NO}_2) = 0.32 + 0.06 = 0.38 \text{ моль.}$$

Для поглощения этого количества оксида азота(IV) потребуется 0.38 моль KOH:



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

$$V = \frac{0.38 \cdot 56}{0.2 \cdot 1.20} = 88.7 \text{ мл.}$$

Ответ: 88.7 мл.

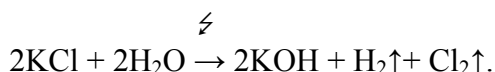
Вариант 3

1. К какому типу солей можно отнести: а) $[\text{Al}(\text{OH})](\text{CH}_3\text{COO})_2$, б) $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, в) NaHSO_3 ?

Ответ: а) $[\text{Al}(\text{OH})](\text{CH}_3\text{COO})_2$ – основная соль, б) $\text{RbAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – двойная соль, кристаллогидрат, в) NaHSO_3 – кислая соль.

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

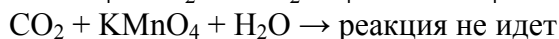
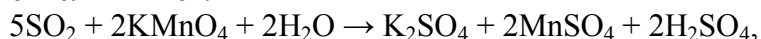
Решение. Подходящий вариант – хлорид калия. Фиолетовое окрашивание пламени свидетельствует о том, что катионом соли является калий. При электролизе водного раствора KCl на катоде выделяется водород, а на аноде – хлор, причем газы выделяются в равных объемах. Уравнение реакции электролиза:



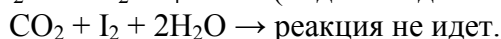
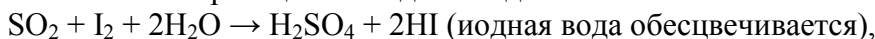
Ответ: KCl .

3. Как с помощью одного реагента различить: а) SO_2 и CO_2 , б) гексиламин и анилин. Приведите уравнения соответствующих реакций.

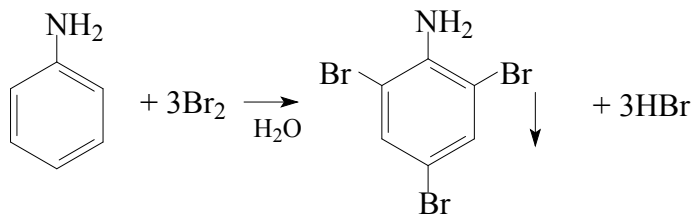
Решение. а) Сернистый и углекислый газы можно различить по реакции с водным раствором перманганата калия. Сернистый газ будет обесцвечивать розовый раствор перманганата, а углекислый – нет:



Можно воспользоваться реакцией с иодной водой:

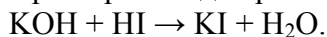


б) Различить анилин и гексиламин поможет бромная вода. Анилин реагирует с бромом в водном растворе с образованием белого осадка, происходит обесцвечивание бромной воды. Гексиламин с бромной водой не взаимодействует.



4. К 250 мл раствора гидроксида калия с pH 12 прибавили 10 мл 4%-ного раствора иодоводородной кислоты (плотность 1.03 г/мл) при 25°C. Определите pH полученного раствора. Примите, что при смешении растворов их объемы можно суммировать.

Решение. При смешении растворов происходит реакция нейтрализации:



Найдем количества щелочи и кислоты в исходных растворах. В растворе щелочи:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-12} \text{ моль/л,}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-14}/10^{-12} = 10^{-2} \text{ моль/л,}$$

$$c(\text{KOH}) = [\text{OH}^-] = 10^{-2} = 0.01 \text{ моль/л,}$$

$$v(\text{KOH}) = c \cdot V = 0.01 \cdot 0.25 = 0.0025 \text{ моль.}$$

В растворе кислоты:

$$v(\text{HI}) = \omega \cdot \rho \cdot V / M = 0.04 \cdot 1.03 \cdot 10 / 128 = 0.00322 \text{ моль.}$$

Избыток HI составляет $0.00322 - 0.0025 = 0.00072$ моль.

$$[\text{H}^+] = c(\text{HI}) = \frac{v}{V} = \frac{0.00072}{0.26} = 0.00279 \text{ моль/л.}$$

Исходная конц.	c	c	0
Равновесная конц.	$c - x$	$c + x$	x

Константа диссоциации по второй ступени имеет вид:

$$K = \frac{[H^+][SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]} = \frac{(c+x)x}{c-x}$$

а) Зная pH раствора, мы можем найти концентрацию ионов H^+ :

$$[H^+] = 10^{-pH} = 0.01 \text{ моль/л.}$$

Поскольку по условию $[SO_4^{2-}] = [HSO_4^-]$, легко находим константу диссоциации:

$$K = \frac{[H^+][SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]} = [H^+] = 0.01$$

б) По условию, $[SO_4^{2-}] = [HSO_4^-]$, значит, $c - x = x$ или $c = 2x$. Подставим это значение в выражение для константы:

$$K = \frac{(c+x)x}{c-x} = \frac{(2x+x) \cdot x}{2x-x} = 3x = 0.01$$

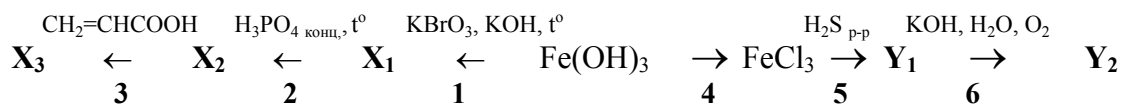
$$x = [SO_4^{2-}] = [HSO_4^-] = 0.0033 \text{ моль/л.}$$

Исходная концентрация H_2SO_4 $c = [HSO_4^-] + [SO_4^{2-}] = 0.0066$ моль/л,

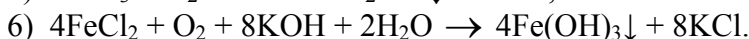
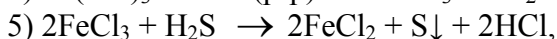
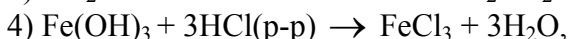
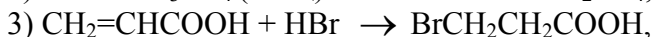
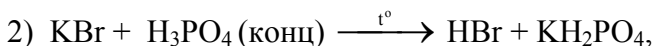
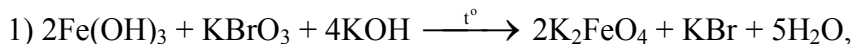
степень диссоциации: $\alpha = \frac{x}{c} = \frac{0.0033}{0.0066} = 0.5$ (или 50%).

Ответ. а) $K = 0.01$. б) $[SO_4^{2-}] = 0.0033$ М, $[HSO_4^-] = 0.0033$ М, $c(H_2SO_4) = 0.0067$ М, $\alpha = 50\%$.

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

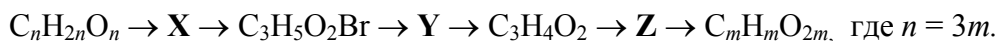


Решение.



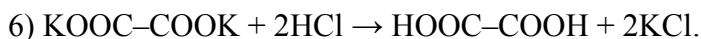
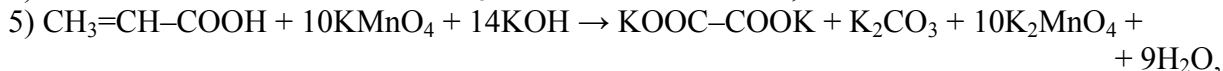
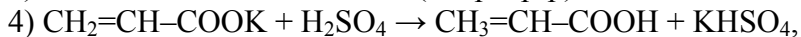
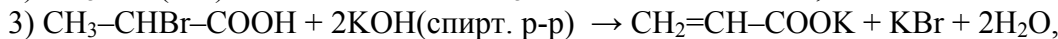
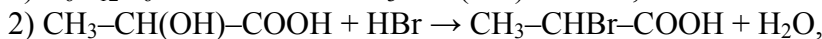
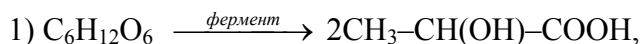
Ответ: $X_1 - \text{KBr}$, $X_2 - \text{HBr}$, $X_3 - \text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{COOH}$, $Y_1 - \text{FeCl}_2$, $Y_2 - \text{Fe(OH)}_3$

8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

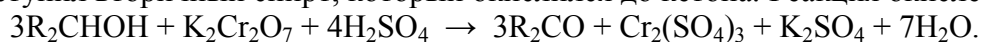
Решение.



Ответ: X – молочная кислота $\text{CH}_3-\text{CH(OH)}-\text{COOH}$, Y – калийная соль акриловой кислоты $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOK}$, Z – оксалат калия $\text{KOOC}-\text{COOK}$.

9. Для полного окисления навески предельного спирта требуется 200 мл подкисленного раствора дихромата калия с концентрацией 0.2 моль/л. При количественном протекании реакции (выход 100%) масса продукта меньше массы исходного спирта на 1.96%. Установите строение и массу спирта и продукта окисления, если известно, что выход в реакции окисления составляет 70%, а при дегидратации спирта образуется алкен с кратной связью на конце цепи.

Решение. Поскольку при окислении масса продукта меньше массы исходного спирта, в реакцию вступил вторичный спирт, который окислился до кетона. Реакция окисления:



$$v(K_2Cr_2O_7) = c \cdot V = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ моль.}$$

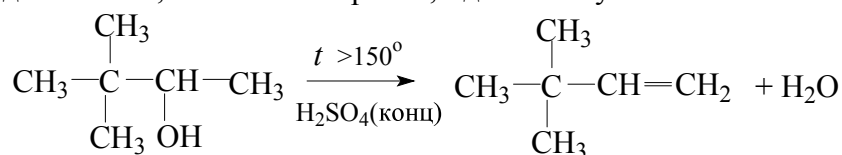
$$\text{Тогда } v(\text{спирта}) = v(\text{кетона}) = 3v(K_2Cr_2O_7) = 0.12 \text{ моль.}$$

Общая формула предельных спиртов – $C_nH_{2n+2}O$, формула соответствующего кетона – $C_nH_{2n}O$. Так как масса кетона меньше массы спирта на 1.96%, молярная масса кетона составляет 0.9804 от молярной массы спирта:

$$0.9804(14n + 18) = 14n + 16.$$

Получаем $n = 6$, спирт – $C_6H_{14}O$.

По условию задачи при дегидратации спирта образуется алкен с кратной связью на конце цепи. Следовательно, искомый спирт – 3,3-диметилбутанол-2.



Масса спирта $m = v \cdot M = 0.12 \cdot 102 = 12.24 \text{ г.}$

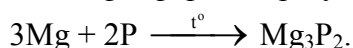
Масса кетона с учетом выхода реакции $\eta = 0.7$ составляет:

$$m = v \cdot M \cdot \eta = 0.12 \cdot 100 \cdot 0.7 = 8.4 \text{ г.}$$

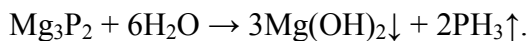
Ответ: 3,3-диметилбутанол-2, 12.24 г, 8.4 г.

10. Смесь магния и фосфора прокалили без доступа воздуха, образовавшийся продукт разделили на три равные части. Первую часть обработали водой, вторую – соляной кислотой, в обоих случаях выделилось по 0.978 л газа (25°C , давление 1 атм). Третью часть продукта нагрели с избытком концентрированной азотной кислоты, и для полного поглощения выделившегося при этом оксида азота (IV) потребовалось 136.3 мл 15%-ного раствора KOH (плотность 1.15 г/мл). Установите мольную долю магния в исходной смеси.

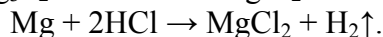
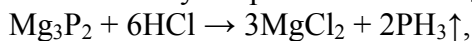
Решение. При нагревании магния с фосфором образуется фосфид магния:



При обработке полученного продукта водой выделение газа возможно в следующей реакции:



При обработке соляной кислотой газы могут образоваться в следующих реакциях:

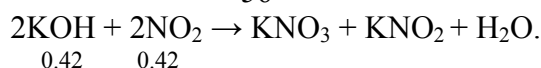


Так как, по условию, при обработке водой и кислотой выделились равные объемы газа, можно заключить, что весь магний при прокаливании вступил в реакцию с фосфором, и в обоих случаях выделялся только фосфин.

$$v(\text{PH}_3) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.978}{8.314 \cdot 298} = 0.04 \text{ моль, тогда } v(\text{Mg}_3\text{P}_2) = 0.02 \text{ моль.}$$

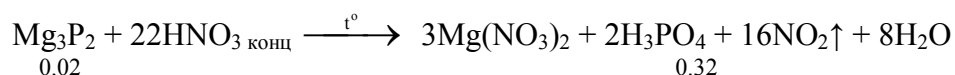
По условию, для поглощения всего оксида азота (IV), выделившегося при нагревании третьей части продукта с концентрированной HNO_3 , потребовалось

$$v(\text{KOH}) = \frac{136.3 \cdot 1.15 \cdot 0.15}{56} = 0.42 \text{ моль.}$$

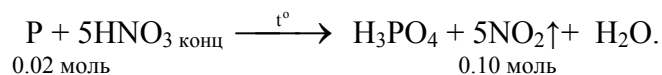


Значит, было поглощено 0.42 моль NO_2 :

При обработке 0.02 моль Mg_3P_2 азотной кислотой в соответствии с уравнением реакции:



выделилось только $0.02 \cdot 16 = 0.32$ моль NO_2 . Следовательно, после прокаливания исходной смеси в продукте остался непрореагировавший фосфор и теперь он тоже вступил в реакцию с азотной кислотой. При этом выделилось $0.42 - 0.32 = 0.10$ моль NO_2 , значит, фосфора было $0.10 / 5 = 0.02$ моль:



Таким образом, в каждой из трех частей продукта после прокаливания содержится 0.02 моль Mg_3P_2 и 0.02 моль фосфора. Мольная доля магния в продукте (а, значит, и в исходной смеси):

$$x(\text{Mg}) = \frac{0.02 \cdot 3}{0.02 \cdot 3 + 0.02 \cdot 2 + 0.02} = \frac{0.06}{0.12} = 0.5 \text{ (или 50 \%)}.$$

Ответ: 50%.

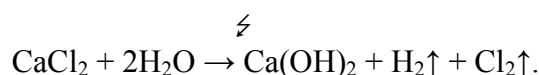
Вариант 4

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) NH_4HSO_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) NH_4HSO_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

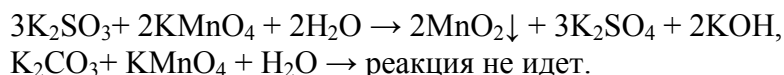
Решение. Подходящий вариант – хлорид кальция. Кирпично-красное окрашивание пламени свидетельствует о присутствии ионов кальция. При электролизе раствора CaCl_2 на катоде выделяется водород, а на аноде – равное количество хлора:



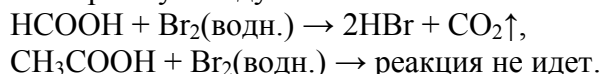
Ответ: CaCl_2 .

3. Как с помощью одного реагента различить: а) K_2CO_3 и K_2SO_3 , б) уксусную и муравьиную кислоты. Приведите уравнения соответствующих реакций.

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

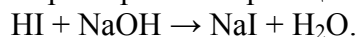


б) Муравьиная кислота, в отличие от уксусной, является восстановителем. Она обесцвечивает бромную воду:



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.

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

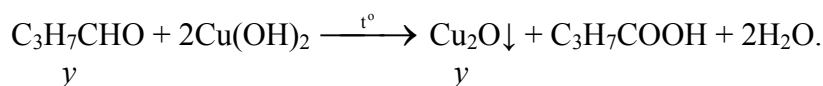
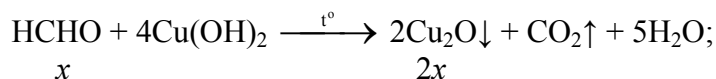
$$[\text{H}^+] = 10^{-14} / 0.0647 = 1.545 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л}.$$

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

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.

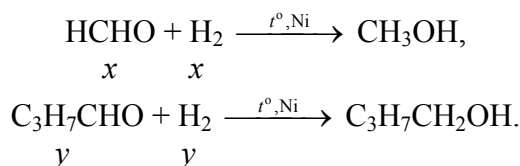
Решение. Пусть в исходном растворе было x моль формальдегида и y моль масляного альдегида. Уравнения реакций со свежесажленным гидроксидом меди:



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:

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

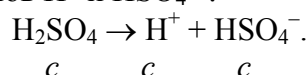
Ответ: 7.5% HCHO, 6.0% C₃H₇CHO.

6. Серная кислота – двухосновная: в разбавленных растворах по первой ступени она диссоциирует необратимо, а по второй – обратимо. В 0.05 М растворе H₂SO₄ степень диссоциации по второй ступени составляет 15%.

а) Напишите уравнения диссоциации и рассчитайте константу диссоциации H₂SO₄ по второй ступени.

б) При какой исходной концентрации H₂SO₄ раствор будет содержать равные количества сульфат- и гидросульфат-ионов?

Решение. Обозначим исходную молярную концентрацию H₂SO₄ как c , а равновесную концентрацию SO₄²⁻ – как x . При необратимой диссоциации серной кислоты по первой ступени образуется по c моль/л ионов H⁺ и HSO₄²⁻:



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 [SO₄²⁻] = [HSO₄²⁻], 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

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

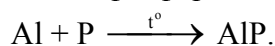
Масса кетона с учетом выхода реакции $\eta = 0.9$ составляет

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

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:

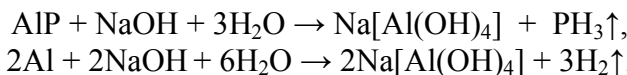


При обработке получившегося продукта водой возможно выделение только одного газа – фосфина:



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

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:

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

тогда

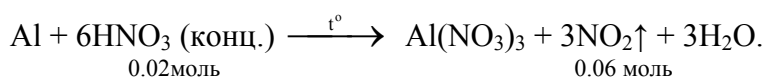
$$v(H_2) = v(\text{газов}) - v(PH_3) = 0.06 - 0.03 = 0.03 \text{ моль}$$

и, следовательно,

$$v(Al) = 0.02 \text{ моль.}$$

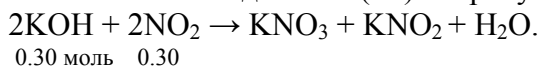
Таким образом, каждая из трех частей продукта после прокаливания содержит по 0.03 моль AlP и 0.02 моль алюминия.

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 $v(NO_2) = 0.24 + 0.06 = 0.30$ 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.