

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 .

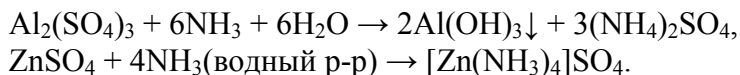
Ответ: KI , KBr , K_2S .

3. Как с помощью одного реагента различить:

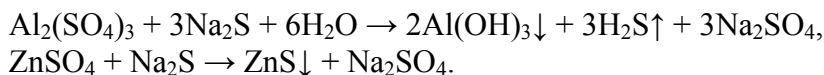
- а) ZnSO_4 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
- б) пропен и пропин.

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:

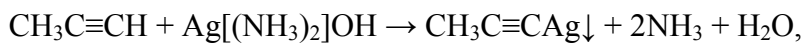


Другой способ – можно воспользоваться раствором сульфида натрия:



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

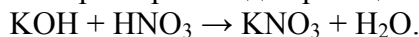
б) Различить пропен и пропин поможет аммиачный раствор оксида серебра. При пропускании пропина через раствор выпадает белый осадок:



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.

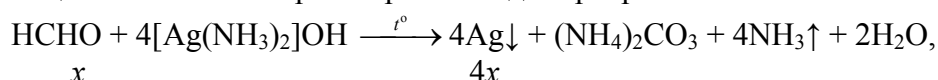
$$[\text{H}^+] = c(\text{HNO}_3) = \frac{v}{V} = \frac{0.00024}{0.265} = 0.00091 \text{ моль/л.}$$

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

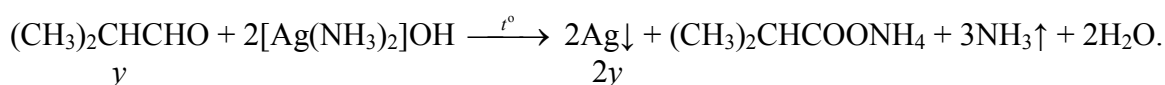
Ответ. 3.04.

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:



$$x \qquad \qquad \qquad 4x$$

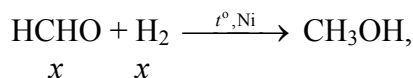


$$y \qquad \qquad \qquad 2y$$

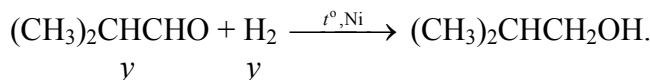
Выпавший осадок – это серебро:

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

Гидрирование альдегидов:



$$x \qquad x$$



$$y \qquad y$$

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:

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

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

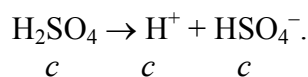
Ответ: 3.75% HCHO , 4.5% $(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}$.

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%.

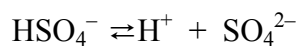
а) Напишите уравнения диссоциации и рассчитайте константу диссоциации H_2SO_4 по второй ступени.

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

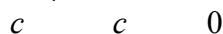
Решение. Обозначим исходную молярную концентрацию H_2SO_4 как c , а равновесную концентрацию SO_4^{2-} – как x . При необратимой диссоциации серной кислоты по первой ступени образуется по c моль/л ионов H^+ и HSO_4^{2-} :



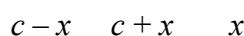
По второй ступени диссоциация протекает обратимо:



Исходная конц.



Равновесная конц.



Константа диссоциации по второй ступени имеет вид:

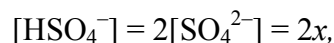
$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{(c+x)x}{c-x}$$

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)



$$c - x = 2x,$$

$$x = 0.33c,$$

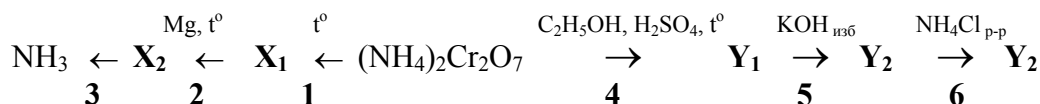
$$K = \frac{(c + 0.33c) \cdot 0.33c}{c - 0.33c} = 0.655c = 1 \cdot 10^{-2}$$

Отсюда

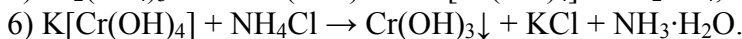
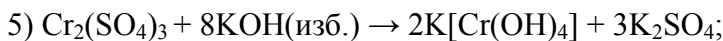
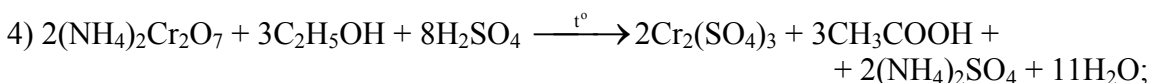
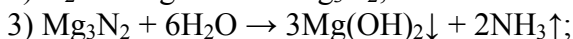
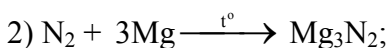
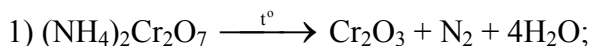
$$c = 1.53 \cdot 10^{-2} \text{ М.}$$

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.



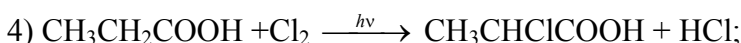
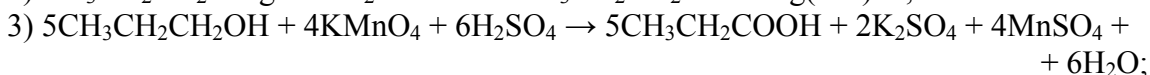
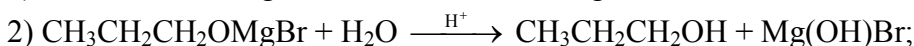
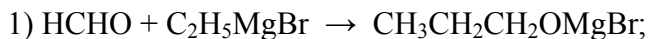
Ответ: X₁ – N₂, X₂ – Mg₃N₂, Y₁ – Cr₂(SO₄)₃, Y₂ – K[Cr(OH)₄], Y₃ – Cr(OH)₃.

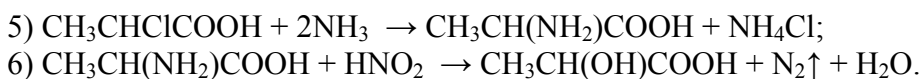
8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



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:



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

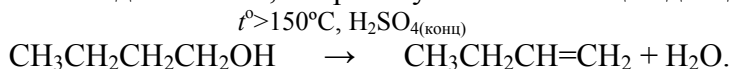
Тогда, в соответствии с уравнением реакции окисления,

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

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

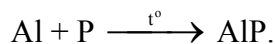
Масса кислоты с учетом выхода реакции $\eta = 0.9$ составляет

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

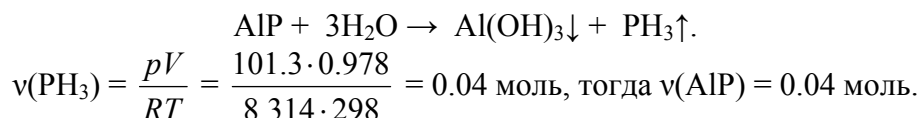
Ответ: бутанол-1, 7.4 г, 7.92 г.

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).

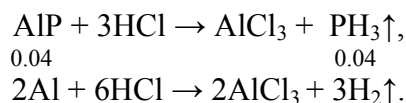
Решение. При нагревании алюминия с фосфором образуется фосфид алюминия:



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.

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

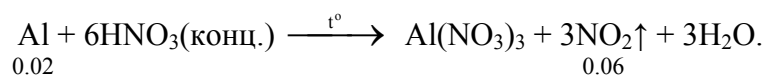
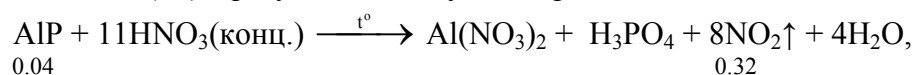
$$v(\text{H}_2) = 0.07 - 0.04 = 0.03 \text{ моль}$$

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.

