

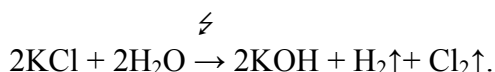
### Вариант 3

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)  $\text{NaHSO}_3$ ?

*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)  $\text{NaHSO}_3$  – 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.

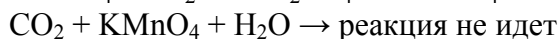
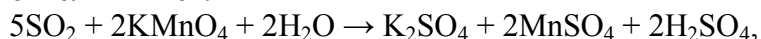
*Решение.* Подходящий вариант – хлорид калия. Фиолетовое окрашивание пламени свидетельствует о том, что катионом соли является калий. При электролизе водного раствора  $\text{KCl}$  на катоде выделяется водород, а на аноде – хлор, причем газы выделяются в равных объемах. Уравнение реакции электролиза:



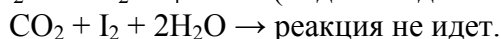
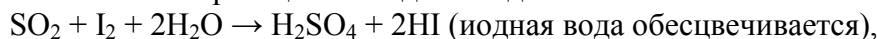
*Ответ:*  $\text{KCl}$ .

3. Как с помощью одного реагента различить: а)  $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}_2$ , б) гексиламин и анилин. Приведите уравнения соответствующих реакций.

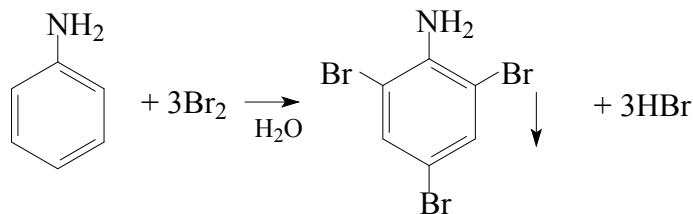
*Решение.* а) Сернистый и углекислый газы можно различить по реакции с водным раствором перманганата калия. Сернистый газ будет обесцвечивать розовый раствор перманганата, а углекислый – нет:



Можно воспользоваться реакцией с иодной водой:

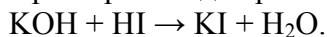


б) Различить анилин и гексиламин поможет бромная вода. Анилин реагирует с бромом в водном растворе с образованием белого осадка, происходит обесцвечивание бромной воды. Гексиламин с бромной водой не взаимодействует.



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  $\text{HI}$  составляет  $0.00322 - 0.0025 = 0.00072$  моль.

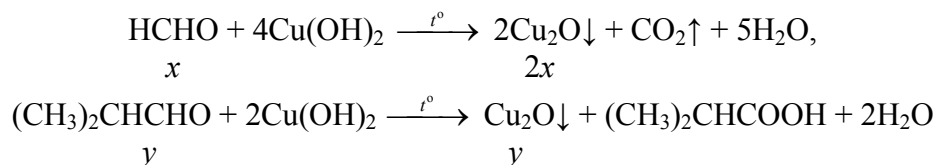
$$[\text{H}^+] = c(\text{HI}) = \frac{v}{V} = \frac{0.00072}{0.26} = 0.00279 \text{ моль/л.}$$

$$pH = -\lg[H^+] = 2.55.$$

*Ответ:* 2.55.

5. К 80 г водного раствора смеси муравьиного и изомасляного альдегидов добавили избыток свежеполученного гидроксида меди (II), при умеренном нагревании выпало 36 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.

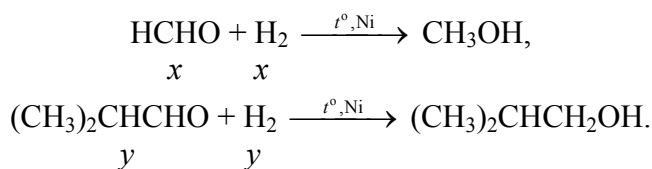
*Решение.* Пусть в исходном растворе было  $x$  моль формальдегида и  $y$  моль изомасляного альдегида. Уравнения реакций со свежесожденным гидроксидом меди:



Выпавший осадок – оксид меди(I):

$$v(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{36}{144} = 0.25 \text{ моль.}$$

Гидрирование альдегидов:



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:

$$\begin{cases} 2x + y = 0.25, \\ x + y = 0.15. \end{cases}$$

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

Массовые доли альдегидов в исходном растворе:

$$\begin{aligned} \omega(\text{HCHO}) &= \frac{0.1 \cdot 30}{80} = 0.0375 \text{ (или 3.75\%)}, \\ \omega((\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}) &= \frac{0.05 \cdot 72}{80} = 0.045 \text{ (или 4.5\%)}. \end{aligned}$$

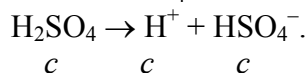
*Ответ:* 3.75% HCHO, 4.5% (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCHO.

6. Серная кислота – двухосновная: в разбавленных растворах по первой ступени она диссоциирует необратимо, а по второй – обратимо. Раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, в котором pH = 2.0, содержит равные количества сульфат- и гидросульфат-ионов.

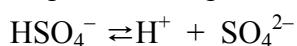
а) Напишите уравнения диссоциации и рассчитайте константу диссоциации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по второй ступени.

б) Найдите концентрации всех ионов в указанном растворе, степень диссоциации по второй ступени и начальную концентрацию H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

*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:



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:

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

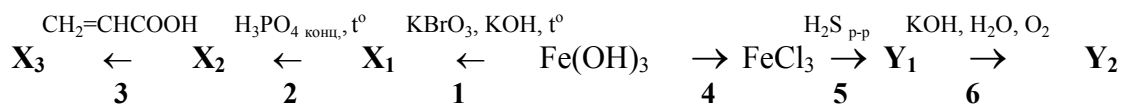
$$x = [SO_4^{2-}] = [HSO_4^-] = 0.0033 \text{ моль/л.}$$

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

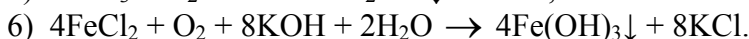
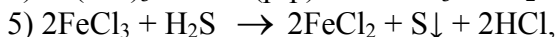
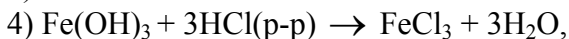
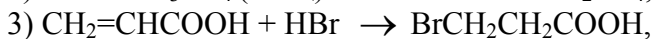
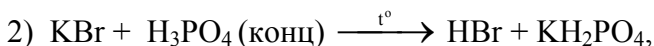
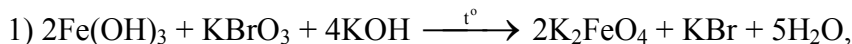
степень диссоциации:  $\alpha = \frac{x}{c} = \frac{0.0033}{0.0066} = 0.5$  (или 50%).

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):

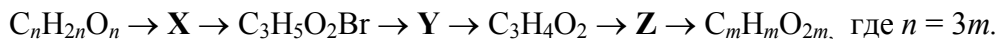


Решение.



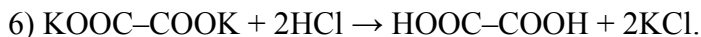
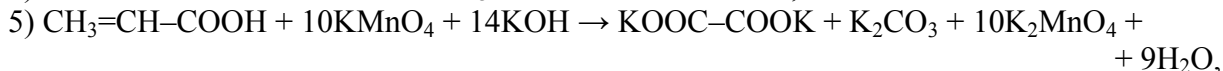
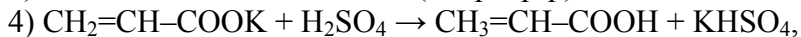
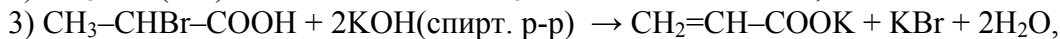
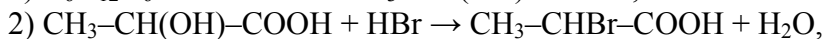
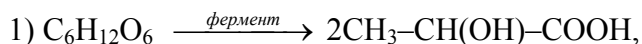
Ответ:  $X_1$  – KBr,  $X_2$  – HBr,  $X_3$  –  $\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{COOH}$ ,  $Y_1$  –  $\text{FeCl}_2$ ,  $Y_2$  –  $\text{Fe(OH)}_3$

8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

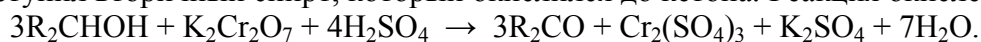
Решение.



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

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:



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

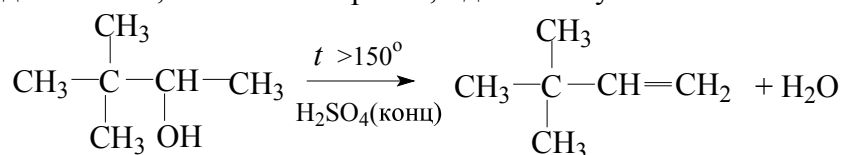
$$\text{Тогда } v(\text{спирта}) = v(\text{кетона}) = 3v(K_2Cr_2O_7) = 0.12 \text{ моль.}$$

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

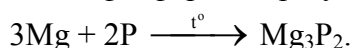
Масса кетона с учетом выхода реакции  $\eta = 0.7$  составляет:

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

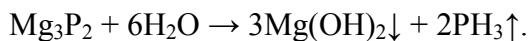
*Ответ:* 3,3-диметилбутанол-2, 12.24 г, 8.4 г.

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 ( $25^\circ\text{C}$ , 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.

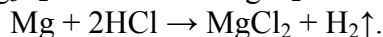
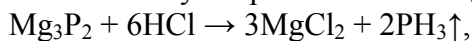
*Решение.* При нагревании магния с фосфором образуется фосфид магния:



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



При обработке соляной кислотой газы могут образоваться в следующих реакциях:

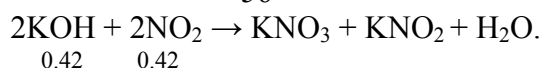


Так как, по условию, при обработке водой и кислотой выделились равные объемы газа, можно заключить, что весь магний при прокаливании вступил в реакцию с фосфором, и в обоих случаях выделялся только фосфин.

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

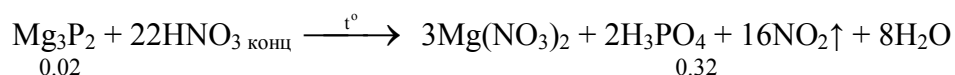
По условию, для поглощения всего оксида азота (IV), выделившегося при нагревании третьей части продукта с концентрированной  $\text{HNO}_3$ , потребовалось

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

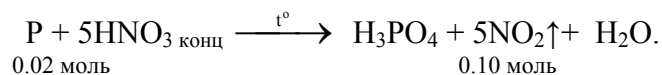


Значит, было поглощено 0.42 моль  $\text{NO}_2$ :

При обработке 0.02 моль  $\text{Mg}_3\text{P}_2$  азотной кислотой в соответствии с уравнением реакции:



выделилось только  $0.02 \cdot 16 = 0.32$  моль  $\text{NO}_2$ . 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  $\text{NO}_2$ , значит, фосфора было  $0.10 / 5 = 0.02$  моль:



Таким образом, в каждой из трех частей продукта после прокаливания содержится 0.02 моль  $\text{Mg}_3\text{P}_2$  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%.

