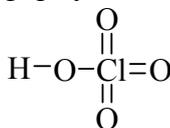


Вариант 1

1.8. Приведите структурную формулу кислоты, в состав которой входит анион ЭO_4^- , содержащий 50 электронов. Укажите степень окисления атома Э (6 баллов).

Решение. $Z = 50 - (4 \cdot 8 + 1) = 17$, элемент Э – хлор, анион – ClO_4^- . В состав хлорной кислоты HClO_4 входит Cl^{+7} . Структурная формула кислоты:

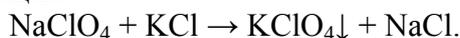


2.3. Представьте в общепринятом виде и назовите соединение $\text{CH}_2\text{Zn}_2\text{O}_5$ (6 баллов).

Ответ: $[\text{Zn}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$ – основной карбонат цинка или гидроксокарбонат цинка.

3.1. При смешении 200 мл раствора перхлората натрия с концентрацией 0.2 моль/л и 300 мл раствора хлорида калия с концентрацией 0.3 моль/л выпал осадок KClO_4 . Определите его массу, если произведение растворимости KClO_4 составляет $1.1 \cdot 10^{-2}$, объемом осадка можно пренебречь (8 баллов).

Решение. Происходит реакция



Исходные количества солей составляют

$$\nu(\text{NaClO}_4) = c \cdot V = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{KCl}) = 0.3 \cdot 0.3 = 0.09 \text{ моль}.$$

Объем полученного раствора равен $0.2 + 0.3 = 0.5$ л (объемом образовавшегося осадка пренебрегаем).

Пусть выпало x моль осадка KClO_4 . Тогда произведение концентраций ионов K^+ и ClO_4^- в насыщенном растворе над осадком должно равняться произведению растворимости KClO_4 , которое является постоянной величиной:

$$\text{ПР} = [\text{K}^+][\text{ClO}_4^-] = \frac{(0.09 - x)}{0.5} \cdot \frac{(0.04 - x)}{0.5} = 1.1 \cdot 10^{-2}.$$

Получилось квадратное уравнение:

$$x^2 - 0.13x + 0.00085 = 0.$$

$$D = 0.0169 - 0.0034 = 0.0135.$$

$$x_{1,2} = \frac{0.13 \pm 0.1162}{2}$$

Корни уравнения: $x_1 = 0.1231$ и $x_2 = 0.0069$ (моль).

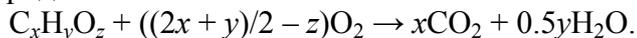
Первый корень не подходит, т. к. $0.1231 > 0.04$ и итоговая концентрация перхлорат-аниона окажется отрицательной. Значит, количество KClO_4 составляет 0.0069 моль, его масса равна

$$m(\text{KClO}_4) = \nu \cdot M = 0.0069 \cdot 138.5 = 0.956 \text{ г}.$$

Ответ: 0.956 г перхлората калия.

4.2. При сгорании смеси двух органических соединений образуются только углекислый газ и вода. Общая масса продуктов сгорания равна 32 г, а массовая доля водорода в ней – 5%. Установите качественный и количественный состав исходной смеси, если известно, что массовая доля углерода в ней составляет 40% (8 баллов).

Решение. По условию, в составе органических соединений могут находиться только углерод, водород и кислород:



Если $\omega(\text{H}) = 5\%$, тогда $m(\text{H}) = 0.05 \cdot 32 = 1.6$ г и $\nu(\text{H}) = 1.6$ моль; $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.8 \cdot 18 = 14.4$ г.

Тогда $m(\text{CO}_2) = 32 - 14.4 = 17.6$ г, $\nu(\text{CO}_2) = 17.6 / 44 = 0.4$ моль и $\nu(\text{C}) = 0.4$ моль.

Важный вывод: $\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 0.4 : 1.6 = 1 : 4$.

Такое соотношение возможно только при $x = 1$, $y = 4$, следовательно, единственно возможные исходные вещества – это метан CH_4 и метанол CH_3OH .

Пусть $\nu(\text{CH}_4) = n$, $\nu(\text{CH}_3\text{OH}) = m$, тогда $n + m = 0.4$, т. к. $\nu(\text{C}) = 0.4$ моль:

$$0.4 = (12n + 12m)/(16n + 32m),$$

$$7n = m,$$

$$n = 0.05, m = 0.35,$$

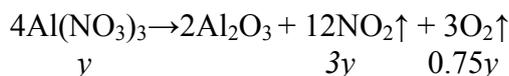
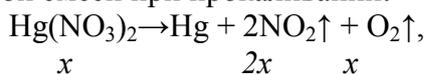
$$\nu(\text{CH}_4) = 0.05 \text{ моль}, \nu(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.35 \text{ моль},$$

$$m(\text{CH}_4) = 0.8 \text{ г}, m(\text{CH}_3\text{OH}) = 11.2 \text{ г}.$$

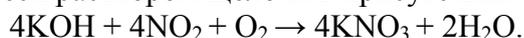
Ответ: $m(\text{CH}_4) = 0.8 \text{ г}$, $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 11.2 \text{ г}$.

5.6. Навеску смеси нитрата ртути (II) и нитрата алюминия 22.53 г прокалили при температуре выше 400°C. Полученная в результате газовая смесь была пропущена через раствор гидроксида калия. Объем прошедшего через раствор газа (непоглотившегося) составил 366 мл (при $T = 298 \text{ К}$ и $p = 1 \text{ атм.}$). Рассчитайте массовые доли веществ в исходной навеске (10 баллов).

Решение. Разложение газовой смеси при прокаливании:



Поглощение газовой смеси раствором щелочи в присутствии кислорода:



Газ, прошедший через щелочь, – это избыток O_2 , его количество:

$$\nu(\text{O}_2)_{\text{ост}} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0.366}{0.082 \cdot 298} = 0.015 \text{ моль } \text{O}_2 \text{ не прореагировало.}$$

$$\nu(\text{O}_2)_{\text{ост}} = (0.75y + x) - 0.25(3y + 2x) = 0.5x.$$

$$x = 0.03 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.03 \text{ моль},$$

$$m(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.03 \cdot 325 = 9.75 \text{ г},$$

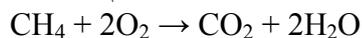
$$\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 9.75 / 22.53 = 0.43 \text{ (или 43\%)},$$

$$\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0.57 \text{ (или 57\%)}.$$

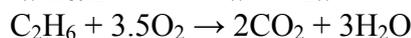
Ответ: $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 43\%$, $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 57\%$.

6.1. При сжигании газовой смеси этана и метана выделилось 8250 Дж тепла. Продукты сгорания были последовательно пропущены через хлоркальциевую трубку и 1 л дистиллированной воды, при этом масса хлоркальциевой трубки увеличилась на 306 мг. Рассчитайте pH водного раствора, если $K_{\text{д}}(\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-) = 4.27 \cdot 10^{-7}$, а теплоты сгорания этана и метана равны 1561 кДж/моль и 891 кДж/моль соответственно (10 баллов).

Решение. Реакции сгорания веществ:



$$x \text{ моль} \quad \quad \quad x \quad 2x$$



$$y \text{ моль} \quad \quad \quad 2y \quad 3y$$

Масса хлоркальциевой трубки увеличилась за счет поглощения паров воды, следовательно $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.306 \text{ г}$, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0.306 / 18 = 0.017 \text{ моль}$. Составим и решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 891x + 1561y = 8.25 \\ 2x + 3y = 0.017 \end{cases}$$

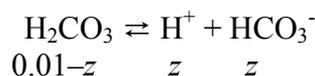
$$x = 0.004 \text{ моль}, y = 0.003 \text{ моль}.$$

Значит, в результате сгорания образовалось $\nu(\text{CO}_2) = x + 2y = 0.004 + 2 \cdot 0.003 = 0.01 \text{ моль}$.

Углекислый газ поглощается водой: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$.

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3)_{\text{исх}} = \nu / V = 0.01 \text{ моль/л}.$$

В результате диссоциации угольной кислоты



$$0.01 - z \quad \quad z \quad \quad z$$

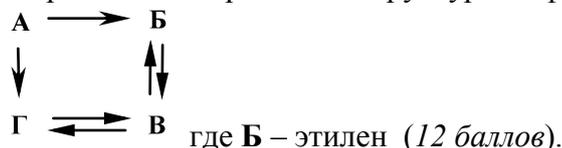
$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{z^2}{0.01 - z} \approx \frac{z^2}{0.01} = 4.27 \cdot 10^{-7}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{0.01 \cdot 4.27 \cdot 10^{-7}} = 6.535 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

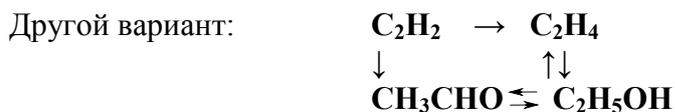
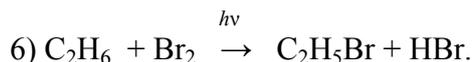
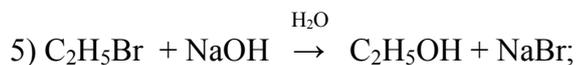
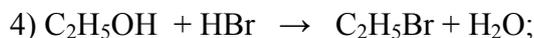
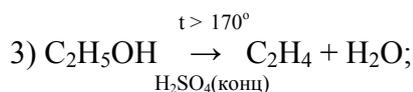
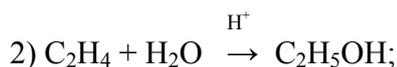
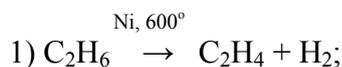
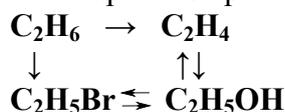
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 4.2.$$

Ответ: pH = 4.2.

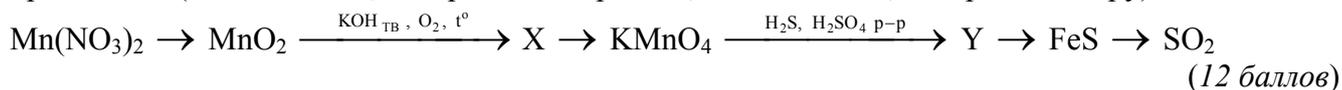
7.1. Расшифруйте следующую схему превращений, напишите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их протекания. Приведите структурные формулы соединений А-Г:



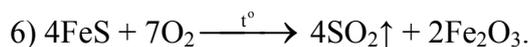
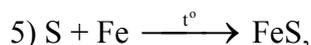
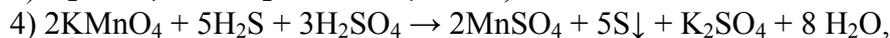
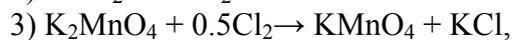
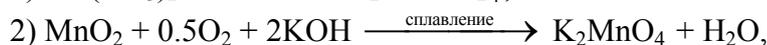
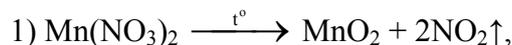
Решение. Один из возможных вариантов решения:



8.7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее марганец, Y – вещество, содержащее серу):



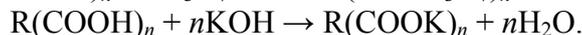
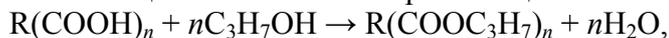
Решение. Один из возможных вариантов:



Ответ: X – K₂MnO₄, Y – S.

9.7. В результате реакции карбоновой кислоты с пропанолом-2 получено 28 г сложного эфира с выходом 70%. При полной нейтрализации такого же количества этой кислоты водным раствором гидроксида калия образовалось 38.4 г соли. Установите возможную формулу карбоновой кислоты. Что происходит с этой кислотой и ее изомером при нагревании до 150°C? Напишите уравнения протекающих реакций (14 баллов).

Решение. Карбоновая кислота может быть одноосновной или многоосновной. Обозначим основность кислоты через n . Реакции кислоты со спиртом и щелочью:



$$m(\text{эфира})_{\text{теор.}} = 28 / 0.7 = 40 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{кислоты}) = \nu(\text{соли}) = \nu(\text{эфира})$$

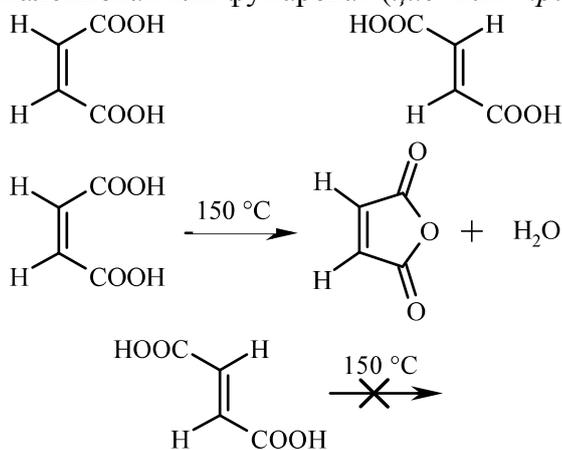
$$m(\text{соли}) / M(\text{соли}) = m(\text{эфира}) / M(\text{эфира}).$$

Пусть молярная масса радикала R равна x , тогда:

$$38.4 / (x + 83n) = 40 / (x + 87n),$$

$$x = 13n.$$

При $n = 1$ $x = 13$ (такого радикала нет), при $n = 2$ $x = 26$, этому соответствует радикал $-\text{CH}=\text{CH}-$, тогда кислота – малеиновая или фумаровая (*цис*- или *транс*-изомер):



10.3. При взаимодействии двух простых веществ, одно из которых светло-желтый газ с относительной плотностью по фтороводороду 1.9, получается светло-жёлтая жидкость. Массовая доля более тяжёлого элемента в полученном соединении равна 58.39%. Полученное жидкое вещество активно взаимодействует с раствором гидроксида натрия. При электролизе полученного раствора с диафрагмой (продукты электролиза не взаимодействуют с раствором) масса продуктов, выделившихся на аноде до начала выделения кислорода, равна $M_Z 1.72$ г. Рассчитайте максимальную массу порции сульфита натрия, которая может быть окислена полученным раствором (14 баллов).

Решение. Одно из реагирующих веществ определяем по его молярной массе:

$$M = D_{\text{HF}} \cdot M(\text{HF}) = 1.9 \cdot 20 = 38 \text{ г/моль, это } \text{F}_2 \text{ (светло-желтый газ).}$$

Поскольку фтор – сильнейший из неорганических окислителей, то взаимодействующее с ним вещество является восстановителем. Обозначим второе простое вещество-восстановитель как Z, тогда



Предположим, что фтор в полученном веществе ZF_n является более легким элементом. В таком случае по условию задачи:

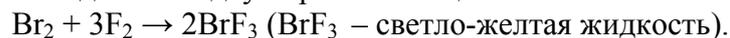
$$\omega(\text{Z}) = \frac{M_Z}{M_Z + 19n} = 0.5839, \text{ отсюда } M_Z = 26.7n.$$

Если $n = 1$, то $M_Z = 26.7$ г/моль – такого элемента со степенью окисления (+1) нет.

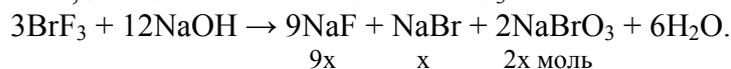
Если $n = 2$, то $M_Z = 53.3$ г/моль – такого элемента тоже нет.

Если $n = 3$, то $M_Z = 80$ г/моль – это Br.

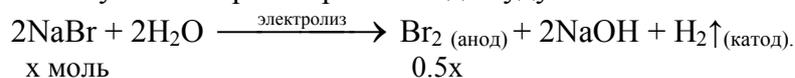
Тогда реакция взаимодействия двух простых веществ:



При взаимодействии со щелочью происходит реакция диспропорционирования Br^{3+} с образованием x моль NaBr, $9x$ моль NaF и $2x$ моль NaBrO_3 :



При электролизе полученного раствора на аноде будут окисляться только бромид ионы:

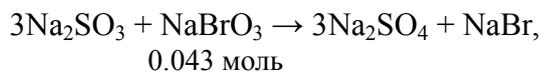


Масса выделившегося на аноде брома составляет

$$m(\text{Br}_2) = 0.5x \cdot 160 = 1.72,$$

отсюда $x = 0.0215$ моль.

Сульфит натрия будет окислен броматом натрия NaBrO_3 , которого в растворе содержится $2x = 2 \cdot 0.0215 = 0.043$ моль:



Отсюда $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 3\nu(\text{NaBrO}_3) = 3 \cdot 0.043 = 0.129$ моль,

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0.129 \cdot 126 = 16.25 \text{ г}.$$

Ответ: 16.25 г.