



МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

*олимпиады школьников
«ЛОМОНОСОВ»
по химии*

2015/2016 учебный год

**Олимпиада «Ломоносов»
по химии, 2016 год**

**Заочный (отборочный)
этап**

10-11 классы

I тур

Задание №1

1.1. Приведите по одному соединению, в которых азот проявляет высшую и низшую степени окисления, укажите степень окисления азота в этих соединениях. (4 балла)

Решение.

Один из возможных вариантов:

HNO_3 , степень окисления азота +5

NH_4 , степень окисления азота -3

1.2. Приведите по одному соединению, в которых сера проявляет высшую и низшую степени окисления, укажите степень окисления серы в этих соединениях. (4 балла)

Решение.

Один из возможных вариантов:

H_2SO_4 , степень окисления серы +6

H_2S , степень окисления серы -2

1.3. Приведите по одному соединению, в которых кислород проявляет высшую и низшую степени окисления, укажите степень окисления кислорода в этих соединениях. (4 балла)

Решение.

Один из возможных вариантов:

OF_2 , степень окисления кислорода +2

H_2O , степень окисления кислорода -2

1.4. Приведите по одному веществу, в которых хром проявляет высшую и низшую степени окисления, укажите степень окисления хрома в этих соединениях.

Решение.

Один из возможных вариантов:

$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, степень окисления хрома +6

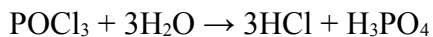
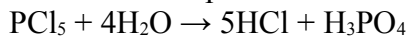
Cr , степень окисления хрома 0

Задание №2

2.1. Приведите уравнение реакции, в результате которой одновременно образуются соляная и фосфорная кислоты. (5 баллов)

Решение.

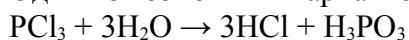
Возможные варианты:



2.2. Приведите уравнение реакции, в результате которой одновременно образуются соляная и фосфористая кислоты. (5 баллов)

Решение.

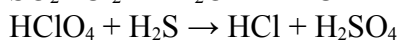
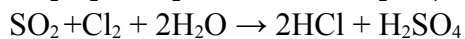
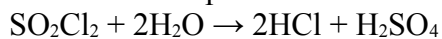
Один из возможных вариантов:



2.3. Приведите уравнение реакции, в результате которой одновременно образуются соляная и серная кислоты. (5 баллов)

Решение.

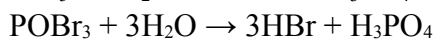
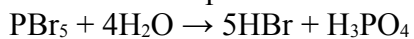
Возможные варианты:



2.4. Приведите уравнение реакции, в результате которой одновременно образуются фосфорная и бромоводородная кислоты. (5 баллов)

Решение.

Возможные варианты:



Задание №3

3.1. Приведите пример газообразного простого вещества, плотность которого при одинаковых условиях больше, чем у первого члена гомологического ряда алканов, но меньше, чем у первого члена гомологического ряда алкинов. (6 баллов)

Решение. Плотность газа прямо пропорциональна его молярной массе:

$$\rho = \frac{pM}{RT}.$$

Первый член гомологического ряда алканов – метан CH_4 с молярной массой 16 г/моль, а первый член гомологического ряда алкинов – ацетилен C_2H_2 с молярной массой 26 г/моль. Подходящим простым веществом является неон Ne (20 г/моль).

Ответ: Ne .

3.2. Приведите пример газообразного простого вещества, плотность которого при одинаковых условиях больше, чем у второго члена гомологического ряда предельных аминов, но меньше, чем у четвертого члена гомологического ряда алканов. (6 баллов)

Решение. Плотность газа прямо пропорциональна его молярной массе:

$$\rho = \frac{pM}{RT}.$$

Второй член гомологического ряда предельных аминов – этиламин $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ с молярной массой 45 г/моль, а четвертый член гомологического ряда алканов – бутан C_4H_{10} с молярной массой 58 г/моль. Подходящим простым веществом является озон O_3 (48 г/моль).

Ответ: O_3 .

3.3. Приведите пример газообразного простого вещества, плотность которого при одинаковых условиях больше, чем у первого члена гомологического ряда предельных аминов, но меньше, чем у второго члена гомологического ряда алкинов. (6 баллов)

Решение. Плотность газа прямо пропорциональна его молярной массе:

$$\rho = \frac{pM}{RT}.$$

Первый член гомологического ряда предельных аминов – метиламин CH_3NH_2 с молярной массой 31 г/моль, а второй член гомологического ряда алкинов – пропин C_3H_4 с молярной массой 40 г/моль. Подходящими простыми веществами – газами являются кислород O_2 (32 г/моль) и фтор F_2 (38 г/моль).

Ответ: O_2 и F_2 .

3.4. Приведите пример газообразного простого вещества, плотность которого при одинаковых условиях больше, чем у первого члена гомологического ряда алкинов, но меньше, чем у первого члена гомологического ряда циклоалканов. (6 баллов)

Решение. Плотность газа прямо пропорциональна его молярной массе:

$$\rho = \frac{pM}{RT}.$$

Первый член гомологического ряда алкинов – ацетилен C_2H_2 с молярной массой 26 г/моль, а первый член гомологического ряда циклоалканов – циклопропан C_3H_6 с

молярной массой 42 г/моль. Подходящими простыми веществами являются кислород O_2 (32 г/моль), фтор F_2 (38 г/моль) и аргон Ar (40 г/моль).

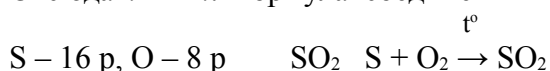
Ответ: O_3 , F_2 или Ar.

Задание №4

4.1. При реакции двух простых веществ, образованных элементами одной группы периодической системы, образуется соединение, в молекуле которого число протонов в атоме одного элемента в 2 раза больше, чем в атоме другого, но общее число протонов в атомах первого элемента равно общему числу протонов в атомах второго. Установите формулы веществ, напишите уравнение реакции. (6 баллов)

Решение. Пусть элемент А содержит $2x$ протонов, тогда элемент В содержит x протонов. В результате реакции образуется соединение A_mB_n , в котором $2xm = xn$.

Отсюда $n = 2m$. Формула соединения AB_2 .

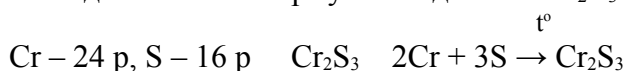


Ответ: SO_2 .

4.2. При реакции двух простых веществ, образованных элементами одной группы периодической системы, образуется соединение, в молекуле которого число протонов в атоме одного элемента в 1.5 раза больше, чем в атоме другого, но общее число протонов в атомах первого элемента равно общему числу протонов в атомах второго. Установите формулы веществ, напишите уравнение реакции. (6 баллов)

Решение. Пусть элемент А содержит $1.5x$ протонов, тогда элемент В содержит x протонов. В результате реакции образуется соединение A_mB_n , в котором $1.5xm = xn$.

Отсюда $n = 1.5m$. Формула соединения A_2B_3 .

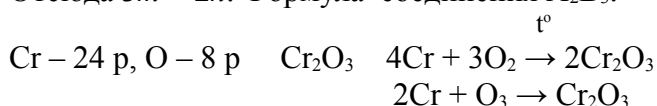


Ответ: Cr_2S_3 .

4.3. При реакции двух простых веществ, образованных элементами одной группы периодической системы, образуется соединение, в молекуле которого число протонов в атоме одного элемента в 3 раза больше, чем в атоме другого, но общее число протонов в атомах первого элемента в 2 раза больше общего числа протонов в атомах второго. Установите формулы веществ, напишите уравнение реакции. (6 баллов)

Решение. Пусть элемент А содержит $3x$ протонов, тогда элемент В содержит x протонов. В результате реакции образуется соединение A_mB_n , в котором $3xm / xn = 2$.

Отсюда $3m = 2n$. Формула соединения A_2B_3 .



Ответ: Cr_2O_3 .

4.4. При реакции двух простых веществ, образованных элементами одной группы периодической системы, образуется соединение, в молекуле которого число протонов в атоме одного элемента в 2 раза больше, чем в атоме другого, но общее число протонов в атомах первого элемента в 1.5 раза меньше общего числа протонов в атомах второго. Установите формулы веществ, напишите уравнение реакции. (6 баллов)

Решение. Пусть элемент А содержит $2x$ протонов, тогда элемент В содержит x протонов. В результате реакции образуется соединение A_mB_n , в котором $xn/2xm = 1.5$.

Отсюда $n = 3m$. Формула соединения AB_3 .

S – 16 p, O – 8 p SO_3 $S + O_3 \rightarrow SO_3$

Ответ: SO_3 .

Задание №5

5.1. Порция некоторого газообразного углеводорода при 60°C и 735 мм рт. ст. занимает объем 21.2 л. В этой порции содержится $5.8695 \cdot 10^{24}$ атомов. Предложите возможный состав и строение данного углеводорода. **(8 баллов)**

Решение.

Количество углеводорода в этой порции:

$$n(C_xH_y) = PV/RT = (101.3 \text{ кПа} \cdot 735 \text{ мм} / 760 \text{ мм}) \cdot 21.2 \text{ л} / (8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot (273+60)) = 0.75 \text{ моль.}$$

Количество атомов:

$$n(\text{атомов}) = N / N_A = 5.8695 \cdot 10^{24} / 6.02 \cdot 10^{23} = 9.75 \text{ моль}$$

Таким образом, на 0.75 моль молекул C_xH_y приходится 9.75 моль атомов углерода и водорода, а на 1 моль молекул – $9.75 / 0.75 = 13$ моль атомов.

Возможные варианты.

Первое условие $x + y = 13$.

Если это алкан C_xH_{2x+2} , то $x = 3.67$ – такого быть не может (должно быть целое число)

если алкен C_xH_{2x} , то $x = 4.33$ такого быть не может

если алкин C_xH_{2x-2} , то $x = 5$ возможная формула C_5H_8 (пентин, пентадиен, циклопентен)

если C_xH_{2x-4} , то $x = 5.67$ такого быть не может

если C_xH_{2x-6} , то $x = 6.33$ такого быть не может

если C_xH_{2x-8} , то $x = 7$ возможная формула C_7H_6

5.2. Порция некоторого газообразного углеводорода при 70°C и 1.1 атм занимает объем 8.96 л. В этой порции содержится $2.5284 \cdot 10^{24}$ атомов. Предложите возможный состав и строение данного углеводорода. **(8 баллов)**

Решение.

Количество углеводорода в этой порции:

$$n(C_xH_y) = PV/RT = (101.3 \text{ кПа} \cdot 1,1 \text{ атм}) \cdot 8,96 \text{ л} / (8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot (273+70)) = 0.35 \text{ моль.}$$

Количество атомов:

$$n(\text{атомов}) = N / N_A = 2.5284 \cdot 10^{24} / 6.02 \cdot 10^{23} = 4.2 \text{ моль}$$

Таким образом, на 0.35 моль молекул C_xH_y приходится 4.2 моль атомов углерода и водорода, а на 1 моль молекул – $4.2 / 0.35 = 12$ моль атомов.

Возможные варианты.

Первое условие $x + y = 12$.

Если это алкан C_xH_{2x+2} , то $x = 3.33$ – такого быть не может (должно быть целое число)

если алкен C_xH_{2x} , то $x = 4$ возможная формула C_4H_{12} (бутен, циклобутан)

если алкин C_xH_{2x-2} , то $x = 4.67$

если C_xH_{2x-4} , то $x = 5.33$ такого быть не может

если C_xH_{2x-6} , то $x = 6$ возможная формула C_6H_6 (бензол)

если C_xH_{2x-8} , то $x = 6.67$ такого быть не может

5.3. Порция некоторого газообразного углеводорода при 80°C и 720 мм рт. ст. занимает объем 13.76 л. В этой порции содержится $4.0635 \cdot 10^{24}$ атомов. Предложите возможный состав и строение данного углеводорода. **(8 баллов)**

Решение

Количество углеводорода в этой порции:

$$n(C_xH_y) = PV/RT = (101.3 \text{ кПа} \cdot 720 \text{ мм} / 760 \text{ мм}) \cdot 13.76 \text{ л} / (8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot (273+80)) =$$

= 0.45 моль.

Количество атомов:

$$n(\text{атомов}) = N / N_A = 4.0635 \cdot 10^{24} / 6.02 \cdot 10^{23} = 6.75 \text{ моль}$$

Таким образом, на 0.45 моль молекул C_xH_y приходится 6.75 моль атомов углерода и водорода, а на 1 моль молекул – $6.75 / 0.45 = 15$ моль атомов.

Возможные варианты.

Первое условие $x + y = 15$.

Если это алкан C_xH_{2x+2} , то $x = 4.33$ – такого быть не может (должно быть целое число)

если алкен C_xH_{2x} , то $x = 5$ возможная формула C_5H_{10} (пентен, циклопентан)

если алкин C_xH_{2x-2} , то $x = 5.67$ такого быть не может

если C_xH_{2x-4} , то $x = 6.33$ такого быть не может

если C_xH_{2x-6} , то $x = 7$ возможная формула C_7H_8

5.4. Порция некоторого газообразного углеводорода при 30°C и 0.95 атм занимает объем 7.33 л. В этой порции содержится $1.6856 \cdot 10^{24}$ атомов. Предложите возможный состав и строение данного углеводорода. **(8 баллов)**

Решение

Найдем количество углеводорода в этой порции:

$$n(C_xH_y) = PV/RT = (101.3 \text{ кПа} \cdot 0.95 \text{ атм}) \cdot 7.33 \text{ л} / (8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot (273+30)) =$$

$$= 0.28 \text{ моль.}$$

Количество атомов:

$$n(\text{атомов}) = N / N_A = 1.6856 \cdot 10^{24} / 6.02 \cdot 10^{23} = 2.8 \text{ моль}$$

Таким образом, на 0.28 моль молекул C_xH_y приходится 2.8 моль атомов углерода и водорода, а на 1 моль молекул – $2.8 / 0.28 = 10$ моль атомов.

Возможные варианты.

Первое условие $x + y = 10$.

Если это алкан C_xH_{2x+2} , то $x = 2.67$ – такого быть не может (должно быть целое число)

если алкен C_xH_{2x} , то $x = 3.33$ такого быть не может

если алкин C_xH_{2x-2} , то $x = 4$ возможная формула C_4H_6 (бутин, бутадиен)

если C_xH_{2x-4} , то $x = 4.67$ такого быть не может

если C_xH_{2x-6} , то $x = 5.33$ такого быть не может

если C_xH_{2x-8} , то $x = 6$ возможная формула C_6H_4

Задание №6

6.1. В реакции $A + B = C$, протекающей в идеальной газовой смеси при температуре 500 К и давлении 1 атм, установилось равновесие. Равновесные количества веществ А, В и С оказались равны 1.00 моль, 3.00 моль и 2.00 моль соответственно. При изменении давления в системе до 2 атм при постоянной температуре в системе снова установилось равновесие. Рассчитайте равновесные количества веществ А, В и С. (12 баллов)

Решение. Константа равновесия реакции, выраженная через парциальные давления веществ, равна

$$K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B}.$$

Парциальные давления веществ равны

$$p_A = x_A \cdot p, \quad p_B = x_B \cdot p, \quad p_C = x_C \cdot p,$$

где p – общее давление, x_A , x_B , x_C – мольные доли веществ, которые равны

$$x_A = \frac{n_A}{n}, \quad x_B = \frac{n_B}{n}, \quad x_C = \frac{n_C}{n},$$

где n – общее число молей веществ.

Подставляя в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B} = \frac{x_C \cdot p}{x_A \cdot p \cdot x_B \cdot p} = \frac{\frac{n_C}{n} \cdot p}{\frac{n_A}{n} \cdot p \cdot \frac{n_B}{n} \cdot p} = \frac{n_C \cdot n}{n_A \cdot n_B \cdot p}.$$

Общее число молей веществ равно

$$n = n_A + n_B + n_C = 1 + 2 + 3 = 6 \text{ моль.}$$

Подставляя числа, получаем:

$$K_p = \frac{n_C \cdot n}{n_A \cdot n_B \cdot p} = \frac{2 \cdot 6}{1 \cdot 3 \cdot 1} = 4 \text{ атм}^{-1}.$$

Пусть после изменения давления прореагировало x моль. Тогда равновесные числа молей веществ равны:

$$n_A = 1 - x, \quad n_B = 3 - x, \quad n_C = 2 + x,$$

а общее число молей веществ равно

$$n = n_A + n_B + n_C = 6 - x.$$

Подставляя эти значения в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{n_C \cdot n}{n_A \cdot n_B \cdot p} = \frac{(2+x) \cdot (6-x)}{(1-x) \cdot (3-x) \cdot 2} = 4.$$

Решая полученное квадратное уравнение, получаем $x = 0.367$ моль. Тогда равновесные количества веществ А, В и С равны:

$$n_A = 0.633 \text{ моль}, \quad n_B = 2.633 \text{ моль}, \quad n_C = 2.367 \text{ моль.}$$

Ответ: $n_A = 0.633$ моль, $n_B = 2.633$ моль, $n_C = 2.367$ моль.

6.2. В реакции $A = B + C$, протекающей в идеальной газовой смеси при температуре 600 К и давлении 2 атм, установилось равновесие. Равновесные количества веществ А, В и С оказались равны 1.00 моль, 2.00 моль и 3.00 моль соответственно. При изменении давления в системе до 3 атм при постоянной температуре в системе снова установилось равновесие. Рассчитайте равновесные количества веществ А, В и С. (12 баллов)

Решение. Константа равновесия реакции, выраженная через парциальные давления веществ, равна

$$K_p = \frac{p_B \cdot p_C}{p_A}.$$

Парциальные давления веществ равны

$$p_A = x_A \cdot p, \quad p_B = x_B \cdot p, \quad p_C = x_C \cdot p,$$

где p – общее давление, x_A , x_B , x_C – мольные доли веществ, которые равны

$$x_A = \frac{n_A}{n}, \quad x_B = \frac{n_B}{n}, \quad x_C = \frac{n_C}{n},$$

где n – общее число молей веществ.

Подставляя в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{p_B \cdot p_C}{p_A} = \frac{x_B \cdot p \cdot x_C \cdot p}{x_A \cdot p} = \frac{\frac{n_B}{n} \cdot p \cdot \frac{n_C}{n} \cdot p}{\frac{n_A}{n} \cdot p} = \frac{n_B \cdot n_C \cdot p}{n_A \cdot n}.$$

Общее число молей веществ равно

$$n = n_A + n_B + n_C = 1 + 2 + 3 = 6 \text{ моль.}$$

Подставляя числа, получаем:

$$K_p = \frac{n_B \cdot n_C \cdot p}{n_A \cdot n} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2}{1 \cdot 6} = 2 \text{ атм.}$$

Пусть после изменения давления прореагировало x моль. Тогда равновесные числа молей веществ равны:

$$n_A = 1 + x, \quad n_B = 2 - x, \quad n_C = 3 - x,$$

а общее число молей веществ равно

$$n = n_A + n_B + n_C = 6 - x.$$

Подставляя эти значения в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{n_B \cdot n_C \cdot p}{n_A \cdot n} = \frac{(2-x) \cdot (3-x) \cdot 3}{(1+x) \cdot (6-x)} = 2.$$

Решая полученное квадратное уравнение, получаем $x = 0.253$ моль. Тогда равновесные количества веществ А, В и С равны:

$$n_A = 1.253 \text{ моль, } n_B = 1.747 \text{ моль, } n_C = 2.747 \text{ моль.}$$

Ответ: $n_A = 1.253$ моль, $n_B = 1.747$ моль, $n_C = 2.747$ моль.

6.3. В реакции $D + E = F$, протекающей в идеальной газовой смеси при температуре 700 К и давлении 3 атм, установилось равновесие. Равновесные количества веществ D, E и F оказались равны 2.00 моль, 3.00 моль и 4.00 моль соответственно. При изменении давления в системе до 5 атм при постоянной температуре в системе снова установилось равновесие. Рассчитайте равновесные количества веществ D, E и F. **(12 баллов)**

Решение. Константа равновесия реакции, выраженная через парциальные давления веществ, равна

$$K_p = \frac{p_F}{p_D \cdot p_E}.$$

Парциальные давления веществ равны

$$p_D = x_D \cdot p, \quad p_E = x_E \cdot p, \quad p_F = x_F \cdot p,$$

где p – общее давление, x_D , x_E , x_F – мольные доли веществ, которые равны

$$x_D = \frac{n_D}{n}, \quad x_E = \frac{n_E}{n}, \quad x_F = \frac{n_F}{n},$$

где n – общее число молей веществ.

Подставляя в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{p_F}{p_D \cdot p_E} = \frac{x_F \cdot p}{x_D \cdot p \cdot x_E \cdot p} = \frac{\frac{n_F}{n} \cdot p}{\frac{n_D}{n} \cdot p \cdot \frac{n_E}{n} \cdot p} = \frac{n_F \cdot n}{n_D \cdot n_E \cdot p}.$$

Общее число молей веществ равно

$$n = n_D + n_E + n_F = 2 + 3 + 4 = 9 \text{ моль.}$$

Подставляя числа, получаем:

$$K_p = \frac{n_C \cdot n}{n_A \cdot n_B \cdot p} = \frac{4 \cdot 9}{2 \cdot 3 \cdot 3} = 2 \text{ атм}^{-1}.$$

Пусть после изменения давления прореагировало x моль. Тогда равновесные числа молей веществ равны:

$$n_A = 2 - x, \quad n_B = 3 - x, \quad n_C = 4 + x,$$

а общее число молей веществ равно

$$n = n_A + n_B + n_C = 9 - x.$$

Подставляя эти значения в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{n_F \cdot n}{n_D \cdot n_E \cdot p} = \frac{(4+x) \cdot (9-x)}{(2-x) \cdot (3-x) \cdot 5} = 2.$$

Решая полученное квадратное уравнение, получаем $x = 0.483$ моль. Тогда равновесные количества веществ D, E и F равны:

$$n_D = 1.517 \text{ моль, } n_E = 2.517 \text{ моль, } n_F = 4.483 \text{ моль.}$$

Ответ: $n_D = 1.517$ моль, $n_E = 2.517$ моль, $n_F = 4.483$ моль.

6.4. В реакции $D = E + F$, протекающей в идеальной газовой смеси при температуре 800 К и давлении 6 атм, установилось равновесие. Равновесные количества веществ D, E и F оказались равны 2.00 моль, 3.00 моль и 4.00 моль соответственно. При изменении давления в системе до 9 атм при постоянной температуре в системе снова установилось равновесие. Рассчитайте равновесные количества веществ D, E и F. (12 баллов)

Решение. Константа равновесия реакции, выраженная через парциальные давления веществ, равна

$$K_p = \frac{p_E \cdot p_F}{p_D}.$$

Парциальные давления веществ равны

$$p_D = x_D \cdot p, \quad p_E = x_E \cdot p, \quad p_F = x_F \cdot p,$$

где p – общее давление, x_D , x_E , x_F – мольные доли веществ, которые равны

$$x_D = \frac{n_D}{n}, \quad x_E = \frac{n_E}{n}, \quad x_F = \frac{n_F}{n},$$

где n – общее число молей веществ.

Подставляя в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{p_E \cdot p_F}{p_D} = \frac{x_E \cdot p \cdot x_F \cdot p}{x_D \cdot p} = \frac{\frac{n_E}{n} \cdot p \cdot \frac{n_F}{n} \cdot p}{\frac{n_D}{n} \cdot p} = \frac{n_E \cdot n_F \cdot p}{n_D \cdot n}.$$

Общее число молей веществ равно

$$n = n_D + n_E + n_F = 2 + 3 + 4 = 9 \text{ моль.}$$

Подставляя числа, получаем:

$$K_p = \frac{n_E \cdot n_F \cdot p}{n_D \cdot n} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 6}{2 \cdot 9} = 4 \text{ атм.}$$

Пусть после изменения давления прореагировало x моль. Тогда равновесные числа молей веществ равны:

$$n_D = 2 + x, \quad n_E = 3 - x, \quad n_F = 4 - x,$$

а общее число молей веществ равно

$$n = n_D + n_E + n_F = 9 - x.$$

Подставляя эти значения в выражение для константы равновесия, получаем:

$$K_p = \frac{n_E \cdot n_F \cdot p}{n_D \cdot n} = \frac{(3-x) \cdot (4-x) \cdot 9}{(2+x) \cdot (9-x)} = 4.$$

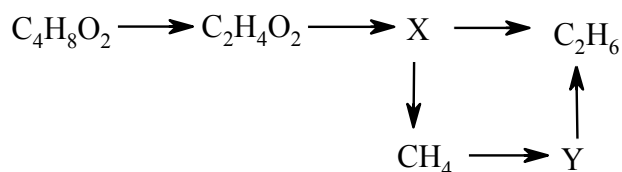
Решая полученное квадратное уравнение, получаем $x = 0.421$ моль. Тогда равновесные количества веществ D, E и F равны:

$$n_D = 2.421 \text{ моль, } n_E = 2.579 \text{ моль, } n_F = 3.579 \text{ моль.}$$

Ответ: $n_D = 2.421$ моль, $n_E = 2.579$ моль, $n_F = 3.579$ моль.

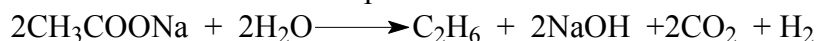
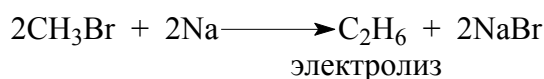
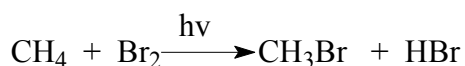
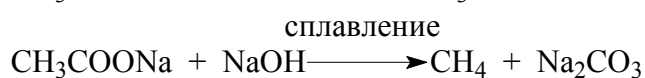
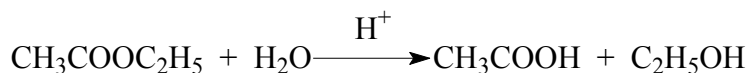
Задание №7

7.1. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующим превращениям, приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

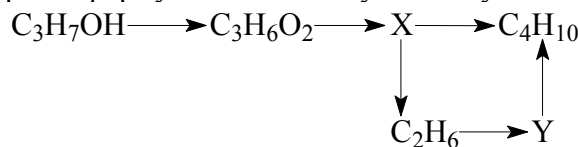


(12 баллов)

Решение. X = CH₃COONa, Y = CH₃Br

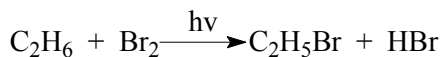
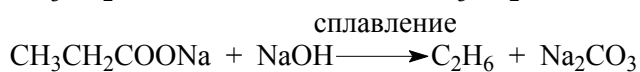
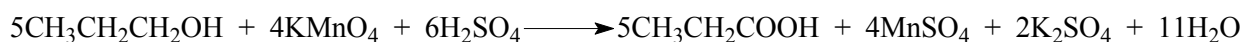


7.2. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующим превращениям, приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

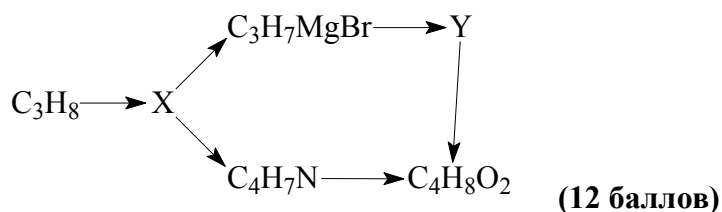


(12 баллов)

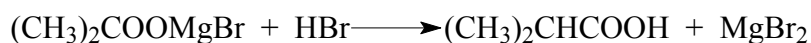
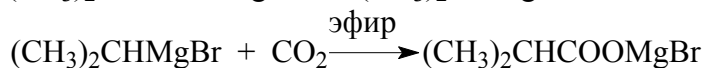
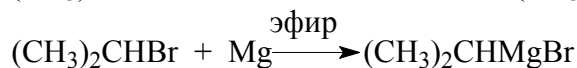
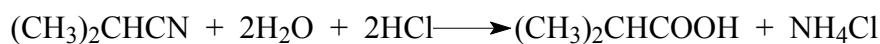
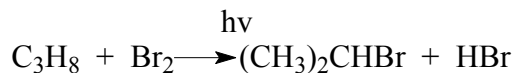
Решение: X = C₂H₅COONa, Y = C₂H₅Br



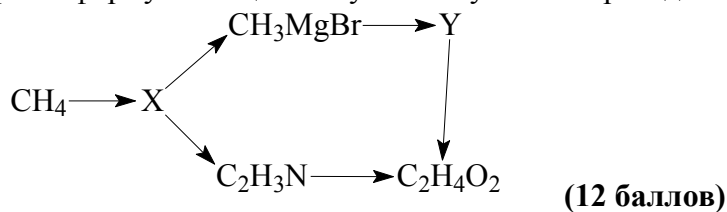
7.3. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующим превращениям, приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.



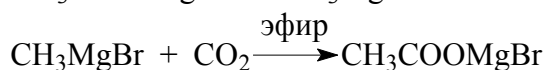
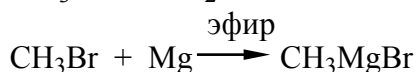
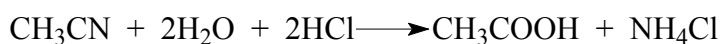
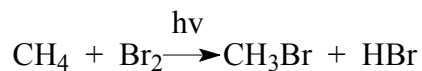
Решение. X = (CH₃)₂CHBr, Y = (CH₃)₂CHCOOMgBr



7.4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующим превращениям, приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.



Решение. X=CH₃Br, Y=CH₃COOMgBr

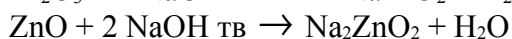
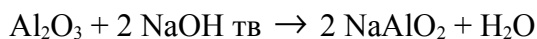


Задание №8

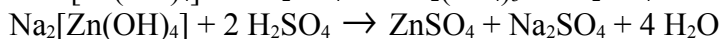
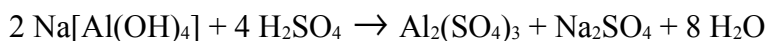
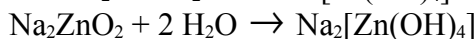
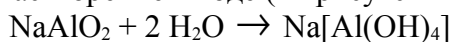
8.1. Разделение смеси оксидов алюминия и цинка на индивидуальные соединения проводилось по описанной ниже схеме. Смесь оксидов была сплавлена с избытком твердого гидроксида натрия. Полученный плав растворили в воде, затем обработали 20%-ной серной кислотой. К образовавшемуся раствору добавили избыток раствора аммиака. Выпавший при этом осадок X отделили. В оставшийся аммиачный раствор пропустили ток сероводорода, при этом выпал осадок Y. Напишите уравнения всех реакций, определите состав X и Y. Предложите способы получения из X и Y безводного хлорида алюминия и металлического цинка. (15 баллов)

Решение.

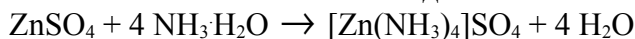
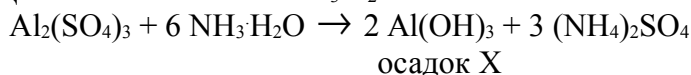
1) Сплавление:



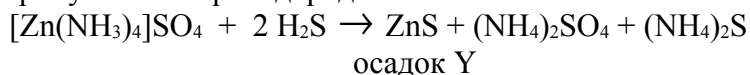
2) Растворение в воде (в присутствии щелочи) и последующая обработка 20%-ной H_2SO_4 :



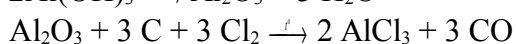
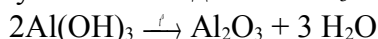
4) Добавление избытка $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$:



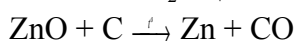
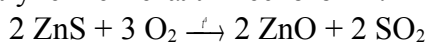
5) Пропускание сероводорода:



Получение безводного AlCl_3 :



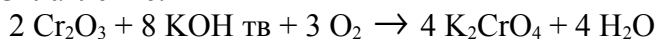
Получение металлического Zn:

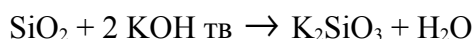


8.2. Разделение смеси оксидов кремния и хрома (III) на индивидуальные соединения проводилось по описанной ниже схеме. Смесь оксидов была сплавлена в токе кислорода с избытком твердого гидроксида калия. Полученный плав растворили в воде, а затем обработали 20%-ной серной кислотой. Выпавший при этом осадок X отделили. В оставшийся сернокислый раствор сначала пропустили ток оксида серы (IV), а затем добавили избыток раствора карбоната натрия, при этом выпал осадок Y. Напишите уравнения всех реакций, определите состав X и Y. Предложите способы получения из X и Y силана и безводного хлорида хрома (III). (15 баллов)

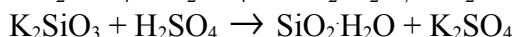
Решение.

1) Сплавление:



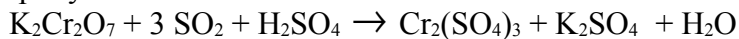


2) Растворение в воде (хром и кремний при этом остаются в виде K_2CrO_4 и K_2SiO_3 , т.к. раствор щелочной) и последующая обработка 20%-ной H_2SO_4 :

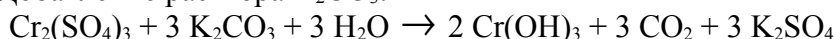


осадок X

3) Пропускание SO_2 :

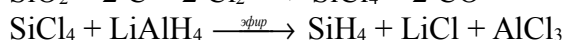
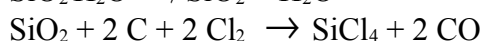
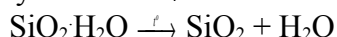


4) Добавление раствора K_2CO_3 :

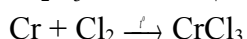
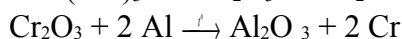
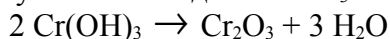


осадок Y

Получение SiH_4 :



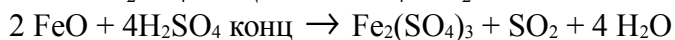
Получение безводного CrCl_3 :



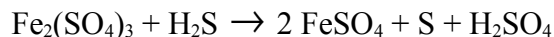
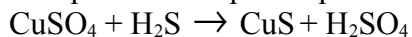
8.3. Разделение смеси оксидов меди (II) и железа (II) на индивидуальные соединения проводилось по описанной ниже схеме. Смесь оксидов была обработана при нагревании концентрированной серной кислотой. Полученный раствор разбавили водой (до концентрации кислоты ~ 1 моль/л) и пропустили в него ток сероводорода. Выпавший при этом осадок X отделили. В оставшийся раствор сначала пропустили ток хлора, а затем добавили избыток раствора карбоната натрия, при этом выпал осадок Y. Напишите уравнения всех реакций, определите состав X и Y. Предложите способы получения из X и Y металлической меди и безводного хлорида железа (III). **(15 баллов)**

Решение.

1) Обработка серной кислотой:



2) Разбавление водой (медь и железо(III) остаются при этом в том же виде) и пропускание H_2S в сернокислый раствор:

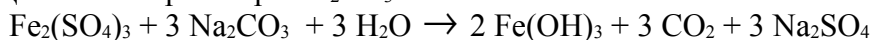


осадок X – смесь CuS и S

3) Пропускание Cl_2 :

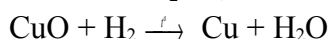
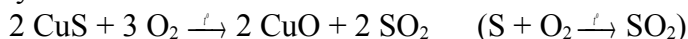


4) Добавление раствора Na_2CO_3 :

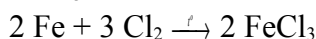
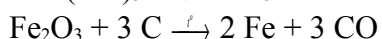
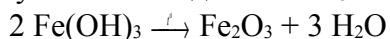


осадок Y

Получение Cu:



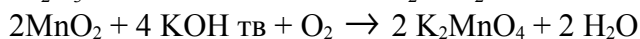
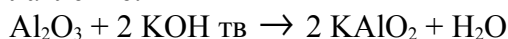
Получение безводного FeCl₃:



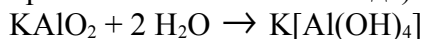
8.4. Разделение смеси оксидов алюминия и марганца (IV) на индивидуальные соединения проводилось по описанной ниже схеме. Смесь оксидов была сплавлена в токе кислорода с избытком твердого гидроксида калия. Полученный плав растворили в воде, а затем обработали 20%-ной серной кислотой. Выпавший при этом осадок X отделили. К сернокислому раствору добавили раствор карбоната калия, при этом выпал осадок Y. Затем в получившийся нейтральный раствор добавили раствор сульфита калия, при этом выпало еще некоторое количество осадка X. Напишите уравнения всех реакций, определите состав X и Y. Предложите способы получения из X и Y металлического алюминия и сульфида марганца. **(15 баллов)**

Решение.

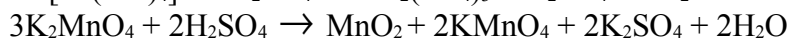
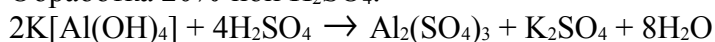
1) Сплавление:



2) Растворение плава в воде в присутствии щелочи (K₂MnO₄ устойчив в щелочном растворе и остается в том же виде):

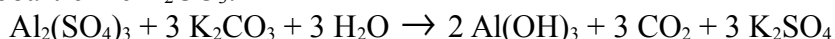


Обработка 20%-ной H₂SO₄:

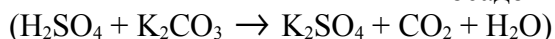


осадок X

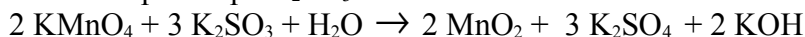
3) Добавление K₂CO₃:



осадок Y

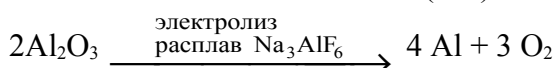


4) Добавление раствора K₂SO₃:

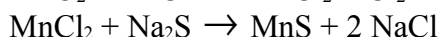


осадок X

Получение металлического Al: $2 \text{Al(OH)}_3 \xrightarrow{t} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$



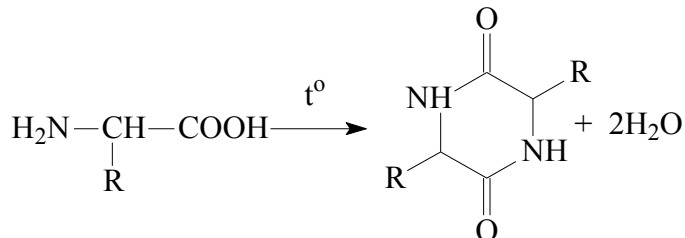
Получение MnS:



Задание №9

9.1. При нагревании 13.35 г неизвестной природной α -аминокислоты до 180°C образовалось циклическое органическое соединение и выделилось 5.58 л газа (измерено при 180°C и нормальном давлении). Определите строение неизвестной аминокислоты и напишите уравнения протекающих реакций. (15 баллов)

Решение. При нагревании неизвестной аминокислоты протекает следующая реакция:



Выделившейся при 180 градусах газ – пары воды. Количество вещества воды равно количеству вещества аминокислоты.

$$v(\text{H}_2\text{O}) = PV/RT = 101.3 \cdot 5.58 / (8.31 \cdot 453) = 0.15 \text{ моль}$$

$$v(\text{аминокислоты}) = v(\text{H}_2\text{O}) = 0.15 \text{ моль}$$

$$M(\text{аминокислоты}) = 13.35 / 0.15 = 89 \text{ г/моль}$$

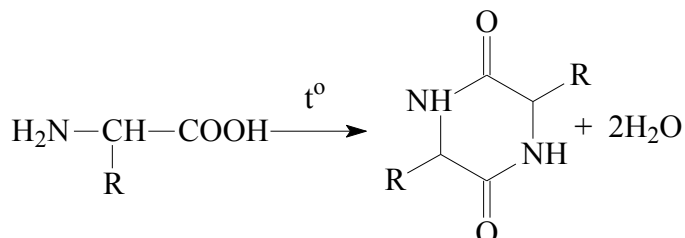
$$M(\text{R}) = 89 - 74 = 15 \text{ г/моль}$$

Следовательно, неизвестная аминокислота – аланин.

Ответ: аланин.

9.2. При нагревании 8.25 г неизвестной природной α -аминокислоты до 180°C образовалось циклическое органическое соединение и выделилось 1.86 л газа (измерено при 180°C и нормальном давлении). Определите строение неизвестной аминокислоты и напишите уравнения протекающих реакций. (15 баллов)

Решение. При нагревании неизвестной аминокислоты протекает следующая реакция:



Выделившейся при 180 градусах газ – пары воды. Количество вещества воды равно количеству вещества аминокислоты.

$$v(\text{H}_2\text{O}) = PV/RT = 101.3 \cdot 1.86 / (8.31 \cdot 453) = 0.05 \text{ моль}$$

$$v(\text{аминокислоты}) = v(\text{H}_2\text{O}) = 0.05 \text{ моль}$$

$$M(\text{аминокислоты}) = 8.25 / 0.05 = 165 \text{ г/моль}$$

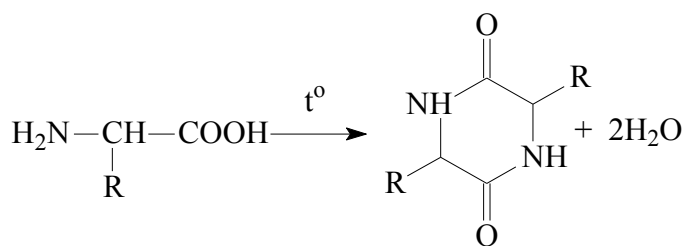
$$M(\text{R}) = 165 - 74 = 91 \text{ г/моль}$$

Следовательно, неизвестная аминокислота – фенилаланин.

Ответ: фенилаланин.

9.3. При нагревании 18.75 г неизвестной природной α -аминокислоты до 180°C образовалось циклическое органическое соединение и выделилось 9.3 л газа (измерено при 180°C и нормальном давлении). Определите строение неизвестной аминокислоты и напишите уравнения протекающих реакций. (15 баллов)

Решение. При нагревании неизвестной аминокислоты протекает следующая реакция:



Выделившейся при 180 градусах газ – пары воды. Количество вещества воды равно количеству вещества аминокислоты.

$$v(\text{H}_2\text{O}) = PV/RT = 101.3 \cdot 9.3 / (8.31 \cdot 453) = 0.25 \text{ моль}$$

$$v(\text{аминокислоты}) = v(\text{H}_2\text{O}) = 0.25 \text{ моль}$$

$$M(\text{аминокислоты}) = 18.75 / 0.25 = 75 \text{ г/моль}$$

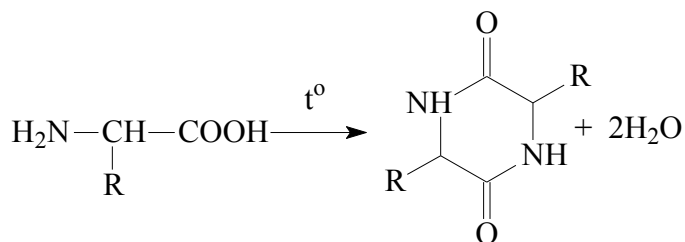
$$M(\text{R}) = 75 - 74 = 1 \text{ г/моль}$$

Следовательно, неизвестная аминокислота – глицин.

Ответ: глицин.

9.4. При нагревании 19.65 г неизвестной природной α -аминокислоты до 180°C образовалось циклическое органическое соединение и выделилось 5.58 л газа (измерено при 180°C и нормальном давлении). Определите строение неизвестной аминокислоты и напишите уравнения протекающих реакций. **(15 баллов)**

Решение. При нагревании неизвестной аминокислоты протекает следующая реакция:



Выделившейся при 180 градусах газ – пары воды. Количество вещества воды равно количеству вещества аминокислоты.

$$v(\text{H}_2\text{O}) = PV/RT = 101.3 \cdot 5.58 / (8.31 \cdot 453) = 0.15 \text{ моль}$$

$$v(\text{аминокислоты}) = v(\text{H}_2\text{O}) = 0.15 \text{ моль}$$

$$M(\text{аминокислоты}) = 19.65 / 0.15 = 131 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{R}) = 131 - 74 = 57 \text{ г/моль}$$

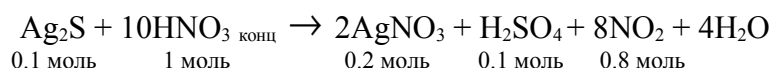
Следовательно, неизвестная аминокислота – лейцин или изолейцин.

Ответ: лейцин или изолейцин.

Задание №10

10.1. Сульфид серебра массой 24.8 г растворили при нагревании в 79.7 мл 63%-ной азотной кислоты (плотность 1.38 г/мл). К полученному раствору добавили 500 г воды и подвергли его электролизу. Электролиз продолжали до выделения на аноде 1.68 л газа (20°C, 1 атм). Определите массу серебра, выделившуюся на катоде и массовые доли веществ, оставшихся в растворе после электролиза. Рассчитайте pH этого раствора (плотность 1.01 г/мл), считая, что второй ступенью диссоциации сильной кислоты можно пренебречь. **(16 баллов)**

Решение.



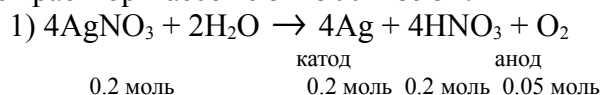
$\nu(\text{Ag}_2\text{S}) = 24.8/248 = 0.1$ моль, $\nu(\text{HNO}_3) = 79.7 \cdot 1.38 \cdot 0.63/63 = 1.1$ моль.

Азотная кислота была взята в избытке: 0.1 моль ее остается в растворе после реакции.

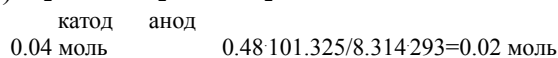
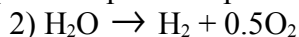
Еще в получившемся растворе – 0.2 моль нитрата серебра и 0.1 моль серной кислоты.

$$m_{\text{р-ра}} = 79.7 \cdot 1.38 + 24.8 - 0.846 = 98 \text{ г.}$$

Электролизу подвергается раствор массой $98 + 500 = 598$ г.



При полном электролитическом разложении 0.2 моль нитрата серебра на катоде выделяется $0.2 \cdot 108 = 21.6$ г серебра, на аноде $0.05 \cdot 8.314 \cdot 293/101.325 = 1.2$ л кислорода. По условию на аноде выделилось на $(1.68 - 1.2) = 0.48$ л кислорода больше. Значит, после полного разложения соли далее при электролизе происходило разложение воды:



$\nu(\text{O}_2) = 0.02$ моль, значит, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0.04$ моль.

$$m_{\text{р-ра}} \text{ после электролиза} = 598 - 21.6 - 0.05 \cdot 32 - 0.04 \cdot 18 = 574.1 \text{ г.}$$

После электролиза в растворе содержится $(0.1 + 0.2) = 0.3$ моль азотной кислоты и 0.1 моль серной кислоты.

$$\omega(\text{HNO}_3) = 0.3 \cdot 63/574.1 = 0.0329 \text{ (~3.3\%)}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1 \cdot 98/574.1 = 0.0171 \text{ (~1.7\%)}$$

Считая, что азотная кислота сильная и диссоциирована полностью, а серная кислота полностью диссоциирована по первой ступени, но в кислом растворе диссоциацией ее по второй ступени можно пренебречь, рассчитаем $\nu(\text{H}^+) = 0.3 + 0.1 = 0.4$ моль. Тогда $c(\text{H}^+) = 0.4 \cdot 1.01 \cdot 1000/574.1 = 0.70$ моль/л.

$$\text{pH} = -\lg(\text{H}^+) = 0.15.$$

Ответ: pH = 0.15.

10.2. Сульфид меди (II) массой 14.4 г растворили при нагревании в 123.2 мл 63%-ной азотной кислоты (плотность 1.38 г/мл). К полученному раствору добавили 550 г воды и подвергли его электролизу. Электролиз продолжали до тех пор, пока объемы газов, выделившихся на электродах, не стали равны. Определите массу меди, выделившуюся на катоде и массовые доли веществ, оставшихся в растворе после электролиза. Рассчитайте pH этого раствора (плотность 1.01 г/мл), считая, что второй ступенью диссоциации сильной кислоты можно пренебречь. **(16 баллов)**

Решение.



0.15 моль 1.5 моль 0.15 моль 0.15 моль 1.2 моль

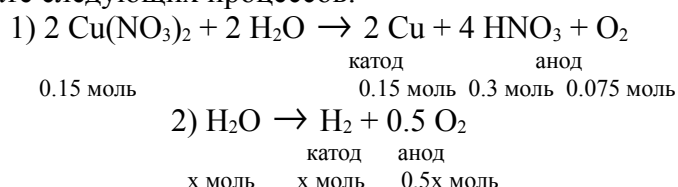
$\nu(\text{CuS}) = 14.4/96 = 0.15$ моль, $\nu(\text{HNO}_3) = 123.2 \cdot 1.38 \cdot 0.63/63 = 1.7$ моль.

Азотная кислота была взята в избытке: 0.2 моль ее остается в растворе после реакции.

Еще в получившемся растворе – 0.15 моль нитрата меди и 0.15 моль серной кислоты.

$$m_{\text{р-ра}} = 123.2 \cdot 1.38 + 14.4 - 1.2 \cdot 46 = 129.2 \text{ г.}$$

Электролизу подвергается раствор массой $129.2 + 550 = 679.2$ г. Газы на катоде и аноде выделяются в результате следующих процессов:



По условию $\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{H}_2)$, тогда $(0.075 + 0.5x) = x$, отсюда $x = 0.15$ моль.

При полном электролитическом разложении 0.15 моль нитрата меди на катоде выделяется $0.15 \cdot 64 = 9.6$ г меди. На аноде при этом выделяется 0.075 моль O_2 . Далее разлагается 0.15 моль воды.

$$m_{\text{р-ра}} \text{ после электролиза} = 679.2 - 9.6 - 0.075 \cdot 32 - 0.15 \cdot 18 = 664.5 \text{ г.}$$

После электролиза в растворе содержится $(0.2 + 0.3) = 0.5$ моль азотной кислоты и 0.15 моль серной кислоты.

$$\omega(\text{HNO}_3) = 0.5 \cdot 63 / 664.5 = 0.0474 \text{ (~4.7\%)}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.15 \cdot 98 / 664.5 = 0.0221 \text{ (~2.2\%)}$$

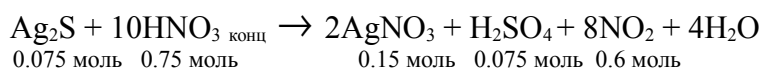
Считая, что азотная кислота сильная и диссоциирована полностью, а серная кислота полностью диссоциирована по первой ступени, но в кислом растворе диссоциацией ее по второй ступени можно пренебречь, рассчитаем $\nu(\text{H}^+) = 0.5 + 0.15 = 0.65$ моль. Тогда $c(\text{H}^+) = 0.65 \cdot 1.01 \cdot 1000 / 664.5 = 0.99$ моль/л.

$$\text{pH} = -\lg(\text{H}^+) = 0.00.$$

Ответ: pH = 0.

10.3. Сульфид серебра массой 18.6 г растворили при нагревании в 72.5 мл 63%-ной азотной кислоты (плотность 1.38 г/мл). К полученному раствору добавили 450 г воды и подвергли его электролизу. Электролиз продолжали до выделения на катоде 1.20 л газа (20°C , 1 атм). Определите массу серебра, выделившуюся на катоде и массовые доли веществ, оставшихся в растворе после электролиза. Рассчитайте pH этого раствора (плотность 1.01 г/мл), считая, что второй ступенью диссоциации сильной кислоты можно пренебречь. **(16 баллов)**

Решение.



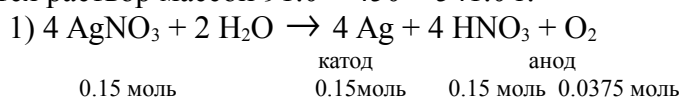
$\nu(\text{Ag}_2\text{S}) = 18.6/248 = 0.075$ моль, $\nu(\text{HNO}_3) = 72.5 \cdot 1.38 \cdot 0.63/63 = 1$ моль.

Азотная кислота была взята в избытке: 0.25 моль ее остается в растворе после реакции.

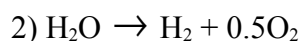
Еще в получившемся растворе – 0.15 моль нитрата серебра и 0.075 моль серной кислоты.

$$m_{\text{р-ра}} = 72.5 \cdot 1.38 + 18.6 - 0.6 \cdot 46 = 91.0 \text{ г.}$$

Электролизу подвергается раствор массой $91.0 + 450 = 541.0$ г.



При полном электролитическом разложении 0.15 моль нитрата серебра на катоде выделяется $0.15 \cdot 108 = 16.2$ г серебра. По условию газ выделялся и на катоде, значит, после полного разложения соли далее при электролизе происходило разложение воды:



катод анод

$v(\text{H}_2) = 1.2 \cdot 101.325 / 8.314 \cdot 293 = 0.05$ моль, значит, и $v(\text{H}_2\text{O}) = 0.05$ моль.

$m_{\text{р-ра}}$ после электролиза = $541 - 16.2 - 0.0375 \cdot 32 - 0.05 \cdot 18 = 522.7$ г.

После электролиза в растворе содержится $(0.25 + 0.15) = 0.4$ моль азотной кислоты и 0.075 моль серной кислоты.

$\omega(\text{HNO}_3) = 0.4 \cdot 63 / 522.7 = 0.0482$ (~4.8%)

$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.075 \cdot 98 / 522.7 = 0.0141$ (~1.4%)

Считая, что азотная кислота сильная и диссоциирована полностью, а серная кислота полностью диссоциирована по первой ступени, но в кислом растворе диссоциацией ее по второй ступени можно пренебречь, рассчитаем

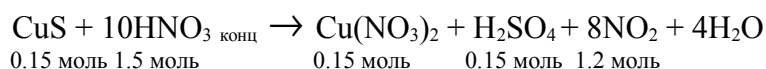
$v(\text{H}^+) = 0.4 + 0.075 = 0.475$ моль. Тогда $c(\text{H}^+) = 0.475 \cdot 1.01 \cdot 1000 / 522.7 = 0.92$ моль/л.

$\text{pH} = -\lg(\text{H}^+) = 0.04$.

Ответ: $\text{pH} = 0.04$.

10.4. Сульфид меди (II) массой 14.4 г растворили при нагревании в 115.9 мл 63%-ной азотной кислоты (плотность 1.38 г/мл). К полученному раствору добавили 450 г воды и подвергли его электролизу. Электролиз продолжали до тех пор, пока объем газа, выделившегося на катоде, не стал равен половине объема газа, выделившегося на аноде. Определите массу меди, выделившуюся на катоде и массовые доли веществ, оставшихся в растворе после электролиза. Рассчитайте pH этого раствора (плотность 1.01 г/мл), считая, что второй ступенью диссоциации сильной кислоты можно пренебречь. **(16 баллов)**

Решение.



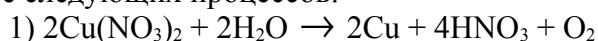
0.15 моль 1.5 моль 0.15 моль 0.15 моль 1.2 моль

$v(\text{CuS}) = 14.4 / 96 = 0.3$ моль. $v(\text{HNO}_3) = 115.9 \cdot 1.38 \cdot 0.63 / 63 = 1.6$ моль.

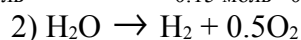
Азотная кислота была взята в избытке: 0.1 моль ее остается в растворе после реакции. Еще в получившемся растворе 0.15 моль нитрата меди и 0.15 моль серной кислоты.

$m_{\text{р-ра}} = 115.9 \cdot 1.38 + 14.4 - 1.2 \cdot 46 = 119.1$ г.

Электролизу подвергается раствор массой $119.1 + 450 = 569.1$ г. Газы на катоде и аноде выделяются в результате следующих процессов:



0.15 моль 0.15 моль 0.3 моль 0.075 моль



катод анод
x моль x моль 0.5x моль

По условию $v(\text{O}_2) = 2v(\text{H}_2)$, тогда $(0.075 + 0.5x) = 2x$, отсюда $x = 0.05$ моль.

При полном электролитическом разложении 0.15 моль нитрата меди на катоде выделяется $0.15 \cdot 64 = 9.6$ г меди. На аноде при этом выделяется 0.075 моль O_2 . Далее разлагается 0.05 моль воды.

$m_{\text{р-ра}}$ после электролиза = $569.1 - 9.6 - 0.075 \cdot 32 - 0.05 \cdot 18 = 556.2$ г.

После электролиза в растворе содержится $(0.1 + 0.3) = 0.4$ моль азотной кислоты и 0.15 моль серной кислоты.

$\omega(\text{HNO}_3) = 0.4 \cdot 63 / 556.2 = 0.0453$ (~4.5%)

$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.15 \cdot 98 / 556.2 = 0.0264$ (~2.6%)

Считая, что азотная кислота сильная и диссоциирована полностью, а серная кислота полностью диссоциирована по первой ступени, но в кислом растворе диссоциацией ее по второй ступени можно пренебречь, рассчитаем $v(\text{H}^+) = 0.4 + 0.15 = 0.55$ моль. Тогда $c(\text{H}^+) = 0.55 \cdot 1.01 \cdot 1000 / 556.2 = 1.00$ моль/л.

$$\text{pH} = -\lg(\text{H}^+) = 0.0.$$

Ответ: pH = 0.

**Заочный (отборочный)
этап**

10-11 классы

II тур

Задание №1

1.1. Какие из перечисленных молекул являются полярными, какие – неполярными: C_2H_2 , HBr , BCl_3 , CH_3NH_2 ? Ответ поясните. (4 балла)

Решение.

C_2H_2 - неполярная молекула. В молекуле ацетилена связь $C\equiv C$ неполярна, дипольные моменты малополярных связей $C-H$ компенсируют друг друга, т.к. атомы углерода находятся в гибридизации sp .

HBr - полярная молекула. Связь образована атомами элементов с различной электроотрицательностью.

BCl_3 - неполярная молекула. Атом бора находится в гибридизации sp^2 , дипольные моменты полярных связей $B-Cl$ компенсируют друг друга.

CH_3NH_2 - полярная молекула. Полярность молекулы метиламина обусловлена дипольным моментом связи $C-N$.

1.2. Какие из перечисленных молекул являются полярными, какие – неполярными: C_2H_4 , H_2O , BF_3 , $(CH_3)_2NH$? Ответ поясните. (4 балла)

Решение.

C_2H_4 - неполярная молекула. В молекуле этилена связь $C=C$ неполярна, дипольные моменты малополярных связей $C-H$ компенсируют друг друга, т.к. атомы углерода находятся в гибридизации sp^2 .

H_2O - полярная молекула. Полярность молекулы воды обусловлена дипольным моментом связей $O-H$, которые расположены под углом, близким к 109° , т.к. атом кислорода находится в гибридизации sp^3 .

BF_3 - неполярная молекула. Атом бора находится в гибридизации sp^2 , дипольные моменты полярных связей $B-F$ компенсируют друг друга.

$(CH_3)_2NH$ - полярная молекула. Полярность молекулы диметиламина обусловлена дипольным моментом связей $C-N$, которые расположены под углом, близким к 109° , т.к. атом азота находится в гибридизации sp^3 .

1.3. Какие из перечисленных молекул являются полярными, какие – неполярными: C_2H_6 , PH_3 , BBr_3 , CH_3COCH_3 ? Ответ поясните. (4 балла)

Решение.

C_2H_6 - неполярная молекула. Дипольные моменты метильных групп компенсируют друг друга.

PH_3 - полярная молекула. Полярность молекулы фосфина обусловлена дипольным моментом связей $P-H$, которые расположены под углом, близким к 109° , т.к. атом фосфора находится в гибридизации sp^3 .

BBr_3 - неполярная молекула. Атом бора находится в гибридизации sp^2 , дипольные моменты полярных связей $B-Br$ компенсируют друг друга.

CH_3COCH_3 - полярная молекула. Полярность молекулы обусловлена дипольным моментом связи $C=O$. Атом углерода в молекуле ацетона находится в гибридизации sp^2 .

1.4. Какие из перечисленных молекул являются полярными, какие – неполярными: CS_2 , PBr_3 , CCl_4 , CH_2O ? Ответ поясните. (4 балла)

Решение.

CS_2 - неполярная молекула. В молекуле сероуглерода дипольные моменты полярных связей $C=S$ компенсируют друг друга, т.к. атом углерода находится в гибридизации sp .

PBr_3 - полярная молекула. Полярность молекулы обусловлена дипольным моментом связей $\text{P}-\text{Br}$, которые расположены под углом, близким к 109° , т.к. атом фосфора находится в гибридизации sp^3 .

CCl_4 - неполярная молекула. Атом углерода находится в гибридизации sp^3 , дипольные моменты полярных связей $\text{C}-\text{Cl}$ компенсируют друг друга.

CH_2O - полярная молекула. Полярность молекулы обусловлена дипольным моментом связи $\text{C}=\text{O}$. Атом углерода в молекуле формальдегида находится в гибридизации sp^2 .

Задание №2

2.1. Сумма числа протонов, нейтронов и электронов в атоме равна 134, причем число нейтронов превышает число электронов на 11. Определите порядковый номер и массовое число элемента, назовите его. **(5 баллов)**

Решение. Пусть число протонов в атоме составляет x . Тогда число электронов также равно x (атом электронейтрален). Кроме того, по условию, число нейтронов равно $x + 11$.

В результате

$$\begin{aligned}x + x + x + 11 &= 134, \\3x &= 123, \\x &= 41.\end{aligned}$$

Таким образом, это – атом элемента ниобия ${}_{41}^{93}\text{Nb}$.

Ответ: ниобий ${}_{41}^{93}\text{Nb}$.

2.2. Сумма числа протонов, нейтронов и электронов в атоме равна 128, причем число нейтронов превышает число электронов на 11. Определите порядковый номер и массовое число элемента, назовите его. **(5 баллов)**

Решение. Пусть число протонов в атоме составляет x . Тогда число электронов также равно x (атом электронейтрален). Кроме того, по условию, число нейтронов равно $x + 11$.

В результате

$$\begin{aligned}x + x + x + 11 &= 128, \\3x &= 117, \\x &= 39.\end{aligned}$$

Таким образом, это – атом элемента иттрия ${}_{39}^{89}\text{Y}$.

Ответ: иттрий ${}_{39}^{89}\text{Y}$.

2.3. Сумма числа протонов, нейтронов и электронов в атоме равна 145, причем число нейтронов превышает число электронов на 13. Определите порядковый номер и массовое число элемента, назовите его. **(5 баллов)**

Решение. Пусть число протонов в атоме составляет x . Тогда число электронов также равно x (атом электронейтрален). Кроме того, по условию, число нейтронов равно $x + 13$.

В результате

$$\begin{aligned}x + x + x + 13 &= 145, \\3x &= 132, \\x &= 44.\end{aligned}$$

Таким образом, это – атом элемента рутения ${}_{44}^{101}\text{Ru}$.

Ответ: рутений ${}_{44}^{101}\text{Ru}$.

2.4. Сумма числа протонов, нейтронов и электронов в атоме равна 120, причем число нейтронов превышает число электронов на 12. Определите порядковый номер и массовое число элемента, назовите его. **(5 баллов)**

Решение. Пусть число протонов в атоме составляет x . Тогда число электронов также равно x (атом электронейтрален). Кроме того, по условию, число нейтронов равно $x + 12$.

В результате

$$\begin{aligned}x + x + x + 12 &= 120, \\3x &= 108, \\x &= 36.\end{aligned}$$

Таким образом, это – атом элемента криптона ${}_{36}^{84}\text{Kr}$.

Ответ: криптон ${}_{36}^{84}\text{Kr}$.

Задание №3

3.1. Для приготовления раствора смешали 500 мл воды, 10 г гидроксида натрия, 5 г сульфата натрия и 6 г гидросульфата натрия. Рассчитайте массовые доли веществ в получившемся растворе. **(6 баллов)**

Решение.

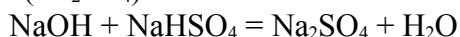
$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 500 \cdot 1 = 500 \text{ г}$$

Исходные количества веществ:

$$v(\text{NaOH}) = m/M = 10/40 = 0.25 \text{ моль}$$

$$v(\text{NaHSO}_4) = m/M = 6/120 = 0.05 \text{ моль}$$

$$v(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m/M = 5/142 = 0.035 \text{ моль}$$



$$\text{После реакции: } v(\text{NaOH}) = 0.25 - 0.05 = 0.2 \text{ моль}$$

$$v(\text{NaHSO}_4) = 0 \text{ моль}$$

$$v(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.035 + 0.05 = 0.085 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0.2 \cdot 40 = 8 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.085 \cdot 142 = 12.07 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 500 + 10 + 5 + 6 = 521 \text{ г}$$

$$w(\text{NaOH}) = 8/521 = 0.015 \text{ или } 1.5\%$$

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 12.07/521 = 0.023 \text{ или } 2.3\%$$

Ответ: 1.5% NaOH, 2.3% Na₂SO₄.

3.2. Для приготовления раствора смешали 200 мл воды, 3 г ортофосфата натрия, 5 г гидроортофосфата натрия и 7 г дигидроортофосфата натрия. Рассчитайте массовые доли веществ в получившемся растворе. **(6 баллов)**

Решение.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 200 \cdot 1 = 200 \text{ г}$$

Исходные количества веществ:

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4) = m/M = 3/164 = 0.018 \text{ моль}$$

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = m/M = 5/142 = 0.035 \text{ моль}$$

$$v(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = m/M = 7/120 = 0.058 \text{ моль}$$



$$\text{После реакции: } v(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0 \text{ моль}$$

$$v(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.058 - 0.018 = 0.04 \text{ моль}$$

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.035 + 0.018 \cdot 2 = 0.071 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0.04 \cdot 120 = 4.8 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0.071 \cdot 142 = 10.08 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 200 + 3 + 5 + 7 = 215 \text{ г}$$

$$w(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 4.8/215 = 0.022 \text{ или } 2.2\%$$

$$w(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 10.08/215 = 0.047 \text{ или } 4.7\%$$

Ответ: 2.2% NaH₂PO₄, 4.7% Na₂HPO₄.

3.3. Для приготовления раствора смешали 400 мл воды, 50 г сульфита калия, 100 г гидросульфита калия и 50 г гидроксида калия. Рассчитайте массовые доли веществ в получившемся растворе. **(6 баллов)**

Решение.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 400 \cdot 1 = 400 \text{ г}$$

Исходные количества веществ:

$v(\text{KOH}) = m/M = 50/56 = 0.89$ моль
 $v(\text{KHSO}_3) = m/M = 100/120 = 0.83$ моль
 $v(\text{K}_2\text{SO}_3) = m/M = 50/158 = 0.32$ моль
 $\text{KOH} + \text{KHSO}_3 = \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 После реакции: $v(\text{KOH}) = 0.89 - 0.83 = 0.06$ моль
 $v(\text{KHSO}_3) = 0$ моль
 $v(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0.32 + 0.83 = 1.15$ моль
 $m(\text{NaOH}) = 0.2 \cdot 40 = 8$ г
 $m(\text{KOH}) = 0.06 \cdot 56 = 3.36$ г
 $m(\text{K}_2\text{SO}_3) = 1.15 \cdot 158 = 181.7$ г
 $m(\text{p-ра}) = 400 + 50 + 100 + 50 = 600$ г
 $w(\text{KOH}) = 3.36/600 = 0.0056$ или 0.56%
 $w(\text{K}_2\text{SO}_3) = 181.7/600 = 0.3028$ или 30.28%
Ответ: 0.56 % KOH, 30.28% K₂SO₃.

3.4. Для приготовления раствора смешали 700 мл воды, 12 г карбоната натрия, 15 г гидрокарбоната натрия и 10 г гидроксида натрия. Рассчитайте массовые доли веществ в получившемся растворе. **(6 баллов)**

Решение.

$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 700 \cdot 1 = 700$ г
 Исходные количества веществ:
 $v(\text{NaOH}) = m/M = 10/40 = 0.25$ моль
 $v(\text{NaHCO}_3) = m/M = 15/84 = 0.18$ моль
 $v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m/M = 12/106 = 0.11$ моль
 $\text{NaOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 После реакции: $v(\text{NaOH}) = 0.25 - 0.18 = 0.07$ моль
 $v(\text{NaHCO}_3) = 0$ моль
 $v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.11 + 0.18 = 0.29$ моль
 $m(\text{NaOH}) = 0.07 \cdot 40 = 2.8$ г
 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.29 \cdot 106 = 30.74$ г
 $m(\text{p-ра}) = 700 + 12 + 15 + 10 = 737$ г
 $w(\text{NaOH}) = 2.8/737 = 0.0038$ или 0.38%
 $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 30.74/737 = 0.042$ или 4.2%
Ответ: 0.38% NaOH и 4.2% Na₂CO₃.

Задание №4

4.1. После пропускания смеси двух газов с плотностью по метану 1.875 в нейтральный водный раствор перманганата калия его объем уменьшился в два раза, а относительная плотность газа не изменилась. Определите состав газовой смеси и рассчитайте массу осадка, образующегося при пропускании 44.8 л (н.у.) исходной газовой смеси. Предложите возможный качественный и количественный состав исходной газовой смеси. (6 баллов)

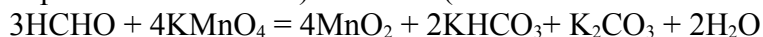
Решение

$$D_{\text{по CH}_4} = 1.875$$

$$M_{\text{ГАЗА}} = D \cdot M(\text{CH}_4) = 1.875 \cdot 16 = 30 \text{ г/моль}$$

Т.к. после пропускания газа через раствор перманганата калия изменяется его объем и образуется в растворе осадок, то это указывает на то, что идет реакция газа с перманганатом калия. Т.е. один из компонентов газовой смеси проявляет восстановительные свойства, а другой – нет. То, что молярная масса газа не меняется указывает на тот факт, что молярные массы компонентов газовой смеси одинаковые.

С молярной массой таким условиям могут соответствовать газы C_2H_6 (не реагирует с перманганатом калия) и НСНО (является восстановителем).



После пропускания в раствор газовой смеси объем уменьшается в два раза. Это означает, что объем C_2H_6 такой же, как и объем НСНО . Объемные и мольные доли газов в исходной смеси равны 50%.

Если изначально было $44.8/22.4 = 2$ моль газовой смеси, значит каждого газа было по 1 моль.

При взаимодействии 1 моль формальдегида образуется $4 \cdot 1/3 = 1.33$ моль оксида марганца(IV), $m(\text{MnO}_2) = 1.33 \cdot 87 = 116 \text{ г}$.

Ответ: 50% C_2H_6 , 50% НСНО , $m(\text{MnO}_2) = 116 \text{ г}$.

4.2. Пропускание смеси двух газов в раствор манганата (VI) калия приводит к образованию 10 г осадка, при этом объем прошедшего через раствор газа в 3 раза меньше начального, а относительная плотность газа по водороду не меняется и остается равной 22. Определите объем исходной газовой смеси (н.у.) и предположите возможный исходный качественный и количественный состав газовой смеси. (6 баллов)

Решение

$$D_{\text{по H}_2} = 22$$

$$M_{\text{ГАЗА}} = D \cdot M(\text{H}_2) = 22 \cdot 2 = 44 \text{ г/моль}$$

Т.к. после пропускания газа через раствор манганата(VI) калия изменяется его объем и образуется в растворе осадок, то это указывает на то, что идет реакция газа с манганатом(VI) калия. Возможна реакция газа-восстановителя или газа, создающего кислую среду в растворе, что приводит к диспропорционированию манганата (VI). То, что не меняется относительная плотность газа указывает на то, что молярные массы газов-компонентов смеси одинаковые. С молярной массой 44 г/моль можно привести примеры CO_2 , C_3H_8 . Первый из газов приводит к диспропорционированию манганата(VI) калия, а второй не реагирует с водным раствором манганата(VI) калия.



После пропускания в раствор газовой смеси объем уменьшается в три раза. Это означает, что исходный объем в три раза больше объема C_3H_8 . Значит, объем пропана в два раза меньше объема диоксида углерода. Объемные и мольные доли C_3H_8 и CO_2 в исходной смеси равны, соответственно, 33.3 и 66.7%.

Т.к. по условию известно, что образовалось 10 г осадка, значит количество оксида марганца было $10 \cdot 1/87 = 0.115$ моль, количество диоксида углерода $2 \cdot 0.115 = 0.23$ моль

Количество пропана в два раза меньше количества диоксида углерода 0.115 моль

Общее количество газов $0.115 + 0.23 = 0.345$ моль

Объем газа при н.у. $0.345 \cdot 22.4 = 7.73$ л.

Ответ: 33.3% C_3H_8 , 66.7% CO_2 , 7.73 л.

4.3. Смесь двух газов с относительной плотностью по кислороду 0.875 может прореагировать с водным раствором перманганата калия с образованием 16 г осадка. Объем газа, прошедшего через раствор в 4 раза меньше исходного объема газовой смеси, относительная же плотность газа не меняется. Определите объем (н.у.) исходной газовой смеси и ее возможный качественный и количественный состав. **(6 баллов)**

Решение

$$D_{\text{по } O_2} = 0.875$$

$$M_{\text{ГАЗА}} = D \cdot M(O_2) = 0.875 \cdot 32 = 28 \text{ г/моль}$$

Т.к. после пропускания газа через раствор перманганата калия изменяется его объем и образуется в растворе осадок, то это указывает на то, что идет реакция газа с перманганатом калия. Т.е. один из компонентов газовой смеси проявляет восстановительные свойства, а другой – нет. То, что молярная масса газа не меняется указывает на тот факт, что молярные массы компонентов газовой смеси одинаковые.

С молярной массой таким условиям могут соответствовать газы C_2H_4 (реагирует с перманганатом калия) и N_2 (не является восстановителем).



После пропускания в раствор газовой смеси объем уменьшается в четыре раза. Это означает, что объем C_2H_4 в три раза больше объема N_2 . Объемные и молярные доли C_2H_4 и N_2 в исходной смеси равны, соответственно, 75 и 25%.

Т.к. образовалось 16 г осадка, значит количество оксида марганца 0.184 моль, количество прореагировавшего этилена $0.184 \cdot 3/2 = 0.276$ моль. Количество азота в 3 раза меньше и равно 0.092 моль. Суммарное количество газа $0.276 + 0.092 = 0.368$ моль. Объем газовой смеси при н.у. $22.4 \cdot 0.368 = 8.24$ л.

Ответ: 75% C_2H_4 , и 25% N_2 , 8.24 л.

4.4. Пропускание 56 л (н.у.) смеси двух газов с относительной плотностью по гелию 10 через водный раствор перманганата калия приводит к уменьшению объема газа в 3 раза. Плотность газа при этом не изменяется. Предложите возможный качественный и количественный состав исходной газовой смеси и рассчитайте массу перманганата калия, который прореагировал с исходной газовой смесью. **(6 баллов)**

Решение

$$D_{\text{по He}} = 10$$

$$M_{\text{ГАЗА}} = D \cdot M(He) = 10 \cdot 4 = 40 \text{ г/моль}$$

Т.к. после пропускания газа через раствор перманганата калия изменяется его объем и образуется в растворе осадок, то это указывает на то, что идет реакция газа с перманганатом калия. Т.е. один из компонентов газовой смеси проявляет восстановительные свойства, а другой – нет. То, что молярная масса газа не меняется указывает на тот факт, что молярные массы компонентов газовой смеси одинаковые.

С молярной массой таким условиям могут соответствовать газы C_3H_4 (реагирует с перманганатом калия) и Ar (не является восстановителем).



После пропускания в раствор газовой смеси объем уменьшается в три раза. Это означает, что объем C_3H_4 в два раза больше объема Ar. Объемные и молярные доли газов C_3H_4 и Ar в исходной смеси равны, соответственно, 66.7 и 33.3%.

Если изначально было $56/22.4 = 2.5$ моль газовой смеси, значит пропина было 1.67 моль.

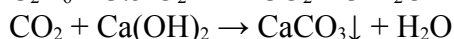
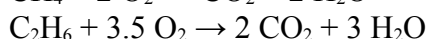
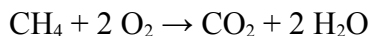
При взаимодействии 1.67 моль пропина расходуется $8 \cdot 1.67/3 = 4.45$ моль перманганата калия, $m(KMnO_4) = 4.45 \cdot 158 = 703$ г.

Ответ: 66.7% C_3H_4 , 33.3% Ar, $m(KMnO_4)$ 703 г.

Задание №5

5.1. Определите теплоту, выделившуюся при сжигании 7.33 л (1 атм, 25°C) смеси метана и этана, если продукты сгорания смеси были пропущены через известковую воду, и при этом выпало 50 г белого осадка. Теплоты образования метана, этана, углекислого газа и воды составляют 74.85 кДж/моль, 84.67 кДж/моль, 393.50 кДж/моль, 241.83 кДж/моль соответственно. **(8 баллов)**

Решение.



Пусть x количество моль метана, y – количество моль этана, тогда

$$v = (x + y) = \frac{PV}{RT} = \frac{7.33}{0.082 \cdot 298} = 0.3 \text{ моль},$$

$$v(\text{CaCO}_3) = \frac{50}{100} = 0.5 \text{ моль} = v(\text{CO}_2) = x + 2y$$

Отсюда $x = 0.1$ моль, $y = 0.2$ моль.

Теплота сгорания метана:

$$Q_{\text{с.мет.}} = Q_{\text{CO}_2} + 2 Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{CH}_4} = 2 \cdot 241.83 + 393.50 - 74.85 = 802.31 \text{ кДж/моль}$$

Теплота сгорания этана:

$$Q_{\text{с.эт.}} = 2 Q_{\text{CO}_2} + 3 Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{C}_2\text{H}_6} = 3 \cdot 241.83 + 2 \cdot 393.5 - 84.67 = 1427.82 \text{ кДж/моль}$$

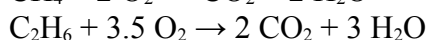
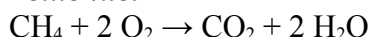
Теплота, выделившаяся при сгорании смеси:

$$Q = 0.1 Q_{\text{с.мет.}} + 0.2 Q_{\text{с.эт.}} = 0.1 \cdot 802.31 + 0.2 \cdot 1427.82 = 365.80 \text{ кДж}$$

Ответ: 365.8 кДж.

5.2. При сжигании смеси метана и этана выделилось 446.03 кДж/моль. Продукты сгорания смеси были пропущены через хлоркальциевую трубку, при этом ее масса увеличилась на 18 г. Определите количественный состав и объем газовой смеси, измеренный при 1 атм и 25°C, если теплоты образования метана, этана, углекислого газа и воды составляют 74.85 кДж/моль, 84.67 кДж/моль, 393.5 кДж/моль, 241.83 кДж/моль соответственно. **(8 баллов)**

Решение.



Пусть x количество моль метана, y – количество моль этана, тогда теплота сгорания метана:

$$Q_{\text{с.мет.}} = Q_{\text{CO}_2} + 2 Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{CH}_4} = 2 \cdot 241.83 + 393.50 - 74.85 = 802.31 \text{ кДж/моль}$$

Теплота сгорания этана:

$$Q_{\text{с.эт.}} = 2 Q_{\text{CO}_2} + 3 Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{C}_2\text{H}_6} = 3 \cdot 241.83 + 2 \cdot 393.5 - 84.67 = 1427.82 \text{ кДж/моль}$$

Теплота, выделившаяся при сгорании смеси:

$$Q = x Q_{\text{с.мет.}} + y Q_{\text{с.эт.}} = x \cdot 802.31 + y \cdot 1427.82 = 446.03 \text{ кДж}$$

Масса хлоркальциевой трубки увеличилась за счет сорбции воды.

$$v(\text{H}_2\text{O}) = (2x + 3y) = \frac{18}{18} = 1 \text{ моль}$$

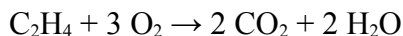
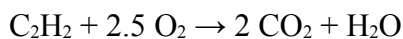
Отсюда $x = 0.2$ моль, $y = 0.2$ моль.

$$V = \frac{vRT}{p} = \frac{0.4 \cdot 0.082 \cdot 298}{1} = 9.77 \text{ л}$$

Ответ: 9.77 л, 0.2 моль метана и 0.2 моль этана.

5.3. Определите теплоту, выделившуюся при сжигании 12.22 л (1 атм, 25°C) смеси ацетилен и этилена, если продукты сгорания смеси были пропущены через хлоркальциевую трубку, при этом ее масса увеличилась на 12.6 г. Теплоты образования ацетилен, этилена, углекислого газа и воды составляют -226.75 кДж/моль, -52.30 кДж/моль, 393.50 кДж/моль, 241.83 кДж/моль соответственно. **(8 баллов)**

Решение.



Пусть x количество моль ацетилен, y – количество моль этилена, тогда

$$v = (x + y) = \frac{PV}{RT} = \frac{12.22}{0.082 \cdot 298} = 0.5 \text{ моль},$$

Масса хлоркальциевой трубки увеличилась за счет сорбции воды.

$$v(\text{H}_2\text{O}) = (x + 2y) = \frac{12.6}{18} = 0.7 \text{ моль}$$

Отсюда $x = 0.3$ моль, $y = 0.2$ моль.

Теплота сгорания ацетилен:

$$Q_{\text{с.ацет.}} = 2Q_{\text{CO}_2} + Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{C}_2\text{H}_2} = 2 \cdot 393.50 + 241.83 + 226.75 = 1255.58 \text{ кДж/моль}$$

Теплота сгорания этана:

$$Q_{\text{с.этил.}} = 2 Q_{\text{CO}_2} + 2 Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{C}_2\text{H}_4} = 2 \cdot 393.50 + 2 \cdot 241.83 + 52.30 = 1322.96 \text{ кДж/моль}$$

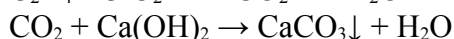
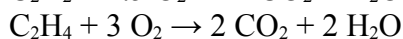
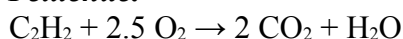
Теплота, выделившаяся при сгорании смеси:

$$Q = 0.3 Q_{\text{с.ацет.}} + 0.2 Q_{\text{с.этил.}} = 0.3 \cdot 1255.58 + 0.2 \cdot 1322.96 = 641.27 \text{ кДж}$$

Ответ: 641.27 кДж.

5.4. При сжигании смеси ацетилен и этилена выделилось 522.45 кДж/моль. Продукты сгорания смеси были пропущены через известковую воду, и при этом выпало 80 г белого осадка. Определите количественный состав и объем газовой смеси, измеренный при 1 атм и 25°C, если теплоты образования ацетилен, этилена, углекислого газа и воды составляют -226.75 кДж/моль, -52.30 кДж/моль, 393.50 кДж/моль, 241.83 кДж/моль соответственно. **(8 баллов)**

Решение.



Пусть x количество моль ацетилен, y – количество моль этилена, тогда теплота сгорания ацетилен:

$$Q_{\text{с.ацет.}} = 2Q_{\text{CO}_2} + Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{C}_2\text{H}_2} = 2 \cdot 393.50 + 241.83 + 226.75 = 1255.58 \text{ кДж/моль}$$

Теплота сгорания этана:

$$Q_{\text{с.этил.}} = 2 Q_{\text{CO}_2} + 2 Q_{\text{H}_2\text{O}} - Q_{\text{C}_2\text{H}_4} = 2 \cdot 393.50 + 2 \cdot 241.83 + 52.30 = 1322.96 \text{ кДж/моль}$$

Теплота, выделившаяся при сгорании смеси:

$$Q = x Q_{\text{с.ацет.}} + y Q_{\text{с.этил.}} = x \cdot 1255.58 + y \cdot 1322.96 = 522.45 \text{ кДж}$$

$$v(\text{CaCO}_3) = \frac{80}{100} = 0.8 \text{ моль} = v(\text{CO}_2) = 2x + 2y$$

Отсюда $x = 0.1$ моль, $y = 0.3$ моль.

$$V = \frac{vRT}{p} = \frac{0.4 \cdot 0.082 \cdot 298}{1} = 9.77 \text{ л}$$

Ответ: 9.77л, 0.1моль ацетилен и 0.3 моль этилена.

Задание №6

6.1. Аммиак, взятый при комнатной температуре, нагрели до 800 °С, а образовавшуюся газовую смесь привели к первоначальным условиям (температуре и давлению). Плотность смеси оказалась в 1.2 раза меньше начальной плотности аммиака. Определите степень разложения аммиака и состав полученной смеси в мольных долях. (12 баллов)

Решение.



В результате реакции общая масса не изменилась, а число молей увеличилось. Температура и давление после реакции – такие же, как и до реакции, поэтому можно применить закон Авогадро.

$$\left. \begin{array}{l} \rho_2 = \frac{\rho_1}{1.2} \\ m_2 = m_1 \end{array} \right\} \Rightarrow V_2 = 1.2V_1 \Rightarrow \nu_2 = 1.2\nu_1$$

Общее количество вещества выросло в 1.2 раза. Пусть до реакции был 1 моль аммиака, а x моль разложилось, тогда

$$\nu_{\text{ост}}(\text{NH}_3) = 1-x, \nu(\text{N}_2) = x/2, \nu(\text{H}_2) = 3x/2$$

$$\nu_2 = (1-x) + x/2 + 3x/2 = 1 + x = 1.2$$

$$x = 0.2. \text{ Степень разложения – 20\%.$$

Мольные доли газов в полученной смеси:

$$\chi(\text{NH}_3) = (1-0.2) / 1.2 = 2/3$$

$$\chi(\text{N}_2) = 0.1 / 1.2 = 1/12$$

$$\chi(\text{H}_2) = 0.3 / 1.2 = 1/4$$

Ответ: Степень разложения – 20%, конечная смесь: 2/3 NH₃, 1/12 N₂, 1/4 H₂.

6.2. Сероводород, взятый при комнатной температуре, сильно нагрели, а образовавшуюся смесь привели к первоначальным условиям (температуре и давлению). Плотность газа оказалась в 3.4 раза меньше начальной плотности сероводорода. Определите степень разложения сероводорода и состав полученной газовой смеси в мольных долях. (12 баллов)

Решение.



В результате реакции число молей не изменилось, а масса уменьшилась после охлаждения за счет конденсации серы. Температура и давление после реакции – такие же, как и до реакции, поэтому можно применить закон Авогадро: $\nu_2 = \nu_1 \Rightarrow V_2 = V_1$.

$$\left. \begin{array}{l} \rho_2 = \frac{\rho_1}{3.4} \\ V_2 = V_1 \end{array} \right\} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1}{3.4}$$

Пусть до реакции был 1 моль сероводорода массой $m_1 = 34$ г, тогда после реакции $m_2 = 10$ г, $\Delta m = 34 - 10 = 24$ г – это масса осажденной серы.

$\nu(\text{S}) = 24/32 = 0.75$, следовательно разложилось 0.75 моль H₂S, а в конечной газовой содержится 0.75 моль H₂ (75%) и 0.25 моль H₂S (25%).

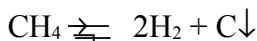
Ответ: Степень разложения – 75%, конечная смесь: 75% H₂, 25% H₂S.

6.3. Метан, взятый при комнатной температуре, сильно нагрели, а образовавшуюся смесь привели к первоначальным условиям (температуре и давлению). В газовой фазе было обнаружено всего два вещества, а ее плотность оказалась в 4 раза меньше начальной

плотности метана. Определите степень разложения метана и состав полученной газовой смеси в мольных долях. (12 баллов)

Решение.

В конечной смеси находилось только два газа, один из которых – метан. Следовательно, при разложении метана образовался единственный газообразный продукт – водород.



Пусть до реакции был 1 моль метана, а x моль разложилось, тогда в полученной газовой смеси содержится $(1-x)$ моль CH_4 и $2x$ моль H_2 . Плотность при постоянных температуре и давлении уменьшилась в 4 раза, следовательно молярная масса смеси в 4 раза меньше молярной массы метана:

$$M_{\text{см}} = \frac{16 \times (1-x) + 2 \times 2x}{1-x+2x} = 4 \text{ г/моль}$$

$x = 0.75$, следовательно разложилось 0.75 моль CH_4 , а в конечной газовой смеси содержится 1.5 моль H_2 (6/7) и 0.25 моль CH_4 (1/7).

Ответ: Степень разложения – 75%, конечная смесь: 6/7 H_2 , 1/7 CH_4 .

6.4. Оксид азота (I), взятый при комнатной температуре, сильно нагрели, а образовавшуюся газовую смесь привели к первоначальным условиям (температуре и давлению). Плотность смеси оказалась в 1.25 раза меньше начальной плотности оксида азота. Определите степень разложения N_2O и состав полученной смеси в мольных долях. (12 баллов)

Решение.



В результате реакции общая масса не изменилась, а число молей увеличилось.

Температура и давление после реакции – такие же, как и до реакции, поэтому можно применить закон Авогадро.

$$\left. \begin{array}{l} \rho_2 = \frac{\rho_1}{1.25} \\ m_2 = m_1 \end{array} \right\} \Rightarrow V_2 = 1.25V_1 \Rightarrow \nu_2 = 1.25\nu_1$$

Общее количество вещества выросло в 1.25 раза. Пусть до реакции был 1 моль N_2O , а x моль разложилось, тогда

$$\nu_{\text{ост}}(\text{N}_2\text{O}) = 1-x, \nu(\text{N}_2) = x, \nu(\text{O}_2) = x/2$$

$$\nu_2 = (1-x) + x + x/2 = 1 + x/2 = 1.25$$

$$x = 0.5. \text{ Степень разложения – 50\%.}$$

Мольные доли газов в полученной смеси:

$$\chi(\text{N}_2\text{O}) = (1-0.5) / 1.25 = 0.4$$

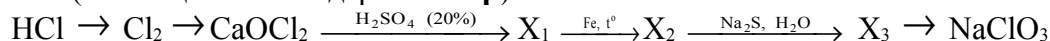
$$\chi(\text{N}_2) = 0.5 / 1.25 = 0.4$$

$$\chi(\text{O}_2) = 0.25 / 1.25 = 0.2$$

Ответ: Степень разложения – 50%, конечная смесь: 40% N_2O , 40% N_2 , 20% O_2 .

Задание №7

7.1. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат **хлор**).

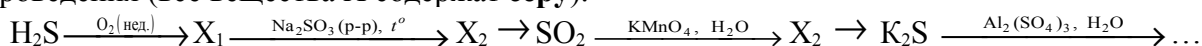


(12 баллов)

Решение. $\text{X}_1 = \text{Cl}_2$, $\text{X}_2 = \text{FeCl}_3$, $\text{X}_3 = \text{NaCl}$

- $\text{MnO}_2 + 4 \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
или $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{MnCl}_2 + 5 \text{Cl}_2 + 2 \text{KCl} + 8 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{охлаждение}} \text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_{4\text{p-p}} \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{Cl}_2 + 2 \text{Fe} \xrightarrow{t^\circ} 2 \text{FeCl}_3$
- $2 \text{FeCl}_3 + 3 \text{Na}_2\text{S} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}_2\text{S} + 6 \text{NaCl}$
- $\text{NaCl} + 3 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл-лиз без диафр.}} \text{NaClO}_3 + 3 \text{H}_2$

7.2. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат **серу**).

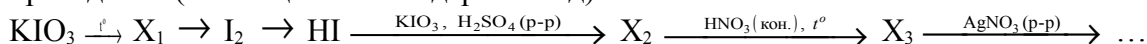


(12 баллов)

Решение. $\text{X}_1 = \text{S}$, $\text{X}_2 = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $\text{X}_3 = \text{K}_2\text{SO}_4$

- $2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \text{ недост.} \rightarrow 2 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 \text{ p-p} \xrightarrow{\text{кипячение}} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2 \text{HCl} \text{ p-p} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{SO}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
- $5 \text{SO}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{K}_2\text{SO}_4 \text{ тв.} + 4 \text{C} \xrightarrow{t^\circ} \text{K}_2\text{S} + 4 \text{CO}$
или $\text{K}_2\text{SO}_4 \text{ тв.} + 4 \text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{K}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}$
или $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaS} \text{ p-p} \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{K}_2\text{S}$
- $3 \text{K}_2\text{S} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{K}_2\text{SO}_4$

7.3. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат **иод**).

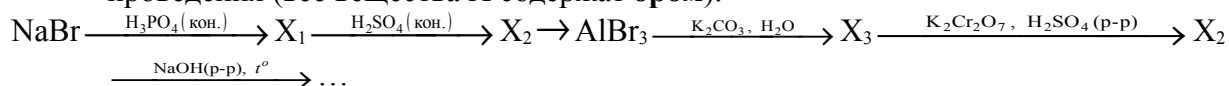


(12 баллов)

Решение.

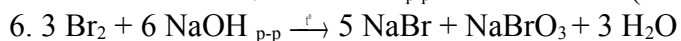
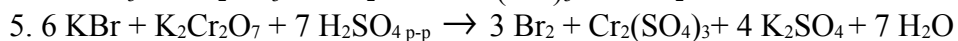
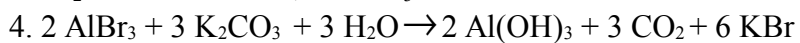
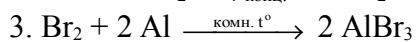
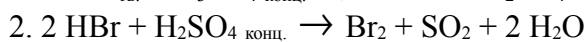
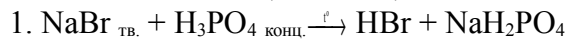
- $2 \text{KIO}_3 \text{ тв.} \xrightarrow{t^\circ} 2 \text{KI} + 3 \text{O}_2$
 - $2 \text{KI} + \text{Cl}_2 \text{ недост.} \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{KCl}$
или $2 \text{KI} + \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
или $8 \text{KI} + 9 \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ конц.} \rightarrow 4 \text{I}_2 + 8 \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} \text{ p-p} \rightarrow 2 \text{HI} + \text{S}$
или $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4$
или $3 \text{I}_2 + 2 \text{P} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{HI} + 2 \text{H}_3\text{PO}_3$
 - $5 \text{HI} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ p-p} \rightarrow 3 \text{I}_2 + \text{KHSO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{I}_2 + 10 \text{HNO}_3 \text{ конц.} \xrightarrow{t^\circ} 2 \text{HIO}_3 + 10 \text{NO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{HIO}_3 + \text{AgNO}_3 (\text{p-p}) \rightarrow \text{AgIO}_3 \downarrow + \text{HNO}_3$
- $\text{X}_1 = \text{KI}$, $\text{X}_2 = \text{I}_2$, $\text{X}_3 = \text{HIO}_3$

7.4. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все вещества X содержат **бром**).



(12 баллов)

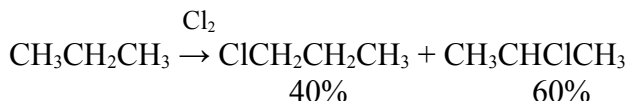
Решение. $\text{X}_1 = \text{HBr}$, $\text{X}_2 = \text{Br}_2$, $\text{X}_3 = \text{KBr}$



Задание №8

8.1. При хлорировании пропана на свету при 25°C получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 40% 1-хлорпропана и 60% 2-хлорпропана. При хлорировании изобутана в тех же условиях получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 60% 2-метил-1-хлорпропана и 40% 2-метил-2-хлорпропана. Сколько (в %) и каких монохлорпроизводных может содержать смесь, полученная при хлорировании 2-метилбутана на свету при 25°C? Ответ подтвердите расчетом. (15 баллов)

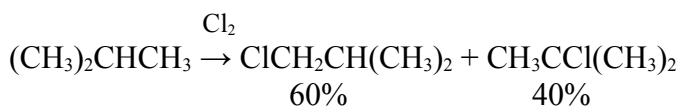
Решение.



Можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и вторичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 40\%/6\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{втор}} = 60\%/2\text{H} = 30\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при вторичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{втор}}/V_{\text{перв}} = 30/6.67 = 4.5$

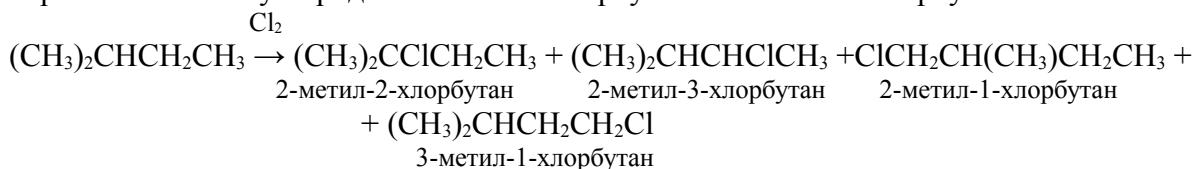


Аналогично можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и третичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 60\%/9\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{трет}} = 40\%/1\text{H} = 40\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при третичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{трет}}/V_{\text{перв}} = 40/6.67 = 6.0$

При хлорировании 2-метилбутана образуются четыре монохлорпроизводных: 2-метил-2-хлорбутан (продукт замещения у третичного атома углерода), 2-метил-3-хлорбутан (продукт замещения у вторичного атома углерода) и два продукта замещения у первичного атома углерода - 2-метил-1-хлорбутан и 3-метил-1-хлорбутан.



Молекула 2-метилбутана содержит один атом Н при третичном углероде, два атома Н при вторичном углероде и девять атомов Н при первичных атомах углерода. Примем за единицу скорость замещения у первичного атома углерода, тогда скорость замещения у вторичного атома углерода равна 4.5, а скорость замещения у третичного атома углерода равна 6.

9 первичных атомов Н $\times 1 = 9$ (относительное количество продуктов замещения у первичных атомов С. Две группы CH_3 , связанные с CH -группой и одна группа CH_3 , связанная с CH_2 -группой).

2 вторичных атома Н $\times 4.5 = 9$ (относительное количество продукта замещения у вторичного атома С).

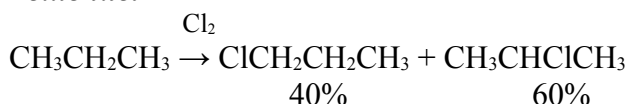
1 третичный атом Н $\times 6 = 6$ (относительное количество продукта замещения у третичного атома С).

Тогда, доля 2-метил-2-хлорбутана равна $6/24 = 0.25$ (25%), доля 2-метил-3-хлорбутана равна $9/24 = 0.375$ (37.5%). На 2-метил-1-хлорбутан и 3-метил-1-хлорбутан приходится вместе 37.5%. Следовательно, доля 2-метил-1-хлорбутана 25%, доля 3-метил-1-хлорбутана – 12.5%.

Ответ: 2-метил-2-хлорбутана 25%, 2-метил-3-хлорбутана 37.5%, 2-метил-1-хлорбутана 25%, 3-метил-1-хлорбутана 12.5%.

8.2. При хлорировании пропана на свету при 25°C получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 40% 1-хлорпропана и 60% 2-хлорпропана. При хлорировании изобутана в тех же условиях получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 60% 2-метил-1-хлорпропана и 40% 2-метил-2-хлорпропана. Сколько (в %) и каких монохлорпроизводных может содержать смесь, полученная при хлорировании 3-метилпентана на свету при 25°C? Ответ подтвердите расчетом. **(15 баллов)**

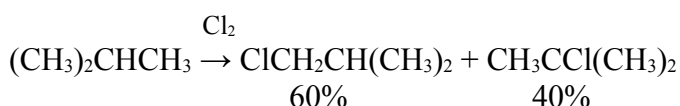
Решение.



Можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и вторичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 40\%/6\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{втор}} = 60\%/2\text{H} = 30\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при вторичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{втор}}/V_{\text{перв}} = 30/6.67 = 4.5$

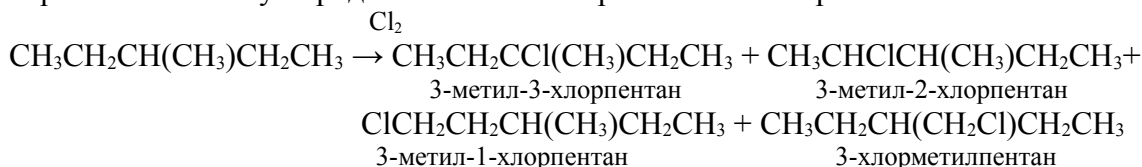


Аналогично можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и третичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 60\%/9\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{трет}} = 40\%/1\text{H} = 40\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при третичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{трет}}/V_{\text{перв}} = 40/6.67 = 6.0$

При хлорировании 3-метилпентана образуются четыре монохлорпроизводных: 3-метил-3-хлорпентан (продукт замещения у третичного атома углерода), 3-метил-2-хлорпентан (продукт замещения у вторичного атома углерода) и два продукта замещения у первичного атома углерода - 3-метил-1-хлорпентан и 3-хлорметилпентан.



Молекула 3-метилпентана содержит один атом Н при третичном углероде, четыре атома Н при вторичном углероде и девять атомов Н при первичных атомах углерода. Примем за единицу скорость замещения у первичного атома углерода, тогда скорость замещения у вторичного атома углерода равна 4.5, а скорость замещения у третичного атома углерода равна 6.

9 первичных атомов Н $\times 1 = 9$ (относительное количество продуктов замещения у первичных атомов С. Две группы CH_3 , связанные с CH_2 -группами и одна группа CH_3 , связанная с CH -группой).

4 вторичных атома Н $\times 4.5 = 18$ (относительное количество продукта замещения у вторичного атома С).

1 третичный атом Н $\times 6 = 6$ (относительное количество продукта замещения у третичного атома С).

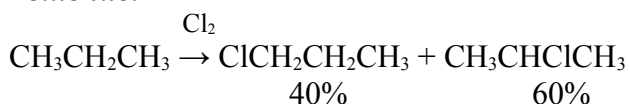
Тогда, доля 3-метил-3-хлорпентана равна $6/33 = 0.1818$ (18.18%), доля 3-метил-2-хлорпентана равна $18/33 = 0.5455$ (54.55%). На 3-метил-1-хлорпентан и 3-

хлорметилпентан приходится вместе 27.27%. Следовательно, доля 3-метил-1-хлорпентана 18.18%, доля 3-хлорметилпентана – 9.09%.

Ответ: 3-метил-3-хлорпентана 18.18%, 3-метил-2-хлорпентана 54.55%, 3-метил-1-хлорпентана 18.18%, 3-хлорметилпентана 9.09%.

8.3. При хлорировании пропана на свету при 25°C получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 40% 1-хлорпропана и 60% 2-хлорпропана. При хлорировании изобутана в тех же условиях изобутана получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 60% 2-метил-1-хлорпропана и 40% 2-метил-2-хлорпропана. Сколько (в %) и каких монохлорпроизводных может содержать смесь, полученная при хлорировании 2-метилпентана на свету при 25°C? Ответ подтвердите расчетом. **(15 баллов)**

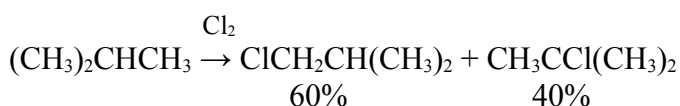
Решение.



Можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и вторичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 40\%/6\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{втор}} = 60\%/2\text{H} = 30\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при вторичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{втор}}/V_{\text{перв}} = 30/6.67 = 4.5$

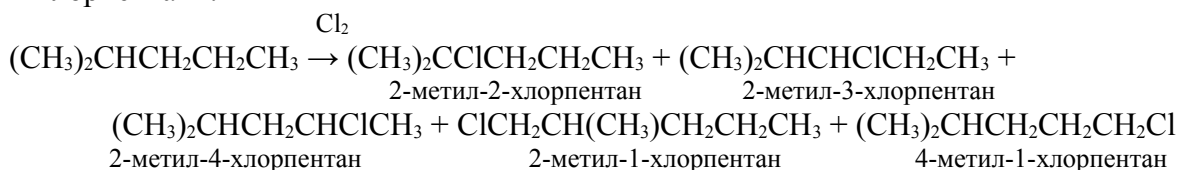


Аналогично можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и третичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 60\%/9\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{трет}} = 40\%/1\text{H} = 40\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при третичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{трет}}/V_{\text{перв}} = 40/6.67 = 6.0$

При хлорировании 2-метилпентана образуются пять монохлорпроизводных: 2-метил-2-хлорпентан (продукт замещения у третичного атома углерода), два продукта замещения у вторичного атома углерода - 2-метил-3-хлорпентан и - 2-метил-4-хлорпентан и два продукта замещения у вторичного атома углерода - 2-метил-1-хлорпентан и 4-метил-1-хлорпентан .



Молекула 2-метилпентана содержит один атом Н при третичном углероде, четыре атома Н при вторичном углероде и девять атомов Н при первичных атомах углерода. Примем за единицу скорость замещения у первичного атома углерода, тогда скорость замещения у вторичного атома углерода равна 4.5, а скорость замещения у третичного атома углерода равна 6.

9 первичных атомов Н \times 1 = 9 (относительное количество продуктов замещения у первичных атомов С. Две группы CH_3 , связанные с CH -группой и одна группа CH_3 , связанная с CH_2 -группой).

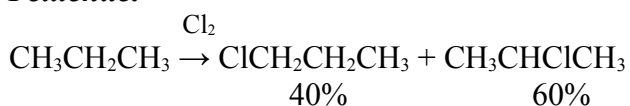
4 вторичных атома Н \times 4.5 = 18 (относительное количество продукта замещения у вторичного атома С. Две группы CH_2).

1 третичный атом Н $\times 6 = 6$ (относительное количество продукта замещения у третичного атома С).

Тогда, доля 2-метил-2-хлорпентана равна $6/33 = 0.1818$ (18.18%). На 2-метил-3-хлорпентан и 2-метил-4-хлорпентан приходится $18/33 = 0.5455$ (54.55%). Поскольку эти продукты должны образовываться в равных количествах, доля каждого составляет 27.27%. На 2-метил-1-хлорпентан и 4-метил-1-хлорпентан приходится вместе 27.27%. Следовательно, доля 2-метил-1-хлорпентана 18.18%, доля 4-метил-1-хлорпентана – 9.09%.
Ответ: 2-метил-2-хлорпентана 18.18%, 2-метил-3-хлорпентан 27.27%, 2-метил-4-хлорпентан 27.27%, 2-метил-1-хлорпентана 18.18%, 4-метил-1-хлорпентана 9.09%.

8.4. При хлорировании пропана на свету при 25°C получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 40% 1-хлорпропана и 60% 2-хлорпропана. При хлорировании изобутана в тех же условиях получена смесь монохлорпроизводных, содержащая 60% 2-метил-1-хлорпропана и 40% 2-метил-2-хлорпропана. Сколько (в %) и каких монохлорпроизводных может содержать смесь, полученная при хлорировании 2,4-диметилпентана на свету при 25°C? Ответ подтвердите расчетом. (15 баллов)

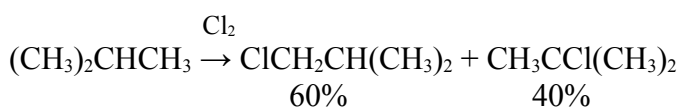
Решение.



Можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и вторичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 40\%/6\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{втор}} = 60\%/2\text{H} = 30\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при вторичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{втор}}/V_{\text{перв}} = 30/6.67 = 4.5$

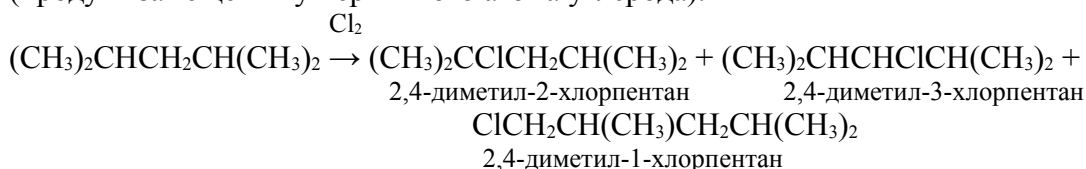


Аналогично можно вычислить относительную скорость замещения атомов водорода при первичном и третичном атомах углерода, разделив количество продукта на соответствующее число атомов водорода:

$$V_{\text{перв}} = 60\%/9\text{H} = 6.67\%, \quad V_{\text{трет}} = 40\%/1\text{H} = 40\%.$$

Отсюда можно определить во сколько раз скорость замещения атома водорода на хлор при третичном углеродном атоме больше, чем при первичном: $V_{\text{трет}}/V_{\text{перв}} = 40/6.67 = 6.0$

При хлорировании 2,4-диметилпентана образуются три монохлорпроизводных: 2,4-диметил-2-хлорпентан (продукт замещения у третичного атома углерода), 2,4-диметил-3-хлорпентан (продукт замещения у вторичного атома углерода) и 2,4-диметил-1-хлорпентан (продукт замещения у первичного атома углерода).



Молекула 2,4-диметилпентана содержит два атома Н при третичном углероде, два атома Н при вторичном углероде и двенадцать атомов Н при первичных атомах углерода. Примем за единицу скорость замещения у первичного атома углерода, тогда скорость замещения у вторичного атома углерода равна 4.5, а скорость замещения у третичного атома углерода равна 6.

12 первичных атомов Н $\times 1 = 12$ (относительное количество продуктов замещения у первичных атомов С).

2 вторичных атома Н \times 4.5 = 9 (относительное количество продукта замещения у вторичного атома С).

2 третичных атома Н \times 6 = 12 (относительное количество продукта замещения у третичного атома С).

Тогда, доля 2,4-диметил-2-хлорпентана равна $12/33 = 0.3636$ (36.36%). На 2,4-диметил-3-хлорпентан приходится $9/33 = 0.2727$ (27.27%). Доля 2,4-диметил-1-хлорпентана составляет 36.36%.

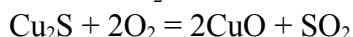
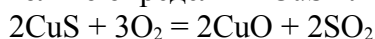
Ответ: 2,4-диметил-2-хлорпентана 36.36%, 2,4-диметил-3-хлорпентана 27.27%, 2,4-диметил-1-хлорпентана 36.36%.

Задание №9

9.1. Сульфид черного цвета (4.8 г) подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода и получили твердое вещество черного цвета (4 г), которое растворяется в соляной кислоте с образованием голубого раствора. Если к полученному раствору добавить гидроксида натрия, то образуется сине-голубой осадок, который растворяется в этиленгликоле с образованием синего раствора. Определите все описанные соединения и напишите все реакции. Свои выводы подтвердите расчетами. **(15 баллов)**

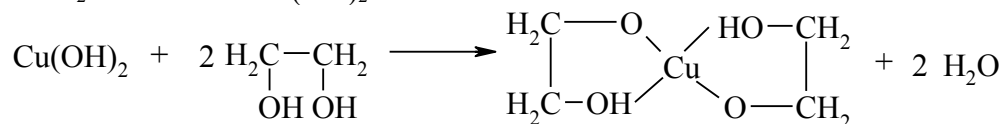
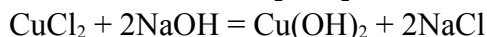
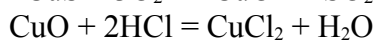
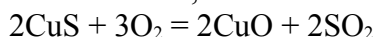
Решение.

Из качественного описания понятно, что исходный сульфид – сульфид меди. Необходимо только определить CuS или Cu_2S .



$$n(\text{CuO}) = 4/80 = 0.05 \text{ моль}$$

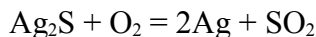
Если это CuS , то его масса должна быть $0.05 \cdot 96 = 4.8$ г, что совпадает с условием.



9.2. Сульфид черного цвета (37.2 г) подвергли окислительному обжигу в атмосфере воздуха. В результате получено 32.4 г твердого вещества серого цвета. Полученное вещество растворяется в концентрированной азотной кислоте с образованием бесцветного раствора. Добавление раствора гидроксида натрия к полученному раствору приводит к образованию черно-коричневого осадка, который растворяется в растворе аммиака. Добавление к аммиачному раствору уксусного альдегида приводит к образованию простого вещества в виде серого осадка или в виде зеркального налета. Определите все описанные соединения и напишите все реакции. Свои выводы подтвердите расчетами. **(15 баллов)**

Решение.

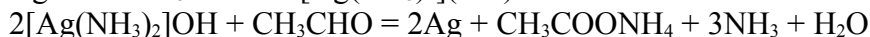
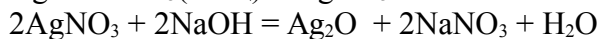
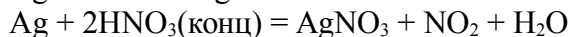
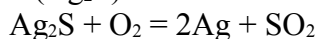
Из качественного описания понятно, что исходный сульфид – сульфид серебра.



Подтвердим предположение расчетом:

$$n(\text{Ag}) = 32.4/108 = 0.3 \text{ моль}$$

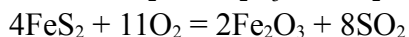
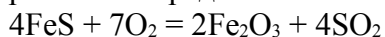
$$m(\text{Ag}_2\text{S}) = 0.3 \cdot 248/2 = 37.2 \text{ г}$$



9.3. Твердое вещество с золотистым блеском (12 г) подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате было получено вещество красно-коричневого цвета (8 г), которое хорошо растворяется в серной кислоте. Если к полученному раствору добавить желтую кровяную соль, то образуется раствор интенсивно-синего цвета. Если к сернокислому раствору добавить гидроксид натрия, то это приведет к образованию осадка бурого цвета. Определите все описанные соединения и напишите все реакции. Свои выводы подтвердите расчетами. **(15 баллов)**

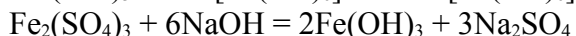
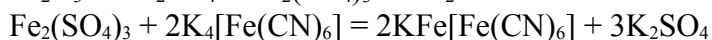
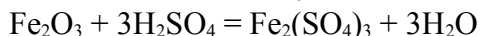
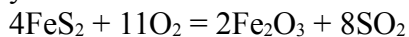
Решение.

Из качественного описания понятно, что это сульфид железа. Необходимо при помощи расчетов определить – какой именно сульфид FeS или FeS₂.



Количество оксида железа(III) $8/160=0.05$ моль

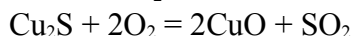
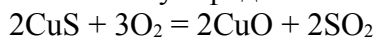
Масса FeS $0.05 \cdot 2 \cdot 88=8.8$ г – не подходит, масса FeS₂ $0.05 \cdot 2 \cdot 120=12$ г, что совпадает с условием.



9.4. Сульфид черного цвета (16 г) подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате было получено твердое вещество черного цвета (16 г), хорошо растворимое в серной кислоте. Если к полученному голубому сернокислому раствору добавить гидроксид натрия и уксусный альдегид, то наблюдается образование осадка кирпичного цвета. Если к сернокислому раствору добавить избыток раствора аммиака, то раствор окрашивается в ярко-синий цвет. Определите все описанные соединения и напишите все реакции. Свои выводы подтвердите расчетами. **(15 баллов)**

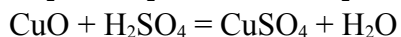
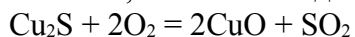
Решение.

Из качественного описания понятно, что это сульфид меди. Остается расчетом определить какой это сульфид CuS или Cu₂S.



$n(\text{CuO}) = 16/80 = 0.2$ моль

Если это CuS, то его масса должна быть $0.2 \cdot 96 = 19.2$ г, что не совпадает с условием. Если это Cu₂S, то его масса должна быть $0.2 \cdot 160/2=16$ г, что совпадает с условием.



Задание №10

10.1. В смеси двух ближайших гомологов, относящихся к гомологическому ряду насыщенных карбоновых кислот с гидроксильной группой на конце цепи, массовая доля кислорода равна 50%. Какие кислоты и в каком количестве (в мольных процентах) находятся в смеси? Какие вещества и в каком количестве образуются при нагревании 16.8 г смеси до 150°C? Напишите уравнения протекающих реакций. (16 баллов)

Решение.

$C_nH_{2n}O_3$ – первый гомолог, $C_{n+1}H_{2n+2}O_3$ – второй гомолог.

$$48/(14n + 48) > 0.5, 48/(14n + 62) < 0.5, 3.43 > n > 2.43, n = 3.$$

Первый гомолог – 3-гидроксипропионовая кислота ($HO(CH_2)_2COOH$), второй гомолог – 4-гидроксипропионовая кислота ($HO(CH_2)_3COOH$).

Пусть $v_1 = x$ моль, $v_2 = y$ моль.

$$\text{Тогда } 48(x+y)/(90x + 104y) = 0.5. \quad y = 0.75x.$$

Если $x = 1$ моль, то $y = 0.75$ моль.

$$\varphi_1 = 1/1.75 = 0.5714 (57.14\%), \varphi_2 = 42.86\%.$$

$$\begin{cases} 16.8 = 90x + 104y \\ y = 0.75x \end{cases}$$

$$x = 0.1 \text{ моль, } y = 0.075 \text{ моль}$$

При нагревании 3-гидроксипропионовой кислоты образуются акриловая кислота и вода.

При нагревании 4-гидроксипропионовой кислоты в результате дегидратации образуется циклический эфир - γ -бутиролактон.

$$v_{C_3H_4O_2} = 0.1 \text{ моль, } m_{C_3H_4O_2} = 7.2 \text{ г.}$$

$$v_{C_4H_6O_2} = 0.075 \text{ моль, } m_{C_4H_6O_2} = 6.45 \text{ г.}$$

$$v_{H_2O} = 0.175 \text{ моль, } m_{H_2O} = 3.15 \text{ г.}$$

Ответ: 57.14% $HO(CH_2)_2COOH$, 42.86% $HO(CH_2)_3COOH$, 7.2 г $C_3H_4O_2$, 6.45 г $C_4H_6O_2$, 3.15 г H_2O .

10.2. В смеси двух ближайших гомологов, относящихся к гомологическому ряду насыщенных карбоновых кислот с гидроксильной группой на конце цепи, массовая доля кислорода равна 45%. Какие кислоты и в каком количестве (в мольных процентах) находятся в смеси? Какие вещества и в каком количестве образуются при нагревании 5.6 г смеси до 150°C? Напишите уравнения протекающих реакций. (16 баллов)

Решение.

$C_nH_{2n}O_3$ – первый гомолог, $C_{n+1}H_{2n+2}O_3$ – второй гомолог.

$$48/(14n + 48) > 0.45, 48/(14n + 62) < 0.45, 4.19 > n > 3.19, n = 4.$$

Первый гомолог – 4-гидроксипентановая кислота ($\text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$), второй гомолог – 5-гидроксипентановая кислота ($\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$).

Пусть $\nu_1 = x$ моль, $\nu_2 = y$ моль.

Тогда $48(x+y)/(104x + 118y) = 0.45$. $x = 4.25 y$.

Если $y = 1$ моль, то $x = 4.25$ моль.

$\varphi_1 = 4.25/5.25 = 0.8095$ (80.95%), $\varphi_2 = 19.05\%$.

$$\begin{cases} 5.6 = 104x + 118y \\ x = 4.25 y \end{cases}$$

$y = 0.01$ моль, $x = 0.0425$ моль

При нагревании 4-гидроксипентановой и 5-гидроксипентановой кислот в результате дегидратации образуются циклические эфиры - γ -бутиролактон и δ -валеролактон.

$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = 0.0525$ моль, $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0.945$ г.

$\nu_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2} = 0.425$ моль, $m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2} = 3.655$ г.

$\nu_{\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2} = 0.01$ моль, $m_{\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2} = 1.0$ г.

Ответ: 80.95% $\text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$, 19.05% $\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$, 1.0 г $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$, 3.655 г $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$, 0.945 г H_2O .

10.3. В смеси двух ближайших гомологов, относящихся к гомологическому ряду насыщенных неразветвленных дикарбоновых кислот, массовая доля кислорода равна 60%. Какие кислоты и в каком количестве (в мольных процентах) находятся в смеси? Какие вещества и в каком количестве образуются при нагревании до 250°C 56 г смеси? Напишите уравнения протекающих реакций. (16 баллов)

Решение.

$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_4$ – первый гомолог, $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n}\text{O}_4$ – второй гомолог.

$64/(14n + 62) > 0.6$, $64/(14n + 76) < 0.6$, $3.19 > n > 2.19$, $n = 3$.

Первый гомолог – малоновая кислота ($\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$), второй гомолог – янтарная кислота ($\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$).

Пусть $\nu_1 = x$ моль, $\nu_2 = y$ моль.

Тогда $64(x+y)/(104x + 118y) = 0.6$. $x = 4.25y$.

Если $y = 1$ моль, то $x = 4.25$ моль.

$\varphi_1 = 4.25/5.25 = 0.8095$ (80.95%), $\varphi_2 = 19.05\%$.

$$\begin{cases} 56 = 104x + 118y \\ x = 4.25 y \end{cases}$$

$y = 0.1$ моль, $x = 0.425$ моль

При нагревании малоновой кислоты в результате декарбоксилирования образуется уксусная кислота. При нагревании янтарной кислоты образуются циклический ангидрид и вода.

$$v_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0.425 \text{ моль}, m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 25.5 \text{ г.}$$

$$v_{\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3} = 0.1 \text{ моль}, m_{\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3} = 10.0 \text{ г.}$$

$$v_{\text{CO}_2} = 0.425 \text{ моль}, m_{\text{CO}_2} = 18.7 \text{ г.}$$

$$v_{\text{H}_2\text{O}} = 0.1 \text{ моль}, m_{\text{H}_2\text{O}} = 1.8 \text{ г.}$$

Ответ: 80.95% $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$, 19.05% $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$, 25.5 г CH_3COOH , 10.0 г $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3$, 18.7 г CO_2 , 1.8 г H_2O .

10.4. В смеси двух ближайших гомологов, относящихся к гомологическому ряду насыщенных неразветвленных дикарбоновых кислот, массовая доля кислорода равна 50%. Какие кислоты и в каком количестве (в мольных процентах) находятся в смеси? Какие вещества и в каком количестве образуются при нагревании до 250°C 44.8 г смеси? Напишите уравнения протекающих реакций. (16 баллов)

Решение.

$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_4$ – первый гомолог, $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n}\text{O}_4$ – второй гомолог.

$$64/(14n + 62) > 0.5, \quad 64/(14n + 76) < 0.5, \quad 4.71 > n > 3.71, \quad n = 4.$$

Первый гомолог – янтарная кислота ($\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$), второй гомолог – глутаровая кислота ($\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$).

Пусть $v_1 = x$ моль, $v_2 = y$ моль.

$$\text{Тогда } 64(x+y)/(104x + 118y) = 0.5. \quad y = 2.5x.$$

Если $x = 1$ моль, то $y = 2.5$ моль.

$$\varphi_1 = 1/3.5 = 0.2857 (28.57\%), \quad \varphi_2 = 71.43\%.$$

$$\begin{cases} 44.8 = 118x + 132y \\ y = 2.5x \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0.1 \text{ моль}, \\ y = 0.25 \text{ моль} \end{cases}$$

$x = 0.1$ моль, $y = 0.25$ моль

При нагревании янтарной и глутаровой кислот образуются циклические ангидриды и вода.

$\nu_{\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3} = 0.1$ моль, $m_{\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3} = 10.0$ г.

$\nu_{\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_3} = 0.25$ моль, $m_{\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_3} = 28.5$ г.

$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = 0.35$ моль, $m_{\text{H}_2\text{O}} = 6.3$ г.

Ответ: 28.57% $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$, 71.43% $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$, 10.0 г $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_3$,
28.5 г $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_3$, 6.3 г H_2O .

Заочный (отборочный) этап

7-9 классы

I тур

«Ломоносов», заочный тур. 5-9 классы

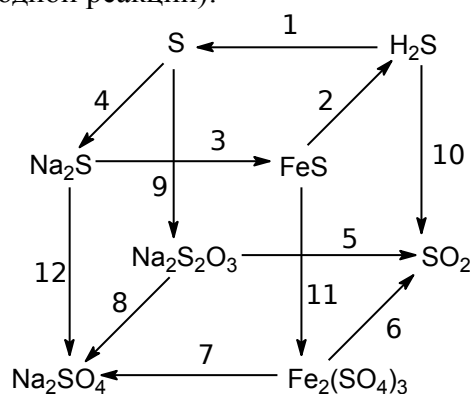
1. Напишите по одному уравнению реакций с участием воды, в результате которых:
- а) число молекул увеличивается в 1,5 раза;
 - б) число молекул увеличивается в 2 раза;
 - в) число молекул уменьшается в 1,5 раза;
 - г) число молекул уменьшается в 2 раза;
 - д) число молекул уменьшается в 3 раза;
 - е) число молекул не изменяется.
- (6 баллов)**
2. Какие из перечисленных ниже открытий и достижений принадлежат российским ученым? Укажите все правильные ответы.
- 1) Открытие щелочных металлов
 - 2) Открытие периодических свойств элементов
 - 3) Периодический закон
 - 4) Закон сохранения массы в химических реакциях
 - 5) Доказательство существования атомов и молекул
 - 6) Закон Авогадро
 - 7) Закон Гесса
 - 8) Открытие инертных газов
 - 9) Открытие 44-го элемента
 - 10) Открытие 118-го элемента
- (5 баллов)**
3. Соль состоит из трех элементов-неметаллов. Атомов одного из неметаллов в веществе – столько же, сколько атомов остальных элементов, вместе взятых. Предложите формулу соли и напишите по одному уравнению ее взаимодействия с щелочами и сильными кислотами. **(8 баллов)**
4. Кислота состоит из трех элементов. У одного из элементов массовая доля в кислоте равна его мольной доле. Предложите формулу кислоты и рассчитайте долю этого элемента в ней. **(8 баллов)**
5. При добавлении какого вещества к соляной кислоте масса раствора уменьшается? Приведите уравнение реакции и объясните этот эффект. **(8 баллов)**
6. Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций, в которых:
- а) атом окислителя принимает 5 электронов, атом восстановителя отдает 1 электрон;
 - б) атом окислителя принимает 8 электронов, атом восстановителя отдает 2 электрона;
 - в) атом окислителя принимает 2 электрона, а атом восстановителя отдает 8 электронов;
 - г) атом окислителя принимает столько же электронов, сколько отдает атом восстановителя;
 - д) атом окислителя имеет отрицательную, а атом восстановителя – положительную степень окисления.
- (10 баллов)**
7. Неорганическая соль, применяемая в текстильной промышленности как отбеливатель, содержит 157% активного хлора (т. е. масса хлора, выделяющегося при реакции с соляной кислотой, составляет 157% от массы исходного вещества). Какое это вещество? Почему для отбеливания применяется именно это вещество, а

не другие, более доступные вещества, состоящие из тех же элементов?

(12 баллов)

8. 6.873 г смеси хлорида калия с хлоридом неизвестного металла растворили в воде. Раствор разделили на две равные части, затем к одной прилили избыток раствора нитрата серебра, а к другой – избыток раствора фторида серебра. В первом случае выпало 8.1795 г осадка, а во втором – 8.9355 г осадка. Определите качественный и количественный состав исходной смеси. **(12 баллов)**

9. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме (каждая стрелка соответствует одной реакции):



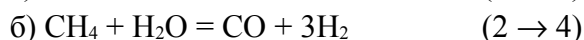
(18 баллов)

10. Аммиак, взятый при комнатной температуре, нагрели до 800 °С, а образовавшуюся газовую смесь привели к первоначальным условиям (температуре и давлению). Плотность смеси оказалась в 1.2 раза меньше начальной плотности аммиака. Сколько процентов аммиака разложилось?

(12 баллов)

Ответы и указания

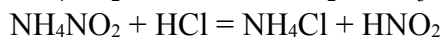
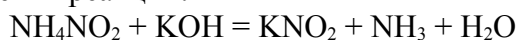
1. В каждом случае есть несколько правильных вариантов. Возможные ответы:



2. Правильные ответы – 3, 4, 7, 9, 10.

3. Соль – нитрит аммония, NH_4NO_2 . Доля атомов Н в ней – ровно 1/2.

Уравнения реакций:

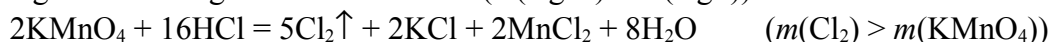


4. Кислота – HPO_3 .

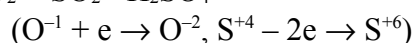
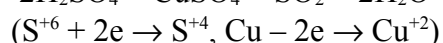
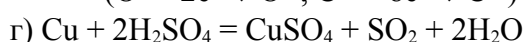
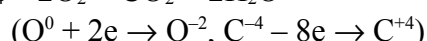
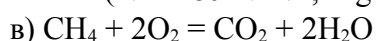
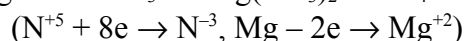
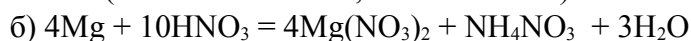
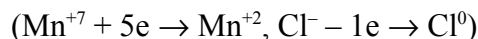
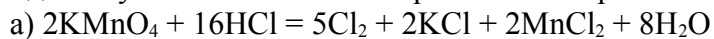
Для кислорода массовая и мольная доли составляют по 60%.

5. Чтобы масса раствора уменьшилась, в результате реакции с HCl должен образоваться осадок или газ, причем их масса должна превысить массу добавляемого вещества.

Возможные ответы: AgF , KMnO_4 и др.



6. В каждом случае есть несколько правильных вариантов. Возможные ответы:



7. Соль – NaClO_2 .



$$m(\text{Cl}_2) / m(\text{NaClO}_2) = 2 \cdot 71 / 90.5 = 1.57.$$

На самом деле, действующим началом при отбеливании с использованием NaClO_2 служит не хлор, а его диоксид ClO_2 . Его преимущество перед хлором состоит в том, что в этом случае при отбеливании не образуются вредные хлорпроизводные органических веществ.

8. Предположим, что при добавлении нитрата серебра в осадок выпадает только AgCl ($v(\text{AgCl}) = 8.1795 / 143.5 = 0.057$ моль), а во втором случае к нему добавляется

нерастворимый фторид металла массой $8.9355 - 8.1795 = 0.756$ г. Нерастворимы только фториды двух- и трехвалентных металлов.

Пусть исходная смесь содержала x моль KCl и y моль XCl_n ($n = 2$ или 3), тогда для четырех неизвестных получаем систему трех уравнений:

$$74.5x + (M(X)+35.5n)y = 6.873 \quad (\text{масса смеси})$$

$x/2 + ny/2 = 0.057$ (количество $AgCl$ с учетом того, что раствор делили на две части)

$(M(X)+19n)y/2 = 0.756$ (масса XF_n с учетом того, что раствор делили на две части)

При $n = 2$ система не имеет решений, при $n = 3$ получаем: $x = 0.06$, $y = 0.018$, $M(X) = 27$ г/моль.

Ответ. 0.06 моль KCl и 0.018 моль $AlCl_3$.

- 9.
- 1) $H_2S + Br_2 = S + 2HBr$
 - 2) $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S\uparrow$
 - 3) $Na_2S + FeCl_2 = FeS\downarrow + 2NaCl$
 - 4) $2Na + S = Na_2S$
 - 5) $Na_2S_2O_3 + 2HCl = 2NaCl + SO_2\uparrow + S\downarrow + H_2O$
 - 6) $2Fe_2(SO_4)_3 = 2Fe_2O_3 + 6SO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$
 - 7) $Fe_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3Na_2SO_4$
 - 8) $Na_2S_2O_3 + H_2SO_4(\text{разб}) = Na_2SO_4 + SO_2\uparrow + S\downarrow + H_2O$
 - 9) $S + Na_2SO_3(\text{конц.р-р}) = Na_2S_2O_3$
 - 10) $2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$
 - 11) $2FeS + 10H_2SO_4(\text{конц}) = Fe_2(SO_4)_3 + 9SO_2 + 10H_2O$
 - 12) $Na_2S + H_2SO_4(\text{разб}) = Na_2SO_4 + H_2S\uparrow$



В результате реакции общая масса не изменилась, а число молей увеличилось. Температура и давление после реакции – такие же, как и до реакции, поэтому можно применить закон Авогадро.

$$\left. \begin{array}{l} \rho_2 = \frac{\rho_1}{1.2} \\ m_2 = m_1 \end{array} \right\} \Rightarrow V_2 = 1.2V_1 \Rightarrow v_2 = 1.2v_1$$

Общее количество вещества выросло в 1.2 раза. Пусть до реакции был 1 моль аммиака, а x моль разложилось, тогда

$$v_{\text{ост}}(NH_3) = 1-x, v(N_2) = x/2, v(H_2) = 3x/2$$

$$v_2 = (1-x) + x/2 + 3x/2 = 1 + x = 1.2$$

$$x = 0.2. \text{ Степень разложения – } 20\%.$$

Ответ. Разложилось 20% NH_3 .

**Очный
(заключительный) этап**

10-11 классы

Вариант 1

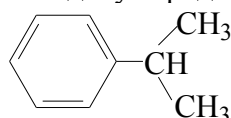
1. Приведите химические формулы следующих веществ и назовите их в соответствии с правилами ИЮПАК: веселящий газ, малахит, пирит, кумол. (4 балла)

Решение:

N_2O оксид азота(I), оксид диазота

$(CuOH)_2CO_3$ (или $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$) основной карбонат меди(II), гидроксокарбонат меди(II)

FeS_2 дисульфид железа(II)



изопропилбензол

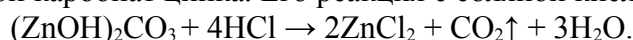
2. Установите формулу соединения, которое содержит цинк (58.04 масс.%), водород (0.89 масс.%), углерод (5.36 масс.%) и кислород, и напишите уравнение его реакции с соляной кислотой. (6 баллов)

Решение. Неизвестное соединение имеет формулу $Zn_xH_yC_zO_k$. Определим содержание кислорода в нем:

$$100 - 58.04 - 0.89 - 5.36 = 35.71, \text{ т.е. } 35.71 \text{ масс.}\%$$

$$x : y : z : k = \frac{58.04}{65} : \frac{0.89}{1} : \frac{5.36}{12} : \frac{35.71}{16} = 0.89 : 0.89 : 0.45 : 2.23 = 2 : 2 : 1 : 5.$$

Простейшая формула соединения – $Zn_2H_2CO_5$. Такой формуле отвечает соединение $(ZnOH)_2CO_3$ – основной карбонат цинка. Его реакция с соляной кислотой:

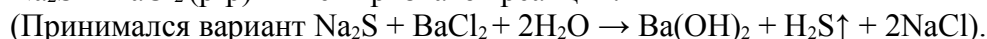
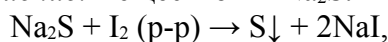


Ответ: $(ZnOH)_2CO_3$.

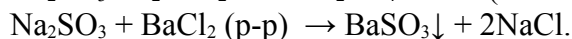
3. В трех бюксах находятся белые кристаллические вещества Na_2SO_4 , Na_2SO_3 и Na_2S , зашифрованные под номерами I – III. Используя данные таблицы, определите, какой номер соответствует каждой из этих солей, запишите уравнения всех реакций. (6 баллов)

Соли Реактив	I	II	III
I_2 (водный р-р)	Обесцвечивание, образование осадка	Обесцвечивание	Нет видимых изменений
$BaCl_2$ (р-р)	Нет видимых изменений	Образование осадка	Образование осадка

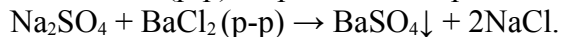
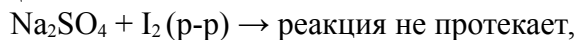
Решение. Вещество I – Na_2S .



Вещество II – Na_2SO_3 .



Вещество III – Na_2SO_4 .

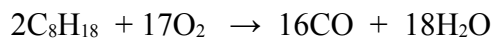
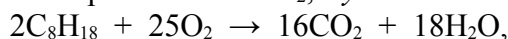


4. При неполном сгорании бензина в двигателе автомобиля кроме углекислого газа и воды образуется токсичный угарный газ. Будем считать, что бензин состоит только из октана (плотность октана 0.70 кг/л). При сгорании 20.0 л такого бензина образовалось 60.0 кг

продуктов сгорания. Рассчитайте массы CO, CO₂ и H₂O, образовавшихся при этом. Какова масса кислорода, потребовавшегося для сгорания? (8 баллов)

Решение. Масса сгоревшего октана равна $V \cdot \rho = 20.0 \text{ л} \cdot 0.700 \text{ кг/л} = 14.0 \text{ кг}$.

Пусть x моль октана сгорело с образованием CO₂, а y моль – с образованием CO. Тогда



Масса октана равна $m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114(x+y)$.

Массы продуктов:

$$m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 8x = 352x$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 9(x+y) = 162(x+y)$$

$$m(\text{CO}) = 28 \cdot 8y = 224y$$

Общая масса продуктов равна $514x + 386y$. Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 114(x+y) = 14000, \\ 514x + 386y = 60000, \end{cases}$$

решение которой дает $x = 98.4$, $y = 24.4$.

Тогда массы продуктов составляют

$$m(\text{CO}_2) = 352x = 34600 \text{ г} = 34.6 \text{ кг},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 162(x+y) = 19900 \text{ г} = 19.9 \text{ кг},$$

$$m(\text{CO}) = 224y = 5.5 \text{ кг}.$$

Масса кислорода равна

$$m(\text{O}_2) = m(\text{продуктов}) - m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 60 - 14 = 46 \text{ кг}.$$

Ответ: $m(\text{CO}_2) = 34.6 \text{ кг}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 19.9 \text{ кг}$, $m(\text{CO}) = 5.5 \text{ кг}$, $m(\text{O}_2) = 46 \text{ кг}$.

5. Плотность газообразной смеси двух эфиров, относящихся к гомологическому ряду насыщенных алифатических простых эфиров, при 151°C и 1 атм равна 1.6244 г/л. Плотность другой смеси тех же эфиров равна 2.2282 г/л (условия те же). Объемная доля одного эфира в первой смеси равна объемной доле другого эфира во второй смеси. Установите качественный и количественный состав каждой смеси (в мольных %), если известно, что один из эфиров проявляет оптическую активность. (8 баллов)

Решение. Определим среднюю молярную массу первой смеси:

$$M_{\text{ср.1}} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1.6244 \cdot 8.314 \cdot 424}{101.3} = 56.53 \text{ г/моль}.$$

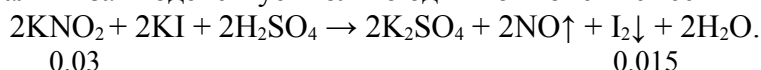
В смеси присутствует диметиловый эфир, поскольку средняя молярная масса больше массы диметилового, но меньше массы метилэтилового эфира: $M(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = 46 \text{ г/моль}$, $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_3) = 60 \text{ г/моль}$. Средняя молярная масса второй смеси:

$$M_{\text{ср.2}} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{2.2282 \cdot 8.314 \cdot 424}{101.3} = 77.54 \text{ г/моль}.$$

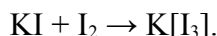
Введем обозначение $\varphi(\text{CH}_3\text{OCH}_3)_{\text{смесь1}} = x$, тогда $\varphi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{смесь1}} = 1 - x$. По условию, $\varphi(\text{CH}_3\text{OCH}_3)_{\text{смесь2}} = 1 - x$, $\varphi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{смесь2}} = x$. Запишем выражения для средних масс:

$$\begin{cases} 46x + (14n + 18)(1 - x) = 56.53, \\ 46(1 - x) + (14n + 18)x = 77.54. \end{cases}$$

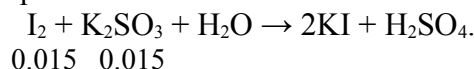
С иодидом калия взаимодействует только один компонент смеси – KNO_2 :



Получившийся раствор **В** имеет бурый цвет, так как I_2 с избытком ионов I^- образует окрашенный комплексный ион $[\text{I}_3]^-$:



Обесцвечивание раствора:



Для полного обесцвечивания раствора **В** потребуется следующий объем 0.25 М раствора сульфита калия:

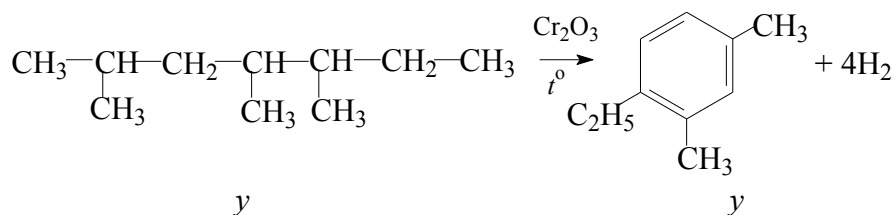
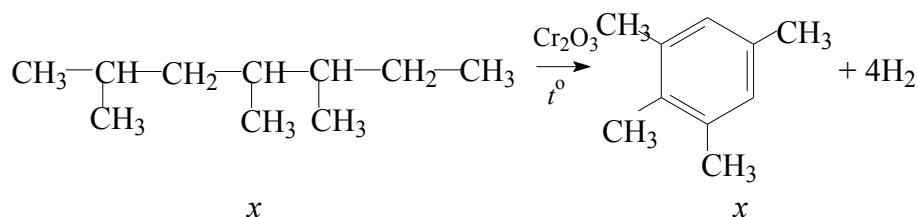
$$V = \frac{v}{c} = \frac{0.015}{0.25} = 0.06 \text{ л} = 60 \text{ мл}.$$

Ответ: 1.08 г, 60 мл.

10. При нагревании 2,4,5-триметилгептана до 450°C в присутствии оксида хрома получили 20.1 г смеси ароматических углеводородов. Смесь обработали избытком подкисленного раствора KMnO_4 , при этом выделилось 1.12 л газа (н. у.). Образовавшиеся органические вещества отделили и высушили. Установите качественный и количественный состав полученной смеси. На сколько уменьшится масса данной смеси при ее нагревании до 200°C ?

(16 баллов)

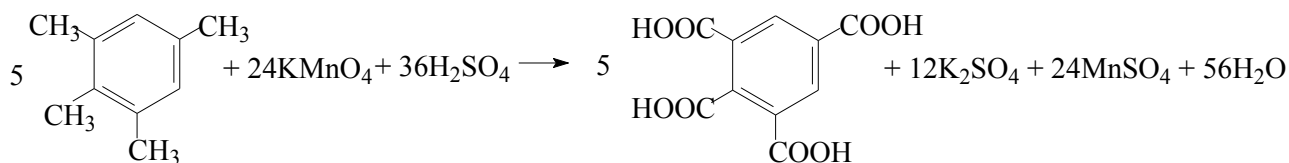
Решение. Найдем количества ароматических углеводородов, полученных дегидроциклизацией исходного вещества:

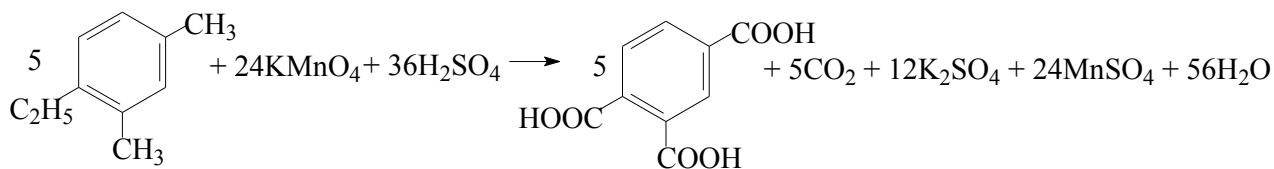


$$v(\text{C}_{10}\text{H}_{14}) = \frac{20.1}{134} = 0.15 \text{ моль},$$

$$x + y = 0.15.$$

Реакции окисления полученных ароматических углеводородов:





Количество выделившегося углекислого газа:

$$v(\text{CO}_2) = \frac{1.12}{22.4} = 0.05 \text{ моль.}$$

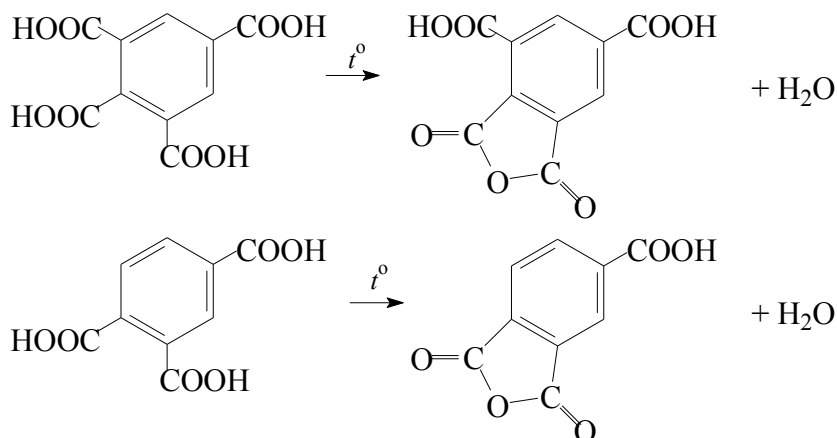
Отсюда $y = 0.05$, $x = 0.1$.

Массы кислот:

$$m(\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_8) = 0.1 \cdot 254 = 25.4 \text{ г,}$$

$$m(\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_6) = 0.05 \cdot 210 = 10.5 \text{ г.}$$

При нагревании смеси кислот происходит образование ангидридов:



$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ моль,}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0.15 \cdot 18 = 2.7 \text{ г.}$$

Ответ: бензол-1,2,3,5-тетракарбоновой кислоты 0.1 моль (25.4 г), бензол-1,2,4-трикар-боновой кислоты 0.05 моль (10.5 г); 2.7 г.

Вариант 2

1. Приведите химические формулы следующих веществ и назовите их в соответствии с правилами ИЮПАК: кварц, красная кровяная соль, поташ, щавелевая кислота. (4 балла)

Решение:

SiO_2 оксид кремния(IV), диоксид кремния

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ гексацианоферрат(III) калия

K_2CO_3 карбонат калия

$\text{HOOC}-\text{COOH}$ этандиовая кислота

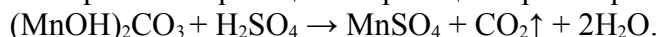
2. Установите формулу соединения, которое содержит марганец (53.92 масс.%), водород (0.98 масс.%), углерод (5.88 масс.%) и кислород, и напишите уравнение его реакции с раствором серной кислоты. (6 баллов)

Решение. Неизвестное соединение имеет формулу $\text{Mn}_x\text{H}_y\text{C}_z\text{O}_k$. Определим содержание кислорода в нем:

$$100 - 53.92 - 0.98 - 5.88 = 39.22, \text{ т.е. } 39.22 \text{ масс.}\%$$

$$x : y : z : k = \frac{53.92}{55} : \frac{0.98}{1} : \frac{5.88}{12} : \frac{39.22}{16} = 0.98 : 0.98 : 0.49 : 2.45 = 2 : 2 : 1 : 5.$$

Простейшая формула соединения – $Mn_2H_2CO_5$. Такой формуле отвечает соединение $(MnOH)_2CO_3$ – основной карбонат марганца. Его реакция с раствором серной кислоты:

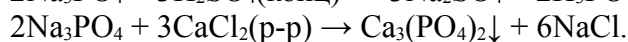
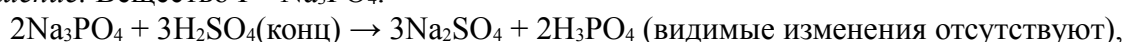


Ответ: $(MnOH)_2CO_3$.

3. В трех бюксах находятся белые кристаллические вещества $NaBr$, Na_3PO_4 и Na_2SO_3 , зашифрованные под номерами I – III. Используя данные таблицы, определите, какой номер соответствует каждой из этих солей, запишите уравнения всех реакций. (6 баллов)

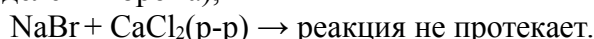
Соль Реактив	I	II	III
H_2SO_4 (конц)	Нет видимых изменений	Выделение газа, изменение окраски	Выделение газа
$CaCl_2$ (р-р)	Образование осадка	Нет видимых изменений	Образование осадка

Решение. Вещество I – Na_3PO_4 .

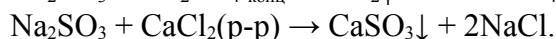
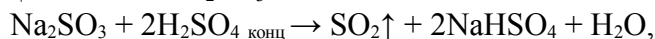


Вещество II – $NaBr$.

$2NaBr + 3H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow Br_2 + SO_2\uparrow + 2NaHSO_4 + 2H_2O$ (оранжевое окрашивание из-за выделения брома),



Вещество III – Na_2SO_3 .

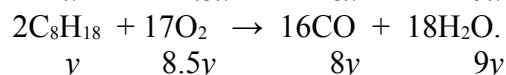
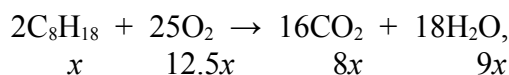


4. При неполном сгорании бензина в двигателе автомобиля кроме углекислого газа и воды образуется токсичный угарный газ. Будем считать, что бензин состоит только из октана (плотность октана 0.70 кг/л). При сгорании 16.0 л такого бензина образовалось 49.0 кг продуктов сгорания. Рассчитайте массы CO , CO_2 и H_2O , образовавшихся при этом. Какова масса кислорода, потребовавшегося для сгорания? (8 баллов)

Решение. Масса сгоревшего октана равна $m(C_8H_{18}) = V \cdot \rho = 16.0 \cdot 0.700 = 11.2$ кг.

Пусть x моль октана сгорело с образованием CO_2 , а y моль – с образованием CO .

Тогда



Масса октана равна $m(C_8H_{18}) = 114(x+y)$, массы продуктов:

$$m(CO_2) = 44 \cdot 8x = 352x,$$

$$m(H_2O) = 18 \cdot 9(x+y) = 162(x+y),$$

$$m(CO) = 28 \cdot 8y = 224y.$$

Общая масса продуктов равна $514x + 386y$. Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 114(x+y) = 11200, \\ 514x + 386y = 49000, \end{cases}$$

решение которой дает $x = 86.5$, $y = 11.7$.

Тогда массы продуктов:

$$\begin{aligned} m(\text{CO}_2) &= 352x = 30.5 \text{ кг}, \\ m(\text{H}_2\text{O}) &= 162(x+y) = 15.9 \text{ кг}, \\ m(\text{CO}) &= 224y = 2.6 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Масса кислорода равна

$$m(\text{O}_2) = m(\text{продуктов}) - m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 49 - 11.2 = 37.8 \text{ кг}.$$

Ответ: $m(\text{CO}_2) = 30.5 \text{ кг}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 15.9 \text{ кг}$, $m(\text{CO}) = 2.6 \text{ кг}$, $m(\text{O}_2) = 37.8 \text{ кг}$.

5. Плотность газообразной смеси двух спиртов, относящихся к гомологическому ряду насыщенных алифатических спиртов, при 175°C и 1 атм равна 1.0993 г/л . Плотность другой смеси тех же спиртов равна 1.7850 г/л (условия те же). Объемная доля одного спирта в первой смеси равна объемной доле другого спирта во второй смеси. Установите качественный и количественный состав каждой смеси (в мольных %), если известно, что один из спиртов проявляет оптическую активность. (8 баллов)

Решение. Определим среднюю молярную массу первой смеси:

$$M_{\text{ср.1}} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1.0993 \cdot 8.314 \cdot 448}{101.3} = 40.42 \text{ г/моль}.$$

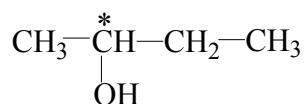
В смеси присутствует метанол, поскольку средняя молярная масса больше массы метанола, но меньше массы этанола: $M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32 \text{ г/моль}$, $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль}$. Средняя молярная масса второй смеси:

$$M_{\text{ср.2}} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1.7850 \cdot 8.314 \cdot 448}{101.3} = 65.63 \text{ г/моль}.$$

Введем обозначение $\varphi(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{смесь1}} = x$, тогда $\varphi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{смесь1}} = 1 - x$. По условию, $\varphi(\text{CH}_3\text{OH})_{\text{смесь2}} = 1 - x$, $\varphi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{смесь2}} = x$. Запишем выражения для средних масс:

$$\begin{cases} 32x + (14n + 18)(1 - x) = 40.42, \\ 32(1 - x) + (14n + 18)x = 65.63. \end{cases}$$

Решение системы уравнений дает $n = 4$, $x = 0.8$. Следовательно, второй спирт содержит четыре атома углерода. Поскольку именно он содержит асимметрический атом углерода, это бутанол-2:



Ответ: первая смесь содержит 80% метанола и 20% бутанола-2, вторая смесь содержит 20% метанола и 80% бутанола-2.

6. Энергия активации газофазной реакции $2\text{NO} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{NOBr}$ равна 5.44 кДж/моль . При увеличении исходного объема реакционной смеси вдвое и одновременном повышении температуры начальная скорость реакции уменьшилась в 7 раз. До какой температуры была нагрета смесь, если ее начальная температура составляла 20°C ? (12 баллов)

Решение. Пусть начальные молярные концентрации равнялись $c(\text{NO})_1$ и $c(\text{Br}_2)_1$. после увеличения объема вдвое концентрации вдвое уменьшатся:

$$c(\text{NO})_2 = \frac{1}{2} c(\text{NO})_1, \quad c(\text{Br}_2)_2 = \frac{1}{2} c(\text{Br}_2)_1.$$

Тогда начальная скорость реакции составляет

$$w_1 = k_1(c(\text{NO})_1)^2 c(\text{Br}_2)_1,$$

а конечная скорость равна

$$w_2 = k_2(c(\text{NO})_2)^2 c(\text{Br}_2)_2 = k_2\left(\frac{1}{2} c(\text{NO})_1\right)^2 \cdot \frac{1}{2} c(\text{Br}_2)_1.$$

По условию,

$$\frac{w_1}{w_2} = 7 = 8 \frac{k_1}{k_2},$$

где константы скорости k_1 и k_2 можно выразить уравнением Аррениуса:

$$k_1 = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot 293}}, \quad k_2 = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T_2}}.$$

Тогда

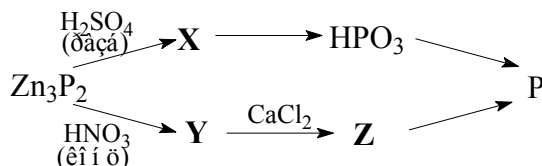
$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{7}{8} = \frac{e^{-\frac{E_a}{R \cdot 293}}}{e^{-\frac{E_a}{R T_2}}} = e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{293} \right)}.$$

$$\ln\left(\frac{7}{8}\right) = -0.134 = \frac{5440}{8.314} \left(\frac{293 - T_2}{293 T_2} \right),$$

$$T_2 = 311.7 \text{ К}.$$

Ответ: 311.7 К.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений (все неизвестные вещества содержат фосфор), укажите условия проведения реакций. (12 баллов)

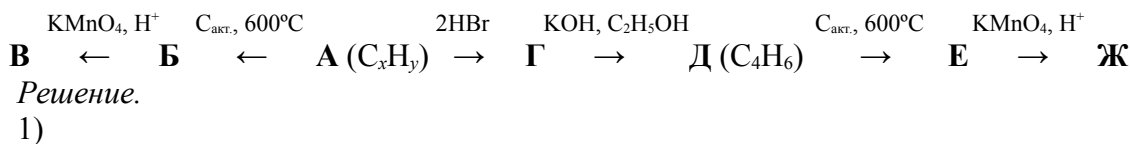


Решение.

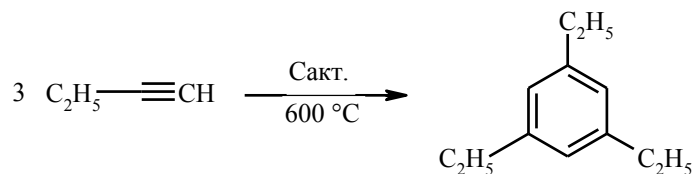
- 1) $\text{Zn}_3\text{P}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб}) \rightarrow 3\text{ZnSO}_4 + 2\text{PH}_3\uparrow;$
- 2) $\text{PH}_3 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{f}} \text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O};$
- 3) $2\text{HPO}_3 + 6\text{C} \xrightarrow{\text{f}} 2\text{P} + \text{H}_2 + 6\text{CO};$
- 4) $\text{Zn}_3\text{P}_2 + 22\text{HNO}_3(\text{конц}) \rightarrow 3\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 16\text{NO}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O};$
- 5) $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaCl}_2(\text{изб}) \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 6\text{HCl};$
- 6) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 5\text{C} + 3\text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{f}} 2\text{P} + 3\text{CaSiO}_3 + 5\text{CO}\uparrow.$

Ответ: X – PH_3 , Y – H_3PO_4 , Z – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

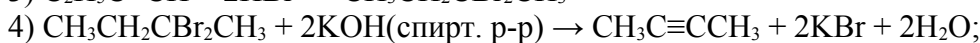
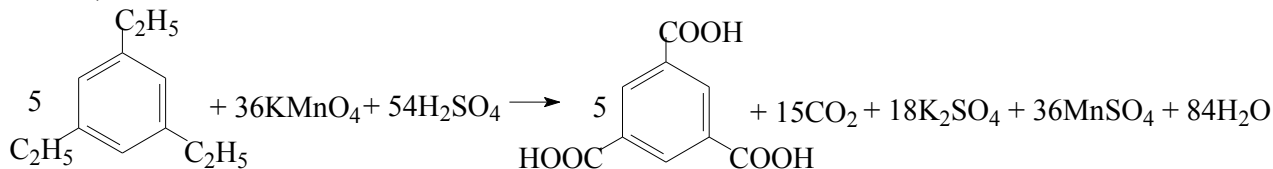
8. Расшифруйте следующую схему превращений, если известно, что соединения А и Д, а также Б и Е – изомеры. Напишите уравнения протекающих реакций, указав структурные формулы соединений А–Ж. (12 баллов)



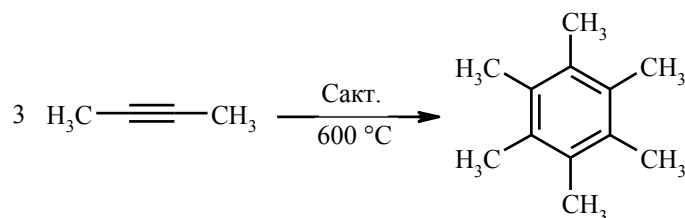
1)



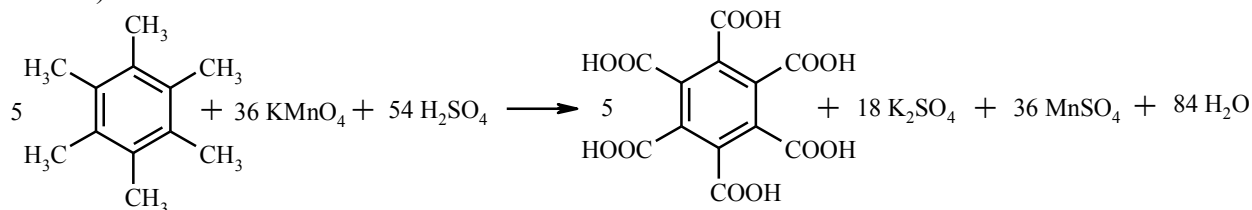
2)



5)

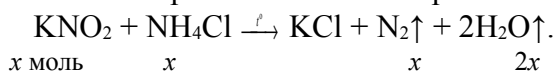


6)



9. Смесь нитрита калия и хлорида аммония, взятых в молярном соотношении 1.5 : 1, разделили на две равные части. Газообразные продукты прокаливания первой части пропустили через хлоркальциевую трубку, причем ее масса увеличилась на 4.32 г, а затем – над нагретым металлическим литием, при этом образовалось зеленовато-черное вещество **А**. Ко второй части смеси добавили избыток подкисленного серной кислотой раствора иодида калия, при этом образовался бурый раствор **В**. Установите состав и рассчитайте массу вещества **А**, а также определите объем раствора сульфида калия с концентрацией 0.25 моль/л, который потребуется для полного обесцвечивания раствора **В**. (16 баллов)

Решение. При прокаливании первой части смеси протекает реакция:

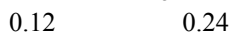
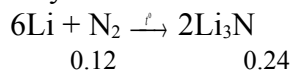


Газообразные продукты – азот и пары воды. Вода поглощается безводным хлористым кальцием, ее количество:

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 2x = \frac{m}{M} = \frac{4.32}{18} = 0.24 \text{ моль.}$$

Значит, $x = 0.12$ моль.

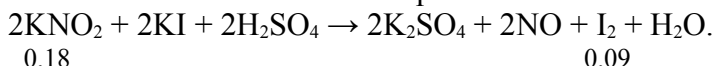
Выделившийся азот взаимодействует с литием:



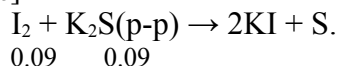
Вещество **A** – нитрид лития Li_3N , его масса равна

$$m(\text{Li}_3\text{N}) = 0.24 \cdot 35 = 8.4 \text{ г.}$$

С иодидом калия взаимодействует только один компонент смеси – KNO_2 . В каждой части смеси содержится $0.12 \cdot 1.5 = 0.18$ моль нитрита калия.



Получившийся раствор **B** имеет бурый цвет, так как I_2 с избытком ионов I^- образует окрашенный комплексный ион $[\text{I}_3]^-$.



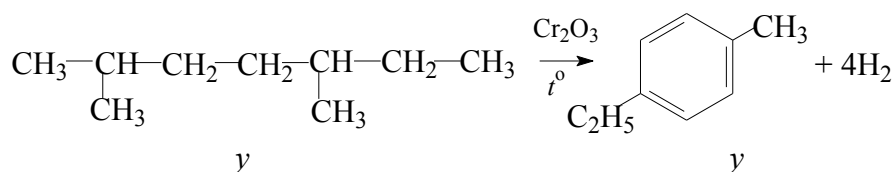
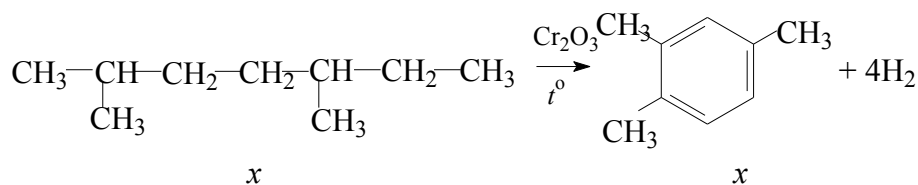
Для полного обесцвечивания раствора **B** потребуется следующий объем раствора сульфида калия:

$$V = \frac{v}{c} = \frac{0.09}{0.25} = 0.36 \text{ л} = 360 \text{ мл.}$$

Ответ: 8.4 г Li_3N , 360 мл.

10. При нагревании 2,5-диметилгептана до 450°C в присутствии оксида хрома получили 24 г смеси ароматических углеводородов. Смесь обработали избытком подкисленного раствора KMnO_4 , при этом выделилось 1.12 л газа (н. у.). Образовавшиеся органические вещества отделили и высушили. Установите качественный и количественный состав полученной смеси. На сколько уменьшится масса данной смеси при ее нагревании до 200°C ? (16 баллов)

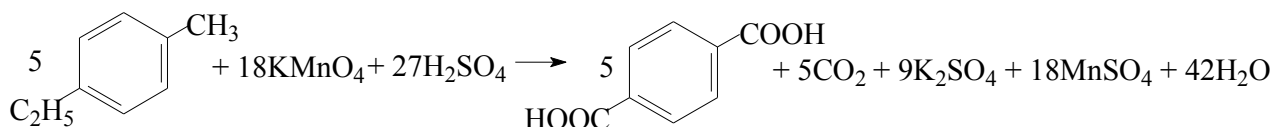
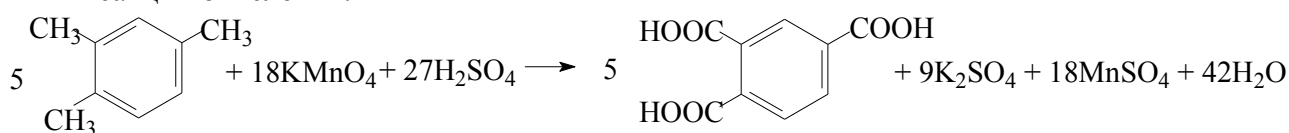
Решение. Найдем количества ароматических углеводородов, полученных дегидроциклизацией исходного вещества:



$$v(\text{C}_9\text{H}_{12}) = \frac{24}{120} = 0.2 \text{ моль,}$$

$$x + y = 0.2.$$

Реакции окисления:



Количество углекислого газа:

$$v(\text{CO}_2) = \frac{1.12}{22.4} = 0.05 \text{ моль.}$$

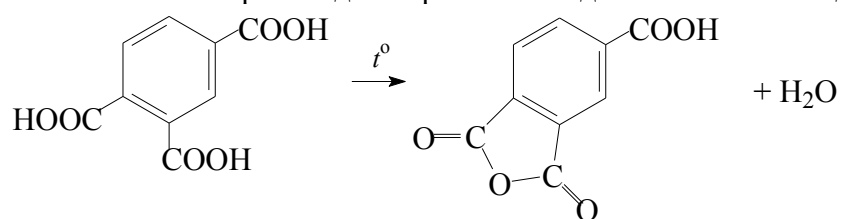
$$y = 0.05, x = 0.15.$$

Массы кислот:

$$m(\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_6) = 0.15 \cdot 210 = 31.5 \text{ г},$$

$$m(\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4) = 0.05 \cdot 166 = 8.3 \text{ г}.$$

При нагревании смеси кислот происходит образование единственного ангидрида:



$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.15 \text{ моль},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0.15 \cdot 18 = 2.7 \text{ г}.$$

Ответ: бензол-1,2,4-трикарбоновой кислоты 0.15 моль (31.5 г), бензол-1,4-дикарбоновой (терефталевой) кислоты 0.05 моль (8.3 г); 2.7 г.

**Очный
(заключительный) этап**

7-9 классы

1. Напишите уравнение реакции между двумя газами, в результате которой образуются жидкость (при обычных условиях) и газ. (4 балла)

Решение. Возможно много вариантов решения, например:

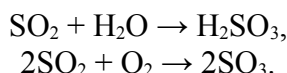


2. Заряд ядра элемента в 2 раза больше номера его группы в периодической системе. Какой это элемент? Сколько электронов в его атоме? (4 балла)

Ответ: бериллий Be ($Z = 4$, II группа). Атом бериллия содержит 4 электрона.

3. Приведите пример вещества, которое может вступать в реакции соединения и с кислородом, и с водой. Напишите уравнения этих реакций. (6 баллов)

Решение. Можно привести несколько подходящих веществ, например SO_2 , P_2O_3 , BaO . Уравнения реакций:



4. К воде добавили неизвестную жидкость и получили 10%-ный раствор. В этом растворе на одну молекулу жидкости приходится 16 молекул воды. Найдите молекулярную массу жидкости. (6 баллов)

Решение. Масса 16 моль воды $16 \cdot 18 = 288$ г, что составляет 90%, а один моль жидкости весит M г, и это 10%. Решение пропорции дает

$$M = \frac{288}{9} = 32 \text{ г/моль}.$$

Ответ: 32 г/моль.

5. Озон – очень ядовитый газ. Его предельно допустимое содержание в воздухе составляет всего 0.03 мг/м^3 . При таком содержании сколько молекул озона приходится на один миллиард молекул воздуха (н. у.)? (10 баллов)

Решение. Возьмем 1 м^3 воздуха. Количества воздуха и озона:

$$\begin{aligned}v(\text{возд}) &= 1000 / 22.4 = 44.6 \text{ моль}, \\ v(\text{O}_3) &= 0.03 \cdot 10^{-3} / 48 = 6.25 \cdot 10^{-7} \text{ моль}.\end{aligned}$$

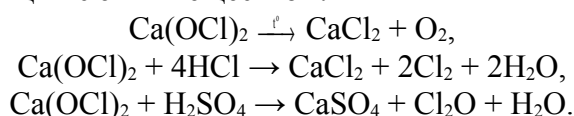
Отношение чисел молекул:

$$\begin{aligned}N(\text{O}_3) : N(\text{возд}) &= v(\text{O}_3) : v(\text{возд}), \\ N(\text{O}_3) : N(\text{возд}) &= 1.4 \cdot 10^{-8}.\end{aligned}$$

Ответ: 14 молекул озона на миллиард молекул воздуха.

6. Д.И. Менделеев в учебнике «Основы химии» писал: «Итак, в белильной извести нужно признать существование по крайней мере двух веществ: хлористого кальция и вещества, подобного водной извести, в которой водород замещен хлором. Это вещество при различных обстоятельствах может разлагаться или с выделением кислорода, или с выделением хлора, или с выделением окиси хлора». Что такое белильная известь? Какое вещество имел в виду Менделеев? Предложите уравнения реакций, характеризующих описанные превращения. (12 баллов)

Решение. Белильная известь – CaOCl_2 , или $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OCl})_2$ (хлорид-гипохлорит кальция). Уравнения реакций с этим веществом:



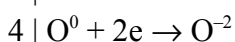
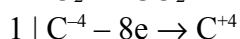
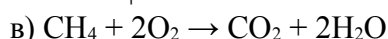
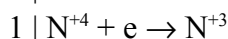
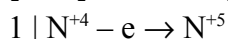
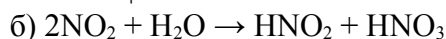
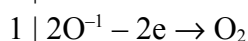
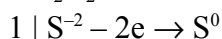
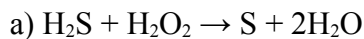
(Если вместо $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ правильные уравнения реакций записаны с CaOCl_2 , ставится полный балл).

7. Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций, в которых:

а) атомы и окислителя, и восстановителя имеют отрицательную степень окисления;
б) атомы и окислителя, и восстановителя имеют положительную степень окисления;

в) атом восстановителя отдает больше электронов, чем принимает атом окислителя.
Для каждой реакции приведите схему электронного баланса. (12 баллов)

Решение. Возможно много вариантов решения, например:



8. В состав свинцовых белил входит неорганическая соль свинца, содержащая также углерод, водород и кислород. Содержание самого тяжелого элемента в этой соли равно 20%, а самого легкого – 13.3%. О каких процентах идет речь – о массовых или атомных? Объясните. Установите формулу соли, если доли двух других элементов отличаются в 4 раза. Напишите уравнение термического разложения соли (в инертной атмосфере) и ее реакции с азотной кислотой. (16 баллов)

Решение. Свинец намного тяжелее остальных элементов, поэтому его массовая доля должна быть большой, а в условии – всего 20%, следовательно, речь идет о мольных (атомных) долях. В неорганической соли кислорода должно быть больше, чем углерода (в 4 раза). Найдем мольные доли кислорода и углерода:

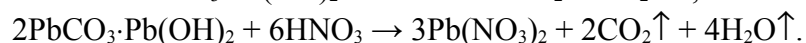
$$\chi(\text{O}) = 4/5 \cdot (100\% - 20\% - 13.3\%) = 53.3\%,$$

$$\chi(\text{C}) = 1/5 \cdot (100\% - 20\% - 13.3\%) = 13.3\%.$$

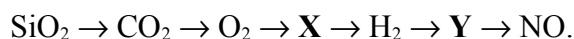
$$\text{Pb} : \text{C} : \text{O} : \text{H} = 20 : 13.3 : 53.3 : 13.3 = 3 : 2 : 8 : 2,$$

формула соли – $\text{Pb}_3\text{C}_2\text{O}_8\text{H}_2$, или $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$.

Уравнения реакций:

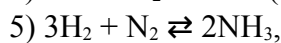
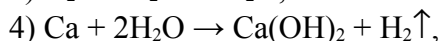
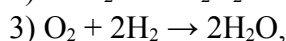
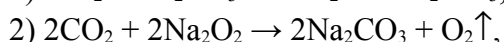
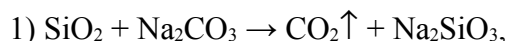


9. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно реализовать следующие превращения:



Определите неизвестные вещества. (12 баллов)

Решение.



Ответ: **X** – H_2O , **Y** – NH_3 .

10. Элемент **X** образует три газообразных соединения со фтором. Самое легкое из них – **A** – в 2 раза тяжелее углекислого газа, два других – **B** и **C** – содержат одинаковое число атомов. Газы **A** и **C** реагируют с водой, образуя по две кислоты. **C** при сильном нагревании

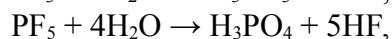
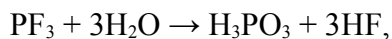
превращается в А. Газ А при нагревании с мелкодисперсным никелем дает летучую жидкость, пары которой в 4.67 раза тяжелее А. Установите элемент X, формулы газов А – С и напишите уравнения всех реакций, о которых идет речь в задании. (18 баллов)

Решение. Определи молярную массу самого легкого соединения со фтором:

$$M(\mathbf{A}) = 2 \cdot 44 = 88 \text{ г/моль.}$$

Такую молярную массу имеют CF_4 и PF_3 , однако CF_4 не реагирует с водой. Значит, X – это фосфор, а соединение А – PF_3 . По шесть атомов содержат PF_5 и P_2F_4 , из них при реакции с водой только две кислоты дает PF_5 , следовательно, B – P_2F_4 , C – PF_5 .

Уравнения реакций:



Установим состав легколетучего жидкого соединения никеля с PF_3 :

$$M(\text{Ni}(\text{PF}_3)_n) = 4.67 \cdot 88 = 411,$$

значит, $n = 4$:

