



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Ахметов Рамиль Маратович**

Класс: **11**

Технический балл: **94**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Антипин Р.Л.

Задание 1. 8 баллов

Задание 2. 16 баллов

Задание 3. 16 баллов

Задание 4. 20 баллов

Задание 5. 16 баллов, во второй реакции выделяется сера, расчёт

Задание 6. 18 баллов, нет последней реакции

Итого: 94 балла

Задача 1

Молярная масса есть сумма протонов и нейтронов. В электронейтральной молекуле число протонов равно числу электронов.

$$M(\text{вещества}) = (42 + 32) \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 74 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Пусть x — число атомов C, y — число атомов O, z — число атомов H. Тогда выполняется система:

$$\begin{cases} 6x + 8y + z = 42, \\ 12x + 16y + z = 74; \end{cases} \Leftrightarrow 6x + 8y = 32 \Leftrightarrow y = \frac{32 - 6x}{8}$$

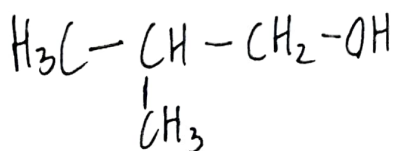
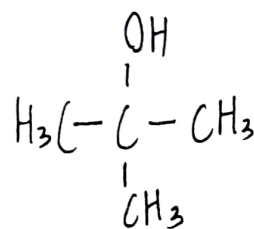
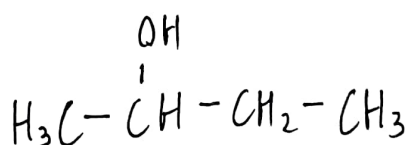
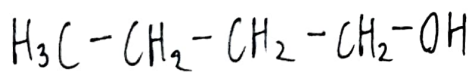
В целых числах решение одно: $x = 4, y = 1$

Тогда: $6 \cdot 4 + 8 \cdot 1 + z = 42 \Leftrightarrow z = 10$

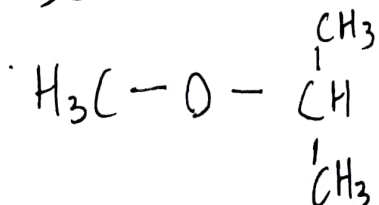
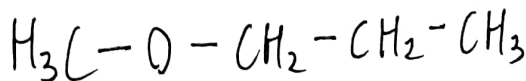
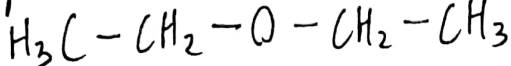
Итого есть формула-формула: $C_4H_{10}O$

Этой формуле удовлетворяет спирт C_4H_9OH и изомерной простой эфир $C_4H_{10}O$.

Спирты C_4H_9OH :



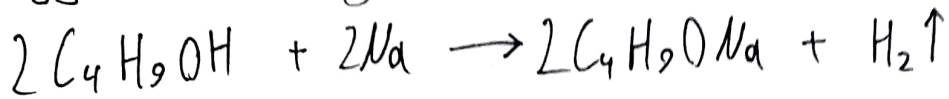
Простые эфиры $C_4H_{10}O$:



Чистовик Вариант 1 лист 2

Задание 1 (продолжение)

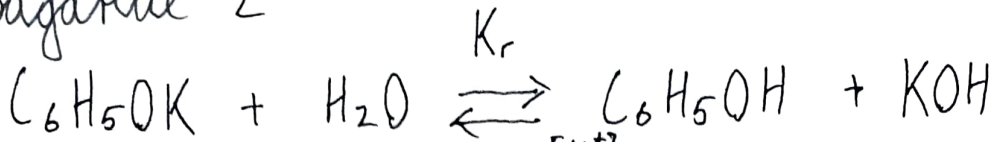
Для того чтобы отличить спирт и простой эфир, можно провести реакцию с Na. Со спиртами будет наблюдаться выделение газа:



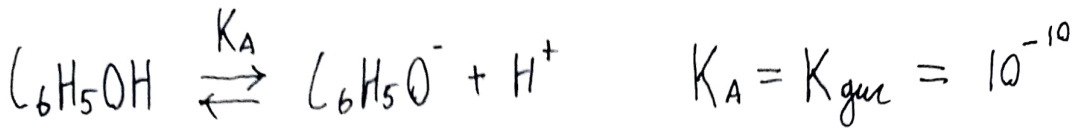
С простыми эфирами газ не выделяется.

Чистовик Вариант 1 лист 3

Задача 2



$$K_r = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} \cdot [H^+] = \frac{[C_6H_5OH][OH^-][H^+]}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{K_w}{K_A}$$



$$pH = 11 \iff pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Из уравнения гидролиза C_6H_5OK следует:

$$[C_6H_5OH] = [OH^-]$$

Тогда:

$$K_r = \frac{K_w}{K_A} = \frac{[OH^-]^2}{[C_6H_5O^-]} \iff [C_6H_5O^-] = \frac{[OH^-]^2 \cdot K_A}{K_w} =$$

$$= \frac{10^{-6} \cdot 10^{-10}}{10^{-14}} = 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

По уравнению материального баланса:

$$L(C_6H_5OK) = [C_6H_5O^-] + [C_6H_5OH] = 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{л}} + 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}} =$$

$$= 0,011 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Ответ: $0,011 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

Чистовик Вариант 1 лист 4

Задача 3

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$\nu(\text{смеси}) \cdot R \cdot T = pV \Leftrightarrow \nu(\text{смеси}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \cdot 1 \text{ л}}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 303 \text{ К}} =$$
$$= \frac{101325 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 303 \text{ К}} = 0,0402 \text{ моль}$$

Пусть $\nu(A) = x$ моль, тогда $\nu(B) = 1,86x$ моль

$$x + 1,86x = 0,0402 \text{ моль} \Leftrightarrow x = 0,014 \text{ моль} - \nu(A)$$
$$\nu(B) = 1,86 \cdot 0,014 \text{ моль} = 0,026 \text{ моль}$$

Пусть $M(A) = a \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, $M(B) = b \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

Тогда:

$$M_{\text{среднее}} = \frac{M(A) \cdot \nu(A) + M(B) \cdot \nu(B)}{\nu(A) + \nu(B)} = \frac{0,014a + 0,026b}{0,04} =$$
$$= 75,9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

При этом $M(B) = 2M(A)$. Соответственно:

$$\frac{0,014a + 0,026 \cdot 2a}{0,04} = 75,9 \Leftrightarrow a = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - M(A)$$

$$M(B) = 2 \cdot 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 92 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Очевидно, что А - диоксид азота NO_2 , В - тетраоксид азота N_2O_4

Ответ: А - NO_2 , В - N_2O_4



$$K_{\text{равн.}} = \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]^2} = \frac{0,026}{(0,014)^2} = 132,653$$

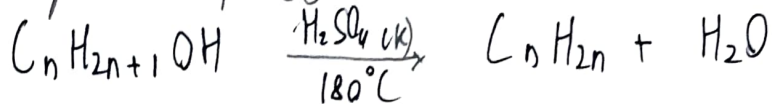
$$K_{\text{обр.}} = \frac{K_{\text{прямой}}}{K_{\text{равновес.}}} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}}{132,653} = 3,769 \cdot 10^{-5} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

Ответ: $3,769 \cdot 10^{-5} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$

Числовик Вариант 1 лист 5

Задача 4

При внутримолекулярной дегидратации соответствующих спиртов образуются алкены:



$$\rho(\text{смесь алкенов}) \cdot R \cdot T = p \cdot V \Leftrightarrow \rho(\text{смесь}) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} =$$

$$= \frac{101325 \text{ Па} \cdot 11,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 433 \text{ К}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\rho(C_n H_{2n+1} OH) = \rho(C_n H_{2n}) \Rightarrow \rho(\text{смесь спиртов}) = \rho(\text{смесь алкенов})$$

Пусть первый спирт — $C_x H_{2x+1} OH$; второй — $C_y H_{2y+1} OH$

$$M(C_x H_{2x+1} OH) = 14x + 18 ; M(C_y H_{2y+1} OH) = 14y + 18$$

При $x < y$ и $X(C_x H_{2x+1} OH) \rightarrow 100\%$, $M(\text{смеси}) \rightarrow M(C_x H_{2x+1} OH)$

$$\text{соответственно } M(C_x H_{2x+1} OH) = \frac{m}{\nu} = \frac{15,92}{0,3 \text{ моль}} =$$

$$= 53 \frac{\text{г}}{\text{моль}}. \text{ Ближайшим образом } X(\text{предельное}) = 3$$

$$\text{Предположим целые } x \text{ и } y: a(14x + 18) + (0,3 - a) \cdot (14y + 18) = 15,9$$

$$a = 0,15 \text{ моль} \rightarrow \rho(\text{первый спирт})$$

$$\rho(\text{второй спирт}) = (0,3 - 0,15) \text{ моль} = 0,15 \text{ моль}$$

Первый спирт — $C_2 H_5 OH$

Второй спирт — $C_3 H_7 OH$

$$m(C_2 H_5 OH) = \nu \cdot M = 0,15 \text{ моль} \cdot 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 6,92$$

$$m(C_3 H_7 OH) = \nu \cdot M = 0,15 \text{ моль} \cdot 60 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 92$$

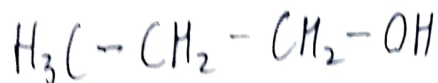
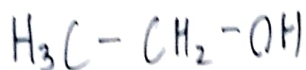
$$\omega(C_2 H_5 OH) = \frac{m(C_2 H_5 OH)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{6,92 \cdot 100\%}{15,92} = 43,4\%$$

$$\omega(C_3 H_7 OH) = 100\% - \omega(C_2 H_5 OH) = 56,6\%$$

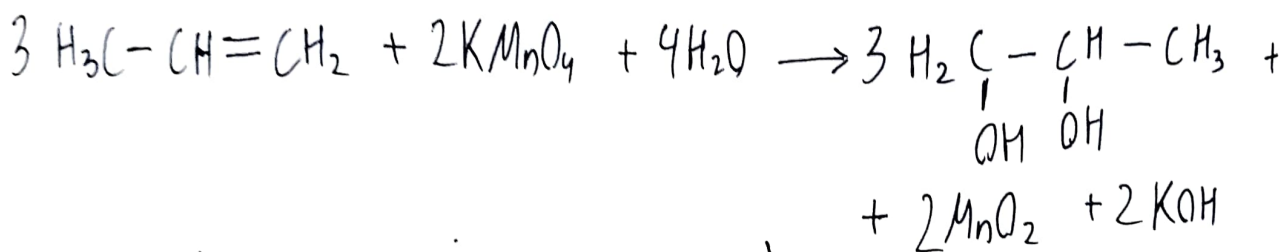
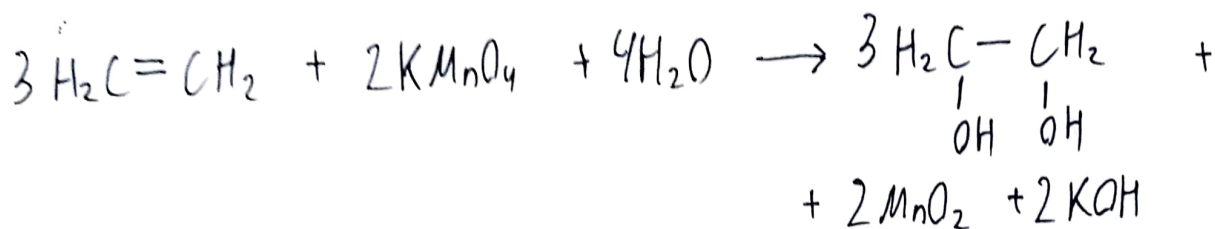
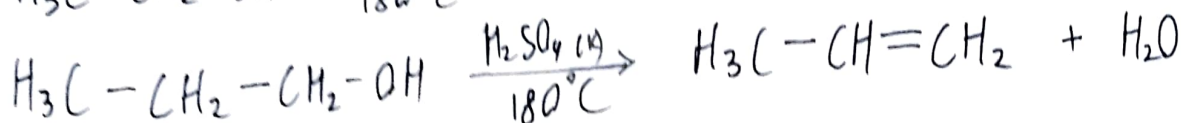
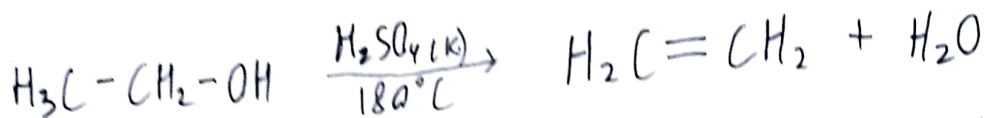
	a
x=1 y=2	-0,15 моль не удовлетвор.
x=2 y=3	0,15 моль
x=3 y=4	0,45 моль не удовлетв.

Чистовик Вариант 1 лист 5

Задача 4 (продолжение)



Ответ: $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 43,4\%$; $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 56,6\%$



$$n(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{3} \cdot n(\text{смеси спиртов}) = \frac{2}{3} \cdot 0,3 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

$$C = \frac{n}{V} \Leftrightarrow V(\text{р-ра KMnO}_4) = \frac{n(\text{KMnO}_4)}{C(\text{KMnO}_4)} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,4 \frac{\text{моль}}{\text{л}}} =$$

$$= 0,5 \text{ л}$$

Ответ: 0,5 л

Числовик Варахт 1 Мет 7

Задача 5

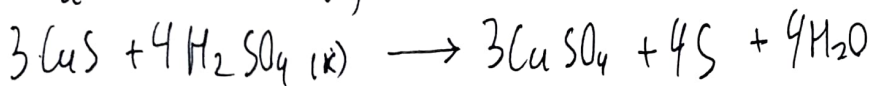
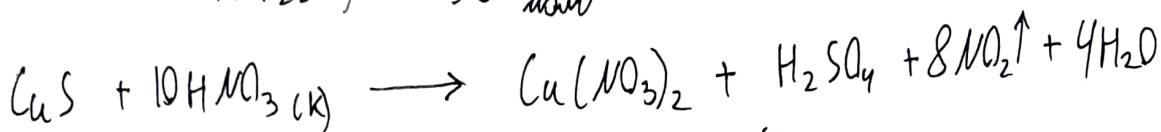
$$\nu(\text{CuS}) = \frac{m(\text{CuS})}{M(\text{CuS})} = \frac{9,6 \text{ г}}{96 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HNO}_3) = \omega(\text{HNO}_3) \cdot m(\text{р-ра HNO}_3) = 63\% \cdot 120 \text{ г} = 75,6 \text{ г}$$

$$\nu(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{75,6 \text{ г}}{63 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m(\text{р-ра H}_2\text{SO}_4) = 98\% \cdot 142,7 \text{ г} = 139,846 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{139,846 \text{ г}}{98 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1,427 \text{ моль}$$



В реакции CuS и HNO₃ CuS в недостатке.

$$\nu(\text{NO}_2) = 8 \nu(\text{CuS}) = 0,8 \text{ моль} \quad m(\text{NO}_2) = \nu \cdot M = 0,8 \text{ моль} \cdot 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} =$$

$$= 36,8 \text{ г}$$

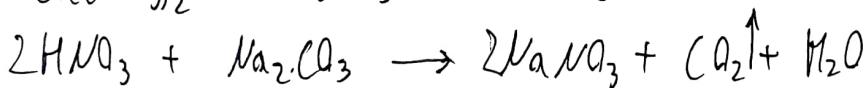
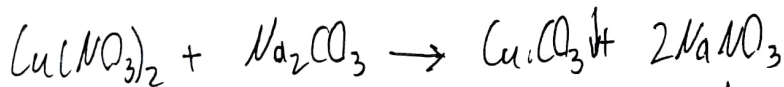
$$m(\text{раств. HNO}_3) = m(\text{CuS}) + m(\text{р-ра HNO}_3) - m(\text{NO}_2) = 9,6 \text{ г} + 120 \text{ г} - 36,8 \text{ г} = 92,8 \text{ г}$$

В реакции CuS и H₂SO₄ CuS в недостатке:

$$m(\text{раств. H}_2\text{SO}_4) = m(\text{CuS}) + m(\text{р-ра H}_2\text{SO}_4) = 9,6 \text{ г} + 139,846 \text{ г} = 149,446 \text{ г}$$

$$\Delta m = 149,446 \text{ г} - 92,8 \text{ г} = 56,646 \text{ г}$$

$$\text{Ответ: } \Delta m = 56,646 \text{ г}$$



$$\nu(\text{раств. HNO}_3) = 1,2 \text{ моль} - 10 \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{1}{2} \nu(\text{HNO}_3) = 0,1 \text{ моль} \quad m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (0,1 \cdot 106) \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 10,6 \text{ г}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль} \quad m(\text{CO}_2) = (0,1 \cdot 44) = 4,4 \text{ г}$$

$$\Delta m_1 = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - m(\text{CO}_2) = 6,2 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 10 \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1 \text{ моль} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г}$$

$$\Delta m_1 = 6,2 \text{ г} + 18 \text{ г} = 24,2 \text{ г}$$

Чистовик Вариант 1 лист 8

Задача 5 (продолжение)

$$\Delta m_2 = \Delta m - \Delta m_1 = 56,6462 - 24,2 = 32,4462$$

$$m_1(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 28,62$$

$$m_2(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 32,4462$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{\text{общ}}) = 28,62 + 32,4462 = 61,0462$$

Ответ: 61,0462 нужно поместить в чашу с HNO_3

Чистовик Вариант 1 лист 9

Задание 6

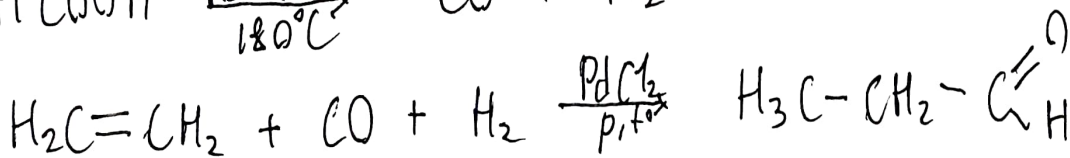
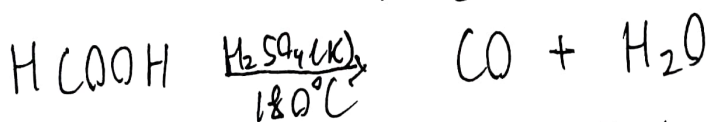
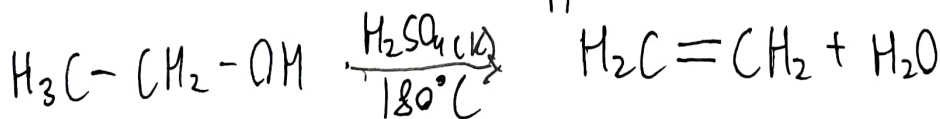
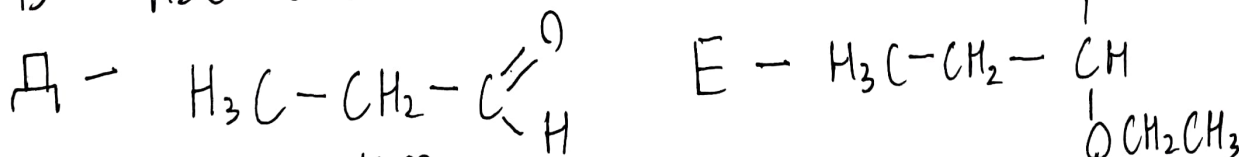
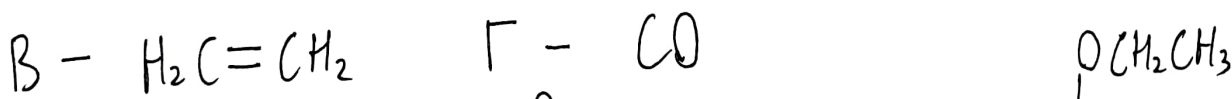
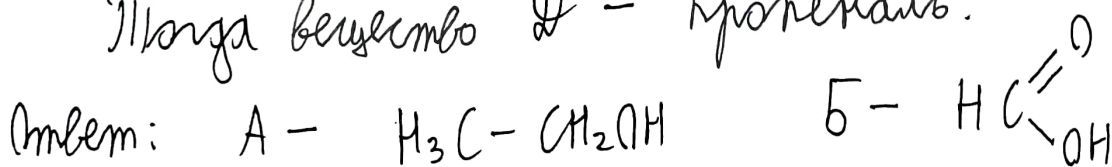
Вещество D взаимодействует с $\text{Cu}(\text{OH})_2$ с образованием лака. Предполагаю, что идет реакция окисления альдегидной группы.

$$M(\text{смеси В и Г}) = D_{\text{O}_2}(\text{смеси}) \cdot M(\text{O}_2) = 0,875 \cdot 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

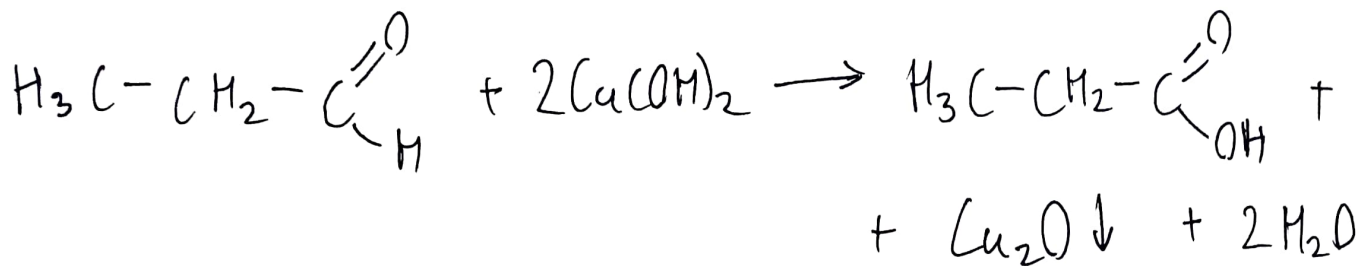
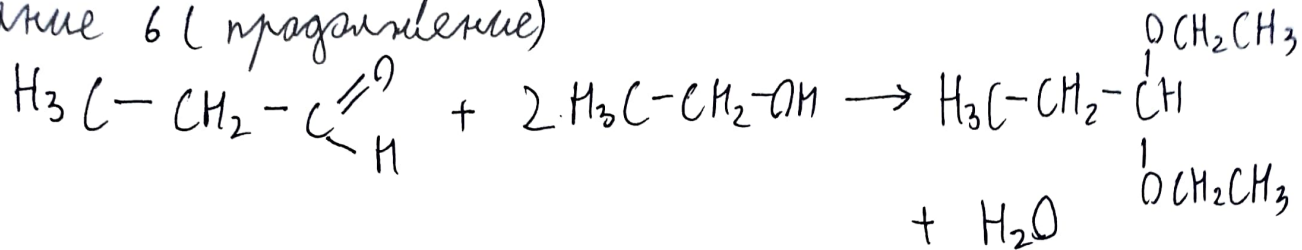
Так как одно из веществ А и Б является кислотой и при действии горячей концентрированной кислоты образуется, предполагаю, что А и Б — спирт и муравьиная кислота.

При разрушении (дегидратации) HCOOH образуется CO с молярной массой $28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Из этого следует, что алкен имеет такую же молярную массу $28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Следовательно, этот алкен — этен C_2H_4 .

Тогда вещество D — пропеналь.



Чистовик Вариант 1 лист 10
Задача 6 (продолжение)



$$n(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Cu}_2\text{O})}{M(\text{Cu}_2\text{O})} = \frac{21,6 \text{ г}}{144 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}) = n(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{пропаналь}) = n \cdot M = 0,15 \text{ моль} \cdot 58 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 8,7 \text{ г}$$

Ответ: 8,7 г

Черновик

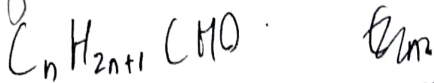
лист 11

Задача 1

42 элемента = 42 атомов

$$M = 42 + 32 = 74 \text{ а.е.м.}$$

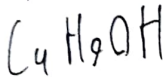
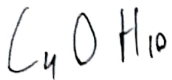
Предположим углеводород и оксид:



$$14n + 1 + 12 + 1 + 16 = 74$$

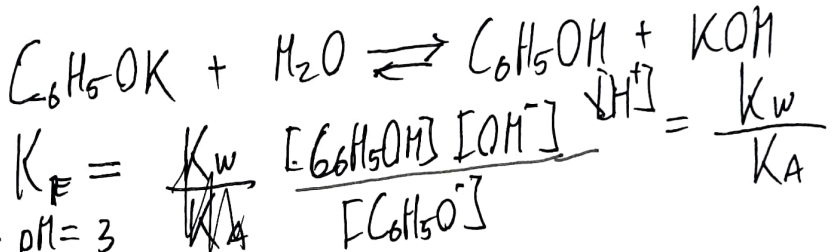
Пусть x атомов C, y атомов O, z атомов H

$$\begin{cases} 6x + 8y + z = 42 \\ 12x + 16y + z = 74 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6x + 8y = 32 \\ x = 4 \\ y = 1 \end{cases}$$



Задача 2

pH



$$pH = 11 \Leftrightarrow pOH = 14 - pH = 3$$

$$[O H^-] = 10^{-3}$$

Задача 3



$$p \cdot R \cdot T = p \cdot V \Rightarrow p = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \cdot 303 \text{ К}} = 0,0402 \text{ моль}$$

Пусть x моль A, $1,86x$ моль B

$$0,0402 \quad x + 1,86x = 0,402 \Rightarrow x =$$

$$K_{равно} = \frac{K_{моль}}{K_{объемной}}$$

$$K_{равно} = \frac{1,86}{1} = 1,86$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Leftrightarrow n(\text{моль}) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 11,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \cdot 433 \text{ К}}$$

$$= 0,3 \text{ моль}$$



Пусть $n(\text{неполн}) = x$ моль, тогда $n(\text{всего}) = (0,3 - x)$ моль

$$15,9 \rightarrow (12x + 2x + 1 + 16 + 1)$$

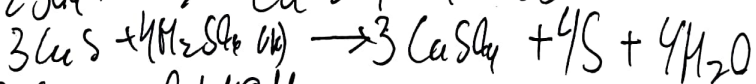
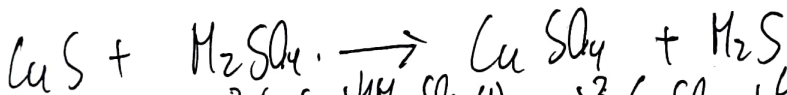
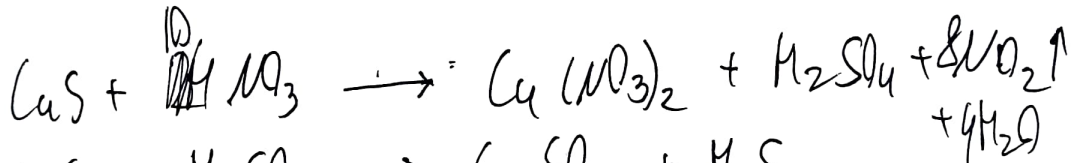
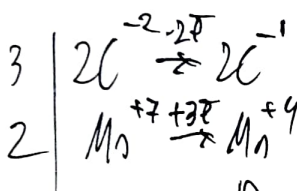
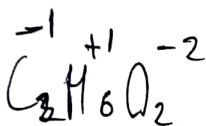
$$a \cdot (14x + 18) + (0,3 - a)(14y + 18) = 15,9$$

$$14ax + 18x + 4,2y + 5,4 - 14ay - 18a = 15,9$$

$$14a(x - y) + 18x + 4,2y - 18a = 10,5$$

$$a(14(x - y) - 18) + 18x + 4,2y = 10,5$$

$$a = 10,5$$



$$n(CuS) = \frac{9,62}{26 \frac{2}{220}} \Rightarrow 0,1 \text{ моль}$$

$n(HNO_3)$

$$m(H_2S) = 0,1 \cdot 34 = 3,42$$

$$m(\text{раствора } HNO_3) = 9,62 + 1202 - 3,4$$

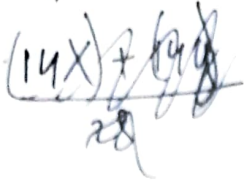
$$= 8,16 + 142,72 - 3,4$$

Анам 12

Черновик
Задача 6

лист 13

$C_n H_{2n}$



28