



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Узаков Родион Рустамович**

Класс: **11**

Технический балл: **98**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Шифр работы:	9821419
Оценка:	98
Экзаменатор:	Пичугина
Описание работы:	
№ 1	8 баллов
№ 2	16 баллов
№ 3	16 баллов
№ 4	20 баллов
№ 5	18 баллов (небольшая ошибка в расчете кристаллогидрата)
№ 6	20 баллов

①

Задача.

Пусть количество электронов - \bar{e} , а нейтронов - n , формула изомеров $C_xH_yO_z$ у углерода $\bar{e}(C)=6, n(C)=6$, у кислорода $\bar{e}(O)=8, n(O)=8$, у водорода $\bar{e}(H)=1, n(H)=0$. Тогда так как по условию вообще $\bar{e}=42, n=32$, то получим:

$$\begin{cases} 6x + 8y + 2z = 42 \\ 6x + 8y = 32 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3z + 4y = 10 \\ z = 10 \end{cases}$$

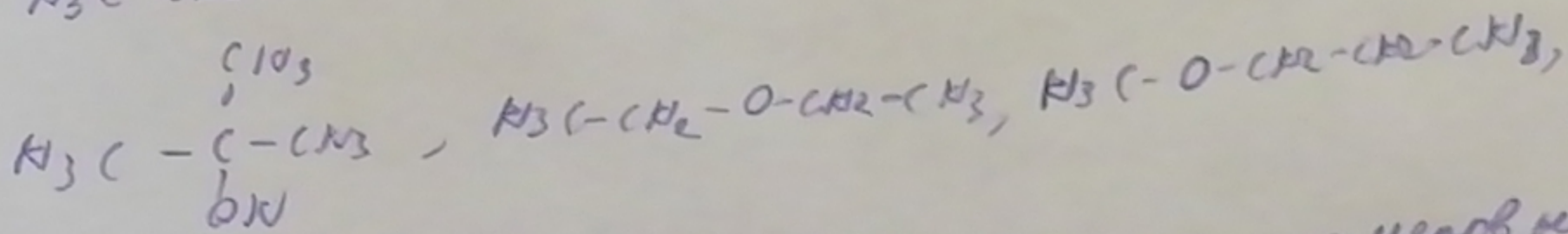
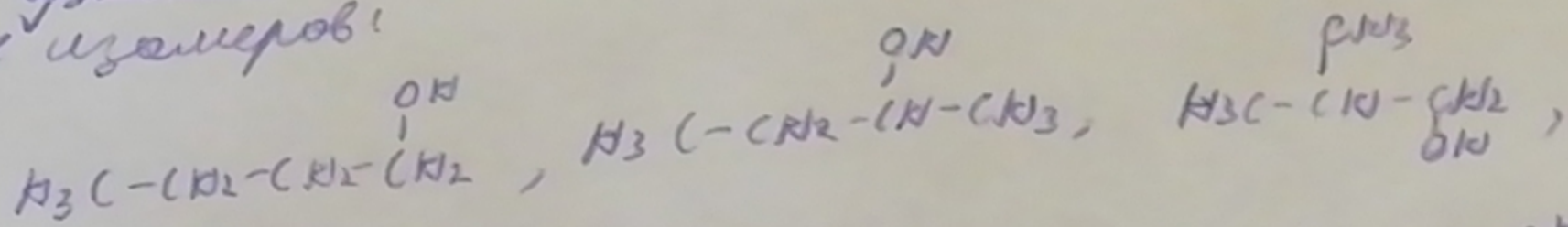
Так как $x, y \in \mathbb{N}$, то возможно только 1 ситуация $x=4, y=1$. Тогда общая формула изомеров

$C_4H_{10}O$. Так как $4 \cdot 2 + 2 = 10$, то это соединения

кальциевые. Тогда это могут быть либо спирты,

либо простые эфиры. Тогда структурные формулы

всех ^{возможных} изомеров:

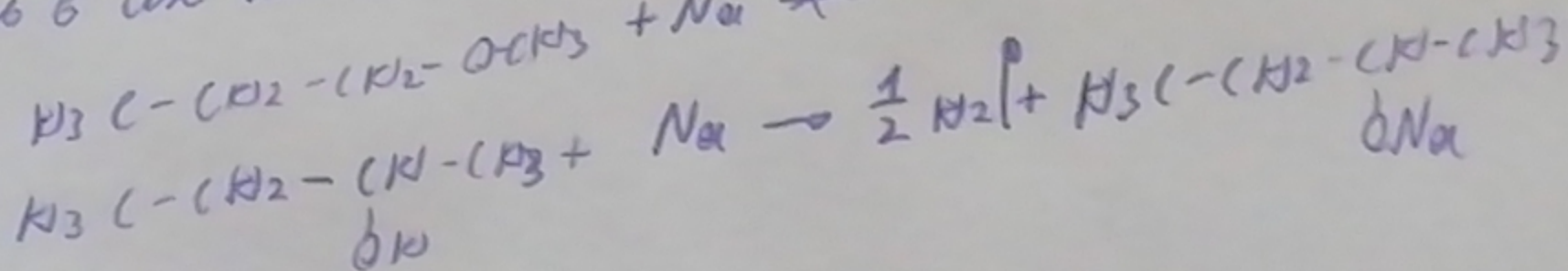
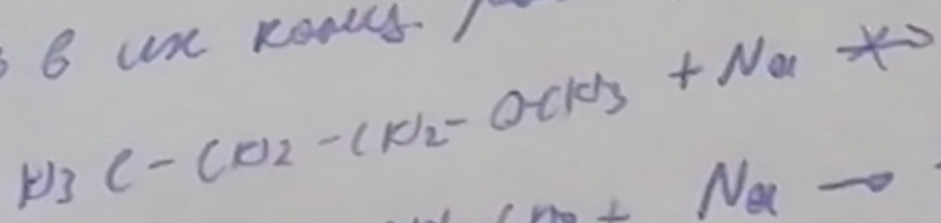


$H_3C-\overset{CH_3}{\underset{|}{C}}-O-CH_3$. Так как про строение изомеров ничего

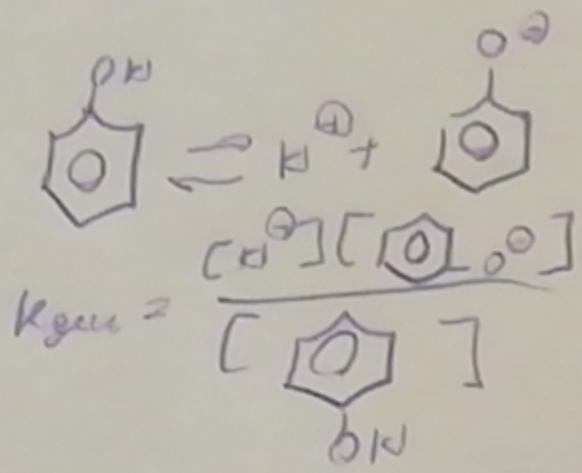
не сказано, то рассмотрим $H_3C-CH_2-CH_2-\overset{OH}{\underset{|}{C}}H_2$ (спирт) и

$H_3C-CH_2-CH_2-O-CH_3$ (простейший эфир). Отметить их можно, если

иметь в их концы реактор Na :



2) Диссоциация фенола:

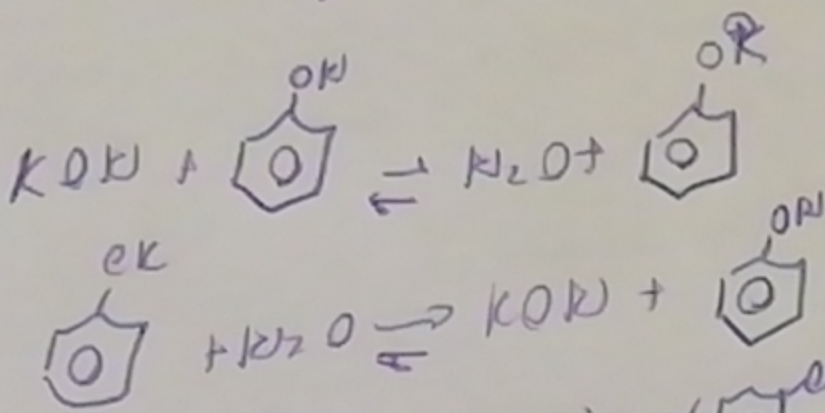


Пусть продиссоциировало x молекул фенола (в равновесии)

тогда $[\text{H}^+] = x$ моль/л

Вещь с моль/л $K_{\text{дис}} = 10^{-10}$ Пусть изначальное количество

$$10^{-10} = \frac{x^2}{1-x} \Rightarrow x \approx \frac{10^{-5}}{1}$$

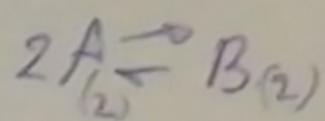


$[\text{OH}^-] = [\text{KOH}] = (\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-)$, м.к. в 1-е изначальное количество $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$

$$\begin{array}{l}
 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 1-x \approx \frac{1}{11} x \Rightarrow (2 \cdot 11 \cdot 10^{-3}) \text{ моль/л} \\
 x \approx \frac{10}{11} \cdot 11 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} \approx 10^{-2} \text{ моль/л}
 \end{array}$$

Ответ: 10^{-2} моль/л.

3



$\mu(A) \chi(A) + \mu(B) \chi(B) = \mu(\text{смеси})$; $\mu(\text{смеси}) = 35,92 \text{ кДж/моль}$

$$\chi(A) = \frac{1,80}{1,80+1}; \chi(B) = \frac{1,80}{1,80+1}$$

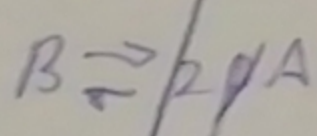
$\mu(B) = 2\mu(A)$, т.к. реакция димеризация.

$$\mu(A) \cdot \frac{1,80}{1,80+1} + 2\mu(A) \cdot \frac{1,80}{1,80+1} = 35,92 \text{ кДж/моль}$$

$\mu(A) = 46,2 \text{ кДж/моль}$. Тогда учитывая стехиометрию А к В.

Димеризация А - NO_2 , В - N_2O_4

$$K_{\text{кр}} = \frac{p(B)}{p(A)^2} \quad \text{В момент равновесия:}$$



$$k_{\text{обр}} =$$

$k_{\text{пр}} = k_{\text{обр}}$, где $k_{\text{пр}}$ - скорость $2A \rightarrow B$,

$$k_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} [A]^2 p(A)^2$$

$$k_{\text{обр}} = k_{\text{обр}} p(B)$$

$$p(A) = \chi(A) p; p(B) = \chi(B) p$$

$$\Rightarrow k_{\text{пр}} \left(\frac{1,80}{1,80+1} p \right)^2 = k_{\text{обр}} \left(\frac{1,80}{1,80+1} p \right)$$

$$k_{\text{обр}} = 9,188 k_{\text{пр}}$$

$$k_{\text{обр}} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,188 \text{ л/моль-мин}$$

$$k_{\text{пр}} = 9,4 \cdot 10^{-4} \text{ л/моль-мин}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{709325 \text{ Па} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 303 \text{ К}}$$

$$\nu = 0,04 \text{ моль}; \nu(B) = \frac{4,86}{1,80+1} \cdot 0,04 \text{ моль} = 0,026 \text{ моль}$$

$$\nu(A) = \frac{1}{1,80+1} \cdot 0,04 \text{ моль} = 0,014 \text{ моль}$$

$$c(B) = 0,026 \text{ моль/л}; c(A) = 0,014 \text{ моль/л}$$

$$k_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} [A]^2; k_{\text{обр}} = k_{\text{обр}} c(B) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow k_{\text{обр}} = \frac{k_{\text{пр}} [A]^2}{c(B)}; k_{\text{обр}} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ л/моль-мин} \cdot (0,014 \text{ моль/л})^2}{0,026 \text{ моль/л}}$$

$$k_{\text{обр}} = 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$$

Ответ: А - NO_2 , В - N_2O_4 , $k_{\text{обр}} = 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$

а) По уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$p = p_{\text{норм}} = 101325 \text{ Па}, R = 8,314 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}, T = 120^\circ\text{C} = 453 \text{ К}$$

$$V = 11,15 \text{ л} = 11,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\nu = \frac{pV}{RT}; \nu = \text{моль} \frac{11,15 \cdot 10^{-3} \cdot 101325}{8314 \cdot 453}$$

$$\nu = 0,3 \text{ моль}$$

Эта смесь средняя молярная масса спиртов - М_{ср}. н.к. ν (спиртов) = 0,3 моль, но

$$M_{\text{ср}} = 15,92; 0,3 \text{ моль} = 532 \text{ моль}$$

Так как спирты первичные, содержат минимум 2 атома углерода (внутренняя группа), а $53 > M(\text{этанол}), 53 < M(\text{пропанол-1})$,

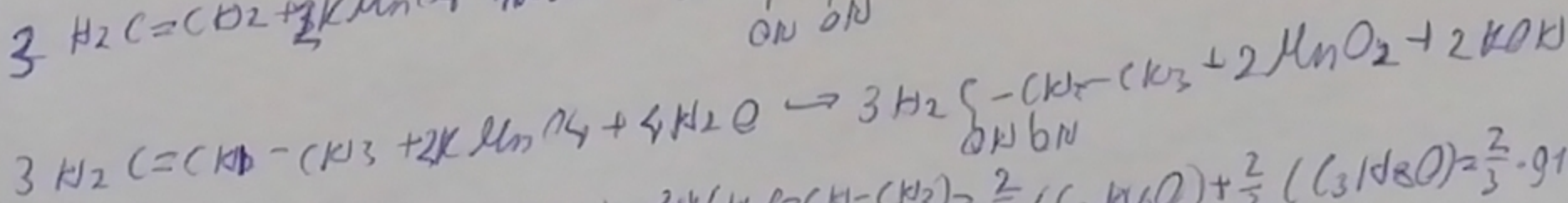
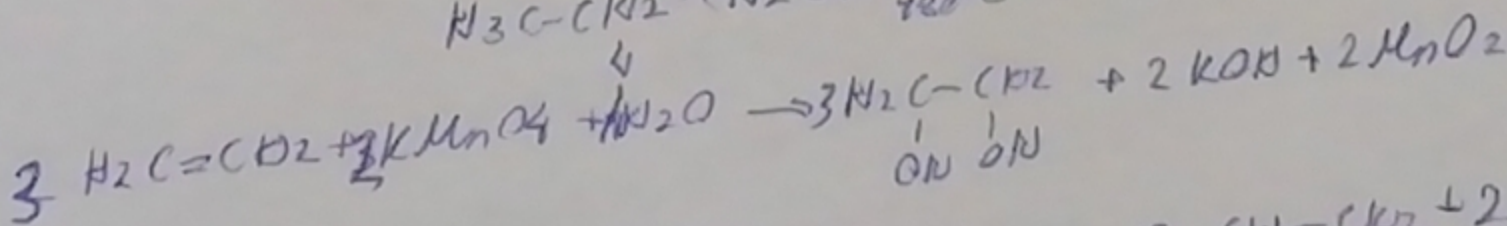
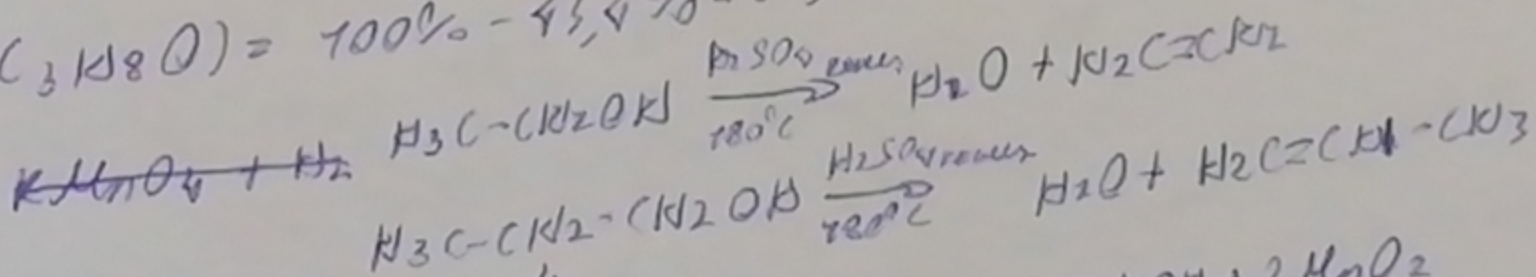
$$\frac{M(\text{этанол}) + M(\text{пропанол})}{2} = \frac{46 \text{ г/моль} + 60 \text{ г/моль}}{2} = 53 \text{ г/моль, но}$$

возможный состав жидкой смеси: $\text{K}_3\text{C}-\text{C}(\text{K}_2) \text{ и } \text{K}_3\text{C}-\text{C}(\text{K}_2)-\text{C}(\text{K}_2) \text{ в соотнош.}$
 моли (моль) 1:1, $\nu(\text{K}_3\text{C}-\text{C}(\text{K}_2)\text{OK}) = \nu(\text{K}_3\text{C}-\text{C}(\text{K}_2)-\text{C}(\text{K}_2)\text{OK}) = \frac{0,3 \text{ моль}}{2} = 0,15 \text{ моль}$

$$m(\text{K}_3\text{C}-\text{C}(\text{K}_2)\text{OK}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 6,9 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{K}_6\text{O}) = \frac{6,92}{15,92} \cdot 100\% = 43,4\%$$

$$\omega(\text{C}_3\text{K}_8\text{O}) = 100\% - 43,4\% = 56,6\%$$



$$\nu(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{3} \nu(\text{K}_2\text{C}=\text{C}(\text{K})) + \frac{2}{3} \nu(\text{K}_2\text{C}=\text{C}(\text{K})-\text{C}(\text{K})) = \frac{2}{3} (\text{C}_2\text{K}_6\text{O}) + \frac{2}{3} (\text{C}_3\text{K}_8\text{O}) = \frac{2}{3} \cdot 0,15 \cdot 2 \text{ моль} =$$

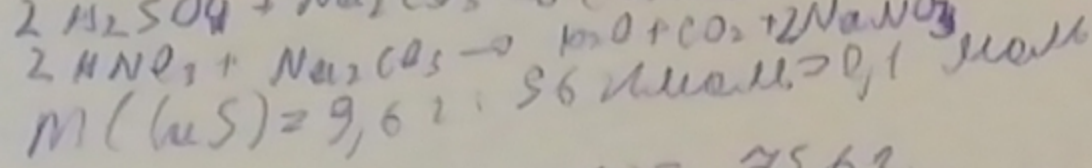
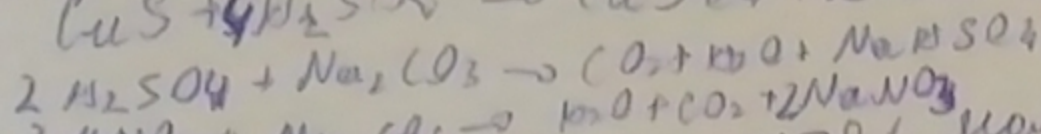
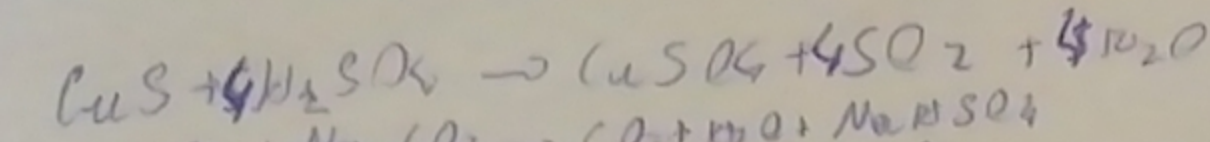
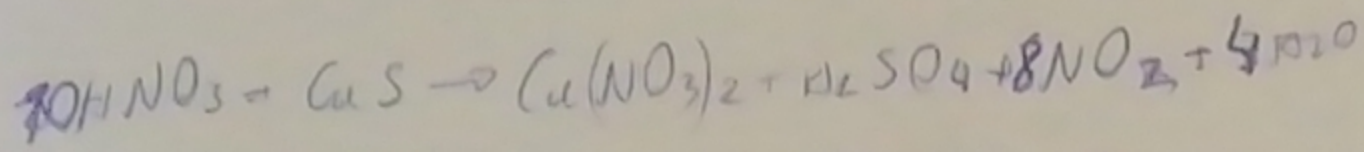
$$= 0,2 \text{ моль}$$

$$V(\text{KMnO}_4) = 0,2 \text{ моль} : 0,4 \text{ моль/л} = 0,5 \text{ л}$$

Ответ: смесь $\text{K}_3\text{C}-\text{C}(\text{K}_2)\text{OK}$ и $\text{K}_3\text{C}-\text{C}(\text{K}_2)-\text{C}(\text{K}_2)\text{OK}$, $\omega(\text{C}_2\text{K}_6\text{O}) = 43,4\%$, $\omega(\text{C}_3\text{K}_8\text{O}) = 56,6\%$,

$$V(\text{KMnO}_4) = 0,5 \text{ л}$$

5) Решите уравнение реакции:



$$M(\text{CuS}) = 9,6 \text{ г}; 56 \text{ ммоль} \Rightarrow 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6 \text{ г}$$

$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = v(\text{CuS}) = 0,1 \text{ моль}$$

$$v(\text{NO}_2) = 8 \cdot v(\text{CuS}) = 0,8 \text{ моль}$$

$$v(\text{CuNO}_3) = 10 \cdot v(\text{CuS}) = 1,0 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{NO}_2) = 0,8 \text{ моль} \cdot 46 \text{ ммоль} = 36,8 \text{ г}$$

$$m_1 = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,98 \cdot 142,4 = 139,552 \text{ г}$$

$$v_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 139,552 : 98 \text{ ммоль} = 1,424 \text{ моль}$$

$$v(\text{SO}_2) = 4 \cdot v(\text{CuS}) = 0,4 \text{ моль}; m(\text{SO}_2) = 0,4 \text{ моль} \cdot 64 \text{ ммоль} = 25,6 \text{ г}$$

$$v_0(\text{H}_2\text{SO}_4) = v_2(\text{H}_2\text{SO}_4) - v(\text{CuS}) = 1,424 \text{ моль} - 0,1 \text{ моль} = 1,324 \text{ моль}$$

$$m_2 = 142,72 \cdot 0,62 - 25,62 = 126,68 \text{ г}$$

$m_2 > m_1 \Rightarrow$ добавили кристаллограм в 1 пробирку.

$$\Delta m = 126,68 \text{ г} - 92,8 \text{ г} = 33,88 \text{ г}$$

Проверим, хватает ли кислот в 1 пробирку улетучивая CO_2 :

$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 33,882 : 286 \text{ ммоль} = 0,12 \text{ моль}$$

$$0,12 \leq \frac{1}{2} v(\text{HNO}_3) + v(\text{H}_2\text{SO}_4); 0,12 \leq 0,2 \cdot \frac{1}{2} + 0,1 \Rightarrow \text{всё } \text{CO}_2 \text{ тогда улетит.}$$

Для полной нейтрализации кислот нужно $\frac{0,2 + 0,2}{2} = 0,2 \text{ моль}$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \text{ тогда } \Delta m_1 = 0,4 \cdot (23 \cdot 5 \cdot 18) = 45,2 \text{ г} > 33,88 \text{ г. Тогда кислоты}$$

нейтрализованы не полностью. Тогда достаточно почитать

$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{33,882}{(23 \cdot 2 + 10 \cdot 18)} = 0,15 \text{ моль} = v(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$$

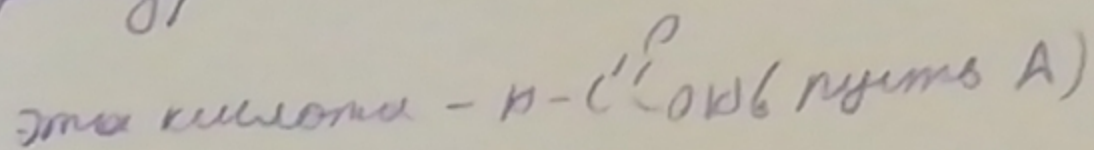
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286 \text{ г/моль} \cdot 0,15 \text{ моль} = 42,9 \text{ г}$$

Ответ: в 1 пробирку 42,9 г ~~карбоната~~ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\Delta m = 33,882 \text{ г}$ - разность

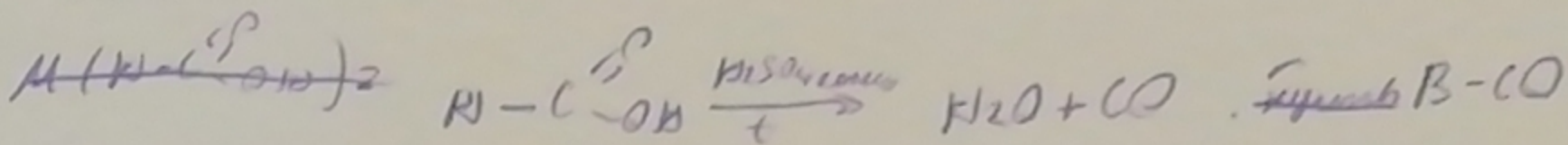
в 1 пробирке.

Уитовик.

6) При действии H_2SO_4 конц. может быть проведено дегидратация тогда т.к. сказано, что А - α -кетокислота, то

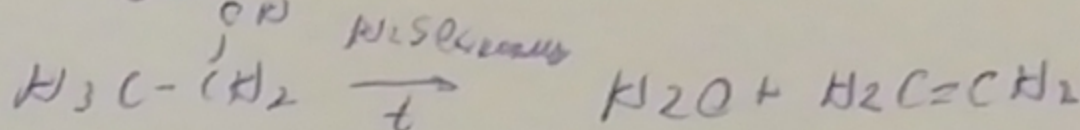
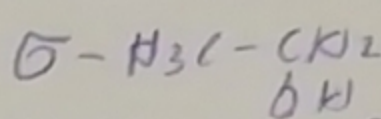


$$M(\text{смеси}) = M(O_2) \cdot \rho_{O_2}(\text{смеси}) = 32 \text{ моль} \cdot 0,875 = 28 \text{ г/моль}$$



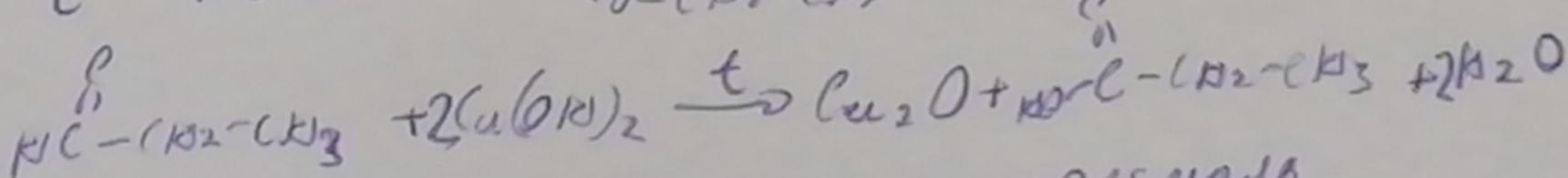
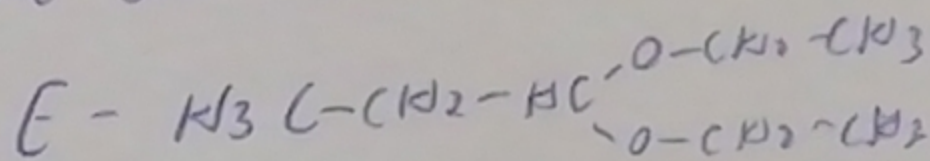
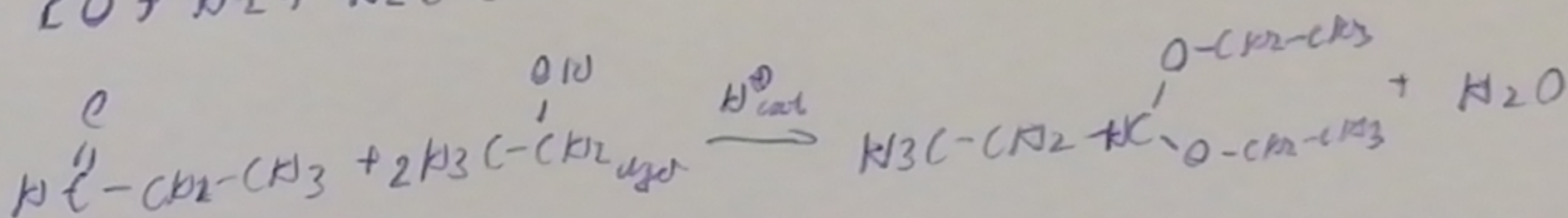
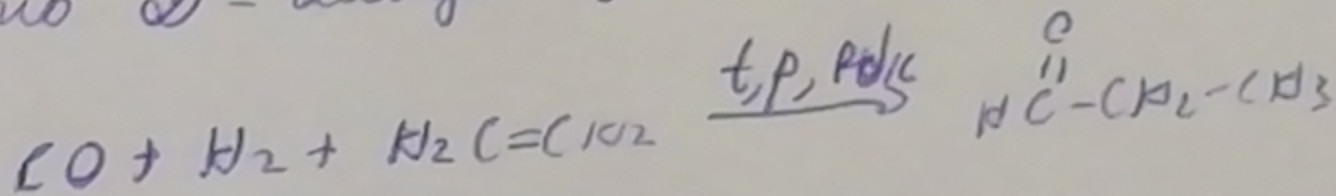
$$M(CO) = 28 \text{ г/моль} \Rightarrow M(\Gamma) = 28 \text{ г/моль}$$

Тогда логично предположить, что $\Gamma - H_2C=CH_2$,



$Cu(OH)_2$ реагирует либо с альдегидами, либо с кетонами, либо с карбоновыми кислотами, либо с аминами.

Так при гидролизе ацетилхлорида не получается, но D - альдегид. $D - H-C(=O)-CH_2-CH_3$



$$M(Cu_2O) = 144 : (64 \cdot 2 + 16) \text{ г/моль} = 9,15 \text{ г/моль}$$

$$V(Cu_2O) = V(H-C(=O)-CH_2-CH_3) = 9,15 \text{ моль}$$

$$m(H-C(=O)-CH_2-CH_3) = 9,15 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 532,7 \text{ г}$$

Ответ: А - $H-C(=O)OH$, Б - H_3C-CH_2 , В - CO , Г - $H_2C=CH_2$, Д - $H-C(=O)-CH_2-CH_3$, Е - $H_3C-CH_2-O-C(=O)-CH_2-CH_3$, $m(D) = 8,72$.