



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Мацейчик Владислав Владимирович**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Проверил: Музалевский В.М.

Шифр	1	2	3	4	5	6	Сумма
10505520	8	16	16	20	20	20	100

1

2

3

4

5

6

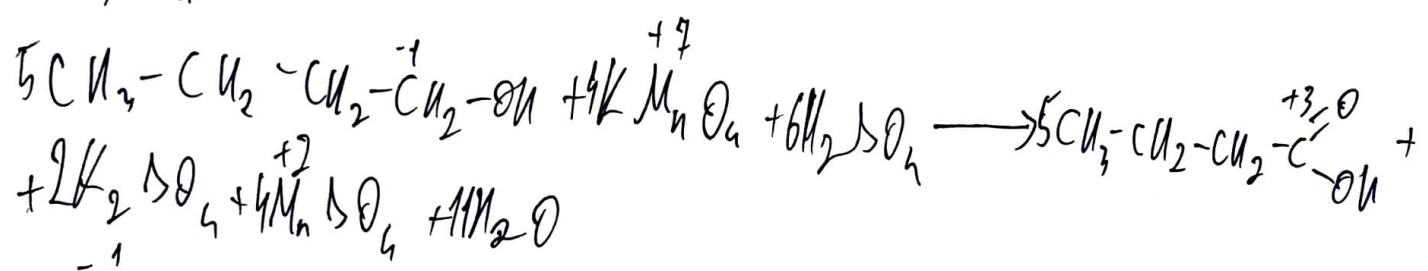
№1.

Так как в-ва состоит только из атомов C, H и O, то можно записать их формулу в виде $C_x H_y O_z$. Так как в атомах водорода нет нейтронов, то можно найти их кол-во (y).

$$y = \bar{e} - n = 42 - 32 = 10. \text{ Тут допустим, что } x = 4. \text{ Тогда } z = \frac{K - 6 \cdot x}{8} = \frac{32 - 6 \cdot 4}{8} = 1. \text{ Тогда формула в-ва - } C_4 H_{10} O. \text{ В-во в первой пробежке - бутанол-1 (} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH \text{); он относится к классу предельных одноатомных спиртов. В-во во второй пробежке - диметиловый эфир (} CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3 \text{); он относится к классу простых эфиров. Чтобы различить эти в-ва, надо в пробежки добавить перманганат калия. В пробежке с бутанолом-1 р-р обесцветится.}$$

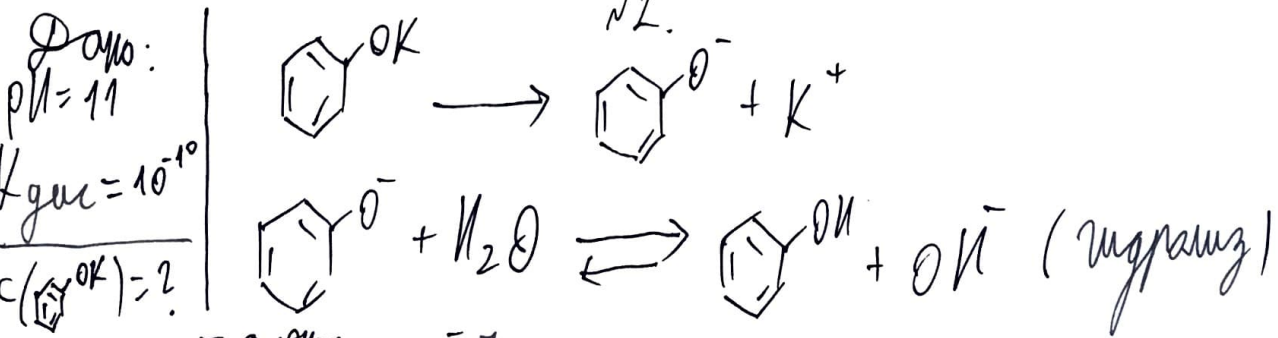
Уточню различить эти в-ва, надо в пробежки добавить перманганат калия. В пробежке с бутанолом-1 р-р обесцветится.

CH₃CH₂CH₂CH₂OH



$$\begin{array}{l} C^{-1} - 4e \longrightarrow C^{+3} \\ Mn^{+7} + 5e \longrightarrow Mn^{+2} \end{array} \left| \begin{array}{l} 5 \\ 4 \end{array} \right.$$

№2.



$$K_{дис} = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]}$$

$$K_w = [OH^-][H^+] = 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_w [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]}{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}]} \quad \text{Так как } K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]} \Rightarrow \text{числитель}$$

$$\Rightarrow K_{\text{гидр}} = \frac{K_w}{K_{\text{гидр}}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-11} \text{ моль/л}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11} \text{ моль/л}} = 10^{-3} \text{ моль/л}$$

	кар	раств
<chem>c1ccccc1[O-]</chem>	C	C - [OH ⁻]
OH ⁻	0	[OH ⁻]
<chem>c1ccccc1O</chem>	0	[OH ⁻]

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C - [\text{OH}^-]}$$

$$10^{-4} = \frac{(10^{-3} \text{ моль/л})^2}{C - 10^{-3} \text{ моль/л}}$$

$$10^{-4} C - 10^{-7} = 10^{-6}$$

$$10^{-4} C = 10^{-7} \cdot 11$$

$$C = 0,011 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = C = 0,011 \text{ моль/л}$$

$$\text{Ответ: } C(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = 0,011 \text{ моль/л}$$

№3.

Дано:
 $V = 1 \text{ л}$
 $t = 30^\circ\text{C}$
 $p = 1 \text{ атм.}$
 $B:A = 1,86:1$
 $M_{\text{см}} = 75,9 \text{ г/моль}$
 $k_1 = 5 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$

 $k_{-1} = ?$

$$2A \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} B$$

$$M(B) = 2M(A)$$

$$M_{\text{см}} = x(A) \cdot M(A) + x(B) \cdot M(B)$$

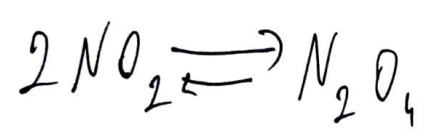
$$M_{\text{см}} = x(A) \cdot M(A) + 2x(B) \cdot M(A)$$

$$x(A) = \frac{1}{1,86+1} \approx 0,35 \quad x(B) = \frac{1,86}{1,86+1} \approx 0,65$$

$$75,9 \text{ г/моль} = 0,35M(A) + 1,3M(A)$$

$$1,65M(A) = 75,9$$

$$M(A) = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow A - \text{NO}_2$$



~~$x(\text{NO}_2) = x(A)$~~

$$J = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ л}}{8,314 \frac{\text{кПа} \cdot \text{л}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 303 \text{ К}} = 0,04 \text{ моль}$$

$$J(\text{NO}_2) = x(A) \cdot J = 0,35 \cdot 0,04 \text{ моль} = 0,014 \text{ моль}$$

$$J(\text{N}_2\text{O}_4) = x(B) \cdot J = 0,65 \cdot 0,04 \text{ моль} = 0,026 \text{ моль}$$

$$C(\text{NO}_2) = \frac{J(\text{NO}_2)}{V} = \frac{0,014 \text{ моль}}{1 \text{ л}} = 0,014 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{J(\text{N}_2\text{O}_4)}{V} = \frac{0,026 \text{ моль}}{1 \text{ л}} = 0,026 \text{ моль/л}$$

При равновесии скорости прямой реакции равно скорости обратной реакции

$$v_1 = v_{-1}$$

$$k_1 \cdot C(\text{NO}_2)^2 = k_{-1} \cdot C(\text{N}_2\text{O}_4)$$

$$k_{-1} = \frac{k_1 \cdot C(\text{NO}_2)^2}{C(\text{N}_2\text{O}_4)} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{mol} \cdot \text{min}} \cdot (0,014 \frac{\text{mol}}{\text{l}})^2}{0,026 \frac{\text{mol}}{\text{l}}} \approx 3,77 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{min}}$$

Jawab: $k_{-1} = 3,77 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{min}}$

Dik: $m_{\text{cu}} = 15,9 \text{ g}$

$$V = 11,15 \text{ l}$$

$$t = 180^\circ\text{C}$$

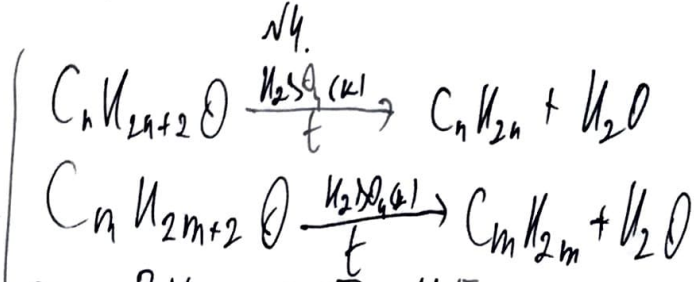
$$p = 1 \text{ atm}$$

$$C(\text{KMnO}_4) = 95 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

$$\eta = 100\%$$

Ditanyakan: ?

$$V(\text{KMnO}_4)_{\text{p-p}} = ?$$



$$J_{\text{cu}} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \text{ kPa} \cdot 11,15 \text{ l}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 453 \text{ K}} \approx 0,3 \text{ mol}$$

Terdapat $x(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}) = x \text{ mol}$; $y(\text{C}_m\text{H}_{2m+2}\text{O}) = y \text{ mol}$

$$\begin{cases} x \cdot M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}) + y \cdot M(\text{C}_m\text{H}_{2m+2}\text{O}) = 15,9 \text{ g} \\ x + y = J_{\text{cu}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(12n + 2n + 2 + 16) + y(12m + 2m + 2 + 16) = 15,9 \\ x + y = 0,3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(14n + 18) + y(14m + 18) = 15,9 \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$\begin{cases} (0,3 - y)(14n + 18) + y(14m + 18) = 15,9 \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4,2n + 5,4 - 14ny - 18y + 14my + 18y = 15,9 \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4,2n - 14ny + 14my = 10,5 \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

Jika $J_{\text{cu}} = 0,3 \Rightarrow 0 < y < 0,3$

Donyemkan, umu $n=2$; $m=3$

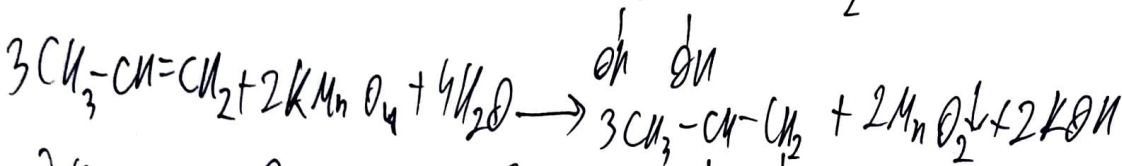
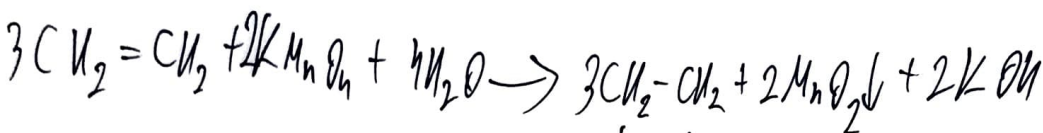
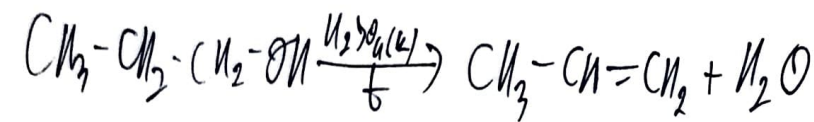
Vucmabux

$$\begin{cases} 8,7 - 28y + 42y = 19,5 \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$\begin{cases} 14y = 2,1 \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0,15 \text{ mol/l} \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0,15 \text{ mol/l} \\ z = 0,15 \text{ mol/l} \end{cases}$$



$$n(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{3}x + \frac{2}{3}y = \frac{2}{3} \cdot 0,15 \text{ mol/l} + \frac{2}{3} \cdot 0,15 \text{ mol/l} = 0,2 \text{ mol/l}$$

$$V(\text{KMnO}_4)_{\text{p-p}} = \frac{n(\text{KMnO}_4)}{c(\text{KMnO}_4)} = \frac{0,2 \text{ mol/l}}{0,4 \text{ mol/l}} = 0,5 \text{ l}$$

$$m(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}) = 0,3 \cdot M(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}) = 0,15 \text{ mol/l} \cdot 46 \text{ g/mol} = 6,9 \text{ g}$$

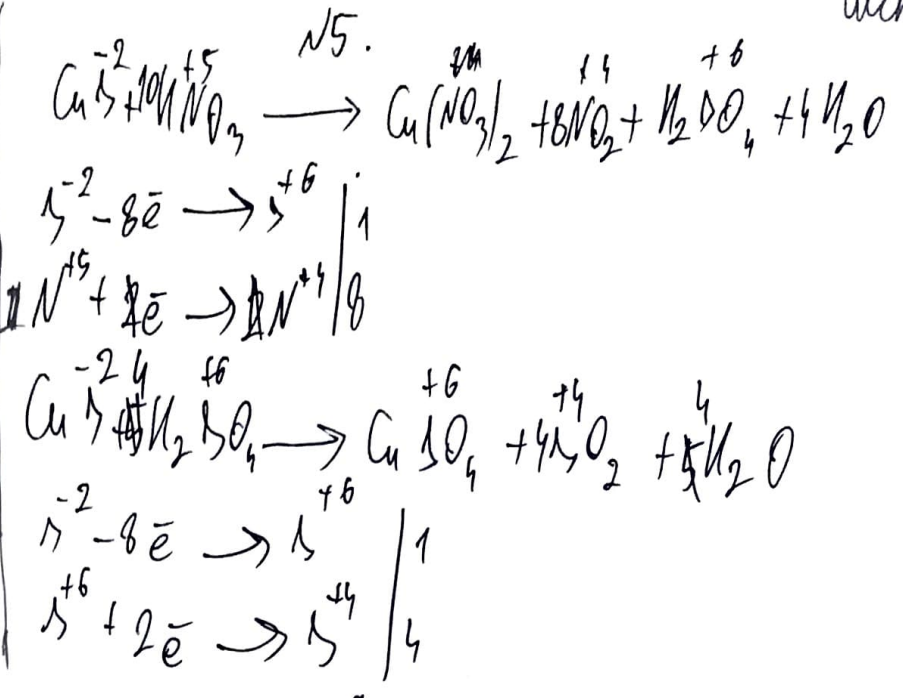
$$\omega(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}) = \frac{m(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH})}{m_{\text{см}}} = \frac{6,9 \text{ g}}{15,9 \text{ g}} \approx 0,434 = 43,4\%$$

$$\omega(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}) = 100\% - \omega(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}) = 100\% - 43,4\% = 56,6\%$$

$$\text{Oтвeт: } \omega(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}) = 43,4\%; \omega(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}) = 56,6\%; V(\text{KMnO}_4)_{\text{p-p}} = 0,5 \text{ l}.$$

Дано:

- $m(\text{Cu}) = 9,6 \text{ г}$
- $m(\text{KNO}_3)_{\text{р-р}} = 120 \text{ г}$
- $\omega(\text{KNO}_3) = 63\%$
- $m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{р-р}} = 142,7 \text{ г}$
- $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\%$



$\Delta m = ?$
 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = ?$

Разница масс будет определяться разницей масс р-ров.

$m_{\text{р-ра}_1} = m(\text{Cu}) + m(\text{KNO}_3) - m(\text{NO}_2)$

$\nu(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{9,6 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$

$\nu(\text{NO}_2) = 8\nu(\text{Cu}) = 8 \cdot 0,15 \text{ моль} = 1,2 \text{ моль}$

$m(\text{NO}_2) = \nu(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) = 1,2 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 55,2 \text{ г}$

$m_{\text{р-ра}_1} = 9,6 \text{ г} + 120 \text{ г} - 55,2 \text{ г} = 74,4 \text{ г}$

$m_{\text{р-ра}_2} = m(\text{Cu}) + m(\text{H}_2\text{SO}_4) - m(\text{SO}_2)$

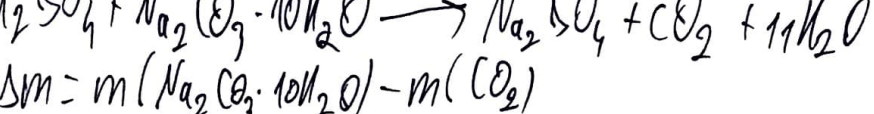
$\nu(\text{SO}_2) = 4\nu(\text{Cu}) = 4 \cdot 0,15 \text{ моль} = 0,6 \text{ моль}$

$m(\text{SO}_2) = \nu(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) = 0,6 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 38,4 \text{ г}$

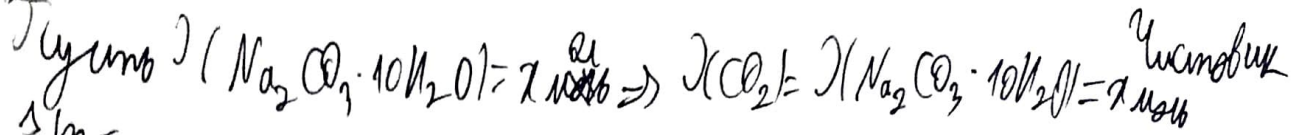
$m_{\text{р-ра}_2} = 9,6 \text{ г} + 142,7 \text{ г} - 38,4 \text{ г} = 113,9 \text{ г}$

$\Delta m = m_{\text{р-ра}_2} - m_{\text{р-ра}_1} = 113,9 \text{ г} - 74,4 \text{ г} = 39,5 \text{ г}$

Чтобы уравновесить все, надо добавить $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в первую реакцию



$\Delta m = m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CO}_2)$



$33,92 = 286x - 44x$

$242x = 33,9$

$x \approx 0,14 \text{ моль}$

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,14 \text{ моль} \cdot 286 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 40,04 \text{ г}$

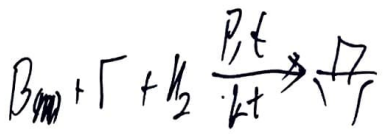
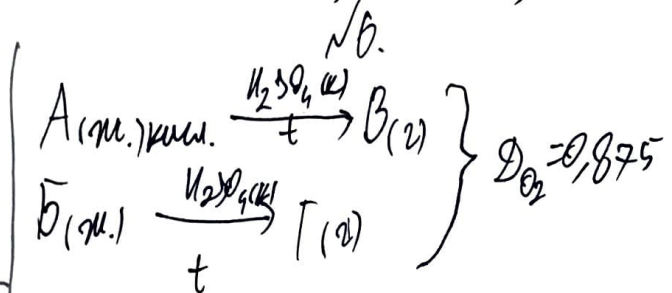
Ответ: $\Delta m = 33,9 \text{ г}$; $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40,04 \text{ г}$

Дано:

$D_{\text{O}_2} = 0,875$

$m_{\text{соединения}} = 21,62$

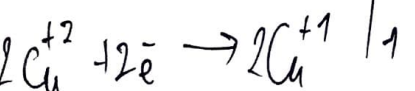
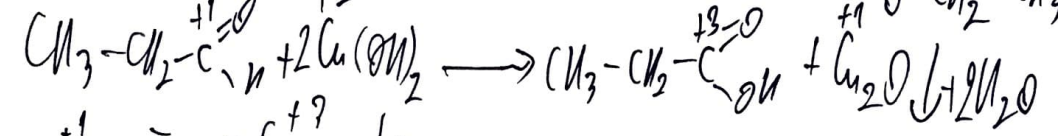
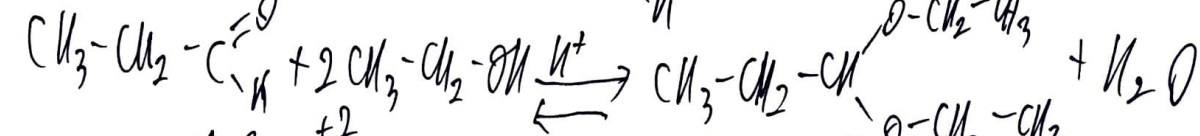
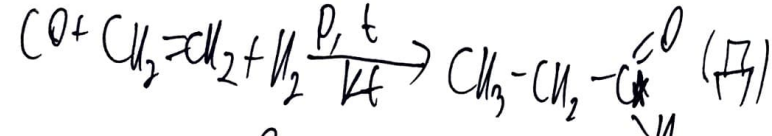
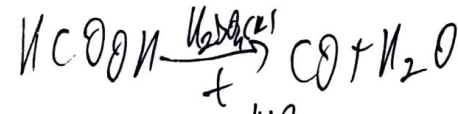
$m(\text{F}) = ?$



$M_{\text{св}} = D_{\text{O}_2} \cdot M_{\text{O}_2} = 0,875 \cdot 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

Так как 2 разов в смеси неукреплены и неработы $\rightarrow M_{\text{св}} = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ может быть только если $M(\text{B}) = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ и $M(\text{Г}) = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Допустим, что B-CO;

Г - $\text{CH}_2=\text{CH}_2$. Тогда A - HCOOH ; B - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$.



уменьше

$$n(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{осадка}}}{M(\text{Cu}_2\text{O})} = \frac{21,62}{144 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \text{H} \end{array}) = n(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \text{H} \end{array}) = n(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \text{H} \end{array}) \cdot M(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \text{H} \end{array}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 8,72$$

$$\text{Ответ: } m(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \text{H} \end{array}) = 8,72$$