



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Пизин Максим Михайлович**

Класс: **11**

Технический балл: **93**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

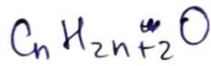
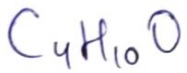
Шифр работы: 9989037

ФИО проверяющего: Тарасенко Е.А.

задание (макс.балл)	балл	комментарии
1(8)	8	
2(16)	16	
3(16)	9	Вся первая часть (6б) выполнена верно + 2б за нахождение общего числа молей по уравнению М-К +1б за выражение константы равновесия через отношение констант скоростей прямой и обратной реакций
4(20)	20	
5(20)	20	
6(20)	20	
сумма	93	

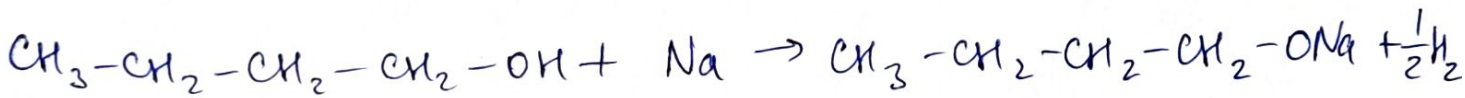
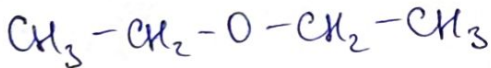
Вариант 1.

①

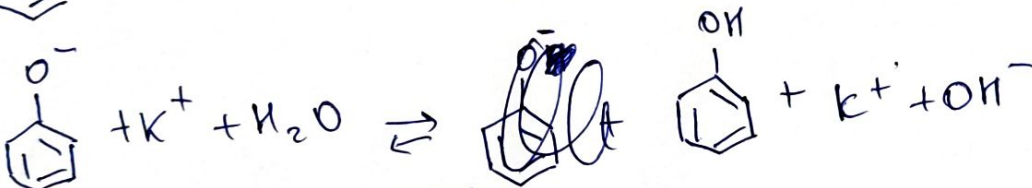
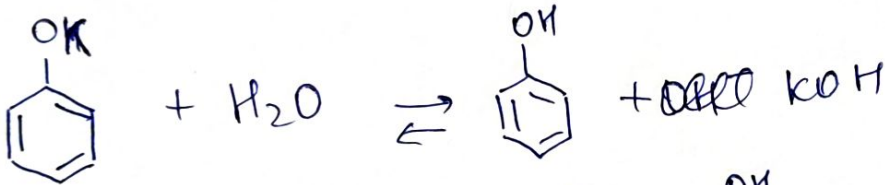


$$6 \cdot 4 + 8 = 32 \text{ (H}^\ominus)$$

$$6 \cdot 4 + 8 + 10 = 42 \text{ (e}^-)$$



②



$$K_r = \frac{K_w}{K_{puc}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

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

pH = 11 $\Rightarrow [H^+] = 10^{-11}$
 pOH = 3 $[OH^-] = [C_6H_5OH] = 10^{-3} \text{ M}$

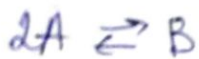
~~Итого $[C_6H_5O^-] = x \Rightarrow [OH^-][C_6H_5OH] = C_{puc} \cdot x$~~

~~$K_r = \frac{x \cdot x}{C_{puc} - x} = \frac{x^2}{C_{puc} - x}$~~

$$K_r = \frac{(10^{-3})^2}{C_{puc} - 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

$$C_{puc} = 0,01 \text{ M}$$

число



$$1 \quad 1,86$$

$$75,9 = \frac{1,86 M(B) + M(A)}{2,86}$$

Т.к. равн-е $2A \rightleftharpoons B \Rightarrow M(B) = 2M(A)$, подставим.

$$75,9 = \frac{1,86 \cdot 2M(A) + M(A)}{2,86}$$

$$217,074 = 4,72 M(A)$$

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



$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{1,86}{1^2} = 1,86 = \frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{обр}}}$$

$$pV = nRT$$

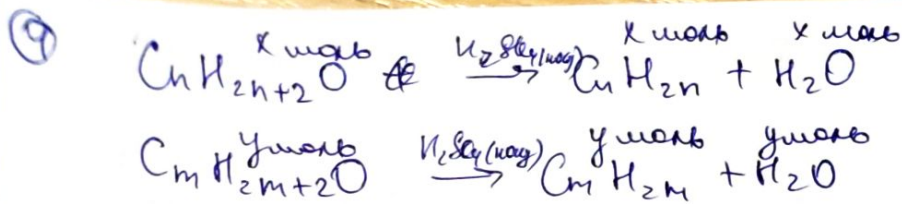
$$n = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} \approx 0,04 \text{ моль}$$

$$1,86 = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{K_{\text{обр}}}$$

$$K_{\text{равн}} = 5,3$$

$$K_{\text{обр}} = 2,688 \cdot 10^{-5} \quad 9,7 \cdot 10^{-4}$$

моль / моль · моль



Пусть $n(C_n H_{2n+2} O) = x$ моль, а $n(C_m H_{2m+2} O) = y$ моль

$$PV = nRT$$

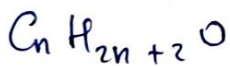
~~$$n(C_n H_{2n+2} O) = \frac{PV}{RT}$$~~

$$n(анкет) = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль}$$

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

$$M_{cp} = \frac{m_{анкет}}{n_{анкет}} = \frac{15,9}{0,3 \text{ моль}} = 53 \text{ г/моль}$$

$$n_{анкет} = 0,3 \text{ моль}$$



n	1	2	3
M_r	32	46 г/моль	60 г/моль
$\frac{1}{\text{моль}}$	CH_4O	C_2H_6O	C_3H_8O

$n=2$ тогда ответ у спиртов CH_3-CH_2-OH

~~$$46x + y(14m + 18) = 15,9$$~~

~~$$x = \frac{15,9 - y(14m + 18)}{46}$$~~

$$x = 0,3 - y$$

$$46(0,3 - y) + y(14m + 18) = 15,9$$

$$13,8 - 46y + 14my + 18y - 15,9 = 0$$

$$-28y + 14my - 2,1 = 0$$

$$14my = 28y + 2,1$$

$$14my - 28y = 2,1$$

$$y(14m - 28) = 2,1$$

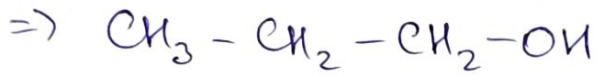
$$y = \frac{2,1}{14m - 28}$$

$$0 < y < 0,3$$

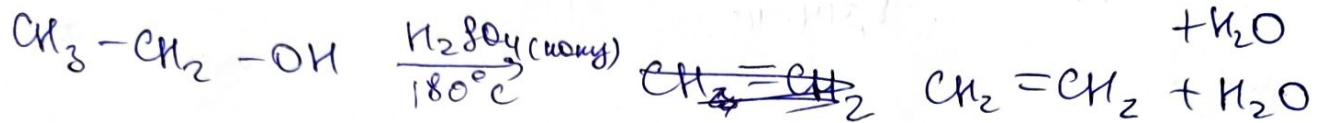
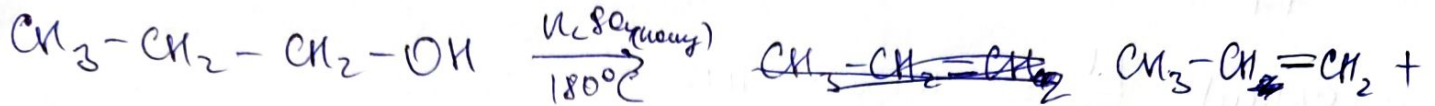
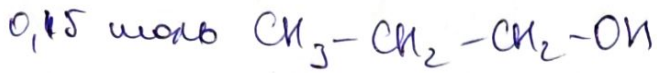
y	0,15	0,075
m	3	4

ответ 3

$$n_{\text{м}} \neq m = 3, y = 0,15 \text{ моль}$$



$$x = 0,3 - 0,15 = 0,15 \text{ моль}$$

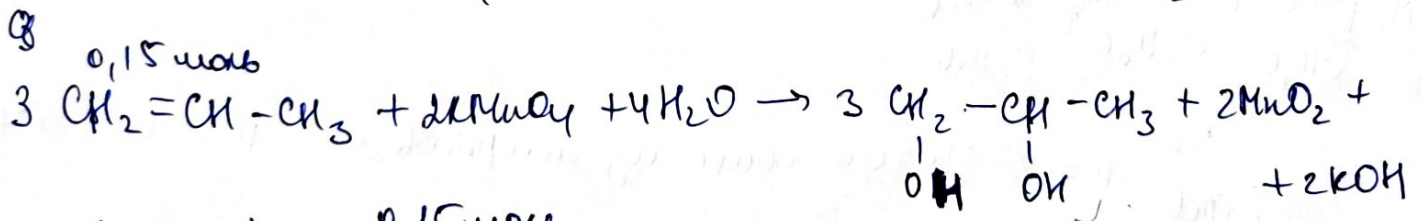
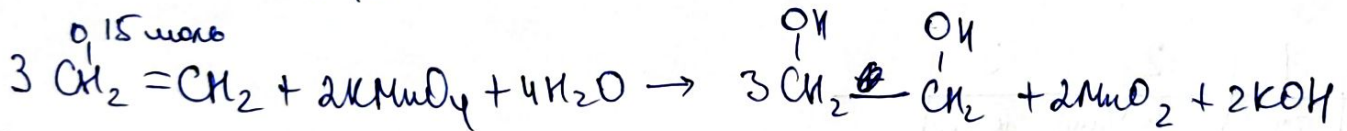


Решение (m (C₃H₈O))

$$M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) \cdot 0,15 + M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) \cdot 0,15 = 15,9$$

$$W_{\text{C}_3\text{H}_8\text{O}} = \frac{0,15 \cdot 80}{15,9} = 0,566 \text{ или } 56,6\%$$

$$W_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} = 0,434 \text{ или } 43,4\%$$



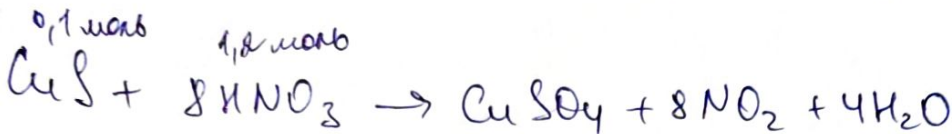
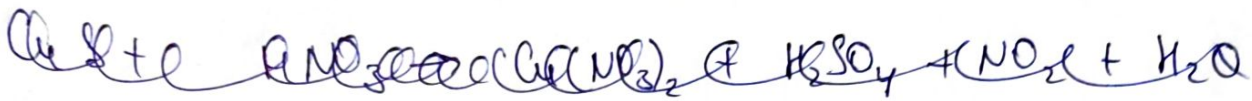
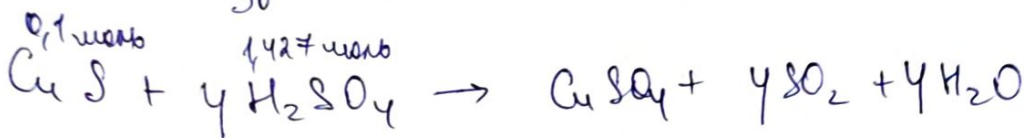
$$n(\text{KMnO}_4) = \frac{0,15 \text{ моль}}{3} \cdot 2 \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}$$

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

5

методик 5

$$n(\text{CuS}) = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$$



$$n(\text{HNO}_3) = \frac{120}{63} = 1,9 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,427 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 9,6 + 142,7 - 4 \cdot 64 \cdot 0,1 = 126,7 \text{ г}$$

$$m(\text{CHNO}_3) = 9,6 + 120 - 0,1 \cdot 8 \cdot 46 = 92,8 \text{ г}$$

$$\Delta m = m(\text{CuSO}_4) - m(\text{CHNO}_3) = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286$$

При добавке 286 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ вода есть HNO_3 марганца
 будет избыток. Na_2CO_3 . Нам нужно увеличить массу на 33,9 г



$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1,2 - 0,1 = 1,1 \text{ моль}$$

~~$$m_1(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 314,6 \text{ г}$$~~

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{371,9}{286} = 1,29 \text{ моль}$$

HNO_3 в избытке, поэтому протекает р-е:



При добавке 286 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ улетит 44 г CO_2

⇒ прибавка 242 г

$$286 \text{ г} - 8 \cdot x$$

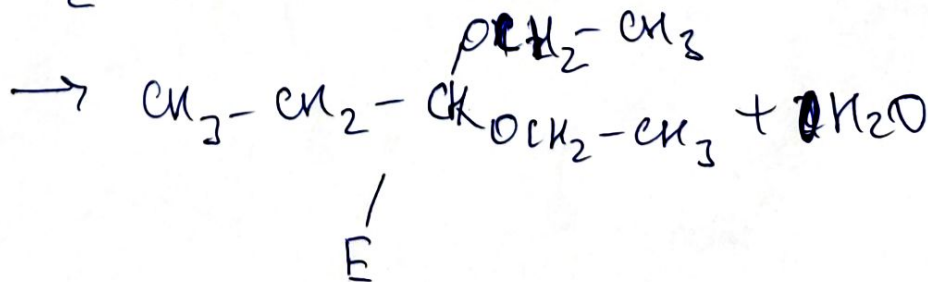
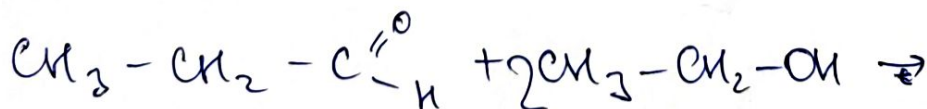
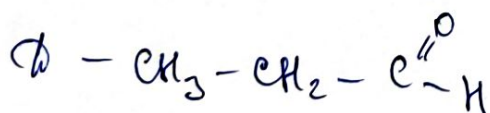
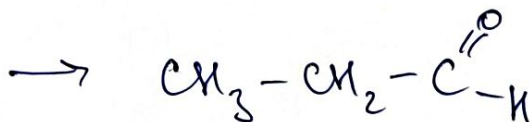
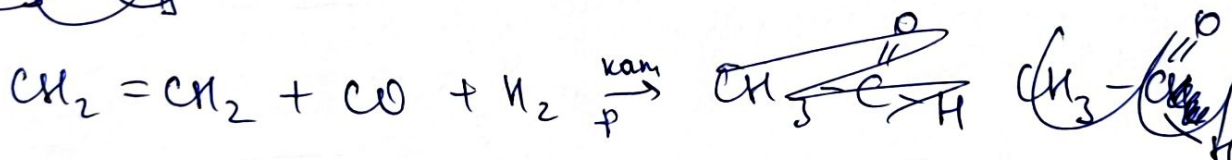
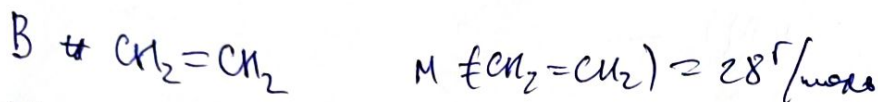
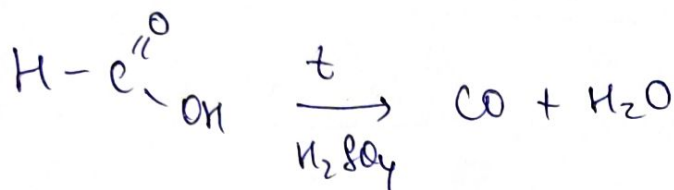
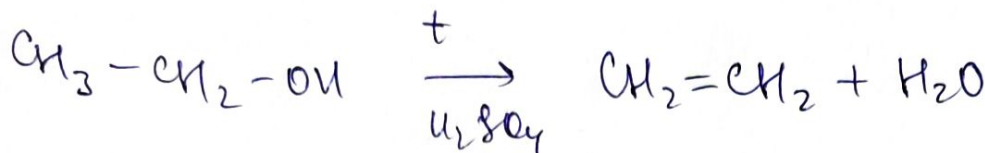
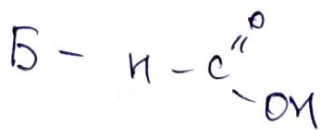
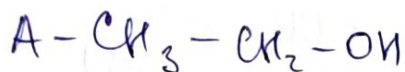
$$242 \text{ г} - 33,9$$

$$x = 40,0636 \text{ г}$$

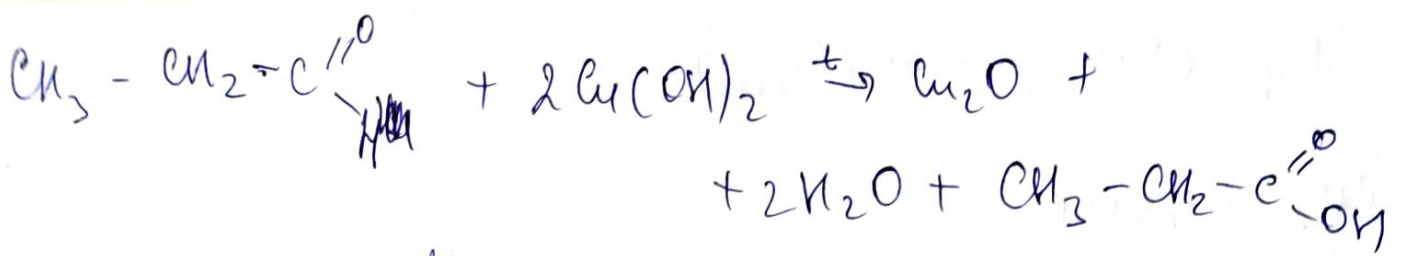
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40,0636 \text{ г}$$

в стакан
 CHNO_3
 (из р-е с HNO_3)

⑥ $M_{\text{cp}} = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ (г/моль)}$



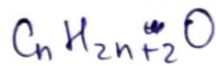
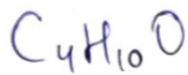
числовик 6



$$\frac{21}{60} m(\text{d}) = \frac{21,6}{144} \cdot 58 = 8,75$$

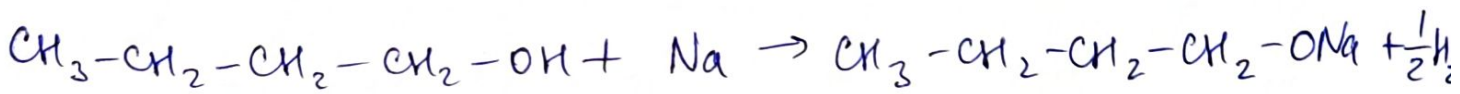
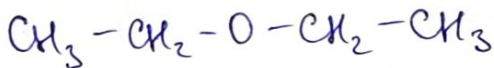
Вариант 1.

①

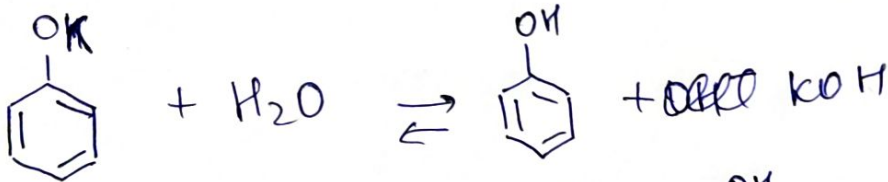


$$6 \cdot 4 + 8 = 32 \text{ (H}^\ominus)$$

$$6 \cdot 4 + 8 + 10 = 42 \text{ e}^-$$



②



$$K_r = \frac{K_w}{K_{\text{пр}}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

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

pH = 11 $\Rightarrow [H^+] = 10^{-11}$
 pOH = 3 $[OH^-] = [C_6H_5OH] = 10^{-3} \text{ M}$

Пусть $[C_6H_5O^-] = x \Rightarrow [OH^-] = x \Rightarrow [C_6H_5OH] = 10^{-3}$

$$K_r = \frac{10^{-3} \cdot x}{x} = 10^{-3}$$

$$K_r = \frac{(10^{-3})^2}{C_{\text{пен}} - 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

$$C_{\text{пен}} = 0,011 \text{ M}$$



$$1 \quad 1,86$$

$$75,9 = \frac{1,86 M(B) + M(A)}{2,86}$$

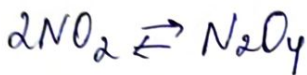
Т.к. равн-е $2A \rightleftharpoons B \Rightarrow M(B) = 2M(A)$, подставим.

$$75,9 = \frac{1,86 \cdot 2M(A) + M(A)}{2,86}$$

$$217,074 = 4,72 M(A)$$

$$M(A) = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow A - NO_2$$

$$\Rightarrow B - N_2O_4$$



$$K = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{1,86}{1^2} = 1,86 = \frac{k_{np}}{k_{op}}$$

$$pV = nRT$$

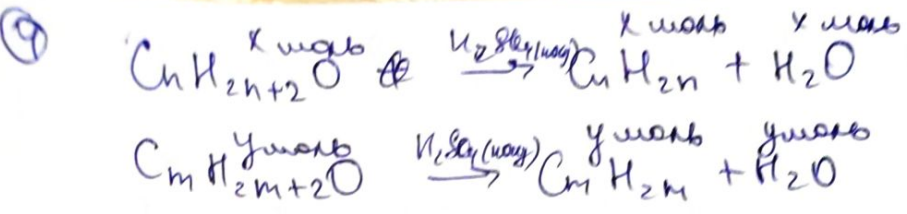
$$n = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} \approx 0,04 \text{ моль}$$

~~$$1,86 = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{k_{op}}$$~~

$$K_{равн} = 5,3$$

$$k_{op} = 2,688 \cdot 10^3 \cdot 9,4 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{\text{моль} \cdot \text{сек}}$$

исполнил



Пусть $n(C_n H_{2n+2}O) = x$ моль, а $n(C_m H_{2m+2}O) = y$ моль

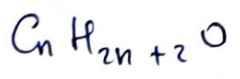
$PV = nRT$
 $n = \frac{PV}{RT}$

$n(\text{антен}) = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль}$

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

$M_{\text{ср}} = \frac{m_{\text{антен}}}{n_{\text{антен}}} = \frac{15,9 \text{ г}}{0,3 \text{ моль}} = 53 \text{ г/моль}$

$n_{\text{антен}} = 0,3 \text{ моль}$



n	1	2	3
M_r	32	46 (мол)	60 (мол)
	CH_4O	C_2H_6O	C_3H_8O

$n=2$ тогда сушка из спиртов CH_3-CH_2-OH
 ~~CH_3-CH_2-OH~~

~~$46x + y(14m + 18) = 15,9$~~

~~$x = \frac{15,9}{46} - \dots$~~

$x = 0,3 - y$

$46(0,3 - y) + y(14m + 18) = 15,9$

$13,8 - 46y + 14my + 18y - 15,9 = 0$

$-28y + 14my - 2,1 = 0$

$14my = 28y + 2,1$

$14my - 28y = 2,1$

$y(14m - 28) = 2,1$

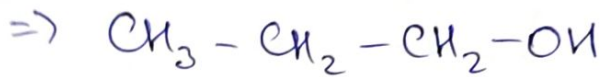
$y = \frac{2,1}{14m - 28}$

$0 < y < 0,3$

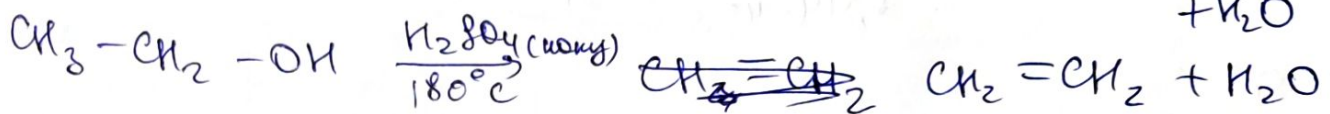
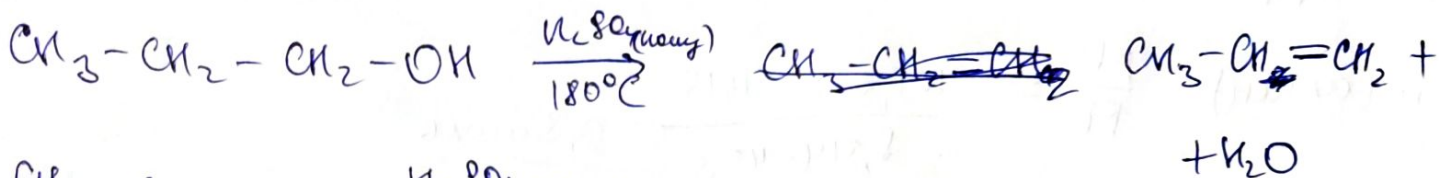
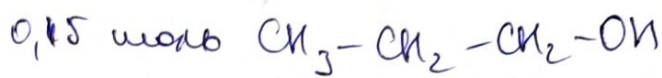
y	0,15	0,075
m	3	4

метанол

нмр # $m = 3, y = 0,15$ моль



$$x = 0,3 - 0,15 = 0,15 \text{ моль}$$

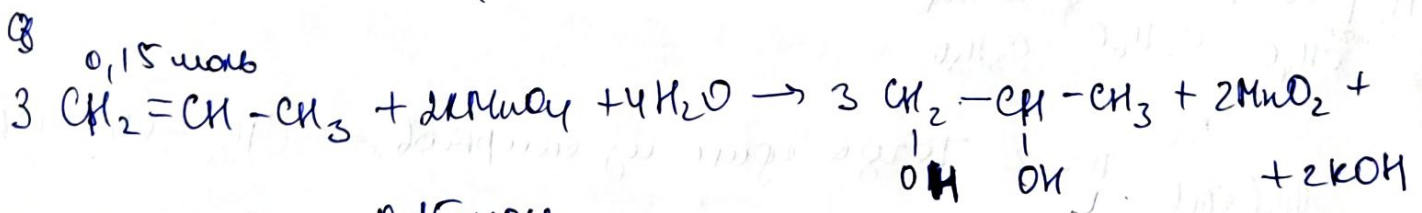
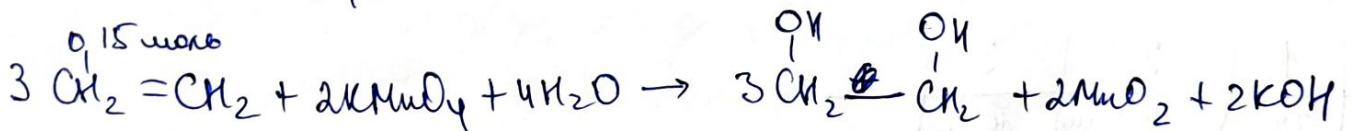


нмр (C₃H₈O)

$$M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) \cdot 0,15 + M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) \cdot 0,15 = 15,9$$

$$W_{\text{C}_3\text{H}_8\text{O}} = \frac{0,15 \cdot 80}{15,9} = 0,566 \text{ или } 56,6\%$$

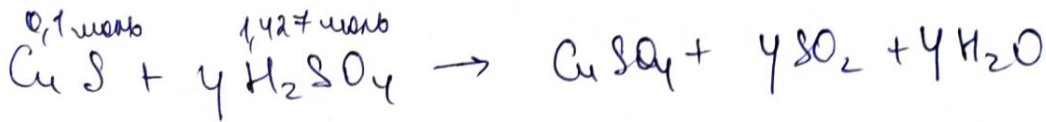
$$W_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} = 0,434 \text{ или } 43,4\%$$



$$n(\text{KMnO}_4) = \frac{0,15 \text{ моль}}{3} \cdot 2 \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}$$

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

$$5) \quad n(\text{CuS}) = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$$



$$n(\text{HNO}_3) = \frac{142,7}{63} = 1,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,427 \text{ моль}$$

$$m(\text{лет}) = 9,6 + 142,7 - 4 \cdot 98 \cdot 0,1 = 126,7 \text{ г}$$

$$m(\text{CHNO}_3) = 9,6 + 120 - 0,1 \cdot 8 \cdot 46 = 92,8 \text{ г}$$

$$\Delta m = m(\text{CuSO}_4) - m(\text{CHNO}_3) = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286$$

При добавлении 286 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ вода есть HNO_3 , масса
 будет избыток Na_2CO_3 . Нам нужно увеличить массу на 33,9 г



$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1,2 - 0,1 = 1,1 \text{ моль}$$

~~$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 314,6 \text{ г}$$~~

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{314,6}{286} = 1,1 \text{ моль}$$

HNO_3 в избытке, поэтому протекает р-е:



При добавлении 286 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ улетит 44 г CO_2

⇒ добавили 242 г

$$286 \text{ г} - x \cdot x$$

$$242 \text{ г} - 33,9$$

$$x = 40,0636 \text{ г}$$

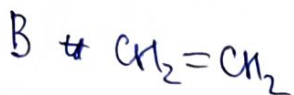
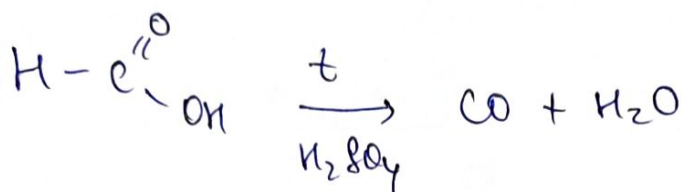
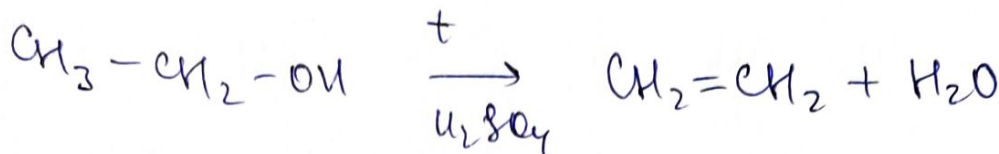
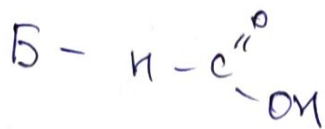
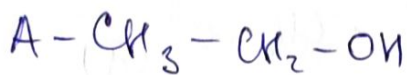
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40,0636 \text{ г}$$

в стакан

CHNO_3

(через р-е с HNO_3)

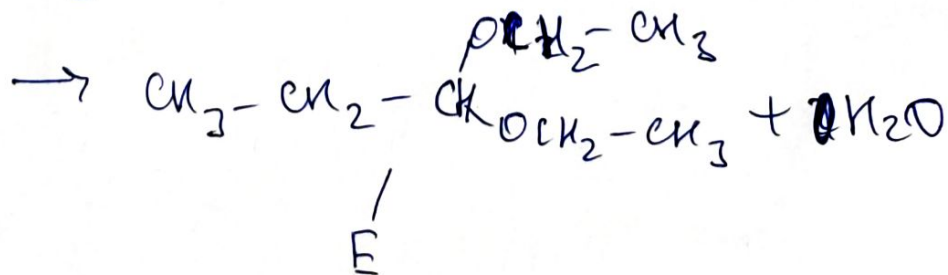
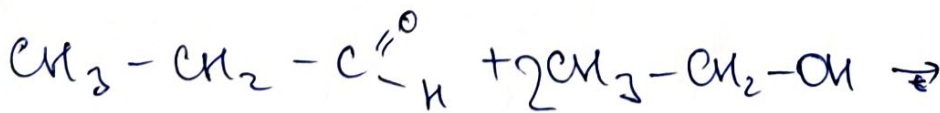
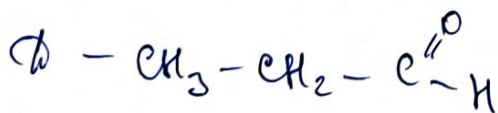
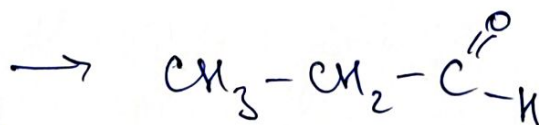
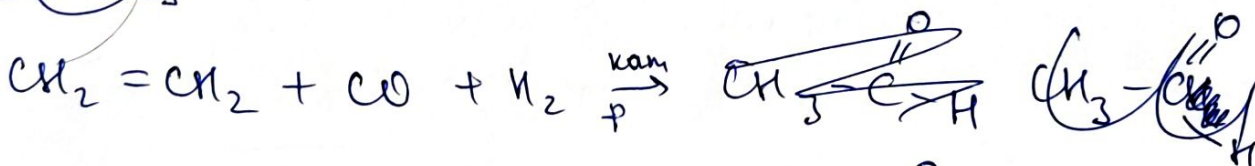
$$⑥ \quad M_{\text{cp}} = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ (г/моль)}$$

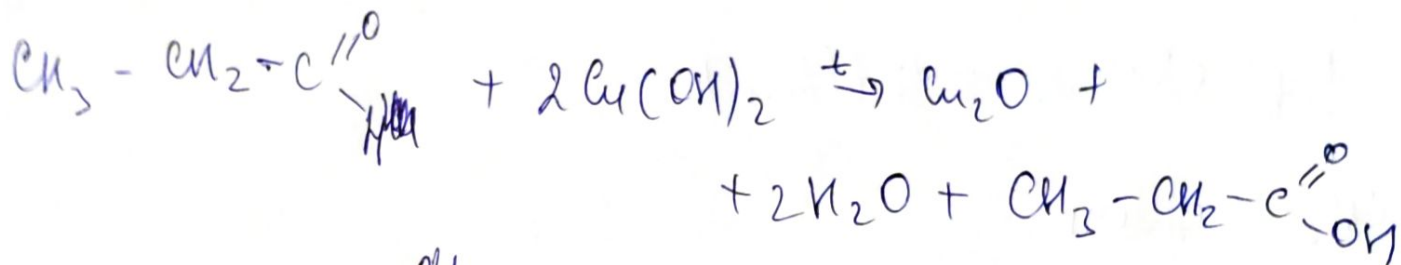


$$M(\text{CH}_2 = \text{CH}_2) = 28 \text{ г/моль}$$



$$M(\text{CO}) = 28 \text{ г/моль}$$





$$\frac{21}{\text{tot}} m(\phi) = \frac{21,6}{144} \cdot 58 = 8,7 \text{ r}$$