



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Щебетина Мария Владимировна**

Класс: **11**

Технический балл: **92**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9355921

Кузнецова Т.А.

Задание 1: 8 б.

Задание 2: 16 б.

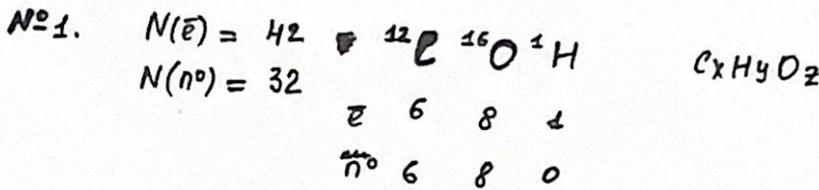
Задание 3: неверная к скорости (квадраты слева и справа) (- 6 б.). Итого 10 б.

Задание 4: 20 б.

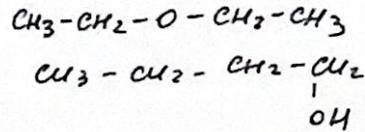
Задание 5: лишняя р-ция карбоната с нитратом меди (- 2 б.). Итого 18 б.

Задание 6: 20 б.

Всего 92 б.



$$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 & (1) \\ 6x + 8z = 32 & (2) \end{cases} \quad (1) - (2) \Rightarrow y = 10$$



$\Rightarrow C_4 H_{10} O_2$ Пусть $z=1 \quad x=4 \Rightarrow$

$K_{пр} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4} \quad [H_2O] = 1M$

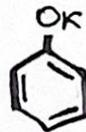
Уравнение где неизвестен гидролиз:

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

$$\frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{x \cdot 10^{-3}} = 10^{-4}$$

№2. $pH = 11$
 $K_{дис.} = 10^{-10}$
 $C_n ?$

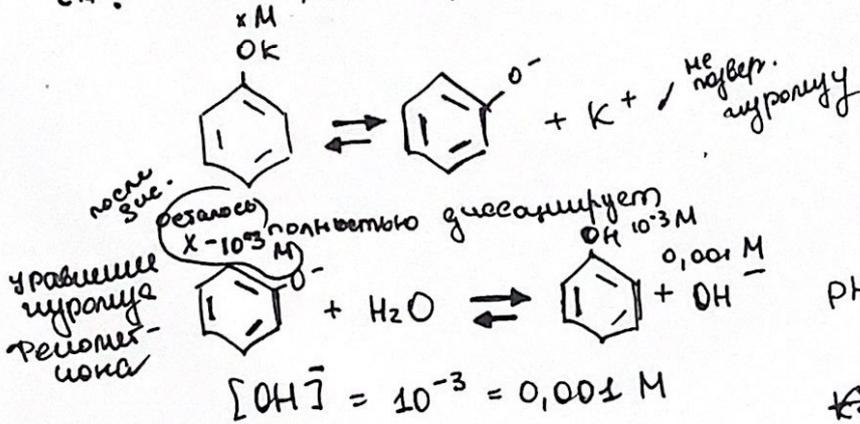
$pH = -\lg[H^+]$



$$[H^+] = \frac{10^{-4} (x - 10^{-3})}{10^{-4}} = \frac{10^{-6}}{x - 10^{-3}}$$

$$\begin{aligned} x - 10^{-3} &= \frac{10^{-6}}{10^{-4}} \\ x - 10^{-3} &= 10^{-2} \\ x &= 10^{-2} + 10^{-3} \\ x &= 0,011 M \end{aligned}$$

$K_{дис.} =$

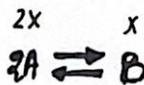


$pH + pOH = 14$

$pH = 11 \Rightarrow pOH = 3$
гидролиз по аммиону \Rightarrow

$K_{H_2O} = 10^{-14}$

$K_{гидр.} K_{пр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{дис.}}$



$\frac{x}{2x} = \frac{1,86}{1}$

$x = 3,72x \quad pV = \Delta RT$

$V_{реактора} = 1л$
 $T = 30^\circ C = 303 K$

$\nu(B) : \nu(A) = 186 : 1$

$P = 1 атм.$

$M = 75,9 \text{ г/моль}$

$K_{гидр.} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ л/моль} \cdot \text{мин}$

по ур. Менделеева и Майера

$\frac{101325 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль}$

в состоянии равновесия $A \rightleftharpoons B$ существует $0,04$

$\nu_A + \nu_B = 0,04 \text{ моль}$

$2,86x = 0,04$

$x + 1,86x = 0,04$

$x = 0,014 \text{ моль}$

$\nu(B) = 0,026 \text{ моль}$

$B \rightarrow A: M(A) = M$

$\nu(A) = 0,014 \text{ моль}$

$K_{гидр.} B \rightarrow A$

№3. $\varphi(A)$ $\varphi(A) = \frac{0,014}{0,04} = 0,35$

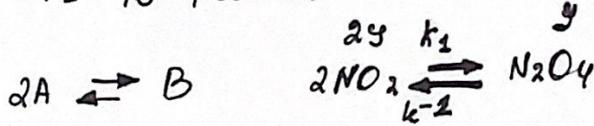
φ -мольная $M(B) = 2M(A)$ $\varphi(B) = 0,026$ моль

$\chi(B) = 1 - 0,35 = 0,65$
 моль-во в-во B в смеси

$\bar{M} = \frac{M(A) \cdot \chi(A) + M(B) \cdot \chi(B)}{\chi}$

$75,9 = M \cdot 0,35 + 2M \cdot 0,65$

$M = 46$ г/моль \Rightarrow в-во A: NO_2 исход.



с реагирующих в-во:

пусть $[\text{N}_2\text{O}_4] = y$ моль ~~в-во~~

В момент равновесия $\chi_1 = \chi_{-1}$

по закону действующих масс:

$\chi_1 = k_1 \cdot (2y)^2 = 4k_1 y^2$

$\chi_{-1} = k_{-1} \cdot y^2$

$4k_1 y^2 = k_{-1} \cdot y^2$ $k_{-1} = 4k_1$

$k_{-1} = 4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,02$ л/моль·мин
из усл.

№4. $m_{\text{спиртов}} = 15,9$ г

$V_{\text{смеси}} = 11,15$ л

$T = 180^\circ\text{C} = 453$ К

$c(\text{KMnO}_4) = 0,4$ М

спирты одноатомные

~~Ал-ол~~



пусть φ

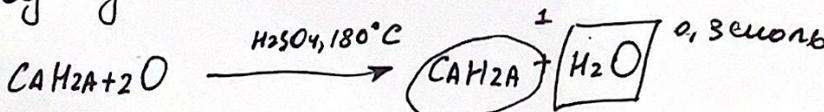
на выходе из газовой смеси:

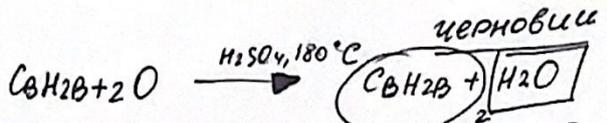
$V(\text{KMnO}_4) - ?$

моль-во газов, выдел-ие в ходе реакции

$pV = \varphi RT$ $\frac{101325 \cdot 11,15 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 453} = \varphi = 0,3$ моль

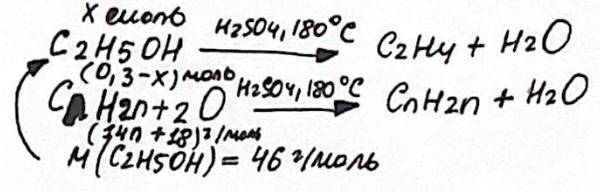
$\varphi_{\text{выд.}} \text{ газов} = 0,3$ моль





м глицерин смеси = 15,9 - 5,4 = 10,5 г.

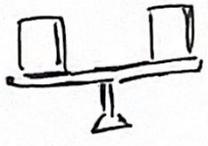
$\bar{M}_{глицерин} = \frac{10,5}{0,3} = 35 \text{ г/моль}$



по уравнению реакции
 $1 + 2 = 0,3 \text{ моль}$
 мол-ва выг. воды такое же, как
 и мол-ва выг. глицерина
 $\nu(H_2O)_{выг} = 0,3 \text{ моль}$
 $m(H_2O) = 0,3 \cdot 18 = 5,4 \text{ г.}$ - выг. вода

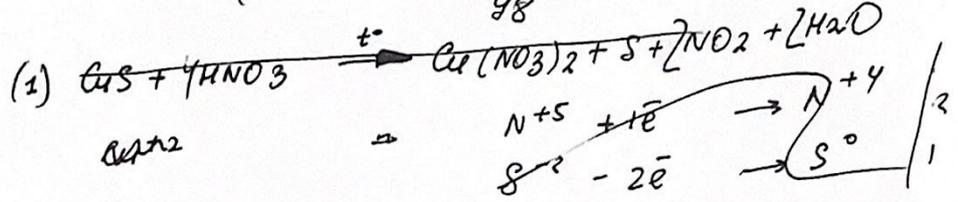
$CH_2 = CH_2$ $M(C_2H_4) = 28 \text{ г/моль}$
 $M(C_3H_6) = 42 \text{ г/моль}$
 $M(C_4H_8) = 56 \text{ г/моль}$
 1 из атомов
 гомолог
 имеет $M_{ср}$
 \Rightarrow смесь из
 спиртов ацетилен
 этилен

№5. $m(CuS) = 9,6 \text{ г.}$
 $m(HNO_3) = 120 \text{ г.}$
 $\omega(HNO_3) = 63\%$
 $m(H_2SO_4) = 142,7 \text{ г.}$
 $\omega(H_2SO_4) = 98\%$

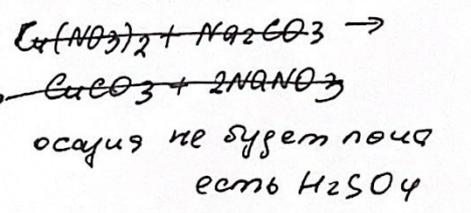
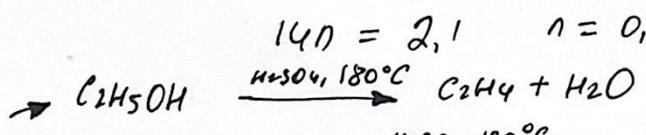
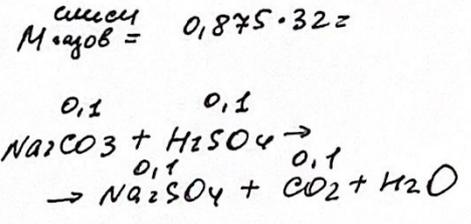


$\nu(CuS) = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$
 $m(HNO_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6 \text{ г.}$
 $\nu(HNO_3) = \frac{75,6}{63} = 1,2 \text{ моль}$
 $m(H_2SO_4) = 142,7 \cdot 0,98 = 139,846 \text{ г.}$
 $\nu(H_2SO_4) = \frac{139,846}{98} = 1,427 \text{ моль}$

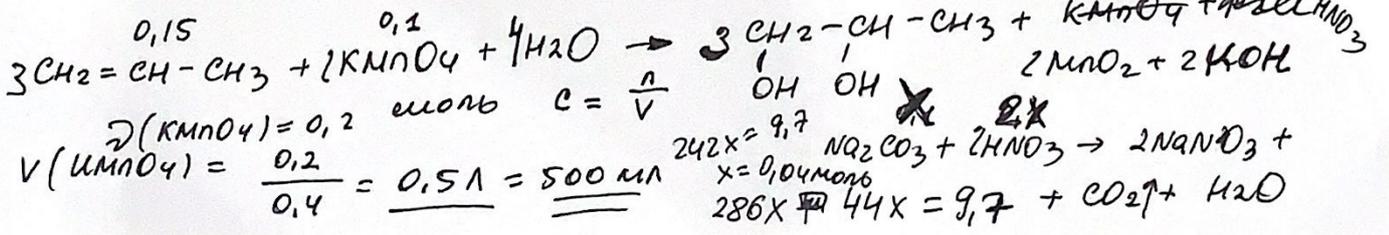
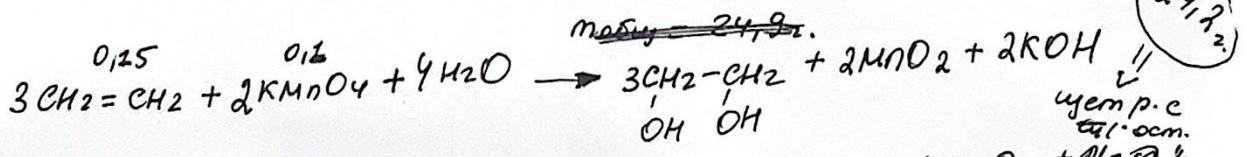
$\Delta m?$
 $m_{гидр.} (Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = ?$
 $\Delta m = 32,9 \text{ г.}$



$46x + (0,3-x)(14n+18) = 15,9$
 $46x + 4,2n + 5,4 - 14nx - 18x = 15,9$
 $28x + 4,2n - 14nx = 10,5$
 $n = 3 \quad 28x + 12,6 - 42x = 10,5$



	$CH_3-CH_2-CH_2$	$\xrightarrow{H_2SO_4, 180^\circ C}$	$CH_2=CH-CH_3 + H_2O$	$M_{ср} = 286 \text{ г/моль}$
	OH		m	
этанол	0,15		46	6,9
пропанол	0,15		60	9
				56,6 + 28,62 - 4,4 = 24,72



№1. Пусть формула в-ва $C_xH_yO_z$

Составим уравн-е по кол-ву \bar{e} и n°

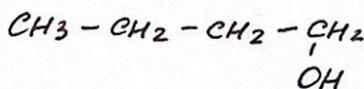
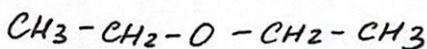
	C	O	H	$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 & (1) \\ 6x + 8z = 32 & (2) \end{cases} \Rightarrow y = 10$
\bar{e}	6	8	1	
n°	6	8	0	

$6x + 8z = 32 \quad | :2 \quad 3x + 4z = 16$

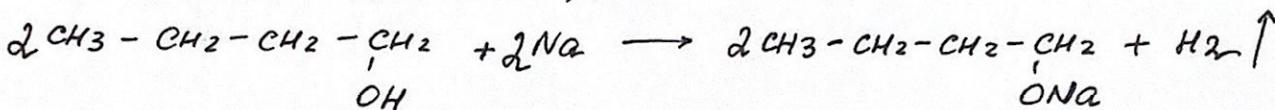
Решим уравнение в целых числах

Пусть $z = 1 \Rightarrow 3x + 4 = 16$ т.е. $3x = 12 ; x = 4$

$C_4H_{10}O$ — спирт / эфир

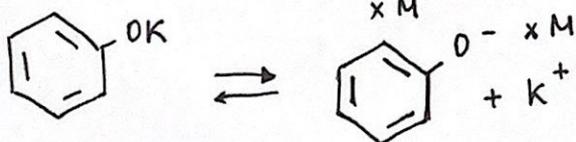


$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3 + Na \rightarrow$
нет видимых изменений, т.к. реакция не идет

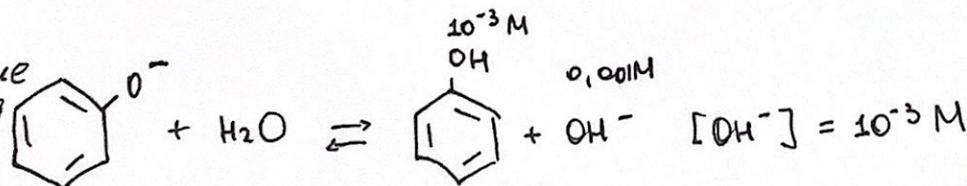


Наблюдается выделение газа

№2. $X M$



уравнение гидролиза фенолят-иона:



ост. ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$) = $x - 10^{-3} M$

$pH + pOH = 14$

$pH = 11 \Rightarrow pOH = 3$

гидролиз по аниону $\Rightarrow K_2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{исл.}}$

$K_{H_2O} = 10^{-14}$

$K_2 = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$

Уравнение для константы гидролиза:

$K_H = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]}$; $[H_2O] = 1 M$

$K_H = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{x - 10^{-3}} = 10^{-4}$

исстовили

$$\frac{10^{-6}}{x-10^{-3}} = 10^{-4} \quad x-10^{-3} = 10^{-2} \quad x = 10^{-2} + 10^{-3} \quad x = 0,011 \text{ M}$$

Ответ: 0,011 M.

N°3.

Дано:

- $V_{\text{реактора}} = 1 \text{ л}$
- $T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
- $\nu(B) : \nu(A) = 1,86 : 1$
- $p = 1 \text{ атм}$
- $\bar{M} = 75,9 \text{ г/моль}$
- $K_{\text{г}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ л (моль} \cdot \text{мин)}$

по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT \quad \frac{101325 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль}$$

т.е. в сосуде находится 0,04 моль смеси A и B

$$\nu_A + \nu_B = 0,04 \text{ моль}$$

$$x + 1,86x = 0,04 \quad 2,86x = 0,04$$

$$x = 0,014 \text{ моль} \quad \nu(A) = 0,014 \text{ моль}$$

$$\nu(B) = 0,026 \text{ моль}$$

$$\text{В-во A: } M(A) = M \quad \nu(A) = 0,014 \text{ моль}$$

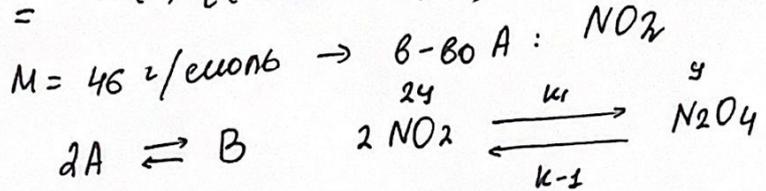
$$\varphi(A) = \frac{0,014}{0,04} = 0,35$$

$$M(B) = 2M(A) \quad \nu(B) = 0,026 \text{ моль}$$

$$\varphi(B) = 1 - 0,35 = 0,65$$

$$75,9 = 0,35M + 0,65 \cdot 2M$$

$$\bar{M} = M(A) \cdot \varphi(A) + M(B) \cdot \varphi(B)$$



Пусть $[\text{N}_2\text{O}_4] = y \text{ моль}$
 В сосуде находится y моль смеси A и B
 по закону действующих масс:

$$\varphi_1 = k_1 \cdot (2y)^2 = 4k_1 y^2 \quad \varphi_{-1} = k_{-1} \cdot y$$

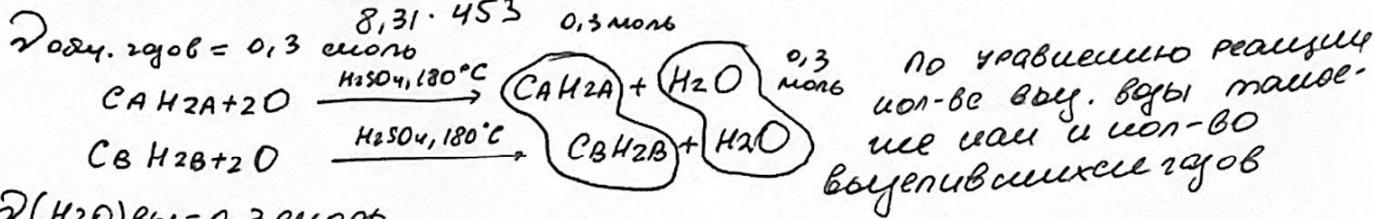
$$4k_1 y^2 = k_{-1} \cdot y \quad k_{-1} = 4k_1$$

$$k_{-1} = 4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,02 \text{ л (моль} \cdot \text{мин)}$$

Ответ: 0,02 л (моль · мин)

№4. кол-во газов, выделившихся в ходе реакции

$$pV = \nu RT \quad \nu = \frac{101325 \cdot 11,15 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль}$$

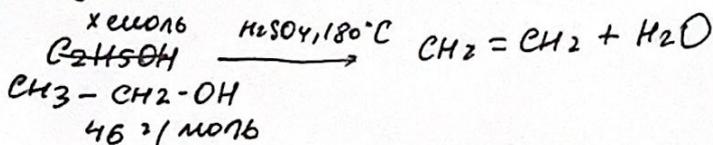


$$\nu(\text{H}_2\text{O})_{\text{выд}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{выд}} = 0,3 \cdot 18 = 5,4 \text{ г}$$

$$m_{\text{газовой смеси}} = 15,9 - 5,4 = 10,5 \text{ г}$$

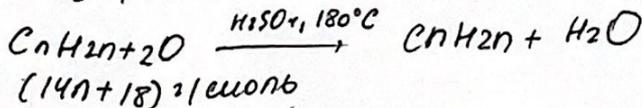
$$\bar{M}_{\text{газовой смеси}} = \frac{10,5}{0,3} = 35 \text{ г/моль}$$



$$M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_6) = 42 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_8) = 56 \text{ г/моль}$$



$$46x + (0,3 - x)(14n + 18) = 15,9$$

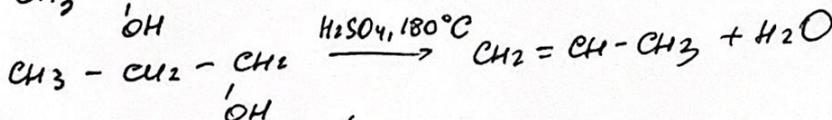
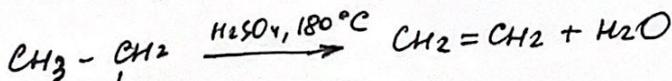
$$46x + 4,2n + 5,4 - 14nx = 18x = 15,9$$

$$28x + 4,2n - 14nx = 10,5$$

$$14n = 2,1 \quad n = 0,15$$

n=3

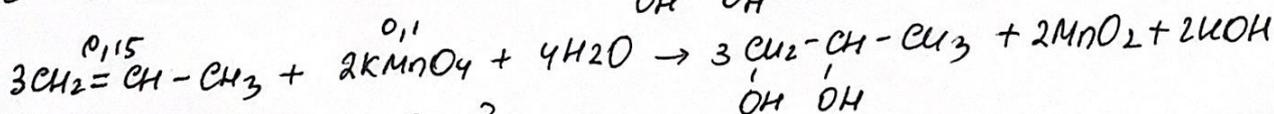
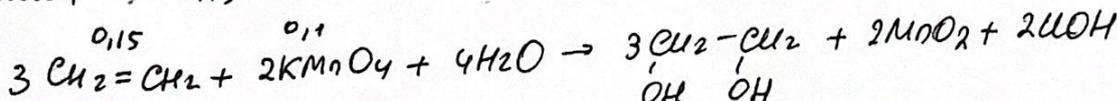
$$28x + 12,6 - 42x = 10,5$$



ν (моль)	M (г/моль)	m (г)	ω
0,15	46	6,9	43,4
0,15	60	9	56,6

этанол

пропанол

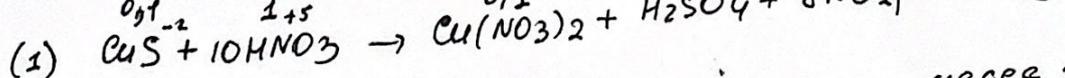


$$\nu(\text{KMnO}_4) = 0,2 \text{ моль} \quad C = \frac{\nu}{V}$$

$$V(\text{KMnO}_4) = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ л} = 500 \text{ мл}$$

Ответ: $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 43,4\%$; $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 56,6\%$; $\nu(\text{KMnO}_4) = 0,2 \text{ моль}$; $m(\text{NO}_2) = 36,8 \text{ г}$

№5.



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

$m_{\text{р-ра}} = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8 \text{ г}$ - масса раствора

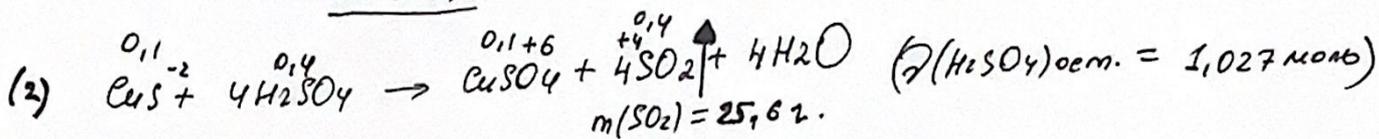
$(2) \text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

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

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

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

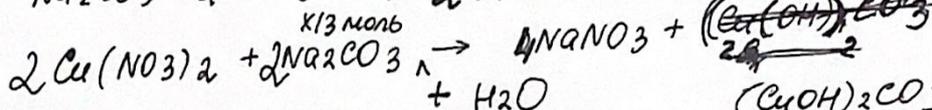
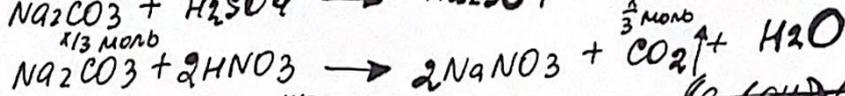
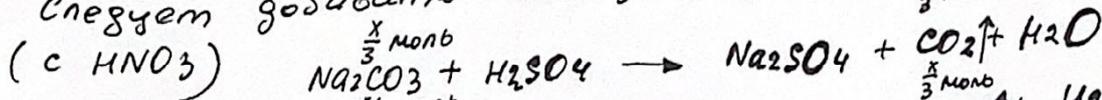
$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 142,7 \cdot 0,98 = 139,846 \text{ г}$$



$m_p = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7 \text{ г}$ - масса 2-го этапа

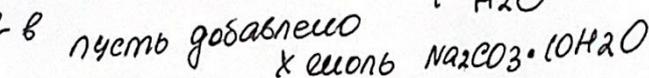
$\Delta m = 33,9 \text{ г}$

Следует добавить $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в 1 этапе:



р-р Na_2CO_3 будет с равной вероятностью реагировать с

каждым из р-в



осаждается в осадке $(Cu(OH)_2)_2CO_3$ сравниме

$\Delta m_1 = \frac{286x}{3} - \frac{44x}{6} = 95,3x - 7,3x = 88x$

$\Delta m_2 = \frac{286x}{3} - \frac{44x}{3} = 95,3x - 14,7x = 80,6x$

$= \Delta m_3$

$88x + 80,6x + 80,6x = 249,4x$

$249,4x = 33,9$

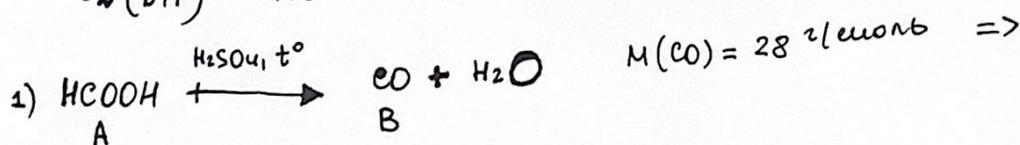
$x = 0,136 \text{ моль}$

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,136 \cdot 286 = 38,896 \text{ г}$

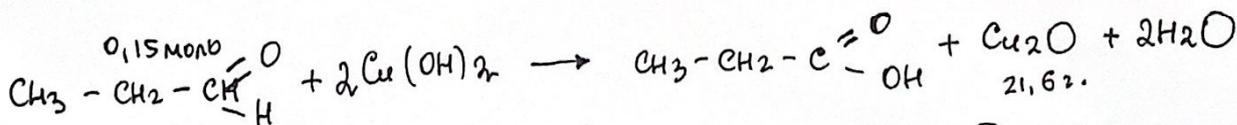
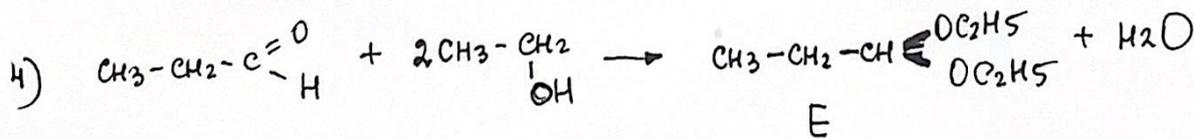
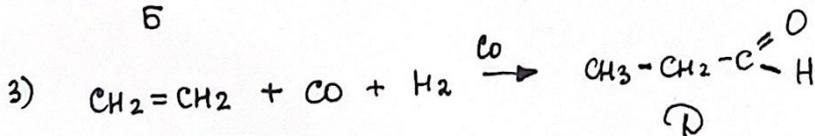
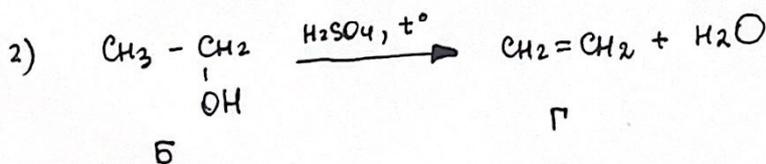
Отв: 38,9 г.

м.у. CO_2 влетит в реакцию

№6. $D_{O_2}(B+Г) = 0,75 \Rightarrow \bar{M} = 28 \text{ г/моль}$



$\Rightarrow M(Г) = 28 \text{ г/моль}$ Г - $CH_2=CH_2$



$m = 58 \cdot 0,15 = 8,7 \text{ г}$

Отв: 8,7 г.