



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Сушкова Мария Олеговна**

Класс: **11**

Технический балл: **99**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

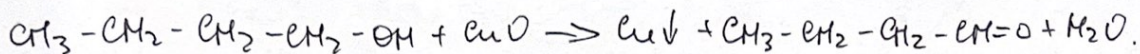
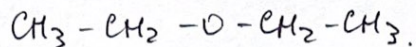
Шифр работы:	9817338
Оценка:	99
Экзаменатор:	Пичугина
Описание работы:	
№ 1	8 баллов
№ 2	16 баллов
№ 3	16 баллов
№ 4	20 баллов
№ 5	20 баллов
№ 6	19 баллов (не указаны условия в реакции 3)

Условие ①

Задача 1.

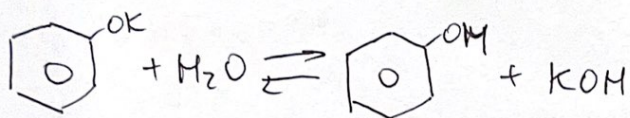
$$42\bar{e} - 32\bar{e} = 10\bar{e} \Rightarrow C_4H_{10}O.$$

возможные вещества: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$;



12	C
16	O
1	H

Задача 2.



	$C_6H_5O^-$	$+ H_2O$	\rightleftharpoons	C_6H_5OH	$+ OH^-$
быть	C			O	O
прореагировано	X			-	-
осталось	C-X			X	X

$$K_D = 10^{-10}$$

$$pM = 11$$

$$① K_r = \frac{10^{-14}}{K_D} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$② [M^+] = 10^{-pM} = 10^{-11} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$$

$$③ K_r = \frac{x^2}{c-x}$$

$$10^{-4} = \frac{(10^{-3})^2}{c - 10^{-3}}$$

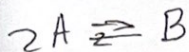
$$c - 10^{-3} = \frac{10^{-6}}{10^{-4}}$$

$$c - 10^{-3} = 10^{-2} \Rightarrow c = 10^{-2} + 10^{-3} = 0,01 + 0,001 = 0,011 M.$$

Условие (2)

Ответ: $C = 0,014 \text{ M}$

Задача 3.



① $PV = \nu RT$

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль.}$$

② Пусть x ~~моль~~ - одна часть. Т.к. $B:A = 1,86:1 \Rightarrow$

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

$$2,86x = 0,04$$

$$x = 0,014 \Rightarrow \nu(B) = 0,026 \text{ моль}$$

$$\nu(A) = 0,014 \text{ моль.}$$

③ Поскольку $2M(A) = M(B) \Rightarrow$

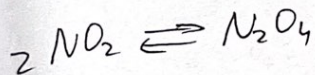
$$M_{\text{ср}} = \frac{\nu(A) \cdot M(A) + \nu(B) \cdot M(A) \cdot 2}{0,04}$$

$$0,014 \cdot M(A) + 0,052 M(A) = 75,9 \cdot 0,04$$

~~моль~~

$$M(A) \cdot 0,066 = 3,036$$

$$M(A) = \frac{3,036}{0,066} = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow M(B) = 92 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{вещество A} - \text{NO}_2 \\ \text{вещество B} - \text{N}_2\text{O}_4 \end{array}$$



④ $K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,026}{1,86 \cdot 10^{-4}} = \frac{260}{1,96} = 132,65.$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{0,026}{1} = 0,026 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$[\text{NO}_2] = \frac{0,014}{1} = 0,014 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$K = \frac{k_1}{k_{-1}}$$

k_1 - константа скорости прямой реакции

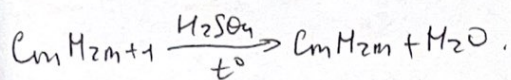
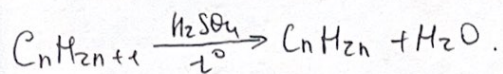
k_{-1} - константа скорости обратной реакции.

$$k_{-1} = \frac{k_1}{K} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{132,65} = \frac{5}{132650} = 3,77 \cdot 10^{-5}$$

Ответ: $k_{-1} = 3,77 \cdot 10^{-5}$

Углеводк (3)

Задача 4.



(1)

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = \frac{1129,77375}{3766,242} = 0,3 \text{ моль.}$$

Пусть I эфира x моль, а II эфира y моль \Rightarrow

$$x + y = 0,3.$$

(2) $M = \frac{15,9}{0,3} = 53 \frac{г}{\text{моль}} \Rightarrow$ I эфир - C_2H_5OH ($M=46$)

(3)

$$\begin{cases} x + y = 0,3 \\ 46x + y(14m + 18) = 15,9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,3 \\ 46x + 14my + 18y = 15,9 \end{cases}$$

1. $x = 0,3 - y.$

2. $46(0,3 - y) + 14my + 18y = 15,9.$

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

$$14my - 28y = 2,1 \quad | :7$$

$$2my - 4y = 0,3.$$

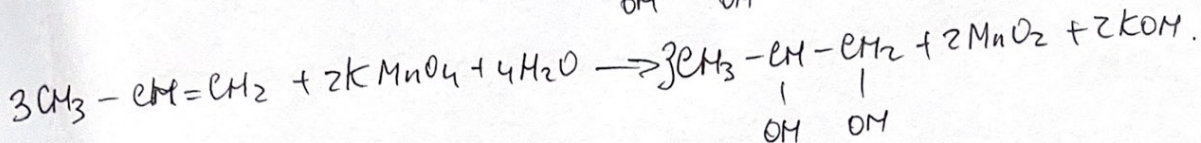
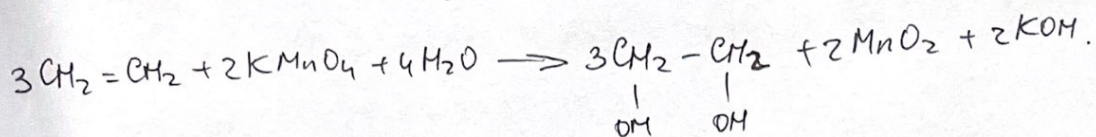
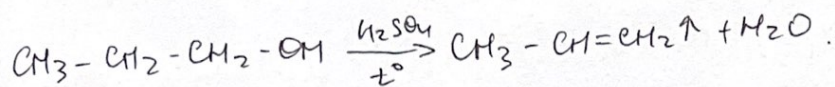
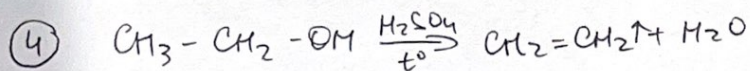
$$y(2m - 4) = 0,3.$$

$$y = \frac{0,3}{2m - 4}.$$

m	y
3	0,15
4	0,075

\Rightarrow II эфир - C_3H_7OH ($M=60$)

Углерод (4)



$$c(\text{KMnO}_4) = 0,4 \text{ M}$$

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

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

$$\textcircled{5} \quad m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,15 \cdot 46 = 6,9 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ г}$$

$$w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{6,9}{15,9} = 43,4\%$$

$$w(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{9}{15,9} = 56,6\%$$

Ответ: 1) I спирт - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

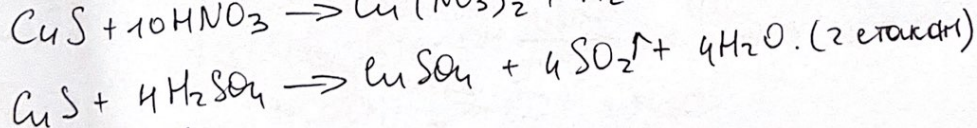
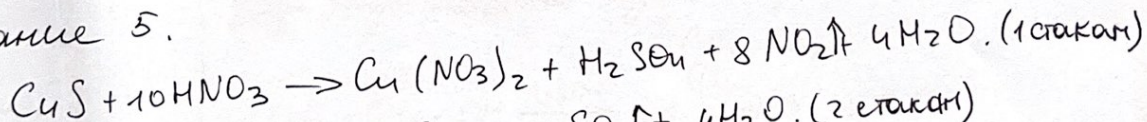
II спирт - $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$

2) $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 43,4\%$

$w(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 56,6\%$

3) $V(\text{KMnO}_4) = 0,5 \text{ л}$

Задача 5.



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

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

$n(\text{HNO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{75,6}{63} = 1,2 \text{ - избыток}$

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

$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{139,846}{98} = 1,427 \text{ - избыток}$

Условие 5

4) $m(\text{NO}_2) = \nu \cdot M = 0,8 \cdot 46 = 36,8 \text{ г}$

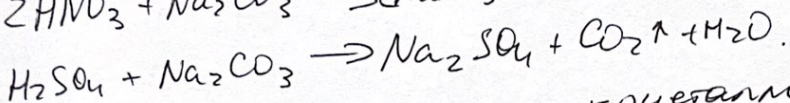
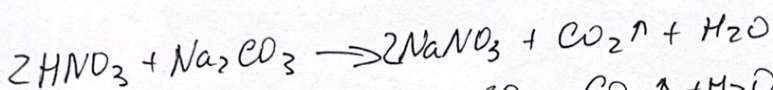
$m(\text{SO}_2) = \nu \cdot M = 0,8 \cdot 64 = 51,2 \text{ г}$

5) $m_{\text{р-ра}_1} = m(\text{CuS}) + m(\text{HNO}_3) - m(\text{NO}_2) = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8 \text{ г}$

$m_{\text{р-ра}_2} = m(\text{CuS}) + m(\text{H}_2\text{SO}_4) - m(\text{SO}_2) = 9,6 + 142,7 - 51,2 = 101,1 \text{ г}$

разница: $101,1 - 92,8 = 8,3 \text{ г}$

кристаллизрат необходимо добавить в стакан с HNO_3 :



Пусть добавили x моль кристаллизрата \Rightarrow

$286x - 44x = 33,9$

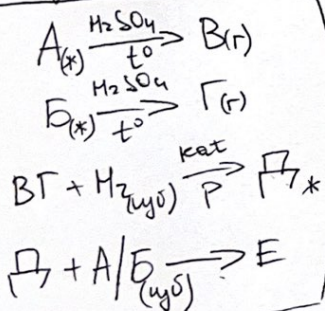
$242x = 33,9$

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

Ответ: 1) разница равна 33,9 г

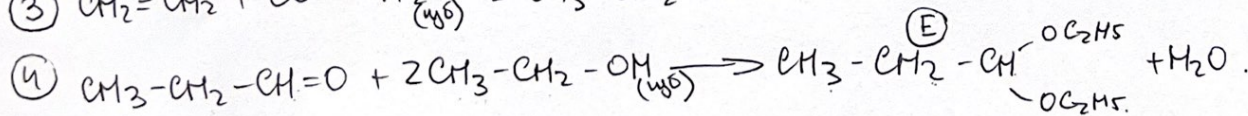
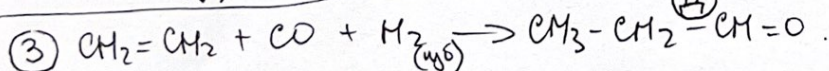
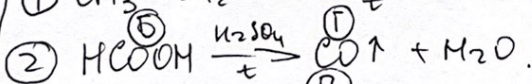
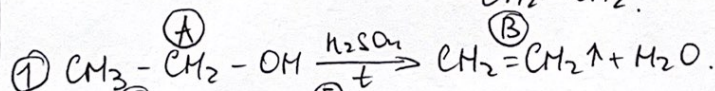
2) ~~кристаллизрат~~
40,04 г кристаллизрата необходимо добавить
~~в стакан с HNO3~~. в 1 стакан. (с HNO_3).

Задача 6.

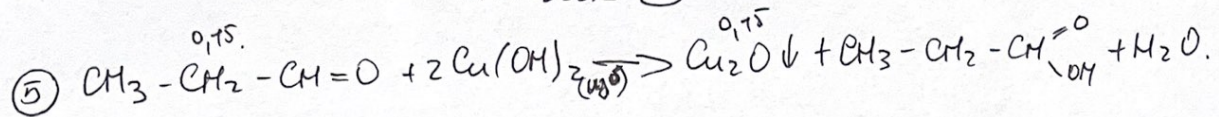


$M_{\text{метан}} = 0,875 \cdot 32 = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

~~Воделившиеся газы:~~ CO ;
 $\text{C}_2\text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_2$.



глюкоза ⑥



$$m(\text{Cu}_2\text{O}) = 21,6 \text{ г}$$

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

$$m(\text{Г}) = \nu \cdot M = 0,15 \cdot 58 = 8,7 \text{ г}$$

Ответ: 1) А - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

Б - HCOOH

В - $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$

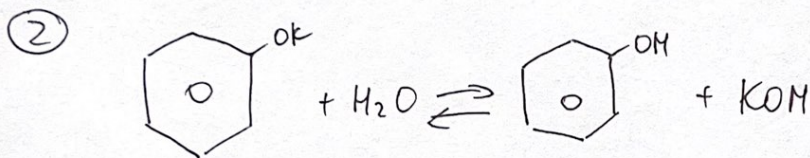
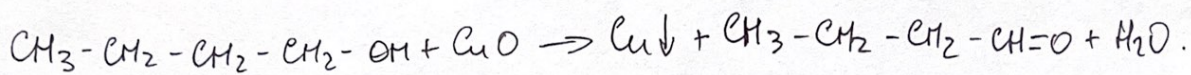
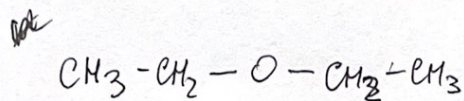
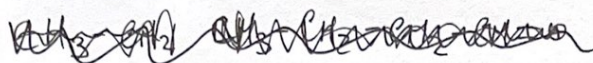
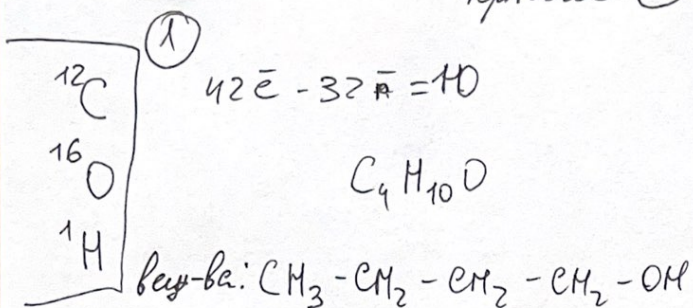
Г - CO

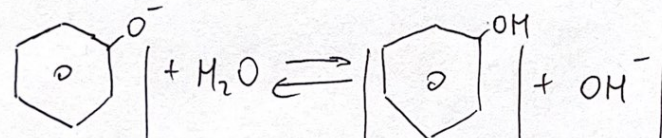
Д - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$

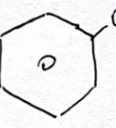

Е - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{OC}_2\text{H}_5}{\text{C}}$

2) $m(\text{Г}) = 8,7 \text{ г.}$

Черновик (1)





соль		$+ \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$		$+ \text{OH}^-$	$K_{\text{B}} = 10^{-10}$ $\text{pH} = 11$
	C		O	O	
молекула соль	X		-	-	
остаток	C-X		X	X	

$$K_r = \frac{10^{-14}}{K_B} = \frac{10^{-4}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

Черновик (2)

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-11} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$$

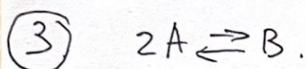
$$K_r = \frac{x^2}{c-x}$$

$$10^{-4} = \frac{(10^{-3})^2}{c-10^{-3}}$$

$$c-10^{-3} = \frac{10^{-6}}{10^{-4}}$$

$$c-10^{-3} = 10^{-2}$$

$$c = 10^{-2} + 10^{-3} = 0,01 + 0,001 = 0,011 \text{ M.}$$



1. $pV = \nu RT$

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \cdot 1}{303 \cdot 8,314} = 0,04 \text{ моль.}$$

Пусть x - масса чл. в. Г.к. $B:A = 1,86:1 \Rightarrow$

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

$$2,86x = 0,04$$

$$x = 0,014 \Rightarrow \nu(B) = 0,026 \text{ моль.}$$

$$\nu(A) = 0,028 \text{ моль.}$$

Поскольку $2M(A) = M(B) \Rightarrow$

$$M_{cp} = \frac{\nu(A) \cdot M(A) + \nu(B) \cdot 2 \cdot M(A)}{\nu}$$

$$0,014 \cdot M(A) + 0,026 \cdot 2 \cdot M(A) = 75,9 \cdot 0,04$$

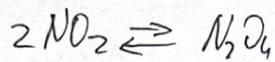
$$0,014 \cdot M(A) + 0,052 \cdot M(A) = 3,036$$

$$M(A) \cdot 0,066 = 3,036$$

$$M(A) = 46 \Rightarrow M(B) = 92 \Rightarrow$$

вещество А - NO_2
вещество В - N_2O_4

Черновик (3)



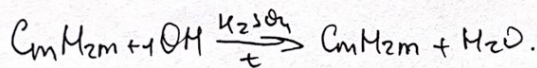
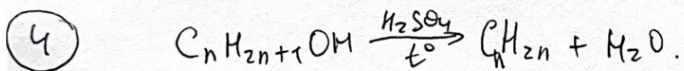
$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,026}{1,96 \cdot 10^{-4}} = \frac{260}{1,96} = 132,65$$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{0,026}{1} = 0,026 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$[\text{NO}_2] = \frac{0,044}{1} = 0,044 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$K = \frac{k_1}{k_2}$$

$$k_{-1} = \frac{k_1}{K} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{132,65} = \frac{5}{132650} = 3,77 \cdot 10^{-5}$$



1. $pV = \nu RT$

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{453 \cdot 8,314} = \frac{1129,77375}{3766,242} = 0,3 \text{ моль}$$

~~Пусть~~ Пусть I спирта было x моль, а II спирта — y моль \Rightarrow

$$x + y = 0,3$$

2. $M = \frac{m}{\nu} = \frac{15,9}{0,3} = 53 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (M=46)$

3. $\int x + y = 0,3$

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

$$\int x + y = 0,3$$

$$\int 46x + 14my + 18y = 15,9$$

Черновик (4)

1. $x = 0,3 - y$.

2. $46(0,3 - y) + 14my + 18y = 15,9$.

13.8. $-46y + 14my + 18y = 15,9$.

$14my - 28y = 2,1 \quad | :7$.

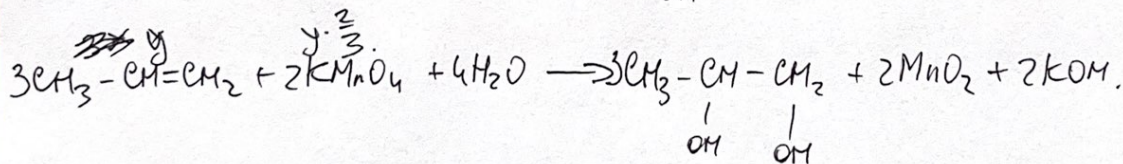
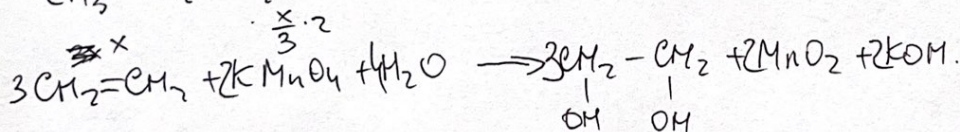
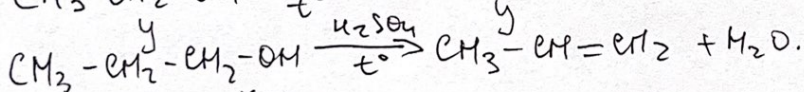
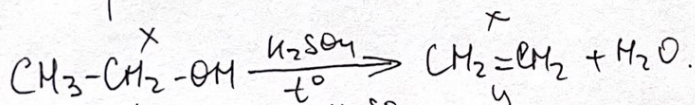
$2my - 4y = 0,3$.

$y(2m - 4) = 0,3$.

$y = \frac{0,3}{2m - 4}$.

m	y
3	0,15
4	0,075

\Rightarrow II продукт - C_3H_6O ($M=60$)



$C(KMnO_4) = 0,4M$.

$0,4 = \frac{V}{V}$

$V(KMnO_4) = 0,2 \text{ моля}$.

$V = \frac{V}{0,4}$

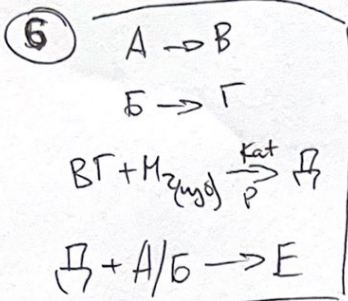
$V(KMnO_4) = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ л}$.

$w = \frac{m_B}{m_C}$

$m = 0,1M$.

Чертовик (5)

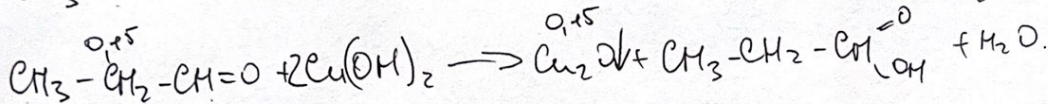
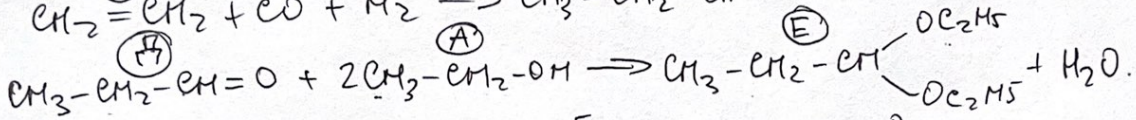
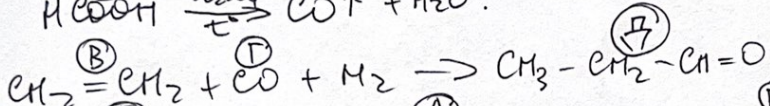
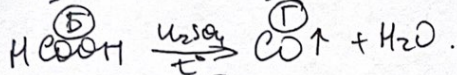
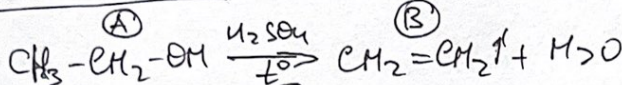
$$P \times V = \frac{M \times}{M_y}$$



Масса $\Gamma = 0,875 \cdot 32 = 28 \frac{\Gamma}{\text{моль}}$

Возможные газы: CO

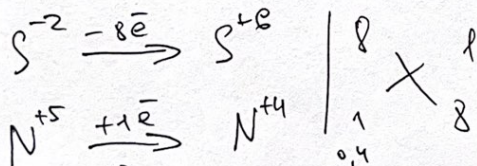
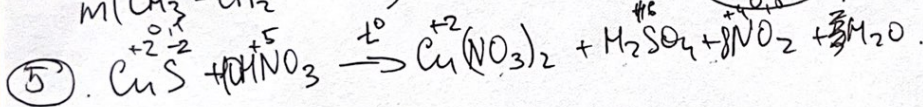
Возможные перегретые пары: $CH_2=CH_2$



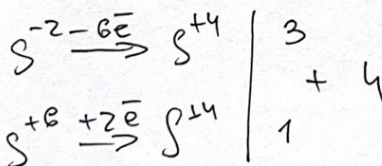
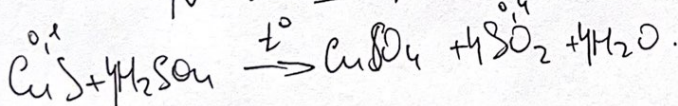
$M(Cu_2O) = 216 \text{ г}$

$\nu(Cu_2O) = \frac{m}{M} = \frac{216}{144} = 0,15 \text{ моль}$

$m(CH_3-CH_2-CH=O) = \nu \cdot M = 0,15 \cdot 58 = 8,7 \text{ г}$



$10 + 16 + 4 = 30$



$4 + 8 + 4 = 16$

$w = \frac{m_E}{m_P}$

$m_B = w \cdot m_P$

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

2. $m(HNO_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6 \text{ г}$

$\nu(HNO_3) = \frac{m}{M} = \frac{75,6}{63} = 1,2 \text{ - избыток}$

$6 + 10$

3. $m(H_2SO_4) = 142,7 \cdot 0,98 = 139,846 \text{ г}$

$6 + 5 + 5 + 2 =$

$\nu(H_2SO_4) = \frac{139,846}{98} = 1,427 \text{ моль - избыток}$

Черновик (6)

$$4. m(\text{NO}_2) = 0,8 \cdot M = 0,8 \cdot 46 = 36,8 \text{ г}$$

$$m(\text{SO}_2) = 0,4 \cdot M = 0,4 \cdot 64 = 25,6 \text{ г}$$

$$5. m_{\text{р-ра}_1} = m(\text{CuS}) + m(\text{HNO}_3)_{\text{р-ра}} - m(\text{NO}_2) = 9,6 + 120 - 36,8 =$$

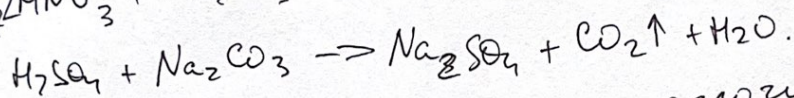
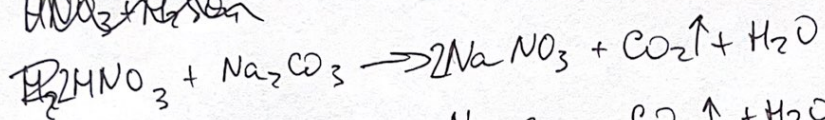
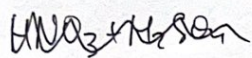
$$= 92,8 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}_2} = m(\text{CuS}) + m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{р-ра}} - m(\text{SO}_2) = 9,6 + 142,7 - 25,6 =$$

$$= 126,7.$$

$$\text{разница: } 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г.}$$

В ~~1~~ в 1 адкан:



Пусть добавили x моль карбоната натрия \Rightarrow

$$286x - 44x = 33,9.$$

$$242x = 33,9$$

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

$$\text{H}_2\text{O} = 2 \cdot 18 = 36$$