



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Шогляев Мирослав Сергеевич**

Класс: **11**

Технический балл: **90**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9347990

Кузнецова Т.А.

Задание 1: 8 б.

Задание 2: 16 б.

Задание 3: неверная к скорости, т.к. не найдены концентрации  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_4$  (- 6 б.). Итого 10 б.

Задание 4: 20 б.

Задание 5: 1 р-ция : неверный продукт ( $\text{SO}_2$ ), отсюда неверные расчеты. За 1 часть задания (10 б.), за 2 часть задания (6 б.). Итого 16 б.

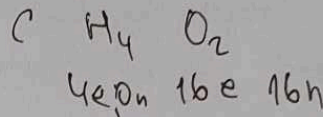
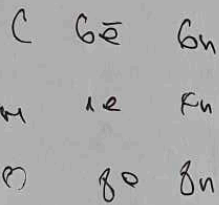
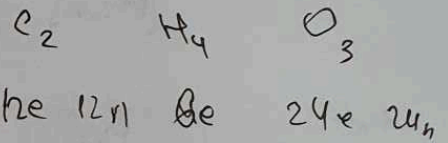
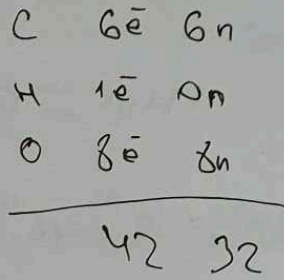
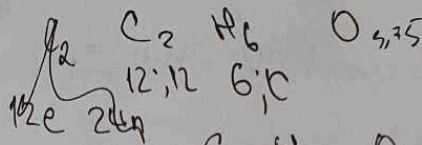
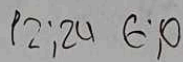
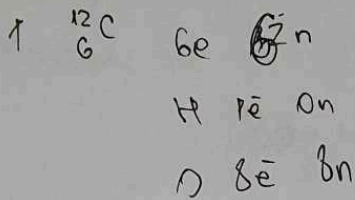
Задание 6: 20 б.

Всего 90 б.

# Черновик P.

1. □ □

$$42e \quad 32n$$



$$6 \cdot x + y + 8z = 42$$

$$6 \cdot x + 8z = 32$$

$$6x = 32 - 8z$$

$$x = \frac{32 - 8z}{6}$$

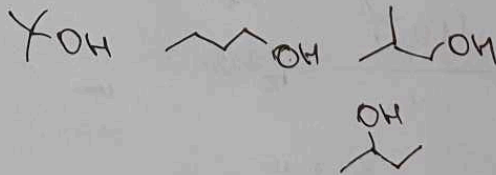
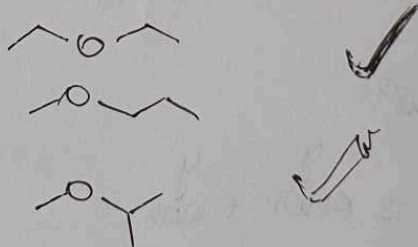
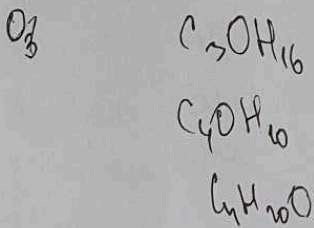
$$\frac{32 - 8z}{6} + y + 8z = 42$$

$$32 - 8z + 6y + 48z = 252$$

$$32 + 40z + 6y = 252$$

$$40z + 6y = 222$$

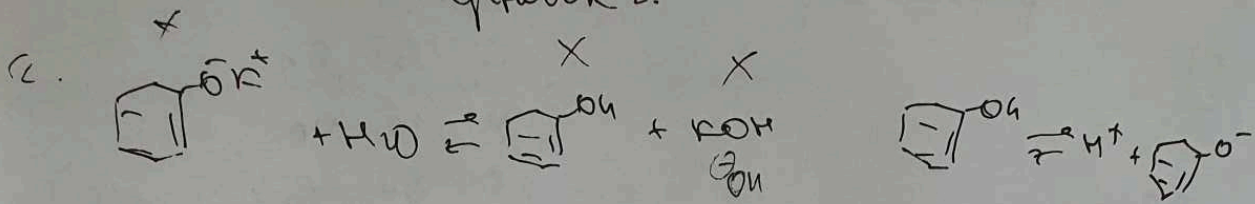
$$z = \frac{222 - 6y}{40}$$



на,

6 мисривисов   7 меривисов

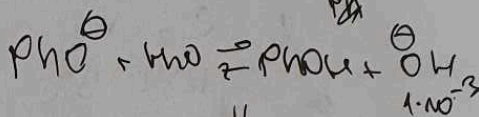
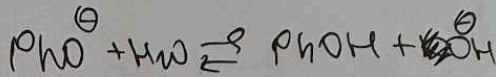
Уравнение 2.



pH=14  $\Rightarrow$  [H<sup>+</sup>] = 10<sup>-14</sup> = 10<sup>-11</sup> = 1 · 10<sup>-11</sup>  $\frac{1.0 \cdot 10^{-10}}{1}$

PHOH  $\rightleftharpoons$

$\frac{[PhO^-][H^+]}{[PhOH]} = 10^{-10}$



pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3

[OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-3</sup> = 1 · 10<sup>-3</sup>

$\frac{PhO^-}{PhOH}$

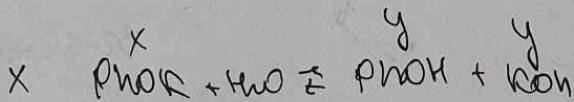
PhO<sup>-</sup>

$\frac{[PhO^-][H^+]}{[PhOH]} = 10^{-10}$

\*  $\frac{(1 \cdot 10^{-11})^2}{(X - 1 \cdot 10^{-11})} = 10^{-10}$

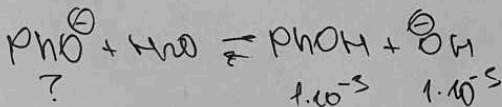


1 · 10<sup>-3</sup> PhOH 1 · 10<sup>-3</sup>

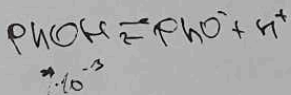


$\frac{(1 \cdot 10^{-3})^2}{X} = 10^{-10}$

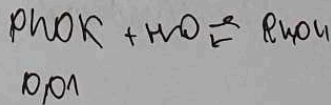
10000



X = 1 · 10



$\frac{X \cdot 1 \cdot 10^{-11}}{1 \cdot 10^{-3}} = 10^{-10}$



f.

X = 0,01

$$x \quad 2x$$

$$1 \quad 1,86$$

Уравнение Б.

$$2A \rightleftharpoons B$$

$$V = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, T = 303 \text{ К}$$

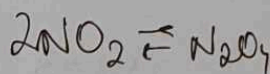
$$\frac{1,86}{1^2} = 1,86$$

$$M = 101,325 \text{ Па} \quad M_{\text{ср}} = 75,9 \text{ г/моль}$$

$$\frac{1,86 \cdot x + 4 \cdot x}{3} = 75,9$$

$$\frac{2x \cdot 1,86 + x}{2,86} = 75,9$$

$$x = 46$$



Р от 0,5 при коэф 1,47

$$5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}} \cdot A^2$$

$$K_{2A \rightleftharpoons B} = 5 \cdot 10^{-3} \quad 2x$$

$$1 \quad 1,86$$

$$K_{A \rightleftharpoons 2A} =$$

$$V = K [A]^2$$

$$V = K [B]$$

Равновесие - скорость прямой и обратной реакции равны.

$$V_{A \rightleftharpoons B} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot t = 5 \cdot 10^{-3}$$

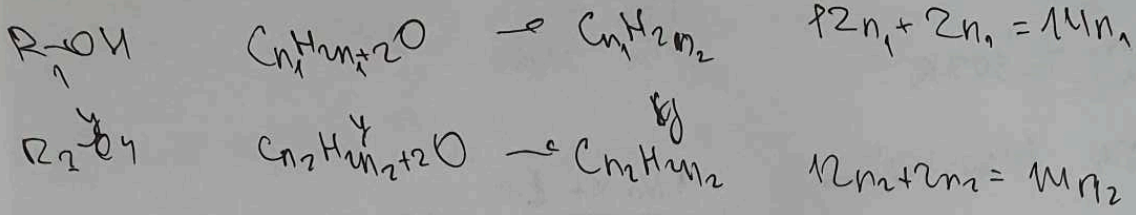
$$V_{B \rightleftharpoons 2A} = 5 \cdot 10^{-3} = K \cdot [B] = K \cdot 1,86$$

$$K \cdot 1,86 = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$K = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,86}$$

$$2,688 \cdot 10^{-3}$$

12n<sub>1</sub> + 2n<sub>1</sub> + 2 + 16 (перевод 4.)



$14n_1 \cdot x + 14n_2 \cdot y = 15,5$        $(14n_1 + 18) \cdot x + (14n_2 + 18) \cdot y = 15,5$

102 20  
PV = nRT

$x + y = 3$        $x = 3 - y$       53-Мер

$V = \frac{nRT}{P}$

$n = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0,101115}{8,314 \cdot 298} = 0,3$

$14n_1$        $(14n_1 + 18)$

$14n_1 + 18 + 14n_2 + 18 = 53$

$14n_1 + 14n_2 = 17$

$0,3 \cdot 0,3$

$4,2n_1 + 4,2n_2 = 17$

$14n_1 \cdot x + 14n_2 \cdot (0,3 - x) = 17$

$14n_1x + 4,2n_2 - 14n_2x = 17$

перевод = 0,3 → перевод 0,3 → Мер = 53

$\frac{14n_1 \cdot x + 14n_2 \cdot (0,3 - x)}{0,3} = 17$

$n_1 = 2 \quad n_2 = 13$

$\frac{14n_1 \cdot x + 28 \cdot (0,3 - x)}{0,3} = 17$

CO <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46
CO <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60

$c = \frac{V}{V_0}$   
 $\sqrt{c} = \frac{V}{V_0}$

$\frac{46(0,3 - x) + 60(0,3 - x)}{0,3} = 53$

0,15	0,15		
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	→	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	6,9
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	→	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9
0,4		0,15	

$x =$   
 $43,4\%$   
 $56,6\%$

$x = 0,15$   
 $x = 0,4$

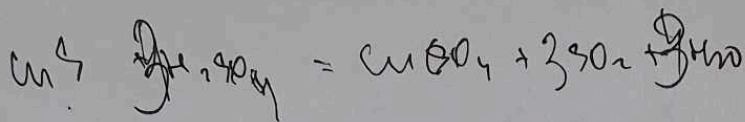
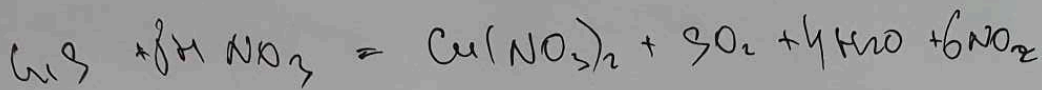
46

Упробор 5.

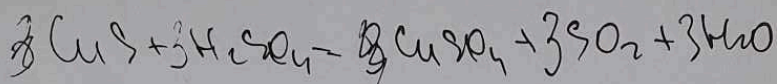
5.

$$\begin{array}{r} 3 \\ \sim \\ 1 \end{array} \begin{array}{r} 6 \\ 1 \\ 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \sim \\ 2 \end{array} \begin{array}{r} 6 \\ 6 \\ 1 \end{array} \Bigg| \begin{array}{r} 6 \\ 1 \\ 3 \end{array}$$



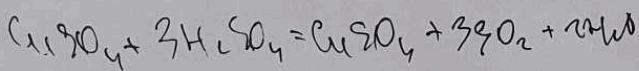
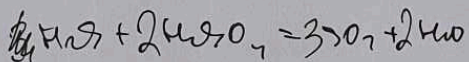
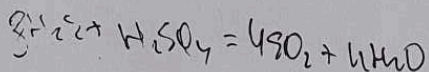
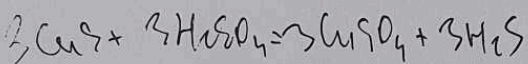
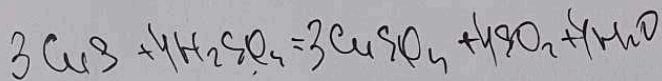
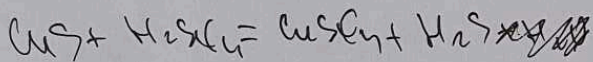
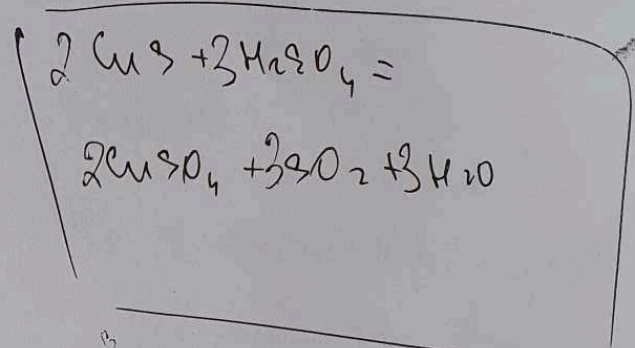
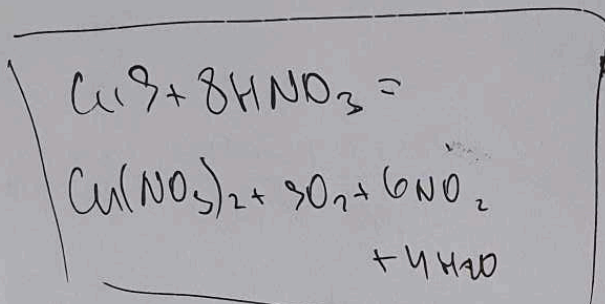
6  
8



$$\begin{array}{r} 3 \\ \sim \\ 3 \end{array} \begin{array}{r} 6 \\ 2 \\ 6 \end{array} \Bigg| \begin{array}{r} 1 \\ 3 \\ 3 \end{array}$$

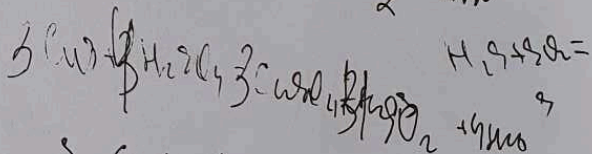
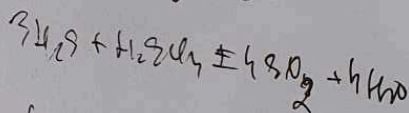
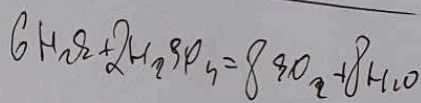
Cu

14  
3

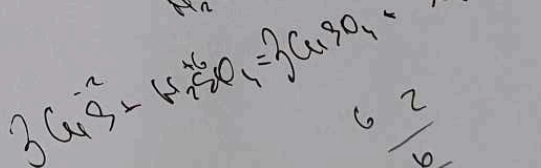
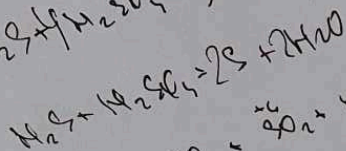
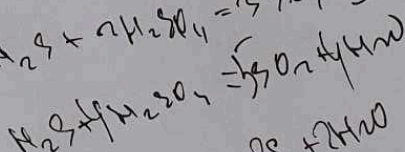
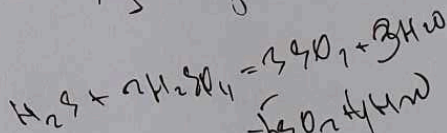


$$x - \frac{x}{286} \cdot 44 = 311$$

$$\frac{x}{286}$$

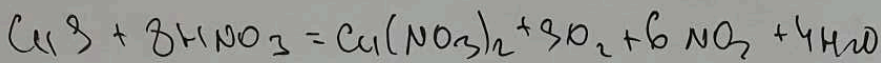


$$\begin{array}{r} 3 \\ \sim \\ 3 \end{array} \begin{array}{r} 6 \\ 2 \\ 6 \end{array} \Bigg| \begin{array}{r} 1 \\ 3 \\ 3 \end{array}$$

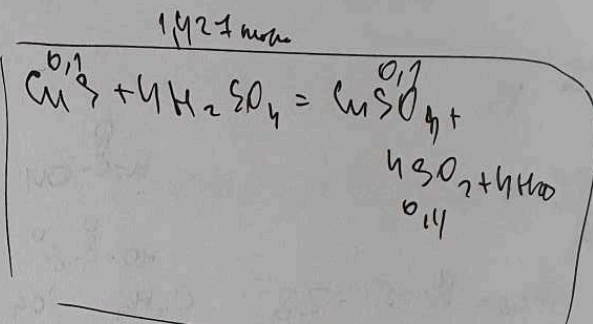
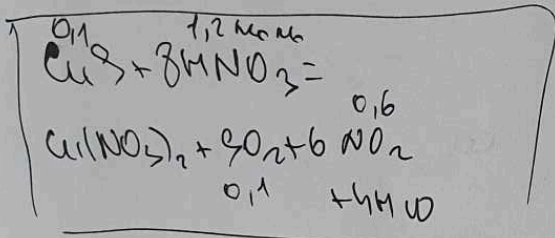


$$\begin{array}{r} 6 \\ \sim \\ 2 \\ 1 \\ 3 \end{array}$$

Уравнение 6.



N 6.

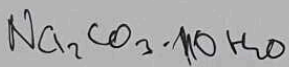


$$9,6 + 120 = 129,6$$

$$+ 0,1 \cdot 64 + 0,6 \cdot 46 = -21,2$$

$$108,4$$

0,1 м осадков



$$23,3$$

$$27,54$$

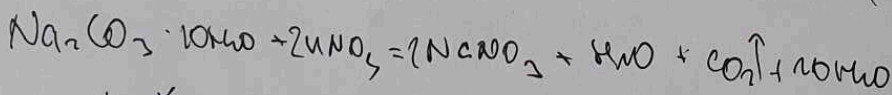
$$9,6 + 142,7 = 152,3$$

$$- 0,1 \cdot 64 = 25,6 \quad 57,2 + X$$

$$126,7$$

$$0,2 \cdot 286 + X = 0,2 \cdot 44 = 31,1$$

$$X = 0,2 \cdot 286 + X - 0,2 \cdot 44 = 31,1$$



+ X

$$+ 286x - 44x = 242x$$

$$+ X - 0,2 \cdot 44 = 31,1$$

$$X = 39,9$$

$$\frac{+X}{-286}$$

$$0,2 \cdot 44$$

$$X - 0,2 \cdot 44$$





Чистовик 1.

№ 1.

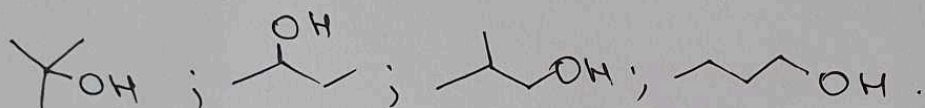
В атоме C содержится  $6e^-$  и  $6p$ ,  
в атоме H  $1e^-$  и  $0p$ , в атоме O  $8e^-$  и  $8p$ .

Число атомов C-x, H-y, O-z. Тогда: 
$$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 \\ 6x + 8z = 32 \end{cases}$$

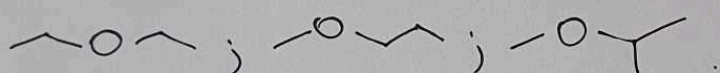
У этой системы есть решение в целых числах:  $x = 4$

$$\begin{aligned} y &= 10 \\ z &= 1 \\ &\downarrow \end{aligned}$$

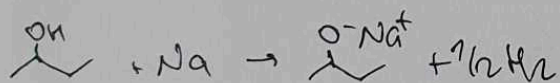
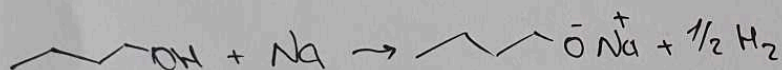
Формула изомеров  $C_4H_{10}O$ . Это могут быть спирты и простые эфиры. Возможные формулы спирта:



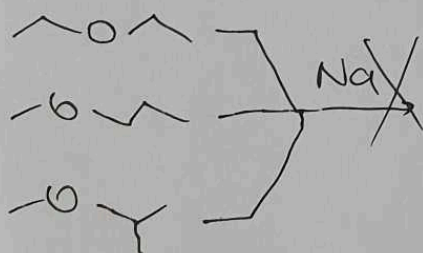
Возможные формулы простого эфира:



Различить их можно по реакции с металлическим натрием.

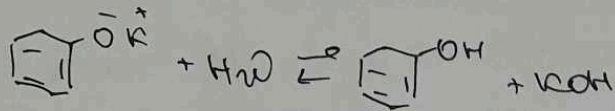


CC(C)OC + Na  $\rightarrow$  CC(C)OC[Na] +  $\frac{1}{2}H_2$ . Выделится водород-бесцветный легкий газ. Эфиры в реакцию с Na не вступают.



Условие 2.

В водном растворе фенолята какие происходят:



Зная  $pK_a$ , определим концентрации  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$

$$[\text{H}^+] = 10^{-pK_a} = 10^{-11} = 1 \cdot 10^{-11} \frac{\text{моль}}{\text{л}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$x = [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]$ . По стехиометрии  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}] = [\text{OH}^-]$ . Зная это, запишем выражение для  $K_{дис}$ . ( $pK_a - \text{C}_6\text{H}_5$ )

$$\frac{[\text{PhO}^-][\text{H}^+]}{[\text{PhOH}]} = 10^{-10} \Rightarrow \frac{x \cdot 1 \cdot 10^{-11}}{1 \cdot 10^{-3}} = 10^{-10}; \text{ отсюда } x = 0,01.$$

$[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] = 0,01$ . Молярная конц. фенолята равна  $0,01 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

№3.

$$2A \rightleftharpoons B \Rightarrow M_{ср} = \frac{M(A) \cdot \bar{V}_A + M(B) \cdot \bar{V}_B}{\bar{V}_A + \bar{V}_B}$$

$$\left. \begin{array}{l} ] M(A) = x \\ \downarrow \\ M(B) = 2x \end{array} \right\} 75,9 = \frac{x \cdot 1 + 2x \cdot 1,86}{2,86}; \text{ отсюда } x = 46, \text{ это и молярной}$$

массе удовлетворяет  $\text{NO}_2$ . Получается: А -  $\text{NO}_2$

В -  $\text{N}_2\text{O}_4$

Если установлено равновесие, значения скорости прямой и обратной реакции равны. Зная это, определим скорость реакции.

$$v = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{мин}}$$

$$v = k_{обр.реак} \cdot [B] \Rightarrow 5 \cdot 10^{-3} = k \cdot 1,86$$

$$k = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,86} = 2,688 \cdot 10^{-3} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

### Задача 3.

№4.

Общая формула спиртов:  $C_nH_{2n+2}O$

Общая формула алкенов, получаемых после дегидратации спиртов:  $C_nH_{2n}$ .  $\downarrow$  кол-во  $n$  в первом спирте  ~~$n_1$~~   
во втором  ~~$n_2$~~ .

а кол-во вещества первого спирта -  $x$ ;  
второго -  $y$ .

$$(14n_1 + 18) \cdot x + (14n_2 + 18) \cdot y = 15,9$$

Через объем газовой смеси, можно определить количество вещества общее.

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0,01115}{8,314 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль.}$$

Кол-во алкенов = кол-во спиртов = 0,3 моль. Можно найти среднюю молярную массу смеси спиртов.  $M = \frac{m}{\nu} = \frac{15,9}{0,3} = 53 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ .

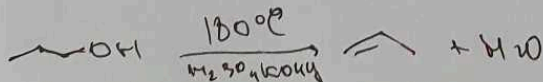
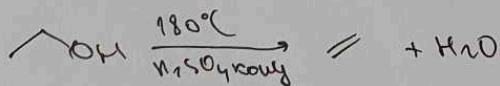
Один из спиртов можно считать (т.к. известна фракция). Допустим спирты в равных количествах, тогда  $\nu$ :

$$\frac{46 \cdot 0,15 + M_{\text{спирта}} \cdot 0,15}{0,3} = 53 \quad ; \quad \text{откуда } x = 60, \text{ что соответствует}$$

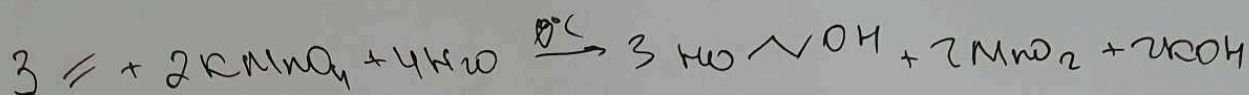
пропанолу. Возможный состав смеси: 0,15 моль  $C_2H_5OH$   
0,15 моль  $C_3H_7OH$

$$w_{C_2H_5OH} = \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} \cdot 100\% = 43,4\%$$

$$w_{C_3H_7OH} = \frac{0,15 \cdot 60}{15,9} \cdot 100\% = 56,6\%$$



Условие 4.



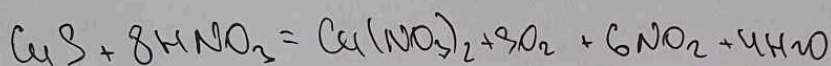
$$n_{\text{KMnO}_4} \text{ на реакцию} = \frac{0,3 \cdot 2}{3} = 0,2 \text{ моль}$$

с газовой смесью

$$C = 0,4 \text{ M, а т.к. } c = \frac{V}{V} \text{, то } V = \frac{V}{c} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ л.}$$

№5.

в I камере

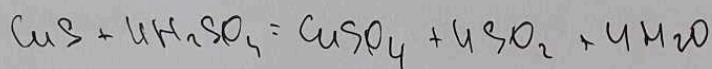


$$n_{\text{CuS}} = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{120 \cdot 0,63}{63} = 1,2 \text{ моль ; т.е. остается } 0,4 \text{ моль после реакции.}$$

$$m_{\text{остатки}} = 9,6 + 120 - 0,1 \cdot 64 - 0,6 \cdot 46 = 95,6 \text{ г}$$

во II камере



$$n_{\text{CuS}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,427 \text{ моль ; т.е. остается } 1,027 \text{ моль после реакции.}$$

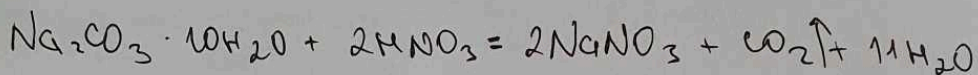
$$m_{\text{остатки}} = 9,6 + 142,7 - 0,1 \cdot 64 = 126,7 \text{ г.}$$

↓

$$\text{Итого разница в массе } \Delta m = 126,7 - 95,6 = 31,1 \text{ г}$$

## Условие 5

Получается, лампа в которую добавили азотную кислоту легче на 31,1 г, в нее добавим  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , чтобы уравновесить. Но нужно учитывать, что будет протекать взаимодействие с остатком кислоты:



$M \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = 286 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ . Нужно учитывать уходящий  $\text{CO}_2$

$$x - m \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$$

$$V(\text{CO}_2 \text{ которое может массовально выделиться}) = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ моль}$$

$$x - 0,2 \cdot 44 = 31,1$$

$$x = 39,9$$

Нужно добавить 39,9 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , чтобы уравновесить лампу.

$$V \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \frac{x}{286} ; V \text{CO}_2 \text{ которое может выделиться} = \frac{x}{286}$$

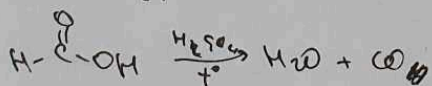
$$x - \frac{x}{286} \cdot 44 = 31,1, \text{ откуда } x = 36,755 \text{ г}$$

Нужно добавить 36,755 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , чтобы уравновесить лампу.  
NB.

Определим  $M_{\text{ср}}$  газовой смеси, т.к.  $D_{\text{O}_2} = 0,875$ , то  $M_{\text{ср}} = 32 \cdot 0,875 = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

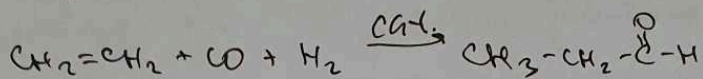
Этой молярной массе соответствуют:  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{B}_2\text{H}_6$ .

Наиболее вероятными и считаем  $\text{CO}$  и  $\text{C}_2\text{H}_4$ , их можно получить по следующим реакциям:



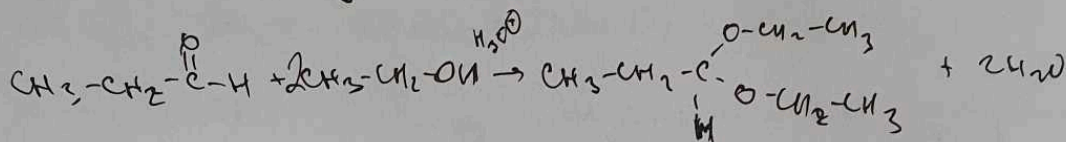
Условие 6.

Тогда реакция этой смеси с водородом:

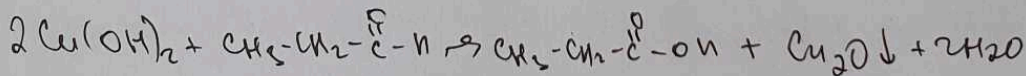
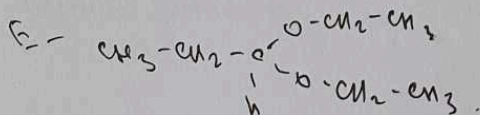
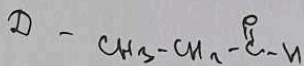
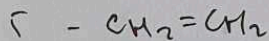
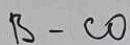
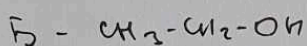
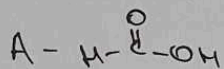


Реакция гидрирования алкенов в присутствии катализатора.

Похоже на реакцию. К тому же он реагирует с  $\text{Si}(\text{OH})_2$  этиленгликолем.



Реакция полного этерификации. На верность предположения о том, что один из исходных продуктов муравьиная кислота катализирует и описание реакции (то из веществ, которое не кислота), таким образом:



$$V_{\text{Si}_2\text{O}} = \frac{21,6\text{г}}{144\text{г/моль}} = 0,15\text{ моль}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{H}} = V_{\text{Si}_2\text{O}} = 0,15\text{ моль} \Rightarrow m_{\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{H}} = 0,15 \cdot 58 = 8,7\text{ г.}$$

масса пропаналя равна 8,7 г.