



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Григорьева Анастасия Сергеевна**

Класс: **11**

Технический балл: **89**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9108201

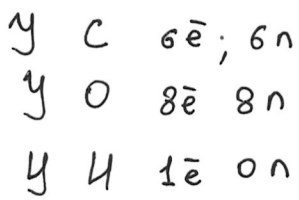
Беркович

1. Верно
2. Путаница в последнем шаге -3
3. Верно
4. Верно
5. Потерял серную кислоту, которая образовалась в реакции при расчете навески карбоната -2
6. Нет реакций получения альдегида, ацеталя и  $\text{CuO}$  -6

# Чистовики

## Вариант 1

### Задание №1



Общее:  $42\bar{e} \quad 32n$

Т.к. у C 4 O отрицательное кол-во  $\bar{e}$  и n, а у водорода нет, то разность  $42 - 32 = 10$  достигается за счёт водорода.

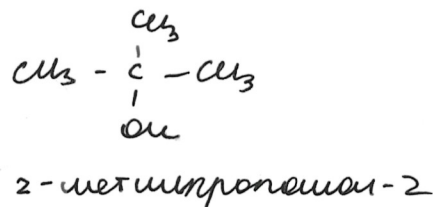
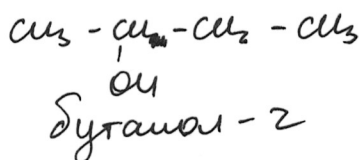
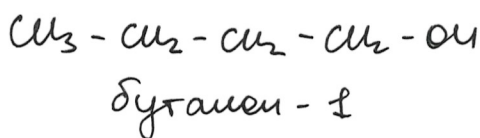
Итого: 10H

В соединении точно есть хотя бы 1 кислород.

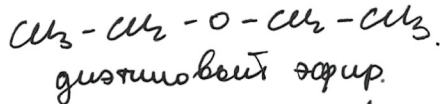
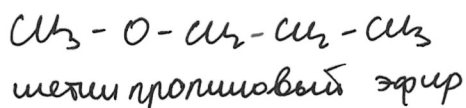
$32 - 8 = 24n$  на C  $\frac{24}{6} = 4$  Т.е. в соед. 4 C, если там 1 O

Брутто-формула соединения:  $C_4H_{10}O$

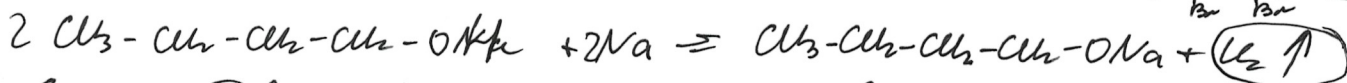
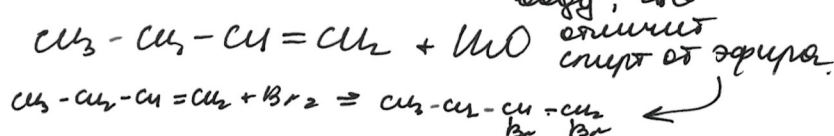
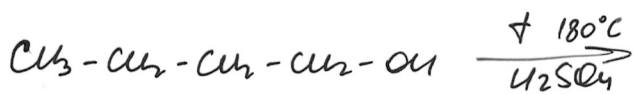
Это могут быть: спирты



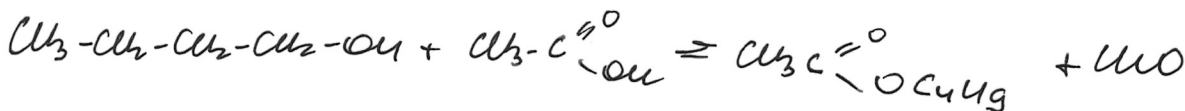
Или ~~простые~~ простые эфиры



А далее алкен сможет окислится бромную воду, это отличит спирт от эфира.

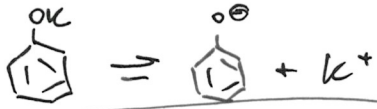
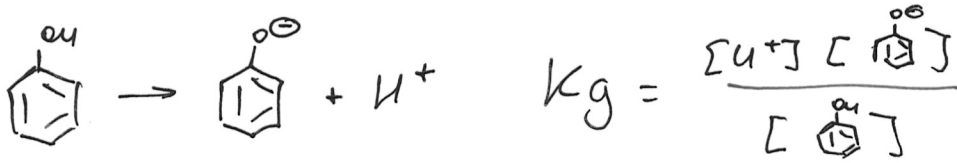


Если добавится Na в случае спирта выделится газ, а простого эфира нет.



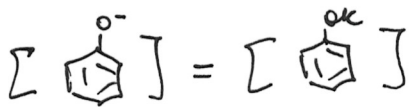
Чистовик

Задача №2



$$K_2 = \frac{K_w}{K_g} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-] \cdot [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 0,0001$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-(14-11)} = 10^{-3} = 0,001$$



$$p\text{H} + p\text{OH} = 14$$

$$\frac{(0,001)^2}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} = 0,0001 \quad [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] = 0,01 \text{ M}$$

Ответ: 0,01 M

Чистовик

Задача №3

$$pV = nRT \quad T = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

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

$$B:A = 1,86:1 \quad \nu(A) = x$$

$$M_{\text{ср.}} = 75,9 \text{ г/моль.}$$

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

$$x = 0,013986 \Rightarrow \nu(A) = 0,013986 \text{ моль}$$

$$0,02601396 \Rightarrow \nu(B) = 0,02601396 \text{ моль}$$

$$x_A \cdot M_A + x_B \cdot M_B = 75,9$$

$$\frac{0,013986}{0,04} \cdot M_A + \frac{0,02601396}{0,04} \cdot M_B = 75,9$$

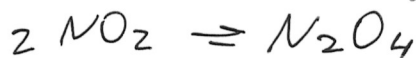
$$M_B = 2M_A \quad (\text{т.к. димеризация})$$

$$0,34965M_A + 0,650349 \cdot 2 \cdot M_A = 75,9$$

$$1,65M_A = 75,9$$

$$M_A = 46 \text{ г/моль.}$$

Данную молярную массу имеет  $\text{NO}_2$ , который способен димеризоваться



Равновесие устанавливается, когда  $\nu_{\text{пр.}} = \nu_{\text{обр.}}$

$$\nu_{\text{пр.}} = k_1 \cdot [\text{A}]^2 \quad \nu_{\text{обр.}} = k_2 \cdot [\text{B}] \quad K_{\text{пр.}} = 5,00 \cdot 10^{-3} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

$$K_{\text{пр.}} \cdot [\text{A}]^2 = K_{\text{обр.}} \cdot [\text{B}] \quad \nu = 1 \text{ л.}$$

$$5,00 \cdot 10^{-3} \cdot [0,013986]^2 = K_{\text{обр.}} \cdot 0,02601396$$

$$K_{\text{обр.}} = \frac{5,00 \cdot 10^{-3} \cdot 0,013986^2}{0,02601396} = 3,759677 \cdot 10^{-5} \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

Размерность константы =  $\frac{\text{размерность скорости}}{\text{размерность концентр.}} = \frac{\text{моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}}{\text{л} \cdot \text{моль} \cdot \text{моль}^{-1}} = \frac{1}{\text{мин}}$

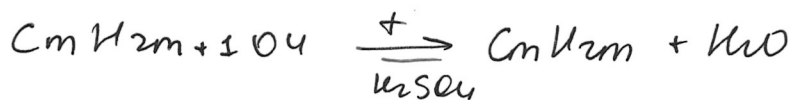
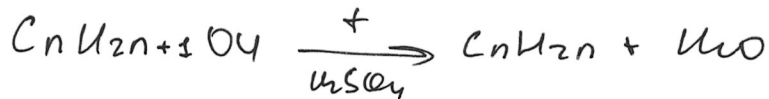
Ответ: A -  $\text{NO}_2$   
B -  $\text{N}_2\text{O}_4$ ;  $K_{\text{ср. разн.}} = 3,76 \cdot 10^{-5} \text{ (мин}^{-1}\text{)}$  Страница 3

Чистовикин

Задача №4

$$pV = nRT$$

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



$$\underbrace{\hspace{10em}}_{15,9 \text{ г}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{0,3 \text{ моль}}$$

При этом в смеси не может быть метанол.

Средняя молярная масса смеси спиртов =

$$= \frac{15,9}{0,3} = 53 \text{ г/моль}$$

$$(14n+1+17) \cdot \frac{n_1}{0,3} + (14m+1+17) \cdot \frac{n_2}{0,3} = 53 \text{ г/моль}$$

Т.к. средняя молярная масса = 53 г/моль,

то один из спиртов — это ~~метанол~~  $C_2H_5OH$  (46 г/моль)

При этом известно, что  $C_nH_{2n}$  и  $C_mH_{2m}$  — газы.

Во второй спирт, либо  $C_3H_7OH$  (60 г/моль)

спирт

$C_4H_9OH$  (74 г/моль)

Это может быть  ~~$C_2H_4$ ;  $C_2H_6$ ;  $C_2H_2$ ;  $C_3H_6$ ;  $C_4H_8$~~

Т.е. возможны различные смеси:

$C_2H_5OH$  и  $C_3H_7OH$

$$46 \cdot \frac{n_1}{0,3} + 60 \cdot \frac{0,3-n_1}{0,3} = 53$$

$$m(C_2H_5OH) = 0,15 \cdot 46 = 6,9 \text{ г}$$

$$46 \cdot n_1 + 60 \cdot (0,3 - n_1) = 53 \cdot 0,3 - 18$$

$$m(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ г}$$

$$-14n_1 = -2,1$$

$$n_1 = 0,075 \cdot 2 \text{ моль} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n_2 = 0,3 - 0,15 = 0,15 \text{ моль}$$

~~$\omega(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} = 0,43396$   
 $\omega(C_3H_7OH) = \frac{9}{15,9} = 0,56604$~~

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} = 0,43396$$

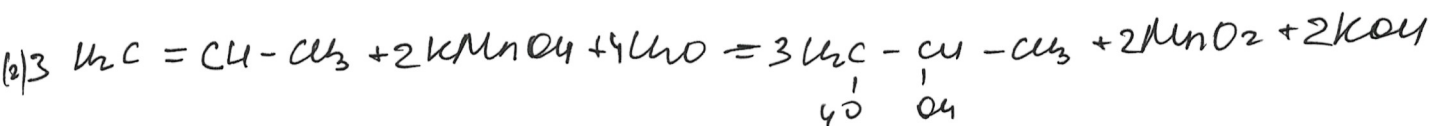
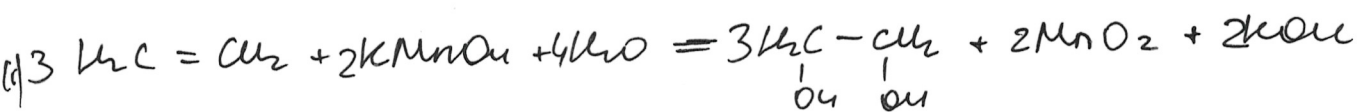
$$\omega(C_3H_7OH) = \frac{9}{15,9} = 0,56604$$

Чистовик

Задача №4 (продолжение)

Возможный состав смеси 1 :  $C_2H_5OH$  и  $C_3H_7OH$   
состав смеси 2 :  $C_2H_5OH$  и  $C_4H_9OH$

Продолжим работать с составом смеси 1



$$\gamma(KMnO_4) \text{ на (1) реакцию} = \frac{0,15}{3} \cdot 2 = 0,1 \text{ моль}$$

$$\gamma(KMnO_4) \text{ на (2) реакцию} = \frac{0,15}{3} \cdot 2 = 0,1 \text{ моль}$$

Потребуется 0,2 моль  $KMnO_4$ .

$$c = \frac{n}{V} \quad V = \frac{n}{c} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ л}$$

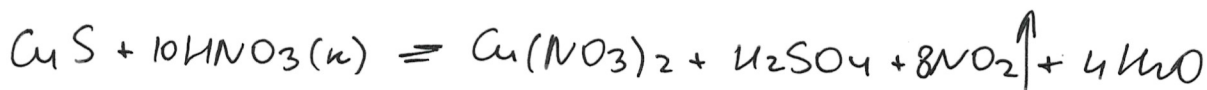
Ответ: Возможный состав смеси:  $C_2H_5OH$  (w%) = 43,396%  
 $C_3H_7OH$  (w%) = 56,604%

Объём перманганата = 0,5 л.

Итоговым

Задача №5

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



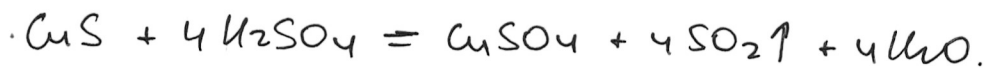
$$m(\text{HNO}_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6 \text{ г}$$

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

$n(\text{CuS})$  находится в недостатке.

$$n(\text{NO}_2) = 8 \cdot 0,1 = 0,8 \text{ моль. } m(\text{NO}_2) = 0,8 \cdot 46 = 36,8 \text{ г}$$

$$\text{Итоговая масса р-ра}_1 = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8 \text{ г}$$



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

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

$n(\text{CuS})$  в недостатке

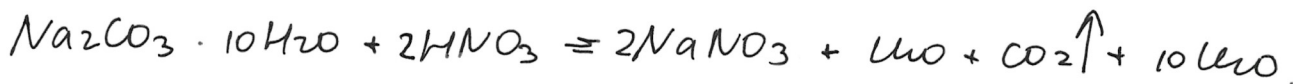
$$n(\text{SO}_2) = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ моль}$$

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

$$\text{Итоговая масса р-ра}_2 = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7 \text{ г}$$

$$\text{Разница в массе стаканов } 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$$

Кристаллогидрат карбоната Na нужно добавить в стакан, ~~что~~ куда была добавлена азотная к-та.



$$n(\text{HNO}_3)_{\text{ост.}} = 1,2 - 1 = 0,2 \text{ моль.}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,1 \cdot 44 = 4,4 \text{ г}$$

При добавлении ~~карбоната~~

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

28,6 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  будет потеря 4,4 г.

$$33,9 - 4,4 = 29,5 \text{ г}$$

Масса увеличится на 24,2 г.

$$\text{Что нужно добавить } 28,6 + 9,7 = 38,3 \text{ г}$$

Ответ:  $\Delta m = 33,9 \text{ г}$ ; в стакан с  $\text{HNO}_3$ ; 38,3 г.

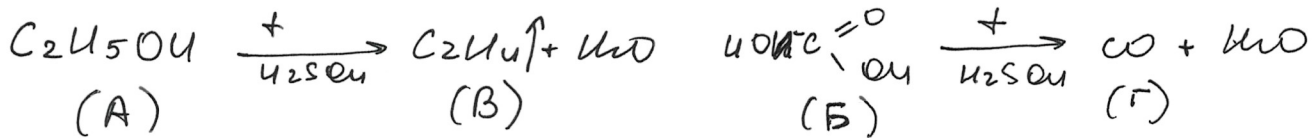


Чистовик

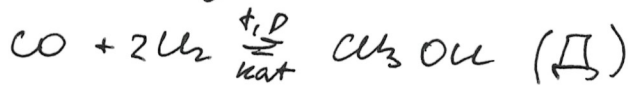
Задача №6

$$M(\text{смеси газов}) = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ г/моль.}$$

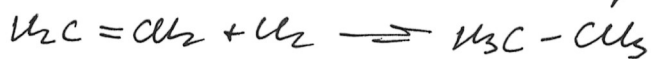
Т.к. не спрашивают про процентный состав смеси, состав смеси газов, возможно, что газы В и Г имеют одинаковую молярную массу = 28 г/моль. Этими газами могут быть:  $C_2H_4$ ;  $CO$ ;  $N_2$



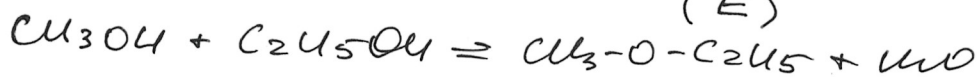
Если газ (Г) - это  $CO$ , то при добавлении к смеси водорода может образоваться метанол, который плавится при нормальных условиях.



Также параллельно может пройти реакция:



(Е)



Образовавшийся осадок  $Si_2O$

$$\nu(Si_2O) = \frac{21,6}{144} = 0,15 \text{ моль, то } \nu(\text{Д}) = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{Д}) = 0,3 \cdot 32 = 9,6 \text{ г}$$

180° C  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$

$\text{C}_n\text{H}_{2n}$

180° C

15,92

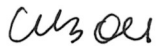
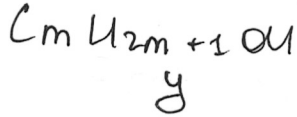
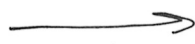
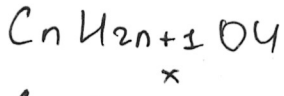
$\text{Na}_2\text{CO}_3$

вугр.

11,154

назвабр ерн. рп.

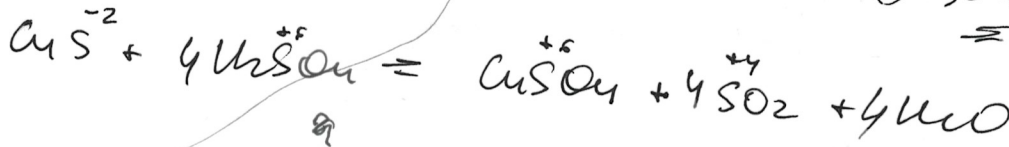
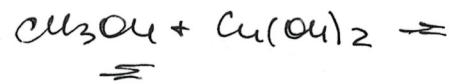
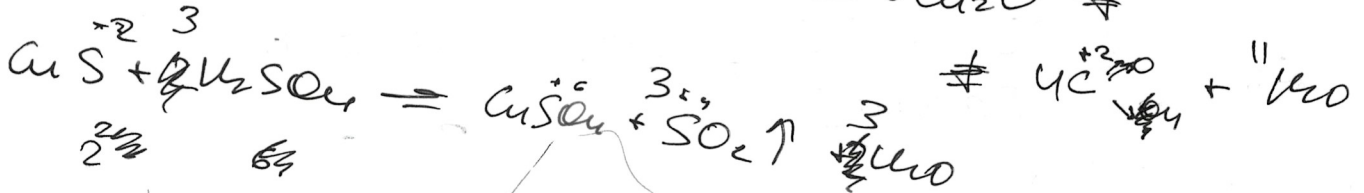
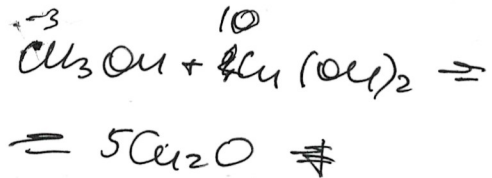
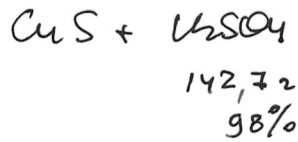
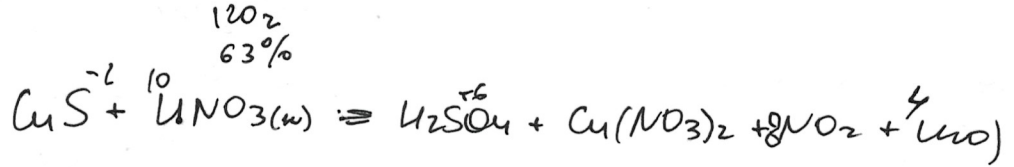
180° C



53

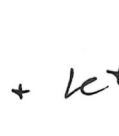
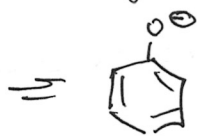
9,62

$\text{CuS}$

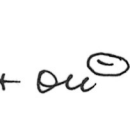
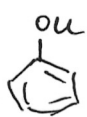
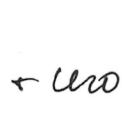


$\text{pH} = 11$   
 $K_{\text{aque.}} = 10^{-10}$

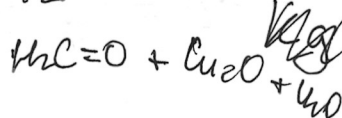
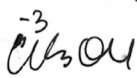
$K_g = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}$



$K_g = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]}$



$\text{H}_2\text{CO}$



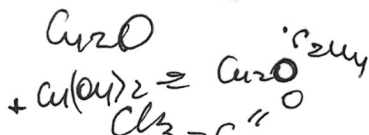
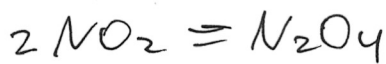
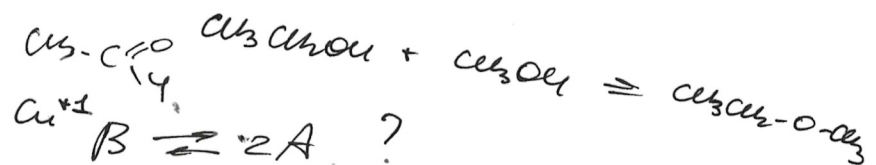
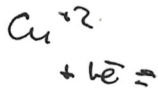
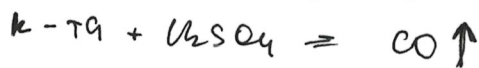
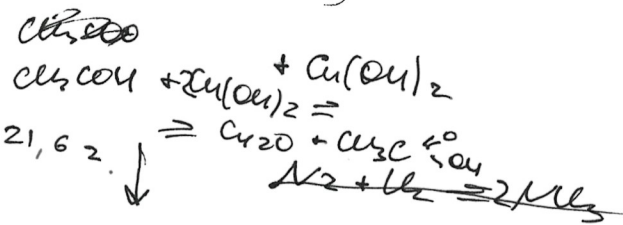
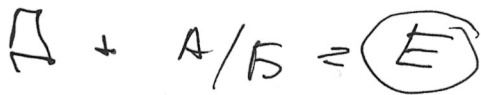
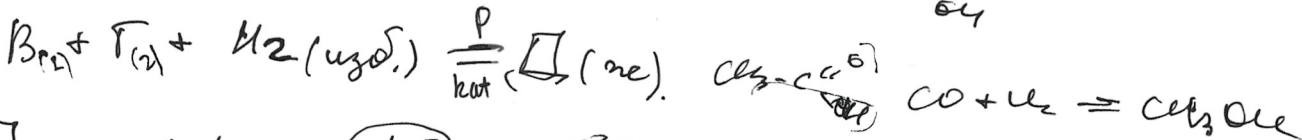
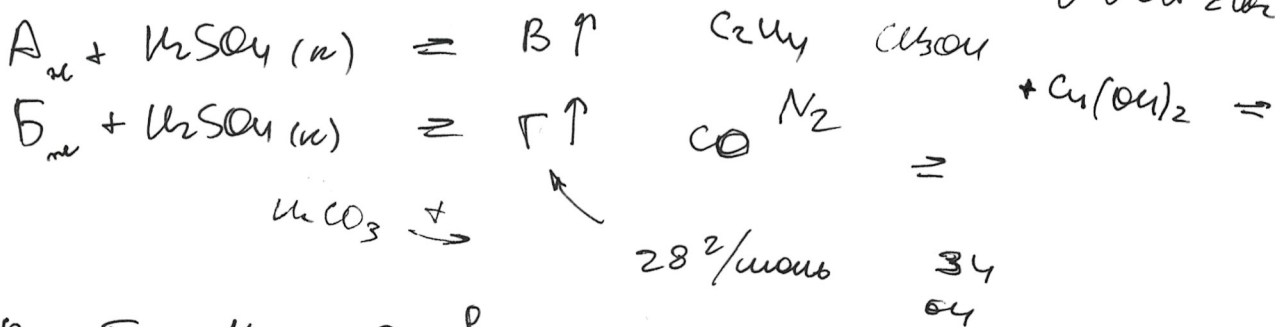
$K_g = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}$

Черновик:

Задача 14 (продолжение)

- Возможный состав 1:  $Cu_3O_4$  и  $C_3H_7O_4$   
 состав 2:  $Cu_3O_4$  и  $C_4H_9O_4$   
 состав 3:  $C_2H_5O_4$  и  $C_3H_7O_4$   
 состав 4:  $C_2H_5O_4$  и  $C_4H_9O_4$ .

A и B пирролы.  $Cu(OH)_2$   $\xrightarrow{H_2SO_4}$   $Cu_2O$  +  $H_2O$   $\Rightarrow$  пиррол.  
 $Cu_2O + H_2SO_4 \Rightarrow CuSO_4 + H_2O$



$K_{пр} = 5,00 \cdot 10^{-3} \frac{ч}{моль \cdot мин}$

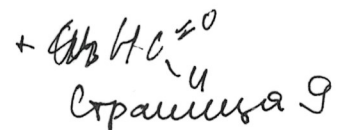
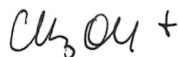
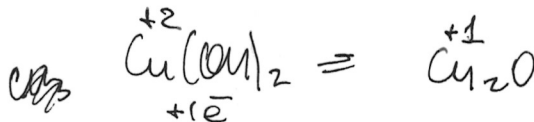
$\frac{моль}{ч \cdot мин}$   $\frac{моль}{ч}$

$V = k \cdot \Sigma A J^2$

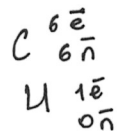
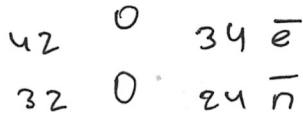
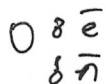
$V = k \cdot \Sigma B J$   $\frac{моль}{ч \cdot мин}$   $\frac{ч}{моль}$   
 $+ H_2SO_4 \Rightarrow CO \uparrow$

$V_{пр} = V_{обр}$

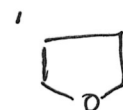
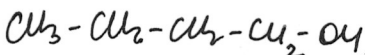
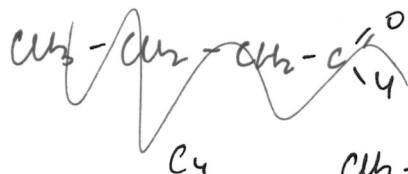
$k \cdot \Sigma x J^2 = k \cdot 1,86 x$



Червонык.

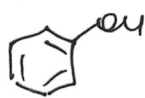
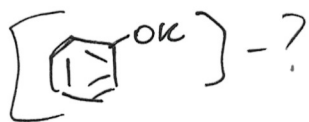


HO



N 1 - горючий  
N 3

$$\frac{\Delta C}{T} \cdot \nu = k \cdot \sum A_i^2$$
$$\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{мм}} = \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мм}} \left[ \frac{\text{моль}^2}{\text{л}^2} \right]$$



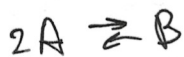
$$pH = pKa + \lg \frac{C_{\text{осн.}}}{C_{\text{к-Тел.}}}$$

$$K_g = \frac{\sum [H^+] \sum [OH^-]}{\sum [H_2O]} = 10^{-10}$$



$$\nu = -k \cdot \sum [B]$$

$$K = A \cdot e^{-Ea}$$



V = 1 л  
T = 303 K P = 1 атм.

$$K = A \cdot e^{-\frac{Ea}{RT}}$$

B : A = 1,86 : 1

75,9 г/моль

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

75,9 г<sup>2</sup>/моль.

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

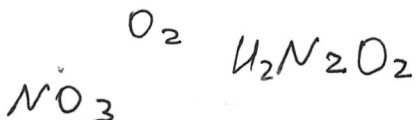
$$x = 0,013986$$

$$0,02601396$$

$$0,34965 \cdot x + 0,650349 \cdot 2x = 75,9$$

$$1,65 x =$$

$$x = 46 \text{ г/моль.}$$



SM

$$\nu = k \cdot \sum A_i^2 \cdot 5,00 \cdot 10^{-3}$$
$$\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мм}} \cdot \frac{1}{\text{моль}^2}$$