



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Чемолосов Никита Игоревич**

Класс: **11**

Технический балл: **98**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

**Шифр работы: 9932222**

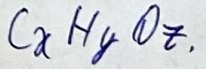
**ФИО проверяющего: Тарасенко Е.А.**

задание (макс.балл)	балл	комментарии
<b>1(8)</b>	8	
<b>2(16)</b>	16	
<b>3(16)</b>	16	
<b>4(20)</b>	20	
<b>5(20)</b>	19	Минус 1б за неверные расчёты количества соды
<b>6(20)</b>	19	Минус 1б за не совсем корректные уравнения получения полуацеталя и ацеталя (воды нет, углерод трехвалентный, полуацеталь во втором уравнении вообще, как спирт)
<b>сумма</b>	98	

1

Условие

N 1.



$42 \bar{e} \text{ и } 32 n$

$C - 6 \bar{e}$

$H - 1 \bar{e}$

$O - 8 \bar{e}$

$6n$

$8z$

Предположим, что  $z=1$  (один O)

по электронике:

$6x + y + 8 = 42$

$6x + y = 34$

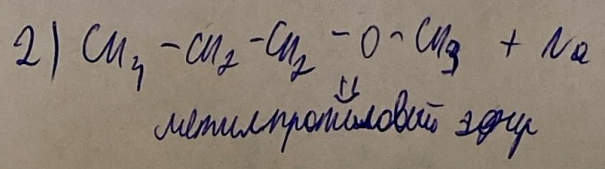
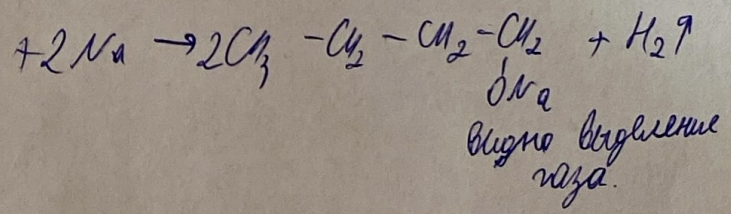
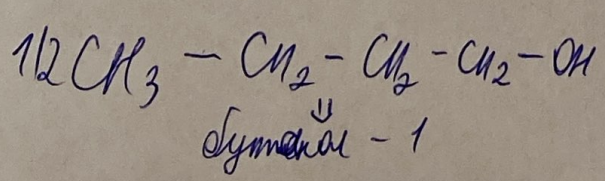
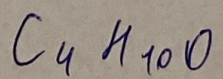
Если  $x=3$  то  $y=16$  не подх.

Если  $x=4$  то  $y=10$   $C_4 H_{10} O$  - подходит.

Это нейтронам:

$6 \cdot 4 + 8 = 32$

$32 = 32$  - подходит.



\*  
реакция не идет

Ответ: 1  $\Rightarrow$   $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$  бутанол-1

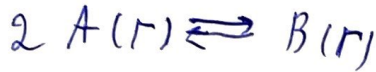
2  $\Rightarrow$   $CH_3 - CH_2 - CH_2 - O - CH_3$  метилпропиловый эфир



3

Усложнение

№3



$$V = 1 \text{ л}$$

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

Соотношение  $\frac{B}{A} = \frac{1,86}{1} \text{ моль}$

$$P = 1 \text{ атм} = 101,3 \text{ кПа}$$

$$M_{gr} = 75,9 \text{ г/моль}$$

Равновесие  $\vec{v} = \overleftarrow{v}$

$$\vec{v} = k \cdot C(A)^2$$

$$\overleftarrow{v} = k \cdot C(B)$$

$$k \cdot C(A)^2 = k \cdot C(B)$$

$$K = \frac{k \cdot C(A)^2}{C(B)}$$

Пусть A было  $x$  моль, тогда.

$$C(A) = x \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$C(B) = 1,86x \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$K = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot x^2}{1,86x} = \frac{5 \cdot 10^{-3} x}{1,86}$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$M_{gr} = \frac{\nu(A) \cdot M(A) + \nu(B) \cdot M(B)}{\nu(A) + \nu(B)} = \frac{x M(A) + 1,86x M(B)}{2,86x} = \frac{M(A) + 1,86 M(B)}{2,86}$$

$$M(A) + 1,86 M(B) = 2,86 M_{gr}$$

$$M(A) + 1,86 M(B) = 277,074$$

$$\nu = \nu(A) + \nu(B) = x + 1,86x = 2,86x$$

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль}$$

$$\left. \begin{array}{l} \nu = \nu(A) + \nu(B) = x + 1,86x = 2,86x \\ \nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль} \end{array} \right\} \Rightarrow 2,86x = 0,04 \quad x = \frac{0,04}{2,86} = 0,014$$

$$K = 0,0000376 = 3,76 \cdot 10^{-5}$$

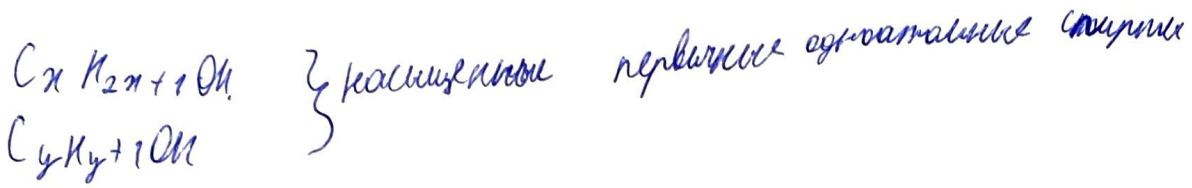
Предположим, что A — это  $\text{NO}_2$ ,

тогда B — это  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

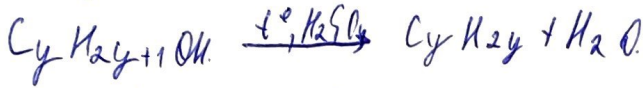
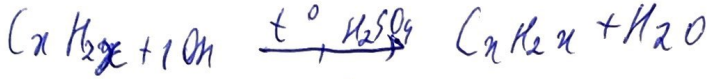
$$46 + 1,86 \cdot 92 = 277,074$$



Ответ: A —  $\text{NO}_2$   $K = 3,76 \cdot 10^{-5}$   
B —  $\text{N}_2\text{O}_4$



$m = 15,92$



$V (C_x H_{2x} + C_y H_{2y}) = 11,15 \text{ л}$

$p = 101,3 \text{ кПа}$

$T = 180 + 273 = 453 \text{ К}$

уравнение Менделеева - Клапейрона:

$pV = \nu RT$

$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 11,5}{8,314 \cdot 453} = 0,2999 \approx 0,3 \text{ моль}$

$\nu (C_x H_{2x} + C_y H_{2y}) = 0,3 \text{ моль}$

~~$M_{sp} (C_x H_{2x} + C_y H_{2y}) =$~~

$M_{sp} (C_x H_{2x+1} OH + C_y H_{2y+1} OH) = \frac{15,92}{0,3 \text{ моль}} = 53 \text{ моль}$

В 1 моль смеси  $C_x H_{2x+1} OH$  и  $C_y H_{2y+1} OH$  - z моль  $C_x H_{2x+1} OH$  и

(1-z) моль  $C_y H_{2y+1} OH$

$53 = z M(C_x H_{2x+1} OH) + (1-z) M(C_y H_{2y+1} OH)$

Предположим,  $C_y H_{2y+1} OH$  - это  $C_2 H_5 OH$

$M(C_2 H_5 OH) = 46 \text{ г/моль}$

$53 = z M(C_x H_{2x+1} OH) + 46 - 46z$

$z = z M(C_x H_{2x+1} OH) - 46z$

Предположим, что  $C_x H_{2x+1} OH$  - это  $C_3 H_7 OH$

$M(C_3 H_7 OH) = 60$

$60z = 46z = 7$

$14z = 7$

$z = 0,5$

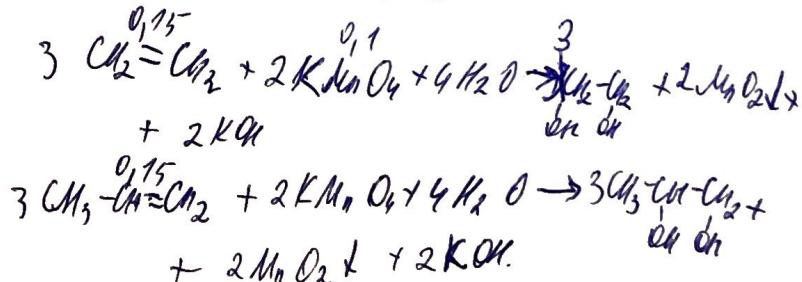
$\Rightarrow$  смесь состоит из равного кол-ва  $C_2 H_5 OH$  и  $C_3 H_7 OH$

$\nu(C_2 H_5 OH) = 0,15 \text{ моль}$

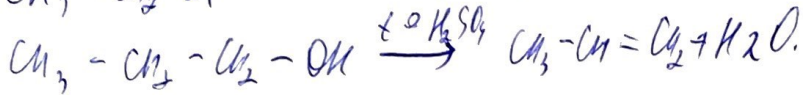
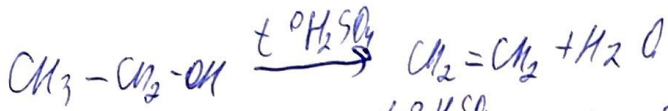
$\nu(C_3 H_7 OH) = 0,15 \text{ моль}$

$\nu(KMnO_4) = 0,2 \text{ моль}$

$V_{пр}(KMnO_4) = \frac{0,2 \text{ моль}}{10,4 \text{ моль/л}} = 0,5 \text{ л}$



5)



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

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

$$w(C_2H_5OH) = 0,434 \rightarrow 43,4\%$$

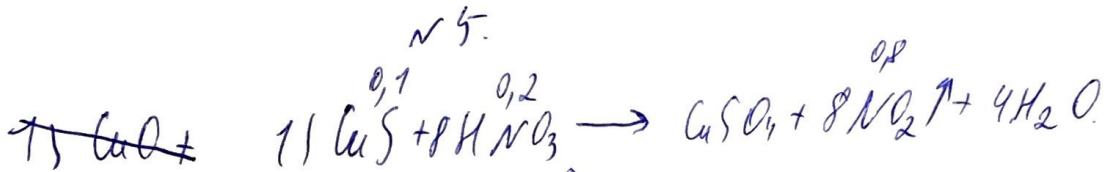
$$w(C_3H_7OH) = 0,566 \rightarrow 56,6\%$$

Объемы:  $C_2H_5OH$  43,4%

$C_3H_7OH$  56,6%

$V_{пр}(KMnO_4) = 0,5 \text{ л}$

н.с.



$$m(CuS) = 9,62 \quad \nu(CuS) = \frac{9,62}{96 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,1 \text{ моль}$$

$m_{пр}(HNO_3) = 120 \text{ г}$

$w(HNO_3) = 0,63$

$$\nu(HNO_3) = \frac{120 \cdot 0,63}{63} = 1,2 \text{ моль}$$

Для 0,1 моль CuS надо 0,8 моль  $HNO_3 \Rightarrow HNO_3$  в избытке

$$\nu_{изб}(HNO_3) = 0,4 \text{ моль} \quad m(1-ого слагаемого) = 9,62 + 120 - m(NO_2) = 9,62 + 120 -$$

$$- 0,8 \cdot 46 = 92,8$$



$$\nu(CuS) = 0,1 \text{ моль}$$

$m_{пр}(H_2SO_4) = 192,72$

$w(H_2SO_4) = 0,98$

$$\nu(H_2SO_4) = \frac{192,72 \cdot 0,98}{98} = 1,927 \text{ моль}$$

Для 0,1 моль CuS надо 0,4 моль  $H_2SO_4 \Rightarrow H_2SO_4$  в избытке

$$\nu_{изб}(H_2SO_4) = 1,027 \quad m(2-ого слагаемого) = 9,62 + 192,72 - m(SO_2) = 9,62 + 192,72 -$$

$$- 0,4 \cdot 64 = 126,72$$

Рассчитаем разность масс

$$m(2-ого слагаемого) - m(1-ого слагаемого) = 126,72 - 92,8 = 33,92$$



2

Условие

N2



$\text{pH} = 11$   
 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$   
 $\text{pOH} = 14 - 11 = 3$

$$c(\text{OH}^-) = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$K_{\text{гид}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 10^{-10}$$

$$K_{\text{гид}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-)}{c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}$$

$$K_{\text{гид}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) = \frac{c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-)}$$



$$K_r(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) = \frac{c(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \cdot c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) \cdot c(\text{H}^+)} = \frac{K_w}{K_{\text{гид}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}$$

$$= \frac{K_w}{K_{\text{гид}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

Пусть x моль фенолята подвернется гидролизу.

$$K_r(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) = \frac{x^2}{c_{\text{исх}} - x} = 10^{-4}$$

$$x = c(\text{OH}^-) = c(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) = 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$\frac{(10^{-3})^2}{c_{\text{исх}} - x} = 10^{-4}$$

$$c_{\text{исх}} - x = \frac{10^{-6}}{10^{-4}}$$

$$c_{\text{исх}} - x = 10^{-2} - 10^{-3}$$

$$c_{\text{исх}} = 0,01 - 0,001 = 0,009 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Ответ:  $c = 0,009 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

9

Задача.

Объем: А  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  уксусная кислота.

Б  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$  этанол

В  $\text{CO}$  угарный газ

Г  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  этилен

Д  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$  пропаналь

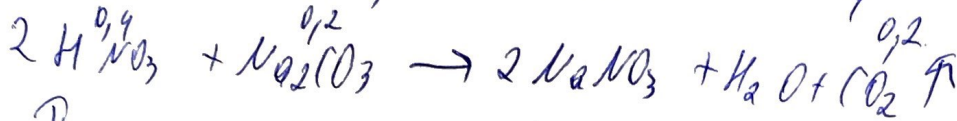
Е  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$   
 $\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

1,1-диэтилацетат.

$m(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}) = 87,7 \text{ г}$



Первый способ.



Пусть годовалии  $x$  и  $z$   $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

$$2,8 + x - 0,2 \cdot 44 = 26,72$$

$$x = 42,72$$

Объем:  $m(2\text{-ого способа}) - m(1\text{-ого способа}) = 33,92$

В первый способ надо годовалии  $42,72 \text{ Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

N 6.

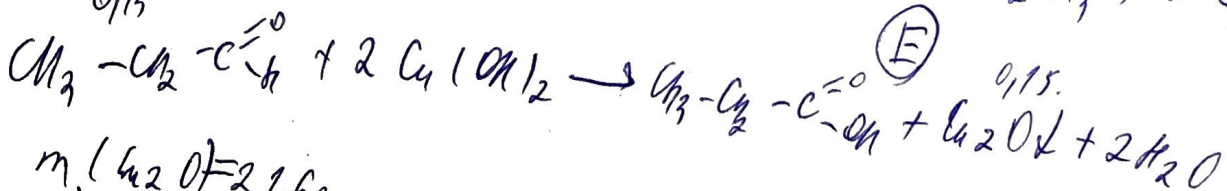
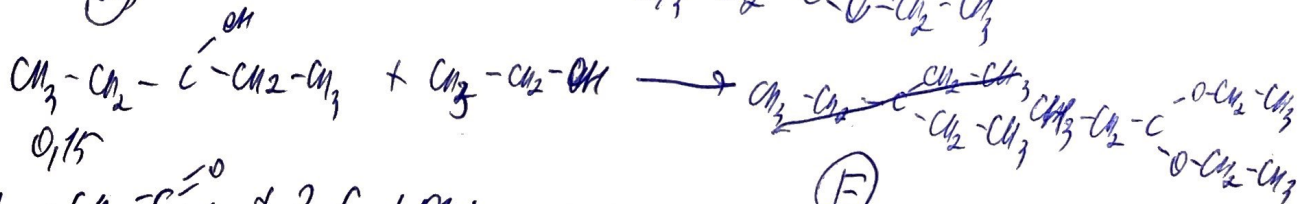
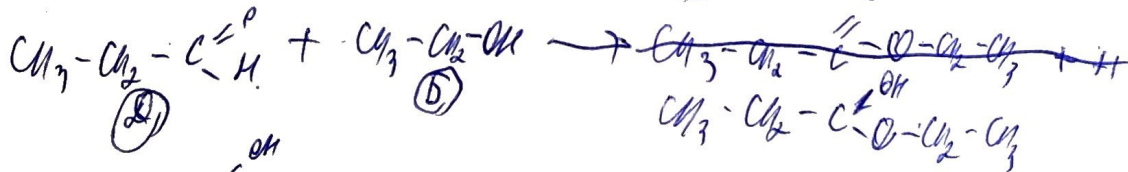
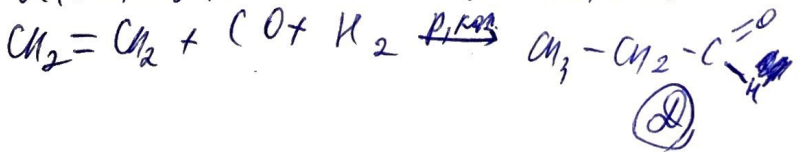


(A)



(B)

$M_{\text{CO}}(17) = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ г}$   
 $M(\text{CO}) = 28 \text{ г/моль}$      $M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \text{ г/моль}$



$m(\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}) = 21,62$

$n(\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}) = \frac{21,62}{114} = 0,19 \text{ моль}$

$n(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}) = 58 \text{ г/моль} \cdot 0,19 \text{ моль} = 11,02 \text{ г}$

$$\vec{K} C^2(A) = \overleftarrow{K} C(B) \sim 3$$

$$\overleftarrow{K} = \frac{\vec{K} C^2(A)}{C(B)}$$

A - x моль  
 $C(A) = x$        $C(B) = 1,86x$

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

уравн. м-к:  $\mu_{гр} = \frac{\sqrt{A} \cdot \mu(A) + \sqrt{B} \cdot \mu(B)}{\sqrt{A} + \sqrt{B}} = \frac{x \mu(A) + 1,86x \mu(B)}{2,86x}$   
 $PV = \sqrt{RT} = \frac{\mu(A) + 1,86 \mu(B)}{2,86}$

$$\mu(A) + 1,86 \mu(B) = 217,074$$

$$j = x + 1,86x = 2,86x$$

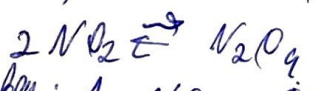
$$j = \mu_1 \frac{PV}{RT} = 0,04$$

$$x = \frac{0,04}{2,86} = 0,014$$

$$\overleftarrow{K} = 4,376 \cdot 10^{-5}$$

A - NO<sub>2</sub>  
 B - N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> } - продукты

$$46 + 1,86 \cdot 92 = 217,074$$



Итого: A - NO<sub>2</sub>       $\overleftarrow{K} = 3,76 \cdot 10^{-5}$   
 B - N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>      n<sub>г</sub>

$$j = \frac{PV}{RT} = 0,2999 \approx 0,3 = j(C_1K_2 + C_2K_2)$$

$$\mu_{гр} = \frac{14z}{46} = 53 \frac{z}{моль}$$

B<sub>1</sub> моль азота  $\Rightarrow$  2 моль C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и (1-z) моль C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + 1 моль

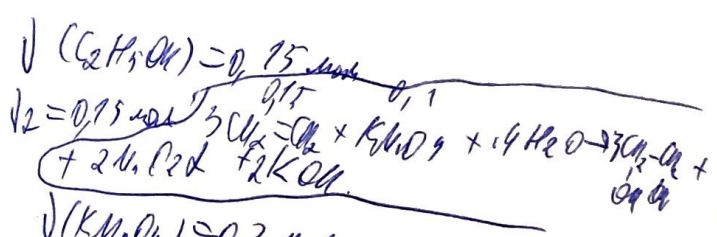
нормы C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>... это C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O<sub>4</sub>

$$\mu = 46$$

$$43 = z\mu + 46 - 46z$$

$$z = 2\mu - 46z$$

нормы C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>... это C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O<sub>4</sub>  
 $\mu = 60$        $60z - 46z = 7$   
 $z = \frac{7}{14}$   
 $z = 0,5$



$$j(KMnO_4) = 0,2 \cdot \frac{14z}{46} = 0,2$$

$$j_{K_2Cr_2O_7} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5$$

$$C_2H_5OH \quad m(C_2H_5OH) = 6,9 \text{ г}$$

$$m(C_3H_7OH) = 9,2$$

$$w = 0,434$$

$$w = 0,566$$

$$\text{Объем: } C_2H_5OH \quad 43,4\%$$

$$C_3H_7OH \quad 56,6\%$$

$$V = 0,5$$



Ж у А

Б



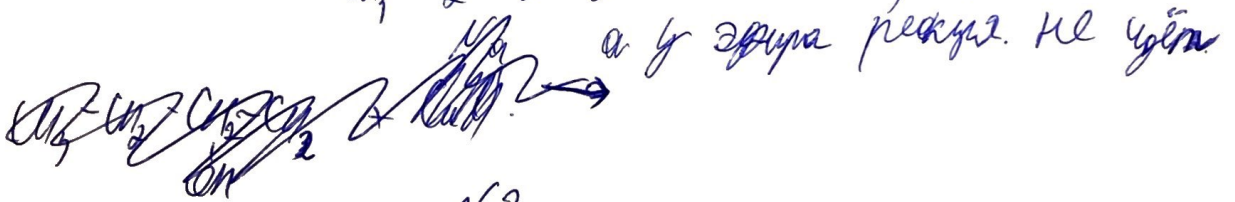
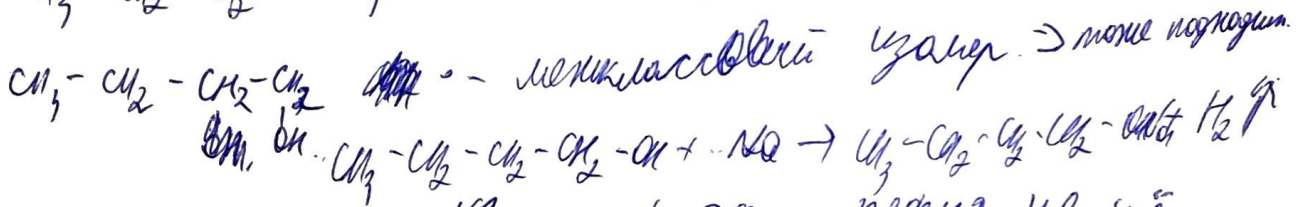
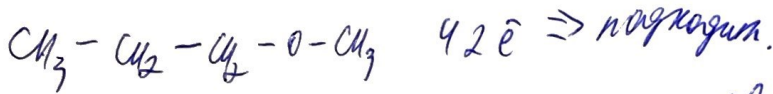
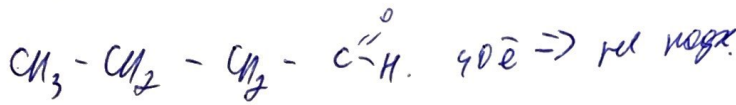
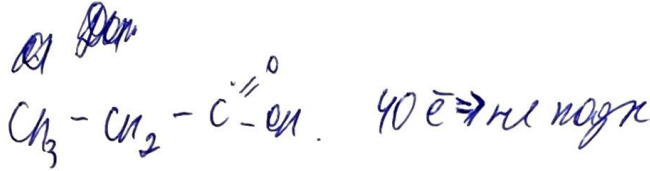
~~CH~~

42 e

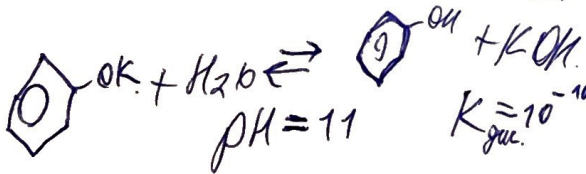
32 e

e:  
C-6  
O-8  
H-1

n: C-6  
O-8



N2.



pH + pOH = 14

pOH = 3

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

lg φ = 10<sup>-10</sup>

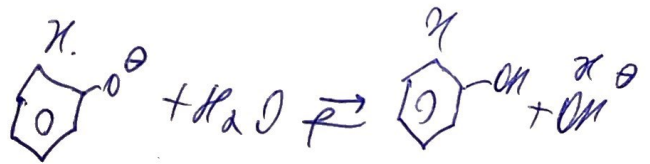
lg φ<sub>к</sub> =  $\frac{c(H^+) \cdot c(OH^-)}{c(OH)}$

lg φ<sub>к</sub> =  $\frac{c(H^+) \cdot c(OH^-)}{c(OH)}$  | c(H<sup>+</sup>)  
| c(H<sup>+</sup>)

K<sub>к</sub> =  $\frac{K_w}{K_{дис.}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$

Узгн φ мал мадегннн

K<sub>к</sub> φ<sub>к</sub> =  $\frac{x^2}{c_{исх} - x} = 10^{-4} \quad x = 10^{-3}$



$\frac{10^{-6}}{c_{исх} - x} = 10^{-4}$

c<sub>исх</sub> - x = 10<sup>-2</sup>  
c<sub>исх</sub> = 10<sup>-2</sup> - 10<sup>-3</sup>  
= 0,009

Председателю апелляционной  
комиссии олимпиады школьников  
"Ломоносов"  
Доктору МГУ имени М. В. Ломоносова  
академику В. А. Садовничему  
ученика 11 класса ГБОУ школы №1239  
Никиты Игоревича Геманова

Уважаемый Виктор Антонович!

Прошу членов апелляционной комиссии пересмотреть  
выставленные технические баллы (92 балла) за мою работу не зафиксированной  
этом этапе олимпиады школьников "Ломоносов" по химии, поскольку считаю, что в  
соответствии с опубликованными ответами и критериями она заслуживает большего  
количества баллов.

23 марта 2022 г.  
Гем