



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Димитриченко Александра Игоревна**

Класс: **11**

Технический балл: **99**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Проверяющий Афанасов М.И

Итого:  $8 + 16 + 15 + 20 + 20 + 20 = 99$  баллов

Задание 1. Оценка – 8 баллов

Задание 2. Оценка – 16 баллов

Задание 3. Оценка – 15 баллов. Ошибка в размерности  $k$ .

Задание 4. Оценка – 20 баллов

Задание 5. Оценка – 20 баллов

Задание 6. Оценка – 20 баллов

Задача 1.

Чистовик.

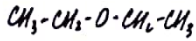
В органике углерода  $6e^-$ ,  $6p^+$ , кислорода -  $8e^-$ ,  $8p^+$ ,  $8p^+$ , водорода -  $1e^-$ ,  $1p^+$ .

Также у водорода  $N(1) \approx N(e^+) \Rightarrow$  разность между числом электронов и числом протонов = число атомов водорода  
 $42 - 32 = 10$  - атомов H.

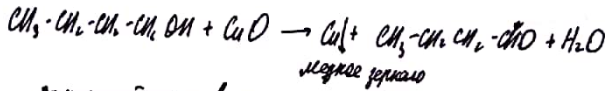
$42 - 10 = 6x + 8y$ , где  $x - N(C)$ ,  $y - N(O)$  в молекуле вещества

Приватная формула получается при  $x=4, y=1$

$C_4H_{10}O$  - формулы спирта и кротоного эфира, например, таковы:

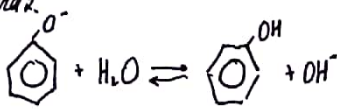


Отличить эти два вещества можно по реакции с  $CuO$



Этот прямой эфир в эту реакцию не вступает.

Задача 2.



$K_{щпр} = \frac{K_w}{K_{щис}} = \frac{[OH]^-}{C_0 - [OH]^-} = \frac{[OH]^- [C_6H_5OH]}{[C_6H_5O^-]}$   $\rightarrow C_0 = [OH]^- + \frac{[OH]^-}{K_w} \cdot K_{щис}$

$[OH]^- = 10^{-(14-pH)} = 10^{-(14-11)} = 10^{-3} M$

$C_0 = 10^{-3} + \frac{10^{-6}}{10^{-14}} \cdot 10^{-10} = 10^{-3} + 10^{-6} \cdot 10^4 = 0.011 M$

Задача 3.

$M_B = 2M_A$  по закону сохранения массы

$\lambda_A \cdot 186 = \lambda_B$  по условию

$\lambda_A M_A + 2M_A \cdot \lambda_A \cdot 1.86 = \lambda_A + 1.86 \lambda_A$   $= 75.9 \frac{г}{мол}$

$M_A = \frac{75.9 \cdot 2.86}{1 + 2 \cdot 1.86} = 46 \frac{г}{мол}$ , что соответствует  $NO_2$ , тогда B -  $N_2O_4$

A -  $NO_2$

B -  $N_2O_4$

$K_{щис} = \frac{K_{щпр}}{K_{щпр}} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{\lambda_{N_2O_4} \cdot T}{\lambda_{NO_2}^2} \rightarrow K_{щпр} = \frac{K_{щпр} \cdot \lambda_{NO_2}^2}{\lambda_{N_2O_4} \cdot T}$

$\lambda_{щис} = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 1}{303 \cdot 8.31} = 0.04 \text{ мол}$

$\lambda_{щис} = 1.86 \lambda_{NO_2} + \lambda_{N_2O_4} = 0.04 \text{ мол}$

$\lambda_{NO_2} = \frac{0.04}{2.86} = 0.014 \text{ мол}$

$\lambda_{N_2O_4} = 0.86 \cdot 0.014 = 0.012 \text{ мол}$

$K_{щпр} = K_{щпр} \cdot \frac{\lambda_{NO_2}^2}{\lambda_{N_2O_4} \cdot T} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(0.014)^2}{0.012 \cdot 3} = 3.77 \cdot 10^{-5} \frac{л}{мол \cdot мин}$

Решено: Чистовик, Лепухин, 1

Задача 4.

Числовик

$$V_{\text{спец}} = \frac{11.15 \cdot 101.3}{453 \cdot 1.91} = 0.3 \text{ моль.}$$

Если  $x$  -  $\sqrt{2}$ -спирта,  $y$  -  $\sqrt{1}$ -спирта, и их формулы  $C_n H_{2n+2} O$  и  $C_m H_{2m+2} O$  соответственно, то:

$$15.9 = x \cdot (14n + 2 + 16) + y \cdot (14m + 2 + 16).$$

$$x + y = 0.3$$

$$15.9 = x \cdot 14n + y \cdot 14m + 0.3 \cdot 18$$

$$15.9 - 0.3 \cdot 18 = 10.5 = 14nx + 14my$$

$$0.75 = (0.3 - x) \cdot m + n \cdot x$$

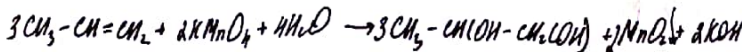
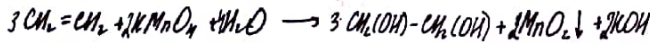
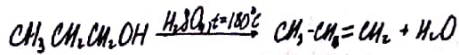
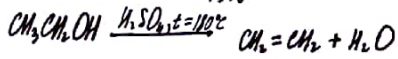
Путем подбора находим удовлетворяющие условию  $n$  и  $m$

2 и 3 подходят  $\Rightarrow$  возмозны состав смеси  $C_2H_6O$  и  $C_3H_8O$  или  $C_2H_5OH$  и  $C_3H_7OH$

$$\text{тогда } x = \frac{0.75 - 0.9}{-1} = 0.15 \text{ моль} \rightarrow y = 0.3 - 0.15 = 0.15 \text{ моль}$$

$$\omega_{C_2H_5OH} = \frac{0.15 \cdot (14 \cdot 2 + 2 + 16)}{15.9} = 0.434 = 43.4\%$$

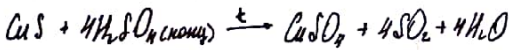
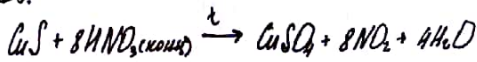
$$\omega_{C_3H_7OH} = \frac{0.15 \cdot (14 \cdot 3 + 2 + 16)}{15.9} = 0.566 = 56.6\%$$



$$V_{KMnO_4} = \frac{V_{\text{спец}} \cdot 2}{3} = \frac{0.3}{3} \cdot 2 = 0.2 \text{ моль.}$$

$$V_{KMnO_4} = \frac{V_{KMnO_4}}{C_{KMnO_4}} = \frac{0.2}{0.4} = 0.5 \text{ л}$$

Задача 5.



$$V_{NO_2} = V_{CuS} \cdot 8 = \frac{9.6}{64+32} \cdot 8 = 0.8 \text{ моль}$$

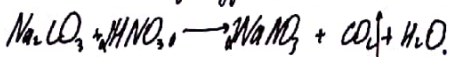
$$V_{SO_2} = V_{CuS} \cdot 4 = \frac{9.6}{64+32} \cdot 4 = 0.4 \text{ моль.}$$

$$m_{\text{стан}} = 180 + 9.6 - 0.8 \cdot 46 + m_{\text{стан}} = 92.8 + m_{\text{стан}}$$

$$m_{\text{стан}} = 142.7 + 9.6 - 0.4 \cdot 64 + m_{\text{стан}} = 186.7 + m_{\text{стан}}$$

$$\Delta m = m_{\text{стан}} - m_{\text{стан}} = 33.9 \text{ г}$$

$Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$  карго будет класть в стакан с азотной кислотой.



$CO_2$  улетает  $\Rightarrow$  при добавлении х-грамм кристаллогидрата масса стакана увеличится на  $x \cdot \frac{(46+16+18 \cdot 10)}{(46+60+18 \cdot 10)}$  гр.

$$\Delta m = 33.9 = x \cdot \frac{(46+16+18 \cdot 10)}{(46+60+18 \cdot 10)}$$

$$x = \frac{33.9 \cdot 286}{242} = 40 \text{ г.}$$

(Азотка кислота в избытке, т.к.  $V_{HNO_3} = \frac{180 \cdot 2 \cdot 63}{46+14+2} = 1.2 \text{ моль}$ ,  $V_{Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O} = \frac{40}{46+60+18 \cdot 10} = 0.14 \text{ моль}$

$$1.2 > 2 \cdot 0.14 + 0.8$$

Задача 6.

Чистовик.

$m_{\text{смеси}} = 0.875 \cdot 32 = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ , этой молярной массе соответствуют 2 газа - CO и C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

Поэтому А и Б - HCOOH и C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH

CO, H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> реагируют с образующимся альдегидом, А - CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CHO

Поэтому Е - пентацеталь, CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH(OH)<sub>2</sub>-OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>

Итого:

А - HCOOH

Б - C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH

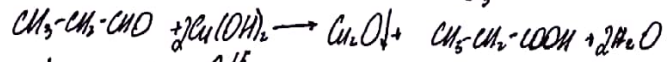
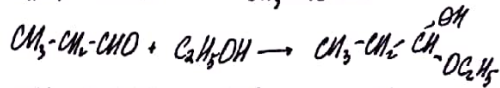
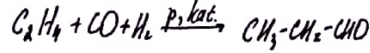
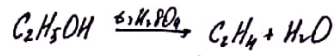
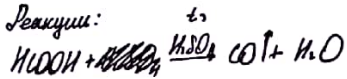
В - CO

Г - C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

Д - CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CHO

Е - CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH(OH)<sub>2</sub>-OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>

Реакции:



$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{21.6}{64 \cdot 2 + 16} = 0.15 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}} = V_{\text{H}_2\text{O}} = 0.15 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

$$m_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}} = 0.15 \cdot (12 \cdot 3 + 6 + 16) = 7.83 \text{ г.}$$

1. 42e, 32n 10 H

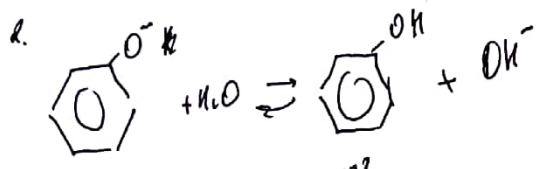
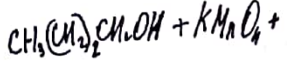
6 6 8 8 4

32 - 24 = 8  
8 : 6 = 24

C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O - сумат, оркур.

n(e) = 6 · 4 + 10 + 8 = 42

n(n) = 6 · 4 + 8 = 32



$$\frac{K_w}{K_{\text{гидр}}} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_0 - [\text{OH}^-]}$$

$$C_0 - [\text{OH}^-] = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_w} \cdot K_{\text{гидр}}$$

$$C_0 = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_w} \cdot K_{\text{гидр}} + [\text{OH}^-] = 10^{-3} + \frac{10^{-6}}{10^{-14}} \cdot 10^{-10} = 10^{-3} + 10^{-6} \cdot 10^4 = 10^{-3} + 10^{-2} = 0.011 \text{ M}$$

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

3

PV = νRT

1 · 101.3 · 1 = ν · 8.31 · 280.3

ν =  $\frac{101.3}{8.31 \cdot 280.3} = 0.04$

1.86 νNO<sub>2</sub> = νN<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

1.86 νNO<sub>2</sub> + νNO<sub>2</sub> = 0.04

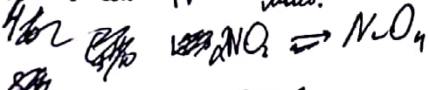
νNO<sub>2</sub> = 0.014

νN<sub>2</sub>O<sub>4</sub> = 0.026

$\frac{M_A + M_B \cdot 1.86}{2.86} = 75.9$

1.86 M + 2M = 17

$\frac{36}{1.86} \cdot \frac{1}{M} = 46 \frac{1}{M}$



$$\frac{k_{\text{пр}}}{k_{\text{об}}} = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}$$

$$k_{\text{об}} = \frac{k_{\text{пр}} [\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{k_{\text{пр}}}{\nu} \cdot \frac{\nu_{\text{NO}_2}^2}{\nu_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot \frac{(0.014)^2}{0.026} = 3.77 \frac{1}{\text{сек} \cdot \text{моль}}$$

1.  $V_{\text{алк}} = \frac{11.15 \cdot 101.3}{8.31 \cdot 453} = 0.3 \text{ л}$

$0.3 \cdot 18 = m_{\text{алк}} = 5.4$

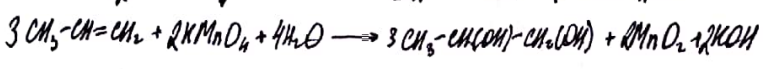
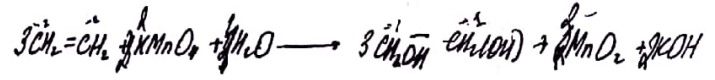
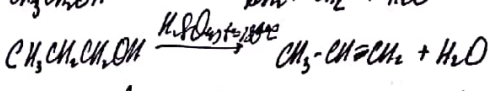
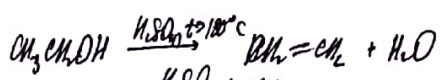
$\sqrt{14n} + \sqrt{14m} = 15.9 - 5.4$

$\sqrt{14} n + \sqrt{14} m = 0.75$

$Vn + (0.3 - V)m = 0.75$

$V \cdot 2 + 0.9 - 3V = 0.75$   
 $0.15 = V$

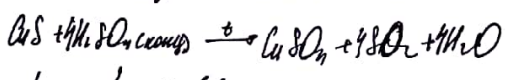
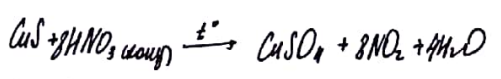
Состав смеси  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-OH}$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ , *мы должны учитывать не газом характеризующие свойства вещества.*



$V_{\text{KMnO}_4} = \frac{0.3}{3} \cdot 2 = 0.2 \text{ моль}$

$V_{\text{K}_2\text{MnO}_4} = \frac{0.2}{0.4} = 0.5 \text{ л}$

5.



$V_{\text{NO}_2} = V_{\text{CuS}} \cdot 8 = \frac{9.6}{84+32} \cdot 8 = 0.8 \text{ моль}$

$V_{\text{SO}_2} = V_{\text{CuS}} \cdot 4 = \frac{9.6}{84+32} \cdot 4 = 0.4 \text{ моль}$

$m_{\text{S}} = 180 + 9.6 - 0.8 \cdot 46 = 92.8 \text{ г}$

$m_{\text{C}} = 142.7 + 9.6 - 0.4 \cdot 64 = 126.7 \text{ г}$

$\Delta m = 126.7 - 92.8 = 33.9 \text{ г}$



$\Delta m = x \cdot \frac{46 + 180 + 16}{46 + 60 + 18 \cdot 10}$

$x = \frac{33.9 \cdot 286}{242} = 40 \text{ г}$

6.

$n_{\text{метан}} = 0.875 \cdot 32 = 28 \text{ моль}$

