



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Чекурашвили Александра Денисовна**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9361377

Кузнецова Т.А.

Задание 1: 8 б.

Задание 2: 16 б.

Задание 3: 16 б.

Задание 4: 20 б.

Задание 5: 20 б.

Задание 6: 20 б.

Всего 100 б.

① Дано: 2 изомерных
кислородсодержащих соединения
(разных классов)

$$e^- = 42$$

$$n^o = 32$$

Найти: ① формулы изомеров

② реакции, с помощью которых их можно различить

Решение:

Найти формулы изомеров

$C_xH_yO_z$, тогда

$$e^- = 42$$

$$n^o = 32$$

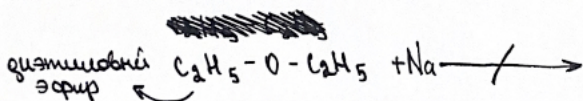
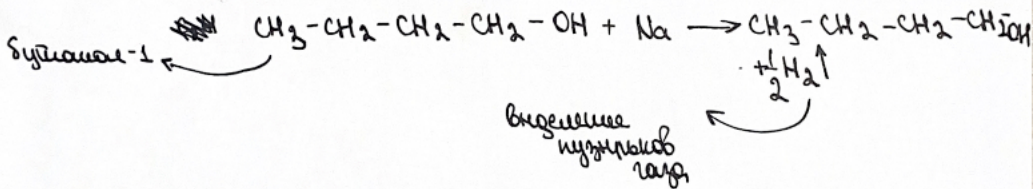
	C^{12}	H^1	O^{16}
e^-	6	1	8
n^o	6	0	8

$$y = 42 - 32 = 10$$

$$x = 4$$

$$z = 1$$

Исходя из формулы изомеров $C_4H_{10}O$



2) Дано: C_6H_5OK р-р
 $pH = 11$

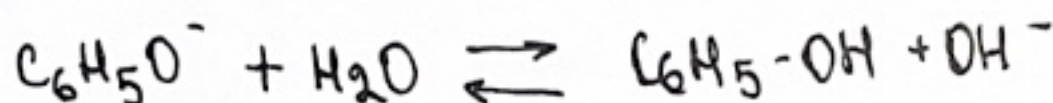
$K_{дис} = 10^{-10}$ - константа диссоциации фенола

Найти: $c(C_6H_5OK)$ - ?

Решение: $C_6H_5OK \longrightarrow C_6H_5O^- + K^+$

1) Пусть $c(C_6H_5OK) = x$ моль/л

2) Запишем уравнение гидролиза соли



$$K_{гдр} = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]}$$

3) Исходя из ионного произведения воды, $K_{ио} = [H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]}, \text{ тогда}$$

$$K_{гдр} = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{[C_6H_5OH] \cdot 10^{-14}}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{10^{-14}}{K_{дис}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

4) $pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3$

$$pOH = -\lg[OH^-] \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} \text{ моль/л}$$

5) Подставим данные в уравнение константы гидролиза

$$K_{гдр} = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{[OH^-]^2}{x - [OH^-]} = \frac{10^{-6}}{x - 10^{-3}} = 10^{-4}$$

$$x - 10^{-3} = \frac{10^{-6}}{10^{-4}} = 10^{-2}$$

$$x = 10^{-2} + 10^{-3} =$$

$$= 0,01 + 0,001 =$$

Ответ: $c(C_6H_5OK) = 0,011 \text{ моль/л} = 0,011 \text{ моль/л}$

3) Дано: $2 A_2 \rightleftharpoons B_2$ - реакция димеризации

$$V = 1 \text{ л}$$

$$t = 30^\circ \text{C}$$

$$P = 1 \text{ атм}$$

$$M_{\text{ср}} = 75,94 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

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

$$B:A = 1,86:1$$

Найти: ① A; B

② $K_{\text{обр}}$

Решение:

$$1) M_{\text{ср}} = \gamma(A) \cdot M(A) + \gamma(B) \cdot M(B) = 75,94 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

2) П.к. по условию заданы \rightarrow вычисляю в звенение димеров в-ва $A \Rightarrow M(B) = 2 \cdot M(A)$

$$3) \gamma(B) = \frac{1,86}{1,86+1} = \frac{1,86}{2,86} = 0,65$$

$$\gamma(A) = 1 - 0,65 = 0,35$$

4) Перенесем уравнение где $M_{\text{ср}}$

$$0,35 \cdot M(A) + 0,65 \cdot 2M(A) = 75,9$$

$$0,35 M(A) + 1,3 M(A) = 75,9$$

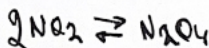
$$1,65 M(A) = 75,9$$

$$M(A) = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow M(B) = 2 \cdot 46 = 92 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

" $M(\text{NO}_2)$

" $M(\text{N}_2\text{O}_4)$

Тогда реакция димеризации



$$① 1) \nu_{\text{ср}} = \frac{PV}{RT} = \frac{1}{0,082 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль}$$

$$2) \nu(\text{NO}_2) = 0,35 \cdot 0,04 = 0,014 \text{ моль} \Rightarrow c(\text{NO}_2) = \frac{0,014}{1} = 0,014 \text{ моль/л}$$

$$\nu(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,65 \cdot 0,04 = 0,026 \text{ моль} \Rightarrow c(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{0,026}{1} = 0,026 \text{ моль/л}$$

$$3) \nu_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (c(\text{NO}_2))^2$$

$$\nu_{\text{обр}} = K_{\text{обр}} \cdot c(\text{N}_2\text{O}_4)$$

П.к. по условию заданы в газовой смеси установилось равновесие то скорости прямой реакции равны скорости обратной ($\nu_{\text{пр}} = \nu_{\text{обр}}$)

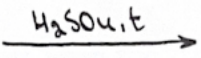
$$K_{\text{пр}} \cdot (c(\text{NO}_2))^2 = K_{\text{обр}} \cdot c(\text{N}_2\text{O}_4)$$

$$5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,86 \cdot 10^{-4} = K_{\text{обр}} \cdot 2,16 \cdot 10^{-2}$$

$$9,8 \cdot 10^{-7} = K_{\text{обр}} \cdot 2,16 \cdot 10^{-2}$$

$$K_{\text{обр}} = \frac{9,8 \cdot 10^{-7}}{2,16 \cdot 10^{-2}} = 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$$

④ Дано: $C_nH_{2n+2}O + 2O$
 $C_mH_{2m+2}O$
 смеси насыщенных
 первичных спиртов
 $m = 15,92$



$V = 11,15 л$
 $t = 180^\circ C$
 $\rho = 1 г/мл$

$\eta = 100\%$ у
 всех
 реакций

$c(KMnO_4) = 0,4 M$

Найти: ① формулы спиртов и их ω
 ② $V(KMnO_4)$ воды.

Решение: ① 1) Пусть x моль $(C_nH_{2n+2}O) = x$ моль
 y моль $(C_mH_{2m+2}O) = y$ моль

2) $m_{смеси} = x(14n+18) + y(14m+18) = 15,92$

3) $V_{смеси} = \frac{PV}{RT} = \frac{11,15}{0,082 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль} \Rightarrow x+y = 0,3 \text{ моль} \Rightarrow x = 0,3 - y$

4) Средоарифметическое

$(0,3-y)(14n+18) + y(14m+18) = 15,92$

Решим данное уравнение подбором. Пусть $n = 2$, тогда пусть $m = 3$

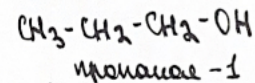
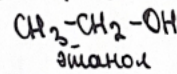
$46(0,3-y) + 60y = 15,9$

$13,8 \rightarrow 46y + 60y = 15,9$

$14y = 2,1$

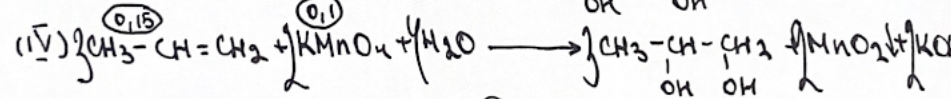
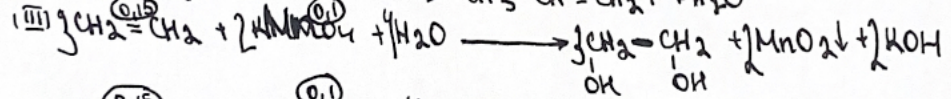
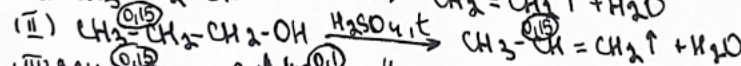
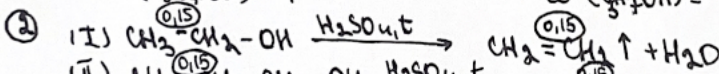
$y = 0,15 \text{ моль} \Rightarrow x = 0,3 - y = 0,15 \text{ моль} \Rightarrow x = y$

5) Тогда формулы спиртов



$m(C_2H_5OH) = 0,15 \cdot 46 = 6,92 \Rightarrow \omega(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} \cdot 100\% = 43,4\%$

$m(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9 \Rightarrow \omega(C_3H_7OH) = 100\% - 43,4\% = 56,6\%$



Согласно уравнениям реакции (III) и (IV)

$V_{общ} (KMnO_4) = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ моль}$

$c = \frac{V}{V} \Rightarrow V(KMnO_4) = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 л = 500 мл$

Ответ: ① $\omega(C_2H_5OH) = 43,4\%$
 $\omega(C_3H_7OH) = 56,6\%$

② $V(KMnO_4) = 500 мл$

5) Дано: $m(\text{CuS}) = 9,6 \text{ г}$ - в двух стаканках

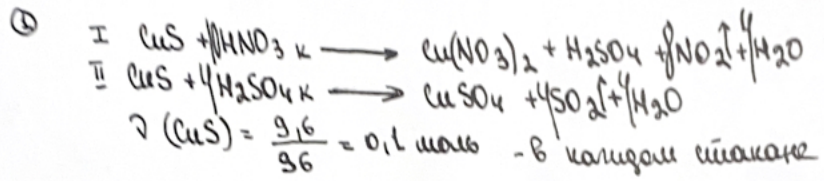
$$\begin{cases} m_{\text{р-ра}}(\text{HNO}_3) = 120 \text{ г} & - \text{10\% р-р.} \\ \omega = 63\% \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 142,7 \text{ г} & - \text{10\% р-р.} \\ \omega = 98\% \end{cases}$$

Найти: 1) Δm между стаканками по окончании реакций

2) $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$ числом уравнений стаканкам

Решение:



I стакан

1) $m_{\text{в-ва}}(\text{HNO}_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6 \text{ г}$
 $\nu(\text{HNO}_3) = \frac{75,6}{63} = 1,2 \text{ моль}$

2) Sto уравнено реакции I
 $\nu(\text{NO}_2) = 8\nu(\text{CuS}) = 0,8 \text{ моль}$
 $m(\text{NO}_2) = 46 \cdot 0,8 = 36,8 \text{ г}$

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

II стакан

1) $m_{\text{в-ва}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 142,7 \cdot 0,98 = 139,8 \text{ г}$
 $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{139,8}{98} = 1,43 \text{ моль}$

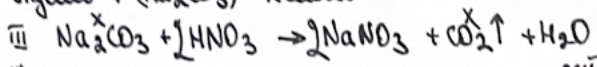
2) Sto ур-но реакции II $\nu(\text{SO}_2) = 4\nu(\text{CuS}) = 0,4 \text{ моль}$
 $= 0,4 \text{ моль}$
 $m(\text{SO}_2) = 64 \cdot 0,4 = 25,6 \text{ г}$

3) $m_{\text{р-ра II}} = m(\text{CuS}) + m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) - m(\text{SO}_2) =$
 $= 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7 \text{ г}$

$\Delta m = m_{\text{р-ра II}} - m_{\text{р-ра I}} = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$

2) Следовательно $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ числом добавит в I стаканчик, числом $m_{\text{I}} = m_{\text{II}} = 126,7 \text{ г}$

1) Пусть $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \text{ моль}$



2) $\nu(\text{HNO}_3(\text{изб})) = 1,2 - 1 = 0,2 \text{ моль}$ остаток после реакции II

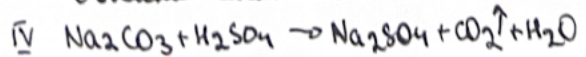
3) Составим ур-е:

$286x - 44x = 33,92$
 $242x = 33,9$
 $x = 0,14 \text{ моль}$

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

4) III.к. по окончании реакции I в р-ре останется не только $0,2 \text{ моль HNO}_3$, но и $0,1 \text{ моль H}_2\text{SO}_4$ (образовавшиеся)

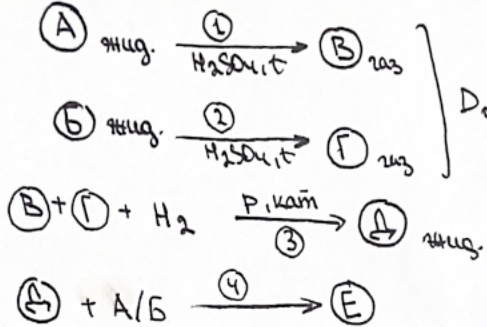
Следовательно $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ будем реагировать с обеими кислотами



Ответ: 1) $\Delta m = 33,9 \text{ г}$

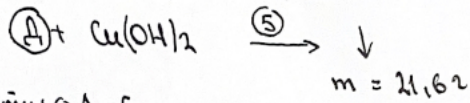
2) $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40,04 \text{ г}$

6) Дано:



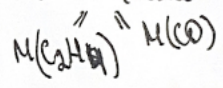
$D_{O_2}(\text{смеси}) = 0,875$

↳ то что не
свернется кислотой

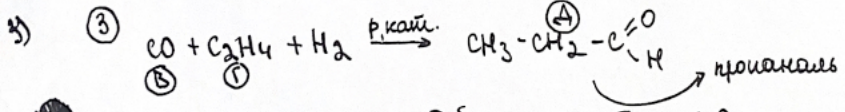
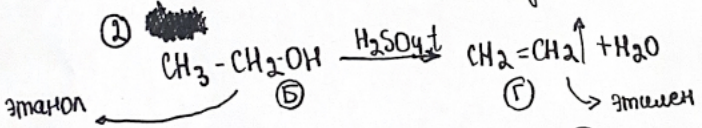
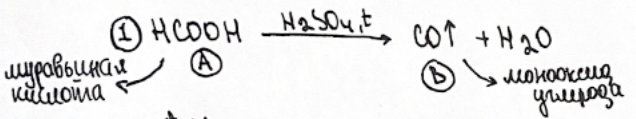


Найти: 1) A-E
2) m(A)

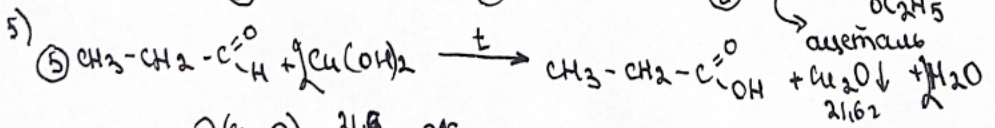
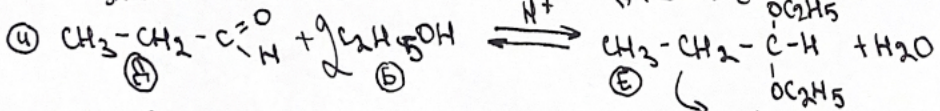
Решение: 1) $D_{O_2}(\text{смеси}) = 0,875 \Rightarrow M_{\text{ср}}(\text{смеси}) = M(O_2) \cdot D_{O_2}(\text{смеси}) = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ г/моль}$



2) Газы в-во A-кислота, тогда



4) Из веществ A и B кислота не является в-во B-этанол, значит можно записать реакцию A+B → E



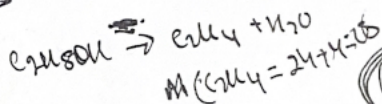
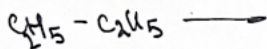
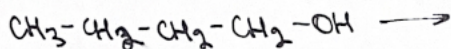
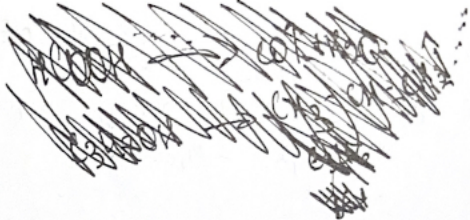
$\nu(Cu_2O) = \frac{21,6}{144} = 0,15 \text{ моль}$

По уравнению реакции 5) $\nu(C_2H_6O) = \nu(Cu_2O) = 0,15 \text{ моль}$
 $m(C_2H_6O) = 0,15 \cdot 58 = 8,7 \text{ г} = m(A)$

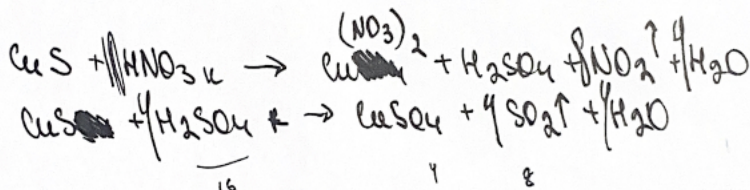
7

Керосин

$$\begin{array}{r} 24 \\ + 8 \\ \hline 32 + 10 = \checkmark \end{array}$$



$$M(\text{NO}_2) = 14 + 32 = 46 \Rightarrow \Delta \text{B} - \text{N}_2\text{O}_4$$



$$30 = 6 + 4 + 16 + 4$$

$$16 = 4 + 8 + 4$$

$$8 + 4 = 6 + 4$$