МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Горобец Богдан Ильич**

Класс: **11**

Технический балл: **89**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9433592	8	14 (посчитана Сравн, а нужна С исх)	15	20	12 (с содой неверно)	20	89

Мазо Г.Н.

№1 Чистовик

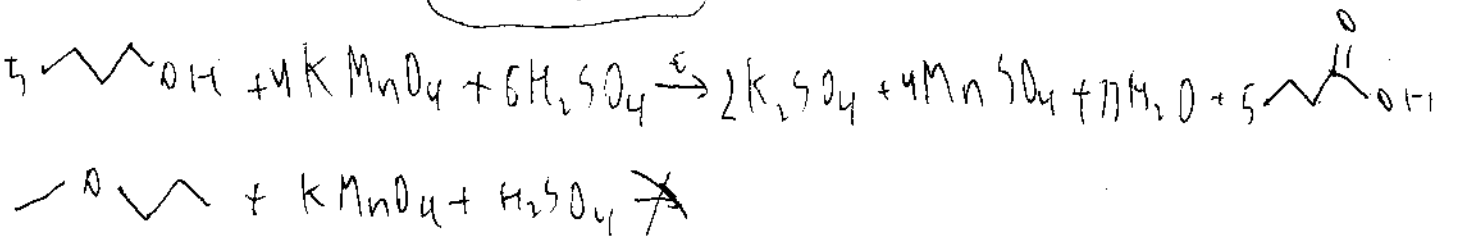
Пусть x – $\nu(C)$, тогда y – $\nu(O)$, тогда

$6x + 8y = 32;$

$x = 4;\ y = 1 \Rightarrow C_4H_xO$

$\nu(H) = \nu(\bar{e}) - 4\nu(\bar{e}/C) - \nu(\bar{e}/O) = 42 - 24 - 8 = 10 \Rightarrow$

$\Rightarrow C_4H_{10}O \Rightarrow$



№5

Дано:

$m(CuS) = 9{,}6$ г

$m_{р-р}(HNO_3) = 120$ г

$\omega(HNO_3) = 0{,}63$

$m_{р-р}(H_2SO_4) = 141{,}7$ г

$\omega(H_2SO_4) = 0{,}98$

$|m_2 - m_1|$ – ?

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$ – ?

Решение:

1) $CuS + 8HNO_3 = CuSO_4 + 8NO_2\uparrow + 4H_2O$

2) $CuS + 4H_2SO_4 = CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$

$m(HNO_3) = m_{р-р} \cdot \omega = 120 \cdot 0{,}63 = 75{,}6$ г

$n(HNO_3) = \frac{m}{M} = 1{,}2$ моль

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

$n(HNO_3) > 8n(CuS) \Rightarrow CuS$ в недост.

По ур-ю (1)

$n(NO_2) = 8n(CuS) = 0{,}8$ моль

$m(NO_2) = nM = 36{,}8$ г

$m_1 = m(CuS) + m_{р-р}(HNO_3) - m(NO_2) = 92{,}8$ г

$m(H_2SO_4) = m_{р-р} \cdot \omega = 141{,}7 \cdot 0{,}98 = 138{,}866$ г

$n(H_2SO_4) = \frac{m}{M} = 1{,}417$ моль

$n(H_2SO_4) > 4n(CuS) \Rightarrow CuS$ в недост.

Чистовик

По ур-ию (2)

$n(SO_2) = 4n(CuS) = 0,4$ моль

$m(SO_2) = nM = 25,6$ г

$m_2 = m(CuS) + m_{р-р}(H_2SO_4) - m(SO_2) = 9,6$ г $+ 142,7$ г $- 25,6$ г $=$

$= 126,7$ г

$m_2 > m_1$

$m_2 - m_1 = 126,7$ г $- 92,8$ г $= 33,9$ г

~~3.) $H_2SO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$~~

3.) $Cu(SO_4) + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CuCO_3\downarrow$ (исправлено с $Cu(NO_3)_2$, $2NaNO_3$)

4.) $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O = Na_2CO_3 + 10H_2O$

5.) $2HNO_3 + Na_2CO_3 = 2NaNO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$

~~По ур-ию (1)~~

~~$n(H_2SO_4) = n(CuS) = 0,1$ моль~~

~~По ур-ию (3)~~

$n(Na_2CO_3)_р = n(H_2SO_4)_3 = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,1$ моль $= n(CO_2)$

$m(CO_2)_3 = nM = 0,1$ моль $\cdot 44 \frac{г}{моль} = 4,4$ г

~~$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = m_2 - m_1 + m(CO_2)$~~

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)_р = nM = 0,1 \cdot 286 = 28,6$ г

~~$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)_р +$~~

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)_{ост} = m_2 - m_1 - m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)_р + m(CO_2) = 9,7$ г

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)_{ост} + m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)_р =$

$= 38,3$ г

~~Ответ: $m_2 - m_1 = 33,9$ г. Во 1-ый стакан нужно добавить~~

$38,3$ г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

$n(HNO_3)_{ост} = n(HNO_3) - n(HNO_3)_7$ (численно) $= 1,2$ моль $- 0,1 \cdot \frac{8}{20} = 0,4$ моль

По ур-ию (5)

$n(Na_2CO_3) = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = n(CO_2)_6 = \frac{n(HNO_3)_{ост}}{2} = 0,2$ моль

$m(CO_2)_5 = nM = 8,8$ г

~~$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = m_2 - m_1 + m(CO_2)_3 + m(CO_2)_6 = 33,9 + 4,4 + 4,4 =$~~

~~$= 42,7$ г~~ $m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = m_1 - m_1 + m(CO_2)_5 = 33,9 + 8,8 = 42,7$ г

~~Ответ:~~

Ответ: $\Delta m = 33,9$ г. В 1-ый стакан нужно добавить 42,7 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

N3

$2A \rightleftarrows B$

$K_{равн} = \frac{p(B)}{p(A)^2}$

$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \text{ кПа} \cdot 1 л}{8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot (30+273)} = 0,04$ моль

$\begin{cases} \frac{n(B)}{n(A)} = 1,86 \\ n(A) + n(B) = 0,04 \end{cases}$

$n(A) + 1,86n(A) = 0,4$

$n(A) = 0,014$ моль

$n(B) = 0,026$ моль

$M(B) = 2M(A)$

$\frac{0,014M(A) + 0,0262M(A)}{0,04} = 75,9$

$M(A) = \frac{75,9 \cdot 0,04}{0,066} = 46 \frac{г}{моль} \Rightarrow NO_2 \Rightarrow B - N_2O_4$

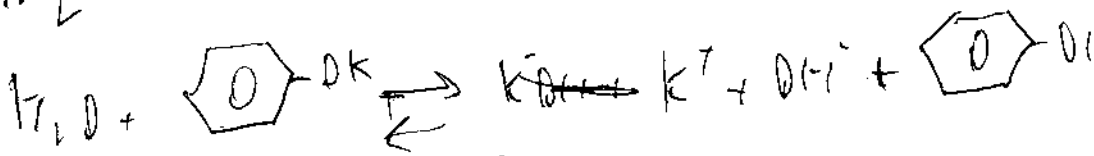
$K_{равн} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2_1} = \frac{n(N_2O_4)}{n(NO_2)^2} = \frac{0,026}{(0,014)^2} = 132,6$

$K_{равн} = \frac{K_{прямой}}{K_{обр}}$

$K_{обр} = \frac{K_{прямой}}{K_{равн}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{732,6} = 9,77 \cdot 10^{-5}$

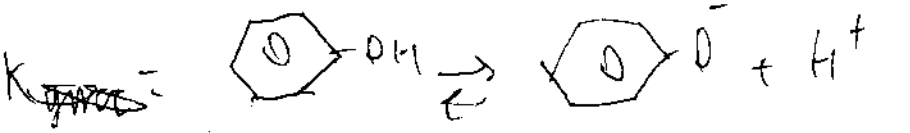
Ответ: A - NO_2, B - N_2O_4, $K = 9,77 \cdot 10^{-5}$

№2



$$K_{равн} = \frac{[OH^-]\,[C_6H_5OK]}{[C_6H_5O^-]}$$

$$[OH^-] = [C_6H_5OH]$$



$$K_{гидр} = \frac{[H^+]\,[C_6H_5O^-]}{[C_6H_5OH]}$$

$$[H^+]\,[OH^-] = 10^{-14} = K_w$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

$$K_{гидр} = \frac{K_w\,[C_6H_5O^-]}{[OH^-]\,[C_6H_5OH]}$$

$$K_{равн} = \frac{1}{K_{гидр}} \cdot K_w$$

$pOH = 14 - pH = 5 \Rightarrow [OH] = 10^{-5}$ М

$$\frac{K_w}{K_{гидр}} = \frac{[OH^-]^2}{[C_6H_5OK]}$$

$$[C_6H_5OK] = \frac{[OH^-]^2}{K_w} \cdot K_{гидр} = \frac{(10^{-5})^2}{10^{-14}} \cdot 10^{-10} = 10^{-1} = 0{,}1\ М$$

Ответ: 0,1 М

№3

Дано:

$m_{смеси} = 15{,}9$ г

$V = 11{,}15$ л

$t = 180°C$

$C(KMnO_4) = 0{,}4$ М

$n_2 = ?$

Решение:

$$n_{смеси} = \frac{pV}{RT} = \frac{101{,}3 \cdot 11{,}15}{8{,}31 \cdot (180 + 273)} = 0{,}3\ моль$$

$C_nH_{2n+1}OH$ – ?
$C_mH_{2m+1}OH$ – ?
$\omega(C_nH_{2n+1}OH)$ – ?
$\omega(C_mH_{2m+1}OH)$ – ?
$V(KMnO_4)$ – ?

Пусть x – $n(C_nH_{2n})$, y – $n(C_mH_{2m})$

$x + y = 0,3$

$xM(C_nH_{2n+1}OH) + yM(C_mH_{2m+1}OH) = 15,9$ г

$n_{см_1} = n_{см_2} = 0,3$ моль

$M_{см_1} = \frac{m}{n} = \frac{15,9 г}{0,03 \frac{г}{моль}} = 53 \frac{г}{моль}$

Пусть a – (CH_3-CH_2-OH), b – ($CH_3-CH_2-CH_2-OH$)

Тогда

$$\begin{cases} M(C_2H_5OH)a + M(C_3H_7OH)b = 53 \\ a + b = 1 \end{cases}$$

$46a + 60(1 - a) = 53$

$14a = 7$

$a = 0,5 \Rightarrow n(C_2H_5OH) = n(C_3H_7OH) \Rightarrow x = y$

$x + x = 0,3$

$x = 0,15$

$m(C_2H_5OH) = nM = 46 \cdot 0,15 = 6,9$ г

$\omega(C_2H_5OH) = \frac{m \cdot 100\%}{m_{см_1}} = \frac{6,9 г \cdot 100\%}{15,9 г} = 43,4\%$

$\omega(C_3H_7OH) = 100\% - \omega(C_2H_5OH) = 56,6\%$

1.) ~~KMnO4~~ $CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$

2) $CH_3-CH_2-CH_2(OH) \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$

3.) $2KMnO_4 + 4H_2O + 3CH_2=CH_2 \xrightarrow{0^\circ C} 3CH_2(OH)-CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$

4.) $2KMnO_4 + 4H_2O + 3CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow{0^\circ C} 3CH_2(OH)-CH(OH)-CH_3 + 2MnO_2 + 2KOH$

По ур-ям 3,4:

по ур-нию (3):

$n(KMnO_4)_3 = \frac{2}{3} n(CH_2=CH_2) = \frac{2 \cdot 0,15}{3}$ моль $= 0,1$ моль

по ур-нию (4):

$n(KMnO_4)_4 = \frac{2}{3} n(CH_3-CH=CH_2) = \frac{2 \cdot 0,15}{3}$ моль $= 0,1$ моль

$n(KMnO_4) = n(KMnO_4)_3 + n(KMnO_4)_4 = 0,2$ моль

~~C(KMn~~

$V(KMnO_4) = \frac{n}{C} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5$ л

Отв: $\omega(C_2H_5OH) = 43,4\%$, $\omega(C_3H_7OH) = 56,6\%$, $V(KMnO_4) = 0,5$ л

№6

Дано:

$D_{O_2}(газ) = 0,875$

$m(Cu_2O) = 21,6$ г

А - ?

В - ?

Б - ?

Г - ?

Д - ?

Е - ?

$m(A)$ - ?

Решение:

$n(Cu_2O) = \frac{m}{M} = \frac{21,6}{128+16} = 0,15$ моль

~~Если А - спирт, то~~

~~1) $R-CH_2-OH + 2Cu(OH)_2 \rightarrow Cu_2O + R-C(=O)H + 3H_2O$~~

~~По ур-нию (1):~~

~~$n(R-CH_2-OH) = n(Cu_2O) = 0,15$ моль~~

$M(газ) = D_{O_2} \cdot M(O_2) = 28$ г/моль $=$ ~~n(CO)~~ $= M(CO) = M(CH_2=CH_2)$, тогда

2.) $H-C(=O)OH \xrightarrow[t]{H_2SO_4} H_2O + CO$ — В

(А — $H-C(=O)OH$)

3.) $CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$

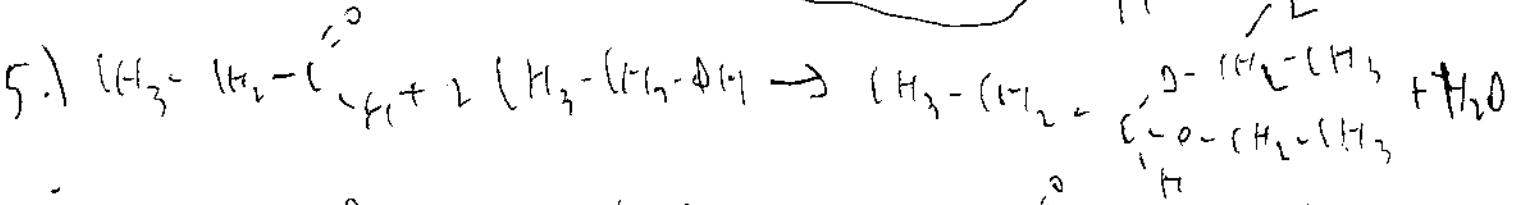
(Б — CH_3-CH_2-OH, Г — $CH_2=CH_2$)

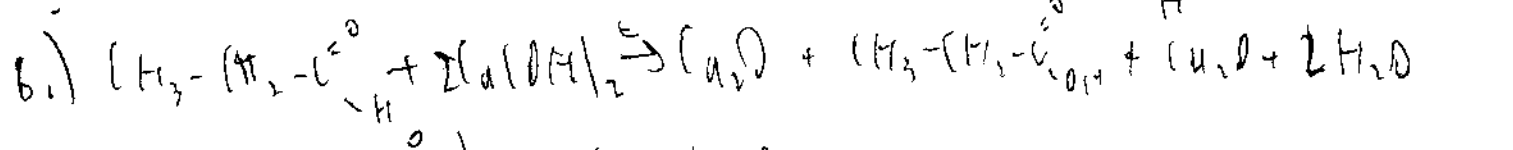
~~4.) $CO + H_2O + H_2 \xrightarrow{t} CH_3-OH$~~ — жидкий Е

~~5.) $CH_2=CH_2 + H_2 \xrightarrow[Pt]{t} CH_3-CH_3$~~

~~6.) $CH_3-OH + H-C(=O)OH \xrightarrow{H^+} H-C(=O)O-CH_3 + H_2O$~~

4.) $CH_2=CH_2 + CO + H_2 \xrightarrow{\text{катализатор}}$  — Д

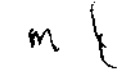
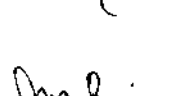
5.) 

6.) 

$n(CH_3-CH_2-C(=O)-H) = n(Ag) = 0,75$ моль

$m(CH_3-CH_2-C(=O)-H) = nM = 0,75 \cdot 58 = 43,5$ г

Отв: А —  Б — CH_3-CH_2-OH, В — CO, Г — $CH_2=CH_2$

Д —  Е — 

O_2 C_4

черновик

$2 C_4H_9OH + R-\overset{CH_2-R}{\underset{|}{C}}H \rightarrow C_4H_9O + R-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{H}{C}} + H_2O$

$C_3H_8O_2$

C_2

$6x + 8y = 32$

$6x + 8y$

C_4O

$C_4H_{10}O$

3

(9)