МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Герасимов Артём Александрович**

Класс: **11**

Технический балл: **92**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Шифр работы:	**9815061**
Оценка:	**92**
Экзаменатор:	Пичугина
Описание работы:	
№ 1	8 баллов
№ 2	16 баллов
№ 3	16 баллов
№ 4	20 баллов
№ 5	16 баллов (ошибка в расчете массы кристаллогидрата)
№ 6	16 баллов (ошибка в расчете массы Д)

Задача 1 | Чистовик

$C_xH_yO_z$ $6x$ - кол-во ē и n в C

y - кол-во ē в H

$8z$ - кол-во ē и n в O

$$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 \\ 6x + 8z = 32 \end{cases} \Big| -$$

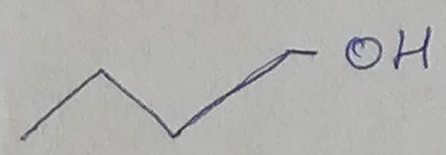
$y = 10$

$6x + 8z = 32$

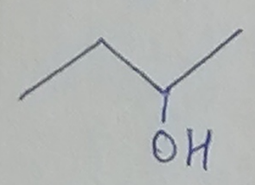
$3x + 4z = 16$

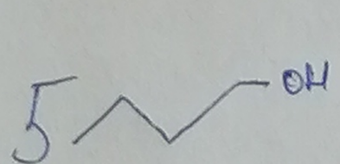
При $x = 4$, $z = 1$

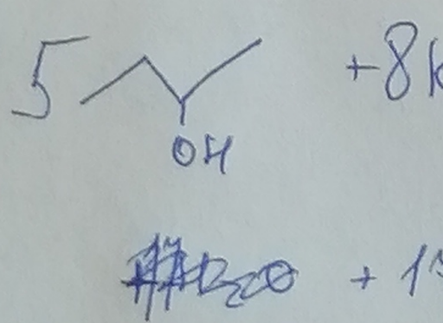
$C_4H_{10}O$ →



↓







Задача 2 | Чистовик

$$C_6H_5OK + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + KOH$$

$$C_6H_5O^- + H_2O \rightleftarrows C_6H_5OH + OH^-$$

$$K_p = \frac{[C_6H_5OH]\cdot[OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{[C_6H_5OH]\cdot K_{H_2O}}{[C_6H_5O^-]\cdot[H^+]} = \frac{K_{H_2O}}{K_g} \left(\begin{array}{l} K_{H_2O} = [H^+]\cdot[OH^-] \\ [OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} \end{array} \right)$$

$$C_6H_5O^- + H_2O \rightleftarrows C_6H_5OH + OH^-$$

было: C моль/л

стало: $C - x$ моль/л $\quad x$ моль/л $\quad x$ моль/л

$$K_p = \frac{x^2}{c-x}$$

$$K_p = \frac{K_{H_2O}}{K_g} = \frac{x^2}{c-x}$$ | $pH = 11 \quad pOH = 14 - 11 = 3 \quad [OH] = 10^{-3}$

$$\frac{10^{-6}}{c - 10^{-3}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}}$$

$$\frac{10^{-6}}{c - 10^{-3}} = \frac{10^{-4}}{1}$$

$$10^{-6} = 10^{-4}c - 10^{-7}$$

$$\cancel{10^{-13} = 10^{-4}c}$$

$$1{,}1\cdot 10^{-6} = 1\cdot 10^{-4}c$$

$$c = 11\cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

Ответ: $11\cdot 10^{-3}$ моль/л

Чистовик

Задание 3

Дано:

$V = 1л$

$T = 303K$

$p = 101,3 кПа$

$\frac{B}{A} = \frac{1,86}{1}$

$\bar{M} = 75,9 г/моль$

$K_{пр.} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{моль \cdot мин.}$

$$2A \rightleftarrows B$$

$\nu_{равновес. смеси} = \frac{PV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,31 \cdot 303} = 0,04 моль$

Мольная доля:

$X(A) = \frac{1}{2,86} = 0,35$

$X(B) = 1 - 0,35 = 0,65$

$\nu(A) = 0,35 \cdot 0,04 = 0,014 моль$

$\nu(B) = 0,65 \cdot 0,04 = 0,026 моль$

$\bar{M} = \varphi_A M_A + \varphi_B M_B = 75,9 г/моль$ ($\varphi = X$ для газов; $M_B = 2M_A$)

$\bar{M} = 0,35 M_A + 0,65 \cdot 2 M_A = 75,9 г/моль$

$1,65 M_A = 75,9 г/моль$

$M_A = 46 г/моль (NO_2)$

$M_B = 2M_A = 92 г/моль (N_2O_4)$

$$2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$$

При равновесии $V_{прям.} = V_{обр.}$; $k_{прям}[NO_2]^2 = k_{обр}[N_2O_4]$; $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{k_{прям}}{k_{обр.}}$

$K_p = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{k_{прям.}}{k_{обр.}}$

$K_p = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{\frac{\nu(N_2O_4)}{V}}{\left(\frac{\nu(NO_2)}{V}\right)^2} = \frac{\frac{0,026}{1}}{\left(\frac{0,014}{1}\right)^2} = \frac{0,026}{(0,014)^2} = 132,65 \frac{л}{моль}$

$K_p = \frac{k_{прям}}{k_{обр}}$; $k_{обр} = \frac{k_{прям}}{K_p} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{132,65} = 37,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{мин}$

Ответ: $A - NO_2$; $B - N_2O_4$; $k_{обр} = 37,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{мин}$

Задача 4 | Чистовик

$C_nH_{2n+1}O \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} C_nH_{2n} + H_2O$

$C_mH_{2m+1}O \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} C_mH_{2m} + H_2O$

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

$\nu_{спиртов} = \nu_{алкенов} = 0,3$ моль

$\overline{M}_{спиртов} = \frac{15,9}{0,3} = 53$ г/моль

Предположим, что $C_nH_{2n+1}O$ – C_2H_5OH, а $C_mH_{2m+1}O$ – C_3H_7OH.

Тогда: $\overline{M} = \varphi_1 M_1 + \varphi_2 M_2 = 53$

$\overline{M} = \varphi_1 \cdot 46 + (1-\varphi_1) \cdot 60 = 53$

$14\varphi_1 = 7$

$\varphi_1 = 0,5$

$\varphi_2 = 1 - \varphi_1 = 0,5$

$C_2H_5OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} C_2H_4 + H_2O$

$C_3H_7OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} C_3H_6 + H_2O$

$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3\underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH$

$3CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH$

$\nu(C_2H_4) = \nu(C_3H_6) = 0,15$ моль $= \nu(C_2H_5OH) = \nu(C_3H_7OH)$

~~$m(C_2H_4) = 0,15 \cdot 28 = 4,2$ г~~

~~$m(C_3H_6) =$~~

$m(C_2H_5OH) = 0,15 \cdot 46 = 6,9$ г $\quad w(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} = 0,434$

$m(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9$ г $\quad w(C_3H_7OH) = 1 - 0,434 = 0,566$

$\nu(C_2H_4) = 0,15$ моль $\quad \nu(KMnO_4) = 0,15 \cdot 2 : 3 = 0,1$ моль $\quad V(KMnO_4) = \frac{0,1}{0,4} = 0,25$ л

$\nu(C_3H_6) = 0,15$ моль $\quad \nu(KMnO_4) = 0,15 \cdot 2 : 3 = 0,1$ моль $\quad V(KMnO_4) = \frac{0,1}{0,4} = 0,25$ л

$V(KMnO_4\ всего) = 0,25 + 0,25 = 0,5$ л

Ответ: $w(C_2H_5OH) = 0,434$; $w(C_3H_7OH) = 0,566$; $V(KMnO_4) = 0,5$ л

Задача 5 | Чистовик

1| $CuS + 8HNO_3 \rightarrow CuSO_4 + 8NO_2\uparrow + 4H_2O$

было: 0,1 моль; 1,2 моль; —; —; —

стало: —; 0,4 моль; 0,1 моль; 0,8 моль; 0,4 моль

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

$\nu(HNO_3) = \cancel{\frac{120 \cdot 0,98}{98}} = \frac{120 \cdot 0,63}{63} = 1,2$ моль

2| $CuS + 4H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$

было: 0,1 моль; 1,43 моль; —; —; —

стало: —; 1,03 моль; 0,1 моль; 0,4 моль; 0,4 моль

$\nu(H_2SO_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,43$ моль

$m_{1\ стакана} = 9,6 + 120 - (0,8 \cdot 46) = 92,8$ г

$m_{2\ стакана} = 9,6 + 142,7 - (0,4 \cdot 64) = 126,7$ г

$\Delta m = 126,7 - 92,8 = 33,9$ г

1| $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + CO_2 + 11H_2O$

было: x моль; 0,4 моль; —; —; —

стало: —; —; 0,4 моль; 0,2 моль; 2,2 моль

$286x + (0,4 \cdot 63) - (44 \cdot 0,2) = 33,9$

$286x + 25,2 - \cancel{17,9}\ 8,8 = 33,9$

$286x = 17,5$

$x = 0,06$ моль

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,06 \cdot 286 = 17,5$ г

Ответ: $\Delta m = 33,9$ г; $m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 17,5$ г; в 1 стакан

(1|; 2| – номера стаканов)

Задача 6 | Чистовик

$A_{(ж)} \xrightarrow[t]{H_2SO_{4(к)}} B_{(г)}$

$Б_{(ж)} \xrightarrow[t]{H_2SO_{4(к)}} Г_{(г)}$

$\bar{M} = 32 \cdot 0{,}875 = 28$ г/моль

Газы с $M = 28$ г/моль: CO; C_2H_4; N_2

$$C_2H_5OH \xrightarrow[t]{H_2SO_{4(к)}} C_2H_4 + H_2O$$

$$HCOOH \xrightarrow[t]{H_2SO_{4(к)}} CO + H_2O$$

$$CH_3-C\begin{smallmatrix}=O\\-H\end{smallmatrix} + 2C_2H_5OH \xrightarrow{t} CH_3-HC\begin{smallmatrix}-O-C_2H_5\\-O-C_2H_5\end{smallmatrix} + H_2O$$

$$CH_3-C\begin{smallmatrix}=O\\-H\end{smallmatrix} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CH_3-C\begin{smallmatrix}=O\\-OH\end{smallmatrix} + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$$

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

$\nu(CH_3COH) = 0{,}15$ моль

$m(CH_3COH) = 0{,}15 \cdot 44 = 6{,}6$ г

А – CH_3-CH_2-OH В – $CH_2=CH_2$ Б – $HC\begin{smallmatrix}=O\\-OH\end{smallmatrix}$ Г – CO

D – $CH_3-C\begin{smallmatrix}=O\\-H\end{smallmatrix}$ E – $CH_3-C\begin{smallmatrix}=O\\-OH\end{smallmatrix}$

Ответ: $m(D) = 6{,}6$ г