МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Глатанков Владислав Владимирович**

Класс: **11**

Технический балл: **91**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9741482	**8**	**16**	**16**	**20**	**20**	**11** (Определены вещества А,Б,В,Г и правильно записаны две реакции, рассчитано количество Cu2O)	**91**

Борзенко М.И.

Чистовик.

1. Представим формулу соединения как:

$C_yH_xO_z$, тогда имеем:

$$\begin{cases} 6y + 8z = 32 \\ 6y + x + 8z = 42 \end{cases} \Rightarrow x = 10$$

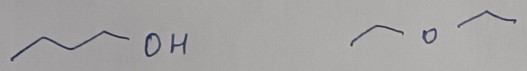
$$z = \frac{32 - 6y}{8}$$

y	z
1	3,25
2	2,5
3	1,75
4	1

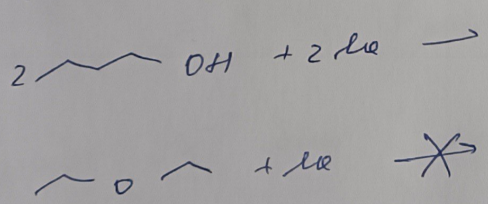
Адекватный z получаем только при $y = 4$, тогда формула:

$C_4H_{10}O$

Им соответствуют, например, бутанол-1 и диэтиловый эфир:



Различить их можно, например, по реакции с Na:



2. $PhOK \rightarrow PhO^- + K^+$

$PhO^- + H_2O \rightleftharpoons PhOH + OH^-$ $\quad K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$

По уравнению $[PhOH] = [OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$ М

Пусть $c(PhOK) = x$, тогда:

$$K_h = \frac{[PhOH][OH^-]}{[PhO^-]} \Rightarrow 10^{-4} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{x - 10^{-3}} \Rightarrow x = 0{,}011 \text{ М}$$

$c(PhOK) = 0{,}011$ М.

Чистовик

3.

$$2A \rightleftharpoons B$$

$$n(\text{газов}) = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303,15} = 0,0402 \text{ моль}$$

$$\frac{n(B)}{n(A)} = \frac{1,86}{1} \Rightarrow 1,86n(A) - n(B) = 0$$

$$\begin{cases} n(A) + n(B) = 0,0402 \\ 1,86n(A) - n(B) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} n(A) = 0,01405 \text{ моль} \\ n(B) = 0,02614 \text{ моль} \end{matrix}$$

Пусть $M(A) = M$, тогда $M(B) = 2M$

$$75,9 = \frac{0,01405}{0,0402} \cdot M + \frac{0,02614}{0,0402} \cdot 2M \Rightarrow M = \frac{75,9}{\frac{0,01405 + 0,02614 \cdot 2}{0,0402}} =$$

$= 46$ г/моль. Газ, имеющий $M = 46$ и способный димеризоваться – это NO_2. $A - NO_2$, $B - N_2O_4$

$$K = \frac{c(N_2O_4)}{c^2(NO_2)} = \frac{\frac{0,02614}{1}}{\left(\frac{0,01405}{1}\right)^2} = 132,4 \text{ М}^{-1}$$

$$\frac{K_{прям}}{K_{обр}} = K \Rightarrow K_{обр} = \frac{K_{прям}}{K} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot \text{М}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}}{132,4 \text{ М}^{-1}} =$$

$= 3,776 \cdot 10^{-5}$ мин$^{-1}$

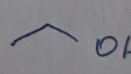
4.

$$RCH_2 - CH_2 - OH \xrightarrow[t]{H_2SO_4} RCH = CH_2 \uparrow$$

$$n(\text{спирта}) = n(\text{газов}) = \frac{11,15 \cdot 101,325}{8,314 \cdot 453,15} = 0,3 \text{ моль}$$

$$M_{ср}(\text{спиртов}) = \frac{15,9}{0,3} = 53 \text{ г/моль}$$

Т.к. смесь данных спиртов имеет М меньшую 53, а первый спирт способный дегидратироваться – это этанол ($M = 46$), то он обязательно входит в смесь.



Чистовик.

4. Тогда по данным второй части можем вычислить, но чтобы по М было больше 53, нужно знать. Будем пропанол-1, тогда найдём его n:

$46 \cdot (0,3 - x) + 60 \cdot x = 15,9 \Rightarrow x = 0,15$ моль $= n(n\text{-}PrOH)$

ω(пропанол-1) $= \frac{0,15 \cdot 60}{15,9} \cdot 100\% = 36,6\%$

ω(этанол) $= \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} \cdot 100\% = 43,4\%$

$$3\,\overset{0,15}{CH_2=CH_2} + 2\,\overset{0,1}{KMnO_4} + 4H_2O \longrightarrow 3\,CH_2(OH)-CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$$

$$3\,\overset{0,15}{CH_2=CH-CH_3} + 2\,\overset{0,1}{KMnO_4} + 4H_2O \longrightarrow 3\,CH_2(OH)-CH(OH)-CH_3 + 2MnO_2 + 2KOH$$

$n(KMnO_4) = 0,1 - 0,1 = 0,2$ моль

$V(KMnO_4) = \frac{0,2}{0,4} = 0,5$ л

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[t]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$$

$$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[t]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$$

5.
$$\overset{0,1}{CuS} + 8\,\overset{0,8}{HNO_3} \xrightarrow{t} CuSO_4 + 8\,\overset{0,8}{NO_2}\uparrow + 4H_2O$$

$$\overset{0,1}{CuS} + 4\,\overset{0,4}{H_2SO_4} \longrightarrow CuSO_4 + 4\,\overset{0,4}{SO_2}\uparrow + 4H_2O$$

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

$n(CuS) = \frac{9,6}{96} = 0,1$ моль

$n(H_2SO_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,427$ моль

$m_1 = 9,6_г + 120 - 0,8 \cdot 46 = 92,8$ г

Чистовик.

5. $m_2 = 9,6 + 142,7 - 0,4 \cdot 64 = 126,7$ г

$\Delta m = 126,7 - 92,8 = 33,9$ г – разница масс растворов

$M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 286$ г/моль

$n(HNO_3)_{ост} = 1,2 - 0,8 = 0,4$ моль

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O + 2HNO_3 \longrightarrow 2NaNO_3 + 11H_2O + CO_2\uparrow$

Добавлять кристаллогидрат нужно в сосуд с одной кислотой, проверим, хватит ли одной кислоты для растворения, с условием полного вытеснения CO_2

$\Delta m_{max} = 0,4 \cdot \frac{1}{2} \cdot (286 - 44) = 48,4$, что больше 33,9 =>

=> массу можно спокойно смешать по правилу выше

$n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \frac{33,9}{286 - 44} = 0,14$ моль

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,14 \cdot 286 = 40,04$ г – в смеси с HNO_3

6. Из условия следует, что А или Б – газообр.

$M_{ср} = 0,875 \cdot 32 = 28$ г/моль

Тогда имеем два случая. Первый – смесь состоит из газов М которых меньше 28 или больше 28. Второй – смесь состоит из газов с $M = 28$, это могут быть CO, C_2H_4, N_2.

Т.к. А и Б – жидкости, а одно из них газообр., то нам подходит CO и C_2H_4, тогда А – $H-\overset{O}{C}-OH$, Б – $\diagup\!\!\diagdown OH$

В – CO, Г – C_2H_4

$HCOOH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4} CO\uparrow + H_2O$

$CH_3CH_2OH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4} CH_2=CH_2\uparrow + H_2O$

$CH_2=CH_2 + H_2 \xrightarrow{P, Pt} CH_3-CH_3$ (газ при н.у.)

Чистовик.

6.

$$CO + 2H_2 \xrightarrow{p,\ Pt} CH_3OH$$

D – CH_3OH (жидкость при н.у)

$$CH_3OH + CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{140 °C, избыток EtOH}]{\text{кат, } H^+} CH_3OCH_2CH_3 + H_2O$$

E – $CH_3OCH_2CH_3$

$$CH_3OH + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{\text{свежий}} HCHO + Cu_2O + 3H_2O$$

$$n(CH_3OH) = n(Cu_2O) = \frac{21,6}{64 \cdot 2 + 16} = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(CH_3OH) = 0,15 \cdot 32 = 4,8 \text{ г}$$

Черновик

3. $n(A) = 0{,}01405$; $n(B) = 0{,}02614$

$$75{,}9 = \frac{0{,}01405}{0{,}0402}\cdot M + \frac{0{,}02614}{0{,}0402}\cdot 2M \Rightarrow M = 46 \Rightarrow \text{газ} - NO_2$$

A

$B - C_2O_4$

$$K_p = \frac{c(B)}{c^2(A)}$$

$$K_{прямой}\, c^2(A) = K_{обр}\, c(B) \Rightarrow \frac{c(B)}{c^2(A)} = \frac{K_{прямой}}{K_{обр.}} = K_p$$

$$K_p = \frac{\frac{0{,}02614}{1}}{\left(\frac{0{,}01405}{1}\right)^2} = 132{,}2\ M^{-1}$$

$$K_{обр} = \frac{K_{прямой}(M^{-1})}{K_p(M^{-1})} = \frac{5\cdot 10^{-3}}{132{,}2} = 3{,}782\cdot 10^{-5}\ \text{моль}^{-1}$$

4.

$R'CH_2-OH$, $R''CH_2-OH$

$$n(\text{газов}) = \frac{11{,}13\cdot 101{,}325}{8{,}314\cdot 453{,}15} = 0{,}3\ \text{моль}$$

$$M_{ср} = \frac{15{,}9}{0{,}3} = 53\ \text{г/моль} \Rightarrow \text{один из спиртов} -$$

$-CH_2OH$
$M = 46$

$$53 = \frac{x\cdot 46 + (0{,}3 - x)\cdot M}{0{,}3} \Rightarrow$$

$$53 = \frac{\cancel{\ }}{\ } \Rightarrow \cancel{15{,}9 = 46x - xM + 0{,}3M} \Rightarrow$$

$$46\cdot(1-x) + 60\cdot x = 53 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{15{,}9 - 46x}{0{,}3 - x} = M$$

$$\Rightarrow x = 0{,}5$$

$$0 < x < 0{,}3$$

$$3\overset{0{,}15}{=}^{-2} + 2\overset{0{,}1}{KMnO_4} + 4H_2O \xrightarrow{\text{холод}} 3\,{}^{HO}_{-1}\!\!-\!\!{}^{OH}_{-1} + 2MnO_2 + 2KOH$$

$$3\,\overset{0{,}15}{=} + 2\overset{0{,}1}{KMnO_4} + 4H_2O \xrightarrow{\text{холод}} 3\,{}^{HO}_{}\!\!-\!\!{}^{OH}_{} + 2MnO_2 + 2KOH$$

$$V(KMnO_4) = \frac{0{,}1 + 0{,}1}{0{,}4} = 0{,}5\ л$$

Черновик.

1.

$C_yH_xO_z$

$6y + 8z = 32$

$6y + x + 8z = 42$ $\Rightarrow x = 10$

$C_yO_zH_{10}$

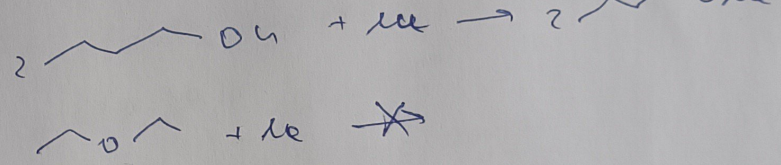
$6y + 8z = 32 \Rightarrow z = \frac{32 - 6y}{8}$

$y = 1;\ z = 3,25$

$y = 2;\ z = 2,5$

$y = 3;\ z = 1,75$

$y = 4;\ z = 1 \Rightarrow C_4H_{10}O$



2.

~~PhOH + KOH~~ $\Rightarrow$ в р-ре: $PhOH \rightarrow PhO^{\ominus} + K^{\oplus}$

$x - 10^{-3}$ $\quad 10^{-3}$ $\quad 10^{-3}$

$PhO^{\ominus} + H_2O \rightleftharpoons PhOH + OH^{\ominus}$

$PhOH \rightleftharpoons PhO^{\ominus} + H^{\oplus}$

пусть $c(PhOK) = x$

$[K^+] + [H^+] = [OH^-] + [PhO^{\ominus}]$

$\frac{10^{-14}}{10^{-10}} = \frac{(10^{-3})^2}{x - 10^{-3}} \Rightarrow x =$ 0,011

$x + 10^{-11} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} + x \cdot \frac{10^{-10}}{10^{-10} + 10^{-11}} \Rightarrow x =$ 0,011 M

3.

$2A \rightleftharpoons B$; $n(B) : n(A) = 1,86 : 1$

$n_{см} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303,15} = 0,0402$ моль

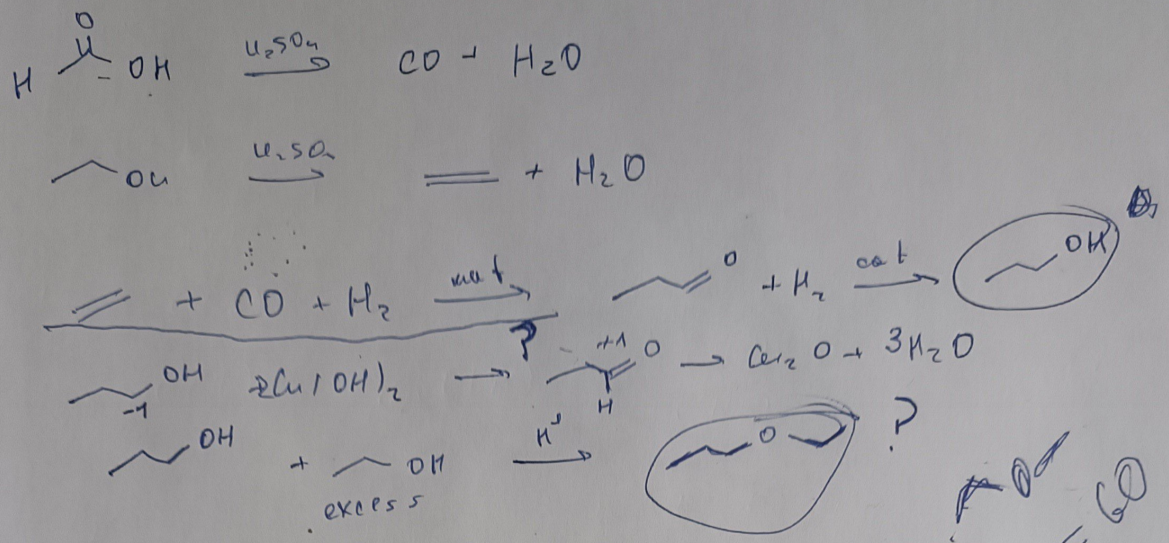
$n(A) + n(B) = 0,0402$

$\frac{n(B)}{n(A)} = \frac{1,86}{1} \Rightarrow n(B) = 1,86n(A) \Rightarrow -n(B) + 1,86n(A) = 0$

$n(A) = 0,01405$

Черновик.

$M_{см} = 0{,}875 \cdot 32 = 28$ - чисто только на CO и C_2H_4



3.

$$\overset{0{,}1}{CuS} + \overset{0{,}8}{PHNO_3} \xrightarrow{t} CuSO_4 + \overset{0{,}8}{PNO_2}\uparrow + 4H_2O$$

$$\overset{0{,}1}{CuS} + \overset{0{,}4}{4H_2SO_4} \xrightarrow{t} CuSO_4 + \overset{0{,}4}{SO_2}\uparrow + 4H_2O$$

$n(HNO_3) = 1{,}2$ моль, $n(H_2SO_4) = 1{,}427$ моль

$m_1 = 9{,}6 + 120 - 0{,}8 \cdot 46 = 92{,}8$ г - с азотной

$m_2 = 9{,}6 + 142{,}7 - 0{,}4 \cdot 64 = 126{,}7$ с H_2SO_4

$\Delta m = 126{,}7 - 92{,}8 = 33{,}9$ г

$M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 286$

$n(HNO_3)_{изб} = 0{,}4$ моль

$$\overset{0{,}2}{Na_2CO_3 \cdot 10H_2O} + \overset{0{,}2\ 0{,}4}{2HNO_3} \longrightarrow 2NaNO_3 + 11H_2O + \overset{0{,}2}{CO_2}$$

$n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \frac{33{,}9}{286 - 44} = 0{,}14$ моль

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0{,}14 \cdot 286 = 40{,}04$ г

Черновик

4. $M_{ш} = 53 \Rightarrow$ EtOH

если пропеленаем, то удр.

6. $CH_3OH + 2Cu(OH)_2 \rightarrow$ $+ Cu_2O + 3H_2O$

ОЧ соединительно.

CO, N_2, C_2H_4

CH_3OH NH_3 C_2H_6