МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Хамидуллин Тимур Рамилевич**

Класс: **11**

Технический балл: **89**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9538158	8	13	14	20	18	16	**89**	нет Кг,

Осин С.Б.

чистовик 1 лист

Задача 2.

~~$PhOH \rightleftarrows PhO^- + H^+$~~

$10^{-10} = K = \frac{[PhO^-][H^+]}{[PhOH]}$; ~~$[H^+] = 10^{-11}$~~ $\Rightarrow$

$PhO^- + H_2O \rightleftarrows [PhOH] + OH^-$

$K_{дис} = K_a \Rightarrow K_b = \frac{K_w}{K_a}$; $[OH^-] = 10^{14-pH}$

$K_b = \frac{[PhOH][OH^-]}{[PhO^-]} \approx \frac{[OH^-]^2}{[PhO^-]} \Rightarrow$

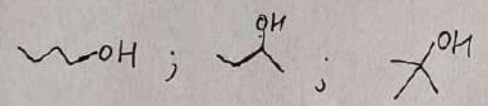
$\Rightarrow [PhO^-] = \frac{[OH^-]^2}{K_b} = \frac{K_a(10^{14-11})^2}{K_w} = \frac{10^{-10}\cdot 10^{-6}}{10^{-14}} = 0{,}01 М = [PhO^-K^+]$

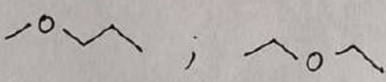
Ответ: 0,01 моль/л

Задача 1.

$N_{\bar{e}} = 6 (C), 8 (O), 1 (H)$ $\Rightarrow$ $6x + 8y = 32$; $6x + 8y + z = 42$ $\Rightarrow$ $z = 10$, $x = 4$, $y = 1$

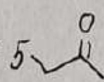
$N_{n^0} = 12 - 6 = 6 (C); 8 (O); 0 (H)$

$C_4H_{10}O \Rightarrow$  – спирт

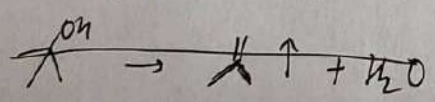
и  – простой эфир

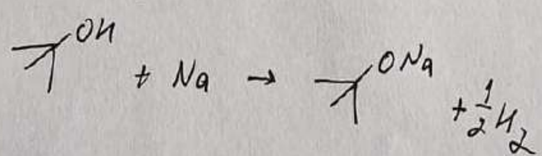
Определить можно с помощью $KMnO_4$, эфир не будет реаг. обесцвечивание

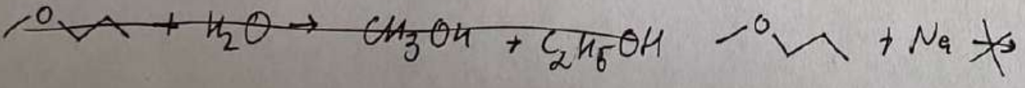
если вторичный и первичный

$5C_4H_{10}O + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5$  $+ 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$.

~~если третичный, можно дегидратировать и получить газ, простой эфир не будет давать газ~~ По р-ции с Na

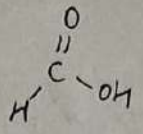






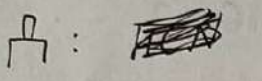
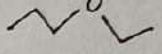
чистовик 4 лист

Задача 6

Условие дает понять, что А:  В: CO

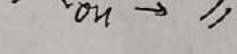
$M_{см.} = 0{,}875 \cdot 32 = 28$; $M_{CO} = 28$ => смесь эквимолярная, тогда

Г – C_2H_4 ; Б – C_2H_5OH

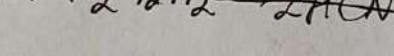
Д:  ; Е: 

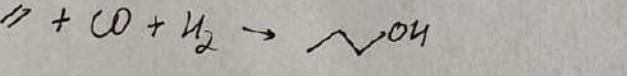
~~$4HCN + 2Cu(OH)_2 \rightarrow 2CuI(CN) + (CN)_2 + 4H_2O$~~

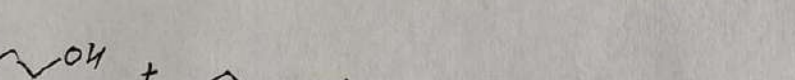
(1) $HCOOH \rightarrow CO + H_2O$

(2) 

~~$2CO + N_2 + 2H_2 \rightarrow 2HCN + 2H_2O$~~

(3) 

(4) 

(5) 

$n(Cu_2O) = n(C_3H_7OH) = \frac{23{,}6}{144} = 0{,}15$ моль

$m(C_3H_7OH) = 0{,}15 \cdot 60 = 9$ г

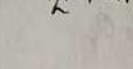
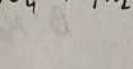
чистовик 3 лист

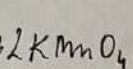
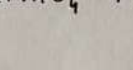
продолжение 4 задачи.

$\omega_{C_3H_7OH} = 56{,}6\% \Rightarrow \omega_{C_2H_5OH} = 43{,}4\%$

1) ~~$C_3H_7OH + KMnO_4 +$~~ $C_3H_7OH \to C_3H_6 + H_2O$

2) $C_2H_5OH \to C_2H_4 + H_2O$

3) 3  $+2KMnO_4 + 4H_2O \to 3$  $+2MnO_2 + 2KOH$

4) 3  $+2KMnO_4 + 4H_2O \to$  $+ 2MnO_2 + 2KOH$

В $\frac{n_{C_3H_7OH + C_3H_6}}{3} = \frac{n(KMnO_4)}{2}$; аналогич. для $C_2H_4 \Rightarrow n(KMnO_4) = \frac{3}{2} n_{C_3H_6} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 =$

$= 0{,}2$ моль; $C = \frac{n}{V} \Rightarrow V_{р\text{-}ра} = \frac{n}{C} = \frac{0{,}2}{0{,}4} = 0{,}5$ л

Задача 5.

~~$CuS + 8HNO_3 \to Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + 6NO_2\uparrow + 2H_2O$~~

(1) $CuS + 4H_2SO_4 \to CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$; $\omega CuS + 10HNO_3 \to Cu(NO_3)_2 + 8NO_2\uparrow + H_2SO_4 + 4H_2O$

~~$CuS + 8HNO_3 \to Cu(NO_3)_2 + (SO_2 + 4NO_2\uparrow) + 4H_2O$~~

$n_{HNO_3} = \frac{120 \cdot 0{,}63}{63} = 1{,}2$ моль; $n_{H_2SO_4} = \frac{142{,}7 \cdot 0{,}98}{98} = 1{,}427$ моль

$n_{CuS} = \frac{9{,}6}{96} = 0{,}1$ моль

HNO_3: $m_{р\text{-}р1} = 9{,}6 + 120 - 0{,}1 \cdot 8 \cdot 46 = 92{,}8$ г (по УХР $n(NO_2) = 8n(CuS)$)

H_2SO_4: $m_{р\text{-}р2} = 9{,}6 + 120 - 0{,}1 \cdot 4 \cdot 64 = 126{,}7$ г

$\Delta m = 33{,}9$ г; добавили будем в р-р с HNO_3

(3) $2HNO_3 + Na_2CO_3 \cdot 10H_2O \to 2NaNO_3 + CO_2\uparrow + 11H_2O$

$n(HNO_3) = 1{,}2 - 0{,}1 = 0{,}2$ моль

$33{,}9 = M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) \cdot n - M_{CO_2} \cdot n$

$33{,}9 = 242 \cdot n \Rightarrow n = 0{,}14$,

по УХР нам надо $0{,}28$ HNO_3 $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ тогда $m_0 = 0{,}1 \cdot 286 - 0{,}1 \cdot 44 = 24{,}2$; $33{,}9 - 24{,}2 = 9{,}7$;

сначала полностью прореагирует HNO_3, затем добавляем ещё $\Rightarrow$

$\Rightarrow m = 0{,}1 \cdot 286 + 9{,}7 = 38{,}3$ г

чистовик 2 лист

Задача 3.

$x_B = \frac{1,86}{186+1} = 0,65$ $\quad x_A = 0,35$

$M_B = 2M_A$

$0,65 \cdot 2M_A + 0,35 M_A = 75,9 \Rightarrow M_A = 46$ г/моль

Сразу напомню, что это NO_2, оно димеризуется $\Rightarrow$ A: NO_2, B: N_2O_4

$p_{NO_2} = 0,35 \cdot 1 = 0,35$ атм; $p_{N_2O_4} = 0,65$ атм.

$K_p = \frac{p_{N_2O_4}}{p^2_{NO_2}} = \frac{0,65}{0,35^2} = 5,3$; $K_p = \frac{k_{прям.}}{k_{обр.}} \Rightarrow k_{обр.} = \frac{k_{пр.}}{K_p} = 9,43 \cdot 10^{-4}$ $\frac{л}{моль \cdot мин}$

Задача 4. $pV = nRT \Rightarrow$

$\Rightarrow n_{см.} = \frac{11,5 \cdot 101}{8,314(273+180)} = 0,3$ моль

$C_nH_{2n+2}O \rightarrow C_nH_{2n} + H_2O$ (над $C_nH_{2n+2}O$: $15,9-x$, M_n; над C_nH_{2n}: $0,3-y$)

$C_mH_{2m+2}O \rightarrow C_mH_{2m} + H_2O$ (над $C_mH_{2m+2}O$: x, M_m; над C_mH_{2m}: y)

$$\begin{cases} \frac{15,9-x}{14n+18} = 0,3-y \\ \frac{x}{14m+18} = y \end{cases}$$

$x = y(14m+18)$

$15,9 - y(14m+18) = 0,3 \cdot 14n + 0,3 \cdot 18 - 14ny - 18y$

$15,9 - 14my - 18y = 4,2n + 5,4 - 14ny - 18y$

$10,5 = 4,2n + 14y(m-n)$; $m, n \in \mathbb{N}$, $y < 0,3$; $m > n$; $n > 1$

1) Пусть $m = 2$; $n = 1$

$6,3 \le 14y \Rightarrow y \ge 0,45$ моль, не подх.

2) $m = 3$; $n = 1$

$y = 0,225$ не подх. $\Rightarrow$ ~~0,225 моль C_3H_7OH и 0,075 моль~~.

3) $m = 3$; $n = 2$

$y = 0,15$ моль $\Rightarrow$ эквимол. смесь C_3H_7OH и C_2H_5OH; $\omega_{C_3H_7OH} = \frac{60 \cdot 0,15}{60 \cdot 0,15 + 46 \cdot 0,15} = 0,566$

см. стр. 3

черновик 6 лист

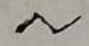
$PhO^- + H_2O \rightleftarrows PhOH + OH^-$

$K = \frac{[PhO][H^+]}{[PhOH]}$

$[H^+] = 10^{-11}$

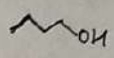
$K =$

H_{10}

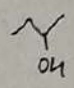


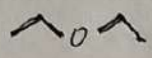
3\. $6x + 8y = 32$

$6x + 8y + z = 42$



$[PhO^-] = \frac{K_b}{[OH^-]^2} = \frac{10^{-4}}{}$





0,65

$= 75,9$

$C_nH_{2n+2}O \rightarrow$

5 $C_4H_{10}O - 2\bar{e} \rightarrow C_4H_8O + 2H^{\oplus}$

2 $MnO_4 + 8H^{\oplus} + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

$15,9 - y(14m + 18) = 93 - y(14n + 18)$

$15,9 - 14my + 18y = 4,2n + 5,4 - 14ny - 18y$

~~14y(n+m)~~

$10,5 = 4,2n - 14ny + 14my - 36y$

$10,5 = n(4,2 - 14y) + y(14m - 36)$ $[PhO^-] =$

$m =$

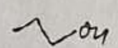
$K_b = \frac{[PhOH][OH^-]}{[PhO^-]} = \frac{[OH^-]^2}{[PhO^-]}$

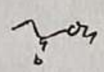
$10,5 = 14y(m - n) + 4,2n - 36y$

6

$y = 3,06$

$PhO^- + H_2O \rightarrow PhOH + OH^-$





3 $C_2H_4 + 2OH^- - 2\bar{e} \rightarrow C_2H_6O$

2 MnO

3 $C_3H_6 + 2OH^- - 2\bar{e} \rightarrow C_3H_8O_2$

2 $MnO_4 + 2H_2O + 3\bar{e} \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$

$K = \frac{[PhO^-][H^+]}{[PhOH]} = 10^{-16}$ $[H^+] = 10^{-11}$

H_2S^{-2} $+6$

1 $S + 4H_2O - 6\bar{e} \rightarrow SO_4 + 8H^+$

6 $NO_3 + 2H^{\oplus} + \bar{e} \rightarrow NO_2 + H_2O$

28

черновик

$CuS + 8HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + SO_2 + 2NO_2 + 4H_2O$

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

1 $S + 4H_2O - 6\bar{e} \rightarrow SO_4^{2-} + 8H^+$

3 $SO_4^{2-} + 2\bar{e} + 4H^+ \rightarrow SO_2 + 2H_2O$

$S + 2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow SO_2 + 4H^+$

4 $NO_3^- + 1\bar{e} + 2H^+ \rightarrow NO_2 + H_2O$

$CuS + 10HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 8NO_2 + H_2SO_4 + 4H_2O$

$Cu(OH)_2 \rightarrow$

$C_2H_5OH \xrightarrow{Cu(OH)_2} C_2H_4O + Cu_2O + 3H_2O$

$SO_2 + 2HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + 2NO_2$

1 $S + 2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow SO_2 + 4H^+$

4 $NO_3^- + 2H^+ + 1\bar{e} \rightarrow NO_2 + H_2O$

129,6 92,8 26,6

6,4 + 23,6 33,9 126,7

34 96,6 31,1

32

0,2 0,1

$2HNO_3 + Na_2CO_3 \cdot 10H_2O \rightarrow CO_2 + H_2O$

0,1

~~$H_2SO_4 + Na_2CO_3 \cdot 10H_2O \rightarrow CO_2$~~

94

31,1

$M_{см} = 28$

$6x + 8y = 32$

$6x + 8y + 2 \leq 42$

$C_4H_{10}O$

286 1) 33,9 Δ

2) 31,1 Δ

1)

24,2

$33,9 = 286x - 44x \cdot 5$

$x = 0,4$

$31,1 = 242x$

$H_2 + CO \rightarrow$

H_2COO

$CO + CO_2$

$CO +$

$+ H_2 + CO \rightarrow$