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

# ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Кожаткин Иван Дмитриевич**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9529556 | 8 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | **100** |
| Осин С.Б. | | | | | | | |

Чистовик

№ 1

Дано
$n(\bar{e}) = 42$
$n(n^0) = 32$
$^{12}C^{16}O^{1}H$

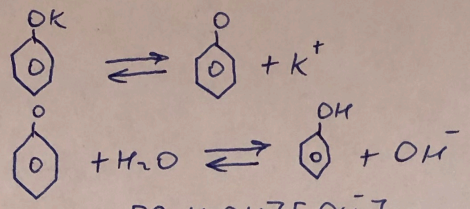
Решение
$n(\bar{e}) = n(p^+) = 42.$
Водород ($^1H$) не имеет ($n^0$)
У $^{12}C$ и $^{16}O$ $n(p^+) = n(n^0)$
$n(n^0_c) + n(n^0_o) = 32 = n(p^+_c) + n(p^+_o)$
$n(^1H) = 42 - 32 = 10.$
~~или~~
$n(p^+_c) + n(p^+_o) = 42 - 10 = 32$
Пусть $n(C) = x$; $n(O) = y$
$6x + 8y = 32$
Путём подстановки находим:
$x = 4$; $y = 1$ => $n(C) = 4$; $n(O) = 1$
$C_4H_{10}O$
Это вещества:
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ (Бутанол-1)
$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$ (Диэтиловый эфир)
Различить можно при помощи реакции с CuO.
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH + CuO \xrightarrow{t} CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H + H_2O + Cu\downarrow$
выпадает осадок
$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3 + CuO \not\rightarrow$ не реагирует.

Чистовик

№2

$K_{дис\ фенола} = 10^{-10}$ $pH = 11$

$C_{фенолята}$ - ?



$$K_{гидр} = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-][H_2O]}$$

$$\frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = K_{гидр} \cdot [H_2O] = K_г$$

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

$$\frac{[C_6H_5OH]K_w}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{K_w}{K_{д\ к-ты}} = K_г$$

$$\frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$\frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = 10^{-4}$$

$$pH = -\log_{10}[H^+] = 11 \Rightarrow [H^+] = 10^{-11}$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$$

$$\frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{X - 10^{-3}} = 10^{-4}$$

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

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

$X = 0{,}011 = [C_6H_5O^-]_{нач} = [C_6H_5OK]$ - с фенолята

Чистовик

№3

Дано

$V = 1\,л = 10^{-3}\,м^3$

$t = 30°C = 303\,K$

$\frac{\nu(B)}{\nu(A)} = \frac{1,86}{1}$

$P = 1\,атм = 101325\,Па$

$M_{ср} = 75,9\,г/моль$

$K_{прям} = 5 \cdot 10^{-3}\,л/моль \cdot мин$

$R = 8,31$

Коэф - ?

Решение

$2A \rightleftarrows B$

$PV = \nu RT$

$\nu = \frac{PV}{RT}$

$\nu = \frac{101325 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 303} = 0,04\,моль$

$m_{смеси} = 0,04 \cdot 75,9 = 3,036\,(г).$

Пусть $\nu(B) - x$; $\nu(A) - y$

Тогда

$$\begin{cases} x + y = 0,04 \\ \frac{x}{y} = 1,86. \end{cases}$$

$x = 0,04 - y$

$\frac{0,04 - y}{y} = 1,86$

$0,04 - y = 1,86y$

$2,86y = 0,04$

$y = 0,04 : 2,86 = 0,014$ – $\nu(A)$ равновес.

$x = 0,04 - 0,014 = 0,026$ – $\nu(B)$ равновес.

$\nu(A)_{нач} = 0,014 + 0,026 \cdot 2 = 0,066\,моль.$

т.к. реактор замкнут => $m = const$

Тогда.

$m(A)_{нач} = m_{смеси} = 3,036\,(г).$

$M(A) = 3,036 : 0,066 = 46\,г/моль.$ – $NO_2$

$m(A)_{равновес} = 0,014 \cdot 46 = 0,644\,(г).$

$m(B)_{равновес} = 3,036 - 0,644 = 2,392\,(г).$

$M(B) = 2,392 : 0,026 = 92\,г/моль$ – $N_2O_4$

Таким, $M(B) = 2M(A)$ т.к. идёт реакция димеризации.

A – $NO_2$; B – $N_2O_4$ $\quad 2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$

$v_{прямой\ р-ии} = K_{пр} \cdot [A]^2$

$v_{обр\ р-ии} = K_{обр} \cdot [B]$

При равновесии $v_{прям} = v_{обр}$.

~~Черновик~~ Чистовик

№3 (продолжение)

При равновесии $v_{прям} = v_{обр}$

$K_{пр} \cdot [A]^2 = K_{обр} [B]$

$[A] = 0{,}014 : 1 = 0{,}014$ моль/л

$[B] = 0{,}026 : 1 = 0{,}026$ моль/л

$5 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}014^2 = K_{обр} \cdot 0{,}026.$

$K_{обр} \cdot 0{,}026 = 9{,}8 \cdot 10^{-7}$

$K_{обр} = 3{,}769 \cdot 10^{-5}$ л/(моль·мин)

Чистовик ~~Черновик~~

№ 4

Дано

$m_{смеси} = 15,9$ г

$t = 180°C = 453°K$

$V_{газов} = 11,15 л = 11,15 \cdot 10^{-3} м^3$

$[KMnO_4]_{р-ра} = 0,4 М$

$P = 1$ атм $= 101325$ Па

$V(KMnO_4)_{р-р}$

Решение

Пусть в-ва A и B

$A \xrightarrow{t, H_2SO_4(к)} A_2 + H_2O$

$B \xrightarrow{t, H_2SO_4} B_2 + H_2O$

$PV = \nu RT$

$\nu_{газов} = \frac{PV}{RT}$

$\nu_{газов} = \frac{101325 \cdot 11,15 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 453} = 0,3$ моль.

$M_{смеси(ср)} = 15,9 : 0,3 = 53$

$\nu(H_2O) = \nu(газов) = 0,3$ моль (т.к. дегидратац. спирт-в. первич. одноат.)

$m(H_2O) = 0,3 \cdot 18 = 5,4$ (г).

$m(A_2 + B_2) = 15,9 - 5,4 = 10,5$ (г).

$M_{ср}(A_2 + B_2) = 10,5 : 0,3 = 35$ г/моль.

Пусть $A_2$ имеет меньшую M, чем $B_2$

$M(A_2) < 35 < M(B_2)$

общ. формула алкенов - $C_nH_{2n}$

$M(C_nH_{2n}) < 35 < M(C_mH_{2m})$

$12n + 2n < 35 < 12m + 2m$

$14n < 35 < 14m$

$n < 2,5 < m$

Для n подходит метанол ($CH_3-OH$) и этанол ($CH_3-CH_2-OH$)

Однако метанол не вступает в реакции внутримол. дегидратац. => A - этанол

B - может быть новым спиртом с числом „C" > 2,5

Пусть B - пропанол-1 ($CH_3-CH_2-CH_2-OH$)

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

~~OH~~

$C_nH_{2n+2}O$.

$CH_3-CH=CH_2$

$C_nH_{2n}$

$$\begin{cases} X_1 \cdot 46 + X_2 \cdot 60 = 53 \\ X_1 + X_2 = 1 \end{cases}$$

$X_1 = 1 - X_2$

$46 - 46X_2 + 60X_2 = 53$

$14X_2 = 53 - 46 =$ $14X_2 = 7$ $X_1 = 0,5$

$X_2 = 0,5$

Чистовик

№4 (продолжение)

$\nu(C_2H_5OH) = 0,3 : 2 = 0,15$ моль

$\nu(C_3H_7OH) = 0,3 : 2 = 0,15$ моль

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

$m(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9$ (г)

$\omega(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} = 0,434 = 43,4\%$

$\omega(C_3H_7OH) = \frac{9}{15,9} = 0,566 = 56,6\%$

$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{t\ H_2SO_{4(к)}} CH_2=CH_2 + H_2O$

$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_{4(к)}} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$

$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{t \approx 0°C} 3\underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH$

$3CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{t \approx 0°C} 3CH_3-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH.$

~~$\nu(C_2H_5OH) =$~~

$\nu(KMnO_4) = \frac{0,15}{3} \cdot 2 + \frac{0,15}{3} \cdot 2 = 0,2$ моль.

$V(KMnO_4)_{р-р} = 0,2 : 0,4 = 0,5$ л.

Чистовик

№5

Дано

$m(CuS) = 9,6$ г

$m(HNO_3)_{р-р} = 120$ г

$\omega(HNO_3) = 0,63$

$m(H_2SO_4)_{р-р} = 142,7$ г

$\omega(H_2SO_4) = 0,98$

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$ - ?

Решение

I $CuS + 4H_2SO_{4(конц)} \xrightarrow{t} CuSO_4 + 4SO_2 + 4H_2O$

II $CuS + 8HNO_{3(конц)} \xrightarrow{t} CuSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

$\nu(CuS) = 9,6 : (32+64) = 0,1$ моль.

$m(HNO_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6$ г

$m(H_2SO_4) = 142,7 \cdot 0,98 = 139,846$ г.

$\nu(HNO_3) = 75,6 : (14+1+16 \cdot 3) = 1,2$ моль.

$\nu(H_2SO_4) = 139,846 : (2+32+16 \cdot 4) = 1,427$ моль.

$\nu(SO_2) = 4 \cdot 0,1 = 0,4$ моль.

$m(SO_2) = 0,4 \cdot (32+16 \cdot 2) = 25,6$ г.

$\nu(NO_2) = 0,1 \cdot 8 = 0,8$ моль.

$m(NO_2) = 0,8 \cdot (14+16 \cdot 2) = 36,8$ г.

$m(I) = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7$ г

$m(II) = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8$ г

$126,7 - 92,8 = 33,9$ г - масса сосуда с $H_2SO_4$ больше.

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ нужно ~~добавить~~ во II стакан (с $HNO_3$)

$$\omega(Na_2CO_3)_{крист} = \frac{23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3}{23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 + 10 \cdot 18} = 0,37.$$

$\omega(10H_2O)_{крист} = 1 - 0,37 = 0,63.$

Пусть ~~добавили~~ 1 моль $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

Тогда:

$Na_2CO_3 + 2HNO_3 \longrightarrow 2NaNO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$

$\nu(Na_2CO_3) = 1$ моль.

$\nu(CO_2) = 1$ моль.

$m(CO_2) = 44$ г.

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 1 \cdot (286) = 286$ г

~~$\frac{286}{44} = 6,5$~~

$\Delta m(II) = 286 - 44 = 242$ г - увелич т р-ра.

$$\frac{242}{286} = 0,846 - \frac{\text{увелич. т. р-ра}}{\text{т кристаллогид.}}$$

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)_{II} = 33,9 : 0,846 = \underline{40,07 (г)}$.

Чистовик

№6

**Дано**

$D_{(O_2)}(В+Г) = 0{,}875$

**Решение**

1. $А \xrightarrow{t, H_2SO_4} В + H_2O$
2. $Б \xrightarrow{t, H_2SO_4} Г + H_2O$
3. $В + Г + H_2 \xrightarrow{t, k} Д$
4. $Д + А/Б$ (кат. не яв. кис) $\longrightarrow Е$
5. $Д + Cu(OH)_2 \longrightarrow$ осадок.

$M_{ср} = 0{,}875 \cdot 32 = 28$ (г/моль).

3 реакция - это реакция гидроформилирования с образованием альдегида Д, который взаимод с $Cu(OH)_2$ с образованием осадка $Cu_2O$. При этом один из газов - это CO, а второй газ - алкен, так как образуется только один альдегид, это - этен, т.к. алкены с большим числом C даёт смесь изомеров. Тогда:

А - $HC(=O)-OH$; В - CO; Б - $CH_3-CH_2-OH$; Г - $CH_2=CH_2$

Д - $CH_3-CH_2-C(=O)-OH$, Е - $CH_3-CH_2-C(O-CH_2-CH_3)_2$

1. $HC(=O)-OH \xrightarrow{t, H_2SO_4} CO + H_2O$
2. $CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{t, H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$
3. $CH_2=CH_2 + CO + H_2 \xrightarrow{t, P, Co} CH_3-CH_2-C(=O)-H$
4. $CH_3-CH_2-C(=O)-H + 2CH_3-CH_2-OH \longrightarrow CH_3-CH_2-C(O-CH_2-CH_3)_2 + H_2O$
5. $CH_3-CH_2-C(=O)-H + 2Cu(OH)_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-C(=O)-OH + Cu_2O + 2H_2O$

$\nu(Cu(OH)_2) = 21{,}6 : (64 \cdot 2 + 16) = 0{,}15$ (моль).

$m(C_3H_6O) = 0{,}15 \cdot (12 \cdot 3 + 6 + 16) = 8{,}7$ (г)

Черновик

№1

**Дано**

$n(\bar{e}) = 42$

$n(n) = 32$

$^{12}C\ ^{16}O\ ^{1}H$

**Решение**

$n(\bar{e}) = n(p^+) = 42.$

Водород не имеет (n)

У $^{12}C$ и $^{16}O$ $n(p^+) = n(n)$

Тогда:

$n(n)\ C+O = 32$

$n(H) = 42 - 32 = 10$

$42 - 10 = 32.$

Пусть $n(C) = x$; $n(O) = y$

$6x + 8y = 32$

$x + y = 14$ $\quad y = 14 - x$

$x = 14 - y$ $\quad 6x + 112 - 8x = 32$

$84 - 6y + 8y = 32$ $\quad -2x = -80$

$84 + 2y = 32.$ $\quad x = 40.$

$x = 4;\ y = 1.$ $\Rightarrow n(C) = 4;\ n(O) = 1$

$C_4H_{10}O$

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

~~$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH + HBr \xrightarrow{t} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-Br + H_2O.$~~

Реакция радикал - ?

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH + CuO \xrightarrow{t} CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H + Cu\downarrow + H_2O$

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3 + CuO \not\rightarrow$

9

Черновик

№4 (продолжение)

$\nu(C_2H_5OH) = 0,3 : 2 = 0,15$ моль

$\nu(C_3H_7OH) = 0,3 : 2 = 0,15$ моль.

$m(C_2H_5OH) = 0,15 \cdot 46 = 6,9$ г

$m(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9$ г

$\omega(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} = 0,434 = 43,4\%$

$\omega(C_3H_7OH) = \frac{9}{15,9} = 0,566 = 56,6\%$

~~$C_2H_5OH$~~

$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4(к)} CH_2=CH_2 + H_2O$

$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4(к)} CH_3-CH=CH_2 + H_2O.$

$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{t \approx 0°C} 3CH_2(OH)-CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$ 12-0

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

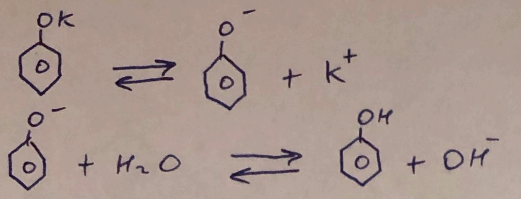
| | | | |
|---|---|---|---|
| $2C^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow 2C^{-}$ | 2 | НОК | 1 |
| $Mn^{+7} + 2\bar{e} \rightarrow Mn^{+4}$ | 2 | 2 | 1 |

$C = \frac{D}{V}$

Черновик

№ 2

$K_{дис} = 10^{-10}$ $\quad PH = 11$



$$K_{рав} = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-][H_2O]}$$

$$\frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = K_{рав} \cdot [H_2O] = K_h$$

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

$$\frac{[C_6H_5OH]\,K_w}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{K_w}{K_{дк-ты}} = K_h.$$

$$\frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$\frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = 10^{-4}$$

$$PH = -\log_{10}[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-11}.$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$$

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

$$10^{-6} = 10^{-4}x - 10^{-7} \qquad 10^{-4}x = 1{,}1 \cdot 10^{-6}$$

$$x = 0{,}011 = [C_6H_5O^-]_{нач} = [C_6H_5OK].$$

Черновик

№5

~~Решение~~

$CuS + 6HNO_{3(конц)} \longrightarrow CuSO_4 + 4NO_2 + 3H_2O$

$CuS + 4HNO_{3(конц)} \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2SO_4$

$S^{-2} - 8\bar{e} \longrightarrow S^{+6}$ | 8 | НОК | 1

$N^{+6} + 2\bar{e} \longrightarrow N^{+4}$ | 2 | 8 | 4

$CuS + 8HNO_{3(конц)} \longrightarrow CuSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

$CuS + 4H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 4SO_2 + 4H_2O.$