МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Афонькина Мария Владимировна**

Класс: **11**

Технический балл: **88**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9218212	8	10	16	20	20	14	88	**Задача 2:** "Расчет" неверный (**минус 6 баллов**)	**Задача 6:** Правильно найдена мол. масса смеси газов и записаны уравнения получения CO и C2H4. В-во Д определено неверно, неверная р-ция и расчет (**минус 6 баллов**)

Каргов С.И.

Чистовик

I

1. $42\bar{e}$ $32n^0$

$C_xH_yO_z$ $y = 42 - 32 = 10$

$32 = 6x + 8y$

$x = 4$

$y = 1$

$C_4H_{10}O$

спирт

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

простой эфир

$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$

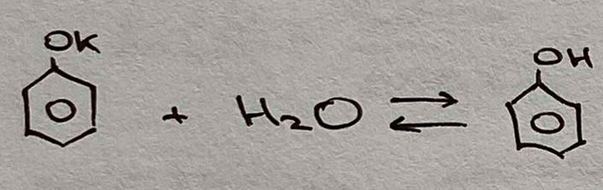
$$CH_3(CH_2)_2CH_2OH + \underset{\text{черн.}}{CuO} \xrightarrow{t^\circ} CH_3(CH_2)_2C(=O)-H + \underset{\text{розов.}}{Cu\downarrow} + H_2O$$

$$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3 + CuO \not\rightarrow$$

2. $pH = 11$

$K_D = 10^{-10}$

$c - ?$



$pH = 11 = [H^+] \rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-11}$ моль/л.

$$K_r = \frac{K_w}{K_D} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

	$PhOK + H_2O \rightleftarrows PhOH + KOH$		
было	c		
израсх.	10^{-11}		
стало	$c - 10^{-11}$	10^{-11}	10^{-11}

$$K_r = \frac{[PhOH][KOH]}{[PhOK]} = \frac{10^{-11} \cdot 10^{-11}}{c - 10^{-11}} = 10^{-4}$$

$$10^{-4}(c - 10^{-11}) = 10^{-22}$$

$$10^{-4}c - 10^{-15} = 10^{-22}$$

$$c = \frac{10^{-22} + 10^{-15}}{10^{-4}} \approx 10^{-11} \text{ моль/л}$$

Ответ: $c(PhOK) \approx 10^{-11}$ моль/л.

Чистовик

II

③ $2A \rightleftarrows B$

$V = 1л$

$T = 30°C = 303K$

$p = 1атм = 101,325 кПа$

$\nu(B) : \nu(A) = 1,86 : 1$

$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$

$\nu(A,B) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,04$ моль

$\nu(A) = \frac{\nu(A,B)}{2,86} = \frac{0,04}{2,86} = 0,014$ моль

$\nu(B) = 0,026$ моль

$M_{ср} = \frac{\nu(A) \cdot M(A) + \nu(B) \cdot M(B)}{\nu(A,B)} = 75,9$ г/моль

$$\begin{cases} 0,014\, M(A) + 0,026\, M(B) = 75,9 \cdot 0,04 = 3,036 \\ M(B) = 2M(A) \end{cases}$$ (т.к. реакция димеризации)

$\Updownarrow$

$0,066\, M(A) = 3,036$

$\Updownarrow$

$M(A) = \frac{3,036}{0,066} = 46$ г/моль

газ с молярной массой 46 г/моль - NO_2 (A),

значит B - N_2O_4.

$2NO_2 \xrightleftharpoons{\text{охлажд.}} N_2O_4$

$K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{k_1}{k_{-1}}$

$[N_2O_4] = \frac{0,026}{1} = 0,026$ моль/л.

$[NO_2] = \frac{0,014}{1} = 0,014$ моль/л.

$k_1 = 5 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин}$

$k_{-1} = \frac{k_1 \cdot [NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,014^2}{0,026} = 376,92 \cdot 10^{-7} = 3,77 \cdot 10^{-5} \frac{л}{моль \cdot мин}$

Ответ: A - NO_2; B - N_2O_4; $k_{-1} = 3,77 \cdot 10^{-5} \frac{л}{моль \cdot мин}$

Чистовик

(4.)

III

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

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

$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$

$p = 101{,}325$ кПа

$V = 11{,}15$ л

$T = 180°C = 453K$

$\nu(C_nH_{2n}, C_mH_{2m}) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101{,}325 \cdot 11{,}15}{8{,}314 \cdot 453} = 0{,}3$ моль.

$\nu(C_nH_{2n+2}O, C_mH_{2m+2}O) = \nu(C_nH_{2n}, C_mH_{2m}) = 0{,}3$ моль

$m(C_nH_{2n+2}O, C_mH_{2m+2}O) = 15{,}9$ г

$M_{ср.}(C_nH_{2n+2}O, C_mH_{2m+2}O) = \frac{15{,}9}{0{,}3} = 53$ г/моль

$\Downarrow$

$M(C_nH_{2n+2}O) < 53$ г/моль $< M(C_mH_{2m+2}O)$

$M(C_2H_6O) = 46$ г/моль < 53 г/моль

$n = 2$, 1 из спиртов - CH_3CH_2OH

пусть $\nu(C_mH_{2m+2}O)$ - x моль, тогда

$m(C_2H_6O, C_mH_{2m+2}O) = M(C_2H_6O) \cdot \nu(C_2H_6O) + M(C_mH_{2m+2}O) \cdot \nu(C_mH_{2m+2}O)$

$\nu(C_2H_6O) = \nu(C_2H_6O, C_mH_{2m+2}O) - \nu(C_mH_{2m+2}O) = 0{,}3 - x$

$15{,}9 = x(14m + 18) + 46(0{,}3 - x)$

$\Updownarrow$

$14mx - 28x = 2{,}1$

$\Updownarrow$

$2mx - 4x = 0{,}3$

$\Updownarrow$

$x(2m - 4) = 0{,}3$

$\Updownarrow$

$x = \frac{0{,}3}{2m - 4}$

$m \geq 3$	x
3	0,15
4	0,075
5	0,05
6	0,0375

при $m = 3$ $x = 0{,}15$ - подходит, т.к. $m \geq 3$ и $x < 0{,}3$

тогда 2ой спирт - C_3H_8O ($CH_3CH_2CH_2OH$),

$\nu(C_3H_8O) = 0{,}15$ моль

$\nu(C_2H_6O) = 0{,}3 - 0{,}15 = 0{,}15$ моль

Чистовик

IV

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$$

$$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} CH_3CH=CH_2 + H_2O.$$

$$\omega(C_2H_6O) = \frac{46 \cdot 0,15}{15,9} = 0,434 \ (43,4\ \%)$$

$$\omega(C_3H_8O) = \frac{60 \cdot 0,15}{15,9} = 0,566 \ (56,6\ \%).$$

$$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0°} 3\overset{OH}{CH_2}-\overset{OH}{CH_2} + 2KOH + 2MnO_2\downarrow$$

$$3CH_3CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0°} 3CH_3\overset{OH}{CH}-\overset{OH}{CH_2} + 2KOH + 2MnO_2\downarrow$$

$$\nu(KMnO_4) = \frac{2}{3}\nu(C_2H_4; C_3H_6) = \frac{2}{3} \cdot 0,3 = 0,2 \text{ моль}$$

$$V_{р\text{-}ра}(KMnO_4) = \frac{\nu(KMnO_4)}{C(KMnO_4)} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 л.$$

Ответ: $\omega(C_2H_6O) = 0,434$ (43,4%); $\omega(C_3H_8O) = 0,566$ (56,6%);
$V_{р\text{-}ра}(KMnO_4) = 0,5 л$.

5

$$\overset{+2}{Cu}\overset{-2}{S} + 8H\overset{+5}{N}O_3 \text{ (конц.)} \xrightarrow{t°} Cu\overset{+6}{S}O_4 + 8\overset{+4}{N}O_2\uparrow + 4H_2O \quad (1)$$

$$S^{-2} - 8\bar{e} \rightarrow S^{+6} \quad | \times 1$$
$$N^{+5} + 1\bar{e} \rightarrow N^{+4} \quad | \times 8$$

$$Cu\overset{-2}{S} + 4H_2\overset{+6}{S}O_4 \text{ (конц.)} \xrightarrow{t°} Cu\overset{+6}{S}O_4 + 4\overset{+4}{S}O_2\uparrow + 4H_2O \quad (2)$$

$$S^{-2} - 6\bar{e} \rightarrow S^{+4} \quad | \times 1$$
$$S^{+6} + 2\bar{e} \rightarrow S^{+4} \quad | \times 3$$

$$\nu(CuS)_1 = \nu(CuS)_2 = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}.$$

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

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

$\nu(NO_2) = 8\nu(CuS) = 0,8$ моль ; $m(NO_2) = 36,8$ г.

$\nu(SO_2) = 4\nu(CuS) = 0,4$ моль. ; $m(SO_2) = 25,6$ г.

Чистовик

V

m_1 (1 стакан) $= m(CuS)_1 + m_{р\text{-}ра}(HNO_3) - m(NO_2) = 9{,}6 + 120 - 0{,}8 \cdot 46 =$

$= 9{,}6 + 120 - 36{,}8 = 92{,}8$ г.

m_2 (2 стакан) $= m(CuS)_2 + m_{р\text{-}ра}(H_2SO_4) - m(SO_2) = 9{,}6 + 142{,}7 - 64 \cdot 0{,}4 =$

$= 9{,}6 + 142{,}7 - 25{,}6 = 126{,}7$ г

$\Delta m = m_2 - m_1 = 33{,}9$ г

$Na_2\overset{x}{CO_3} + 2HNO_3 \longrightarrow 2NaNO_3 + \overset{x}{CO_2}\uparrow + H_2O$.

$Na_2\overset{x}{CO_3} + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + \overset{x}{CO_2}\uparrow + H_2O$.

пусть $\nu(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \nu(Na_2CO_3) = x$ моль, тогда

$\Delta m = m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) - m(CO_2)$

$33{,}9 = (106 + 10 \cdot 18)x - 44x$

$\Updownarrow$

$33{,}9 = 242x$

$\Updownarrow$

$x = 0{,}14$

$\nu(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0{,}14$ моль

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

Ответ: $\Delta m = 33{,}9$ г; поместить 40,04 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в 1 стакан.

6.

$A \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4(к.)} B$

$Б \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4(к.)} Г$

$D_{H_2}(B,Г) = 0{,}875$

$\Downarrow$

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

предположим, что $M(B) = M(Г) = M_{ср}(B,Г) = 28$ г/моль.

тогда B и Г – C_2H_4 и CO, A и Б – CH_3CH_2OH и HCOOH.

$CH_3CH_2OH \xrightarrow[t^\circ > 160^\circ]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$.

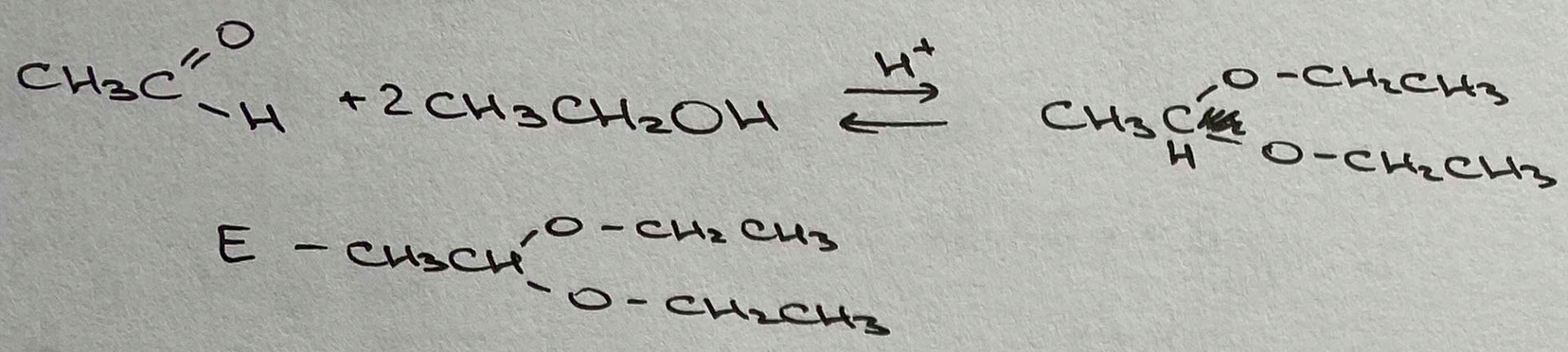
$HCOOH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4} H_2O + CO$.

$CH_2=CH_2 + 2CO + 2H_2 \xrightarrow[t^\circ, p]{кат.} 2CH_3C(=O)H$

соединение Д – $CH_3C(=O)H$.

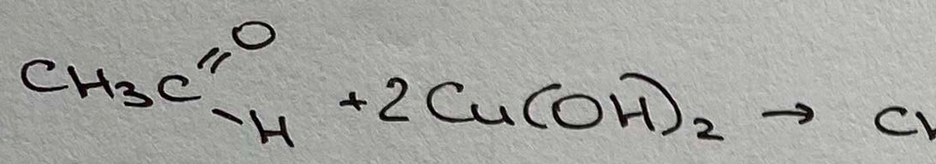
Чистовик

VI



$$CH_3C(=O)H + 2CH_3CH_2OH \xrightleftharpoons{H^+} CH_3CH(O-CH_2CH_3)_2 + H_2O.$$

E – $CH_3CH(O-CH_2CH_3)_2$



$$CH_3C(=O)H + 2Cu(OH)_2 \rightarrow CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O.$$

$m(Cu_2O) = 21,6$ г.

$$\nu(C_2H_4O) = \nu(Cu_2O) = \frac{m(Cu_2O)}{M(Cu_2O)} = \frac{21,6}{144} = 0,15 \text{ моль}.$$

$m(C_2H_4O) = 0,15 \cdot 44 = 6,6$ г.

Черновик

$CH_3C^{O}_{H} + 2Cu(OH)_2 \rightarrow CH_3COOH + Cu_2O + 2H_2O$

42ē 32n°

32ē

$C_4H_{10}O$
6 8

$32 = 6x + 8y$

$x = 4$

$y = 1$

$32 = 6 \cdot 4 + 8 = 24 + 8$

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

$$\frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}014^2}{0{,}026} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}96 \cdot 10^{-4}}{0{,}026} = 376{,}92 \cdot 10^{-7}$$

$CH_2=CH_2 + CO + H_2 \rightarrow CH_3C^{O}_{H} +$

$C_2H_4 + 2CO + 2H_2 \rightarrow C_2H_4O + C_2H_4O$

C_2H_6O

CH_3CH_2OH

VII

$15{,}9 = x(14m + 18) + 46(0{,}3 - x)$

$15{,}9 = 14mx + 18x + 13{,}8 - 46x$

$14mx - 28x = 2{,}1$

C_3H_8O

0,4 моль

286

$(106 + 180)x - 44x = 33{,}9$

0,2 моль

$D_{H_2}(b,2) = 0{,}875$

$D_{(b,2)}H_2$