МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Саньков Алексей Вячеславович**

Класс: **10**

Технический балл: **91**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Проверяющий	Кабанова Е.Г.
Шифр работы	9657926
1 задание	Все верно **8 б**
2 задание	Все верно **16 б (нет в чистовике, черновик №3)**
3 задание	Все верно **20 б**
4 задание	Все верно **20 б**
5 задание	Все верно **20 б**
6 задание	Определены вещества А, Б, В и Г, написаны реакции, рассчитано количество оксида меди (I), вещества Д и Е не определены **11 б**
Всего	**91**

Задание 3 Черновик 4

$$\nu_{смеси} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \times 1}{8,314 \times 303} = 0,04 \text{ моль}$$

$$M_{ср} = \frac{\nu_A M_A + \nu_B M_B}{\nu_A + \nu_B}$$

Т.к. $\frac{\nu_A}{\nu_B} = \frac{1}{1,86}$, ~~$\nu_A = 0,014$~~ $\nu_{смеси} = 0,04$ моль, то $\nu_A = 0,014$ моль, а $\nu_B = 0,026$ моль

$$M_B = 2M_A, \quad 75 \text{ g} = \frac{0,014 M_A + 0,052 M_A}{0,04};$$

$M_A = 46$ г/моль – это NO_2

$$2NO_2 \leftrightarrow N_2O_4$$

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{0,026}{(0,014)^2} = \frac{0,026}{0,000196} = 132,65$$

$$k_2 = \frac{k_1}{K} = \frac{0,005}{132,65} = 3,77 \times 10^{-5}$$

Задание 1 Чистовик 1

1) Так как в молекуле вещества 42 электрона, а вещество примем за $C_xH_yO_z$, то $6x+y+8z=42$

2) Так как в молекуле вещества 32 нейтрона, то $6x+8z=32$, откуда $y=10$

3) Методом подбора вычислим $6x+8z$: $x=4$, $z=1$

Вещество – $C_4H_{10}O$

4) Так как вещество принадлежит разным классам, то это спирт и простой эфир

бутанол-1

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

бутанол-2

$CH_3-CH(OH)-CH_2CH_3$

2метилпропанол-1

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-OH$

2метилпропанол-2

$CH_3-C(CH_3)(OH)-CH_3$

метилпропиловый эфир

$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$

диэтиловый эфир

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

5) Качественные реакции на одноатомные спирты:

одноатомный спирт $(C_4H_9-O-H)+CuO \xrightarrow{t^\circ}$ альдегид $+Cu\downarrow+H_2O$

2 одноатомных спиртов $(C_4H_9-O-H)+2Na \longrightarrow 2C_4H_9O-Na+H_2\uparrow$

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

Черновик

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

$\nu(KMnO_4) = 0,2$ моль

$$V(KMnO_4) = \frac{\nu(KMnO_4)}{C(KMnO_4)} = \frac{0,2\ моль}{0,4} = 0,5\ (л) = 500\ (мл)$$

Задание 5

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

$$\nu(HNO_3) = \frac{m_{р-ра}}{M} = \frac{120 \times 0,63}{63} = 1,2\ моль$$

$$\nu(H_2SO_4) = \frac{142 \times 0,98}{98} =$$

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

$$m_1 = 9,6 + 120 - 8 \times 0,1 \times 46 = 92,8\ (г)$$

$$m_2 = 9,6 + 142,7 - 4 \times 64 \times 0,1 = 126,7\ (г)$$

$$\Delta m = 33,9\ (г)$$

Надо добавл. в I стакан кристаллогидрат карбоната натрия

$$\nu_{ост}(HNO_3) = 1,2 - 0,1 \times 10 = 0,2\ (моль)$$

$$\nu(H_2SO_4) = \nu(HNO_3) - \nu(HNO_3)_{ост} = 0,1\ моль$$

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + \overset{0,1\ моль}{CO_2}\uparrow + H_2O$$

~~Чистовик~~ Черновик № 6

Задание!

- т.к. в молекуле вещества 42 электрона, а вещество примем за $C_xH_yO_z$, то $6x+y+8z=42$
- т.к. в молекуле вещества 32 нейтрона, то $6x+8z=32$, откуда $y=10$.
- Методом тыка вычисляем $6x+8z=32$, $x=4$, $z=1$

Вещество $C_4H_{10}O$

- Так как вещество принадлежат разным классам, то это спирт и простой эфир

бутанол – 1

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

бутанол

$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$

2 метилпропанол-1

~~2 метилпропанол-1~~

~~2 метилпропанол-2~~

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-OH$

2 метилпропанол-2

$CH_3-C(CH_3)(OH)-CH_3$

метилпропиловый эфир

$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$

диэтиловый эфир

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

Качественная реакция на одноатомный спирт:

одноатомный спирт $+ CuO \xrightarrow{t^\circ}$ альдегид $+ Cu\downarrow + H_2O$

2 одноатомный спирт $(C_4H_9OH) + 2Na \longrightarrow 2\,C_4H_9ONa + H_2\uparrow$

Черновик № 5

Задание 6

$D_{(O_2)} \times M(O_2) = 0{,}875 \times 32 = 28$ г/моль

$M_{ф(вуг)} =$

Одно из вв А и Б — кислота, т.к. после его реакций с конц. серной кислотой выд. газ, то это:

$HCOOH \xrightarrow[t^o]{H_2SO_4(к)} CO + H_2O$

$M(CO) = 28$ г/моль, значит ф. газ тоже

$M = 28$ г/моль, тогда это $CH_2=CH_2$

$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[t>140^o C]{H_2SO_4(к)} CH_2=CH_2 + H_2O$

Осадок после реакции св. гидроксидом меди

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

Значит D — может быть альдегидом

$CH_2=CH_2 + CO + H_2 \xrightarrow[t, p]{CuO} CH_3-CH_2-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix}$

0,15 моль

$CH_3-CH_2-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CH_3-CH_2-COOH + Cu_2O\uparrow + H_2O$

0,15 моль

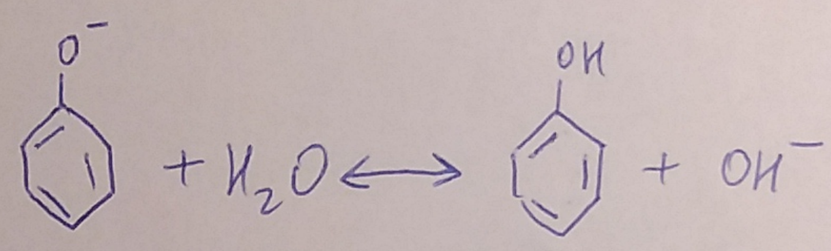
$CH_3-CH_2-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix} + 2CH_3CH_2OH \xrightarrow{H^+} CH_3CH_2C(OCH_2CH_3)_2H$ ацеталь

$m(D) = 0{,}15 \times 58 = 8{,}7$ г

~~Чистовик~~ 2

Черновик 3

Задание 2



$$[OH^-] = 10^{-(14-pH)} = 10^{-3} = 0{,}001 \ \frac{моль}{л}$$

Константа равновесия гидролиза равна:

$$K_{гидролиз} = \frac{[C_6H_5O^-] \times [OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{[OH^-]^2}{C - [OH^-]}$$, где C – исходная концентрация

Константу гидролиза можно найти через константу диссоциации и ионное произведение воды

$$K_{гидролиза} = \frac{K_w}{K_{дис}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$C = \frac{[OH^-]^2}{K_{гидролиза} + [OH^-]} = \frac{(10^{-3})^2}{10^{-4} + 10^{-3}} = 0{,}01 + 0{,}0001 =$$

$$= 0{,}0101 = 1{,}01 \times 10^{-2}$$

Черновик № 2

Задание 4

1) $\nu_{\text{смеси после реакции}} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \times 11,15}{8,314 \times 453} = 0,3$ моль

$\nu_{\text{смеси исх}} = 0,3$ моль

$M_{ср} = \frac{m_{\text{исх смеси}}}{\nu_{\text{исх смеси}}} = \frac{15,9г}{0,3 моль} = 53$ г/моль

т.е. это смесь двух насыщенных непр. одноат. спиртов,

то это скорее всего этанола и пропанола

Проверим:

2) $46x + 60y = 15,9$

$x + y = 0,3$

$46 \times 0,3 - y + 60y = 15,9$

$13,8 - 46y + 60y = 15,9$

$14y = 2,1$

$y = 0,15$, откуда

$x = 0,15$

3) $CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[t=180°C]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$

$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[t=180°C]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$

$\omega(CH_3CH_2OH) = \frac{0,15 \times 46}{15,9} = \frac{\nu(CH_3CH_2OH) \times M}{m_{смеси}} = 0,434$ или $43,4\%$

$\omega(CH_3-CH_2CH_2OH) = 56,6\% = 100 - 43,4$

1. Черновик 1

C	6		
H	1	10	
O	8		

A	6	
	6	
	0	
	8	

6	6	6
1	0	0
8		

Σ 42 $\bar{e}$ 32 n

$+ 6+6+6+6+8 = 32$

$- 6+6+6+8+8 = 34$

$- 6+6+8+8+8 = 36$

$- 6+8+8+8+8 = 38$

$C_4H_{10}O$

$C_4H_{10}O$

1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

2) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-OH$

Чистовик 6

Задание 6

1) $M_{ср} = D_{(O_2)} \times M(O_2) = 0{,}875 \times 32 = 28$ г/моль

Одно из веществ А и Б - кислота, т.к. после его реакции с концентрированной серной кислотой выделился газ, то это:

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

$M(CO) = 28$ г/моль, значит другой газ тоже $M = 28$ г/моль, тогда это $CH_2=CH_2$

2) $$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[t>140^\circ C]{H_2SO_{4(к)}} CH_2=CH_2 + H_2O$$

Осадок после реакции со свежим гидроксидом меда Cu_2O

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

Значит Ф - может быть гидроксидом меда

$$CH_2=CH_2 + CO + H_2 \xrightarrow[t, p]{C_o}$$

Чистовик 5

$\nu(KMnO_4) = 0{,}2$ моль

$\nu(KMnO_4) = \frac{\nu(KMnO_4)}{C(KMnO_4)} = \frac{0{,}12 \text{ моль}}{0{,}4} = 0{,}5$ л $= 500$ мл

Ответ: $w(CH_3CH_2OH) = 43{,}4\%$

$w(CH_3CH_2CH_2OH) = 56{,}6\%$

$V(KMnO_4) = 500$ мл

Задание 5

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

$\nu(HNO_3) = \frac{m_{р-ра}(HNO_3) \times w(HNO_3)}{M(HNO_3)} = \frac{120 \times 0{,}63}{63} = 1{,}2$ (моль)

$\nu(H_2SO_4) = \frac{m_{р-ра}(H_2SO_4) \times w(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{142{,}7 \times 0{,}98}{98} = 1{,}427$ (моль)

$$\overset{0{,}1\text{ моль}}{CuS} + \overset{1{,}2\text{ моль}}{10HNO_3}{}_{(конц)} \rightarrow \overset{0{,}1\text{ моль}}{Cu(NO_3)_2} + \overset{0{,}1\text{ моль}}{H_2SO_4} + 8NO_2\uparrow + 4H_2O$$

$$\overset{0{,}1\text{ моль}}{CuS} + \overset{1{,}427\text{ моль}}{4H_2SO_4}{}_{(конц)} \rightarrow CuSO_4 + \overset{0{,}1\text{ моль}}{4SO_2}\uparrow + 4H_2O$$

2) $m_1 = 9{,}6 + 120 - 8 \times 0{,}1 \times 46 = 92{,}8$ (г)

$m_2 = 9{,}6 + 142{,}7 - 4 \times 64 \times 0{,}1 = 126{,}7$ (г)

$\Delta m = 33{,}9$ г

Надо добавить в 1 стакан кристаллогидрата карбоната натрия

3) $\nu_{ост}(HNO_3) = 1{,}2 - 0{,}1 \times 10 = 0{,}2$ (моль)

$\nu(H_2SO_4) = 0{,}1$ моль

$$Na_2CO_3 + \overset{0{,}1\text{ моль}}{H_2SO_4} \rightarrow Na_2SO_4 + \overset{0{,}1\text{ моль}}{CO_2}\uparrow + H_2O$$

$$Na_2CO_3 + \overset{0{,}2\text{ моль}}{2KNO_3} \rightarrow 2NaNO_3 + CO_2\uparrow + K_2O$$

Видно, что на каждый моль из 286 г остается только 242 грамма

$\nu(Na_2CO_3 \times 10H_2O) = \frac{33{,}9}{242} = 0{,}14$ (моль)

$m(Na_2CO_3 \times 10H_2O) = 0{,}14$ моль $\times 286$ г/моль $= 40$ г соли

Ответ: в 1 стакан 40 г соли кристаллогидрата натрия

Чистовик 4

Задание 4

1) $\nu_{\text{после реакции смеси}} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \times 11,15}{8,314 \times 453} = 0,3$ (моль)

$\nu_{\text{исх смеси}} = 0,3$ моль

$M_{ср} = \frac{m_{\text{исх смеси}}}{\nu_{\text{исх смеси}}} = \frac{15,9\text{ г}}{0,3\text{ моль}} = 53$ г/моль

Так как смесь двух насыщенных одноатомных спиртов, то это скорее всего этанол и пропанол

2) $\begin{cases} 46x + 60y = 15,9 \\ x + y = 0,3 \end{cases}$

$46 * 0,3 - y + 60y = 15,9$

$13,8 - 46y + 60y = 15,9$

$14y = 2,1$

$y = 0,15$, откуда $x = 0,15$

3) $CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[t=180^\circ C]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$

$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[t=180^\circ C]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$

$\cancel{w(CH_3CH_2OH) = \frac{0,15 \times 46}{15,9} = \nu(CH_3CH_2OH) \times M}$

$w(CH_3CH_2OH) = \frac{\nu(CH_3CH_2OH) \times M(CH_3CH_2OH)}{m_{\text{смеси}}} = \frac{0,15 \times 46}{15,9} = 0,434$ моль $43,4\%$

$w(CH_3-CH_2-CH_2-OH) = 100\% - 43,4\% = 56,6\%$

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

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

Чистовик 3

Задание 3

1) $\nu_{смеси} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \times 1}{8,314 \times 303} = 0,04$ (моль)

$$M_{ср} = \frac{\nu_A M_A + \nu_B M_B}{\nu_A + \nu_B}$$

2) Так как $\frac{\nu_A}{\nu_B} = \frac{1}{1,86}$, а $\nu_{смеси} = 0,04$ моль, то $\nu_A = 0,014$ моль, а $\nu_B = 0,026$ моль

3) $M_B = 2 M_A$

$$75,9 = \frac{0,014 M_A + 0,052 M_A}{0,04}$$

$M_A = 46$ г/моль – это NO_2

4) $2NO_2 \leftrightarrow N_2O_4$

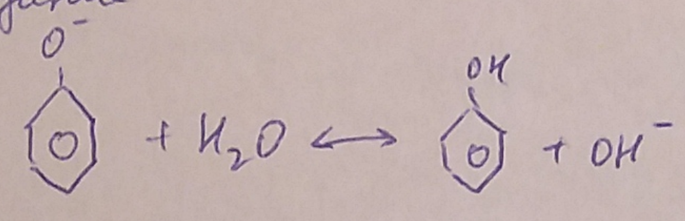
$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{0,026}{(0,014)^2} = 132,65$$

$$k_2 = \frac{k_1}{K} = \frac{0,005}{132,65} = 3,77 \times 10^{-5}$$

Ответ: NO_2, N_2O_4; $3,77 \times 10^{-5}$

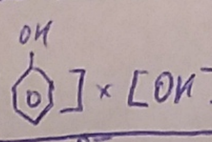
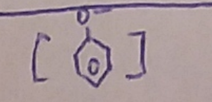
Чистовик 2

Задание 2

1) 

$[OH^-] + 10^{-(14-pH)} = 10^{-3} = 0{,}001 \frac{моль}{л}$

2) Константа равновесия гидролиза равна:

$K_{гидр} = \frac{[\text{  }] \times [OH^-]}{[\text{  }]} = \frac{[OH^-]^2}{C - [OH]^-}$, где C - исходная концентрация

Константу гидролиза можно найти через константу диссоциации и ионное произведение воды

$K_{гидр} = \frac{K_w}{K_{дис}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$

$C = \frac{[OH]^2}{K_{гидр}} + [OH^-] = \frac{(10^{-3})^2}{10^{-4}} + 10^{-3} = 0{,}01 + 0{,}001 =$ [redacted]

$= 0{,}011 = 1{,}1 \times 10^{-2}$

Ответ: $1{,}1 \times 10^{-2}$