МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Авербух Евгения Владимировна**

Класс: **11**

Технический балл: **86**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Шифр работы: 9918076

ФИО проверяющего: Тарасенко Е.А.

задание (макс.балл)	балл	комментарии
1(8)	8	
2(16)	16	
3(16)	15	Минус 1б за отсутствие размерности константы скорости обратной реакции
4(20)	19	Минус 1б за полуструктурные-полумолекулярные формулы диолов (также в формуле пропена в двух уравнениях имеется пятивалентный углерод)
5(20)	11	За первую часть (12-5=7): Неверны массы стаканов и разница масс стаканов (из-за неверного подсчёта масс улетающих газов); во второй части +2б за реакции соды с кислотами (правда с серной получена средняя соль, но это на результат не влияет), +2б за верную идею о подсчёте необходимого количества соды.
6(20)	17	Минус 2б за отсутствие уравнения реакции с образованием вещества E (ацеталь), минус 1б за отсутствие коэффициента в уравнении с Cu(OH)2
сумма	86	

Чистовик

1) C: 6e, 6n
O: 8e, 8n
H: 1e, 0n
42 − 32 = 10 − H
32e = C + O => 4C и 1O
$C_4H_{10}O$
$C_nH_{2n+2}O$
Изомеры:
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ и $CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$
Уравнение реакции для распознания:
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH + Na \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-ONa + \frac{1}{2}H_2\uparrow$
$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3 + Na \not\longrightarrow$

5) 1. $\overset{+2}{Cu}\overset{-2}{S} + 10H\overset{+5}{N}O_{3(к)} \xrightarrow{t^oC} Cu(NO_3)_2 + 8\overset{+4}{N}O_2\uparrow + H_2\overset{+6}{S}O_4 + 4H_2O$
$S^{-2} - 8\bar{e} \longrightarrow S^{+6} \mid \cdot 1$
$N^{+5} + \bar{e} \longrightarrow N^{+4} \mid \cdot 8$

2. $Cu\overset{-2}{S} + 4H_2\overset{+6}{S}O_{4(к)} \xrightarrow{t^oC} CuSO_4 + 4\overset{+4}{S}O_2\uparrow + 4H_2O$
$S^{-2} - 6\bar{e} \longrightarrow S^{+4} \mid \cdot 1$
$S^{+6} + 2\bar{e} \longrightarrow S^{+4} \mid \cdot 3$

$m\ HNO_3 = 120 \cdot 0{,}63 = 75{,}6$ г
$\nu_{HNO_3} = \frac{75{,}6\text{ г}}{63\text{ г/моль}} = 1{,}2$ моль
$m\ H_2SO_4 = 142{,}7 \cdot 0{,}98 = 139{,}8$ г
$\nu_{H_2SO_4} = \frac{139{,}8}{34+64} = 1{,}4$ моль
$m_{р-ра1} = m\ CuS + m\ HNO_{3(р-ра)} - m\ NO_2$
$m_{р-ра1} = 9{,}6\text{ г} + 120\text{ г} - 0{,}96 \cdot 46\text{ г/моль} = 129{,}6\text{ г} - 44{,}16\text{ г} = 85{,}44$ г
$m_{р-ра2} = m\ CuS + m_{р-ра}\ H_2SO_4 - m\ SO_2$
$m_{р-ра2} = 9{,}6\text{ г} + 142{,}7\text{ г} - 1{,}4\text{ моль} \cdot 64\text{ г/моль} = 152{,}3\text{ г} - 89{,}6\text{ г} = 62{,}7$ г

Чистовик

$m_1 - m_2 = 85{,}44г - 62{,}7г = 22{,}74г$

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

$\times$

$+ H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

$22{,}74 = m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) - m\,CO_2$

$22{,}74 = x \cdot (106 + 180) - x \cdot 44$

$22{,}74 = 286x - 44x$

$22{,}74 = 242x$

$x = 0{,}09$ моль

$m = 0{,}09 \cdot 286 = \underline{25{,}74г}$ – во второй стакан.

Ответ: 25,74г кристаллогидрата надо поместить во 2ой стакан.

Чистовик

4

$$\overset{x}{C_nH_{2n+1}OH} \xrightarrow[t=180^\circ C]{H_2SO_4(к)} C_nH_{2n} + H_2O$$

$$\overset{y}{C_mH_{2m+1}OH} \xrightarrow[t=180^\circ C]{H_2SO_4(к)} C_mH_{2m} + H_2O$$

$pV = \nu RT$

$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 11,15}{8,3 \cdot (273+180)} = \frac{1129,5}{3759,9} = 0,3$ моль

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

$M_{смеси} = \frac{15,9 г}{0,3 моль} = 53$ г/моль

53

$M_{C_2H_5OH} = 46$ г/моль $= 14n+18$

$$\begin{cases} x+y = 0,3 \Rightarrow x = 0,3-y \\ 46x + y(14m+18) = 15,9 \end{cases}$$

$46(0,3-y) + 14my + 18y = 15,9$

$13,8 - 46y + 14my + 18y = 15,9$

$-28y + 14my = 2,1$

$y(14m-28) = 2,1$

$y = \frac{2,1}{14m-28}$

$m \geq 3$

m	y	x	
3	0,15	0,15	✓
4	0,075	0,225	

если $m = 3$, то спирт: C_3H_7OH.

$M_{C_3H_7OH} = 60$ г/моль

$m_1(C_2H_5OH) = 46$ г/моль $\cdot$ 0,15 моль $= 6,9$ г

$m_2(C_3H_7OH) = 60$ г/моль $\cdot$ 0,15 моль $= 9$ г

$\omega_1(C_2H_5OH) = \frac{6,9 г}{15,9 г} = 0,434 = 43,4\%$

$\omega_2(C_3H_7OH) = \frac{9 г}{15,9} = 0,566 = 56,6\%$

Чистовик

$$C_2H_5OH \xrightarrow[t=180°C]{H_2SO_4(к)} C_2H_4 + H_2O$$

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

$$3C_2H_4 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0-5°C} 3C_2H_4(OH)_2 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$$

$$3CH_2=CH_2-CH_3 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0-5°C} 3C_3H_6(OH)_2 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$$

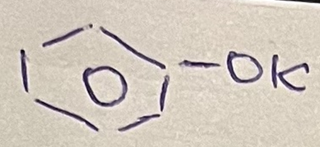
$C = 0{,}4\ M$; $V = \frac{\nu}{C}$

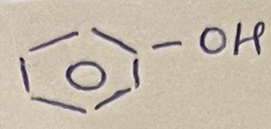
$\nu_{KMnO_4} = 0{,}3 : 6 \cdot 4 = 0{,}2$ моль

$V = \frac{0{,}2\ моль}{0{,}4\ M} = 0{,}5\ л$

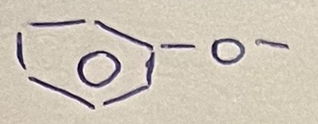
②

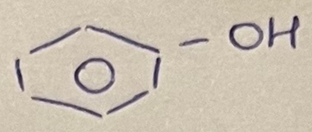
Чистовик



+ H-OH ⇌ 

+ KOH



+ H-OH ⇌ 

+ OH^-

$$K_r = \frac{[C_6H_5OH] \cdot [OH^-]}{[C_6H_5O^-]}$$

$$K_r = \frac{10^{-14}}{K_b}$$

$$K_r = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4} = 0{,}0001$$

	$C_6H_5O^-$	C_6H_5OH	OH^-
Б.	c	0	0
Р.	x	—	—
О.	c − x	x	x

$$K_r = \frac{x^2}{c-x}$$

$$x = [OH^-]$$

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

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

$$10^{-4} = \frac{(10^{-3})^2}{c-10^{-3}}$$; $K_r \ll 1$, $c \gg x \Rightarrow c - x \approx c$

Тогда:

$$10^{-4} = \frac{(10^{-3})^2}{c}$$

$$10^{-4} \cdot c = 10^{-6}$$

$$c = \frac{10^{-6}}{10^{-4}}$$

$c = 10^{-2}$ моль/л $\Rightarrow$ $c = 0{,}01$ моль/л

Ответ: 0,01 моль/л.

Чистовик

③ $pV = \nu RT$

$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,3 \cdot 303} = \frac{101,3}{2514,9} = 0,04$ моль.

$B : A = 1,86 : 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu_A = 0,04 : 2,86 \cdot 1 = 0,014$ моль

$\nu_B = 0,04 : 2,86 \cdot 1,86 = 0,026$ моль

$75,9 = \frac{0,014 \cdot M_A + 0,026 \cdot M_B}{0,04}$

$M_B = 2M_A$

$3,036 = 0,014 M_A + 0,052 M_A$

$3,036 = 0,066 M_A$

$M_A = 46$ г/моль $= M(NO_2)$

$2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$

$[A] = 0,014$ моль/л

$[B] = 0,026$ моль/л

$K_p = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0,026}{0,000196} = 132,65$

$K_p = \frac{K_1}{K_{-1}}$

$K_p = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{K_{-1}}$

$K_{-1} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{132,65} = \frac{0,005}{132,65} = 0,000038 = 3,8 \cdot 10^{-5}$

Ответ: $3,8 \cdot 10^{-5}$.

Чистовик

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

$M_{смеси} = M_B = M_Г = 28$ г/моль

Такую молярную массу имеют газы: N_2; CO; $CH_2 = CH_2$.
не подходит.

$$А \xrightarrow[t^\circ C]{H_2SO_4(к)} В$$

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

$$В, Г \xrightarrow[kt,\ p]{+H_2} Д$$

$$\overset{(А)}{CH_3-CH_2-OH} \xrightarrow{H_2SO_4(к)} \overset{(В)}{CH_2=CH_2}\uparrow + H_2O$$

$$\overset{(Б)}{H-C(=O)-OH} \xrightarrow{H_2SO_4(к)} \overset{(Г)}{CO}\uparrow + H_2O$$

$$CH_2=CH_2 + CO + H_2 \xrightarrow{kt,\ p} \overset{(Д)}{CH_3-CH_2-C(=O)-H}$$

$$\overset{0{,}15\ моль}{CH_3-CH_2-C(=O)-H} + Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ C} CH_3-CH_2-C(=O)-OH + \overset{0{,}15\ моль}{Cu_2O}\downarrow + 2H_2O$$

$$\nu_{Cu_2O} = \frac{21{,}6}{144} = 0{,}15 \text{ моль}$$

$$m_Д = 0{,}15 \cdot (36+6+16) = 0{,}15 \cdot 58 = 8{,}7 \text{ г}$$

Ответ: А: CH_3-CH_2-OH;

Б: $H-C(=O)-OH$;

В: $CH_2=CH_2$;

Г: CO;

Д: $CH_3-CH_2-C(=O)-H$;

$m_Д = 8{,}7$ г.

Черновик

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$

$CH_2=CH_2$ $M_{CH_2=CH_2} = 28$ г/моль

(5) $CuS + 10HNO_3(к) \xrightarrow{t^oC} Cu(NO_3)_2 + 8NO_2 + H_2SO_4 + 4H_2O$

$CuS + 4H_2SO_4(к) \xrightarrow{t^oC} CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$

N 14

S 32

NO_2

CO_2

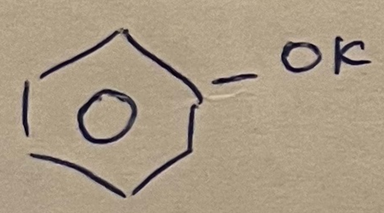
SO_2

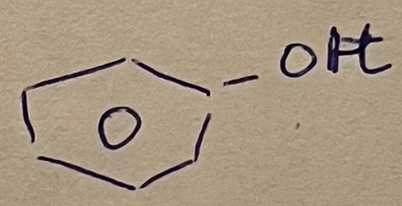
CO

$23\cdot2+48+12+160+20$

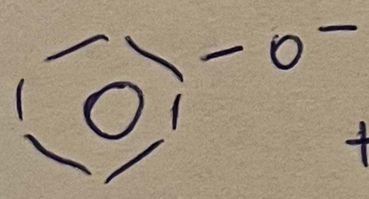
3, 1, 5, 4, 2 – сделала

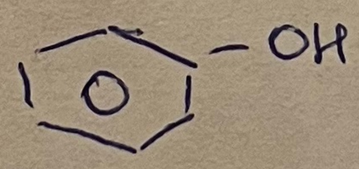
~~2~~, ~~3~~, (6) – осталось.

(2) 

$+ H-OH \rightleftarrows$ 

$+ KOH$



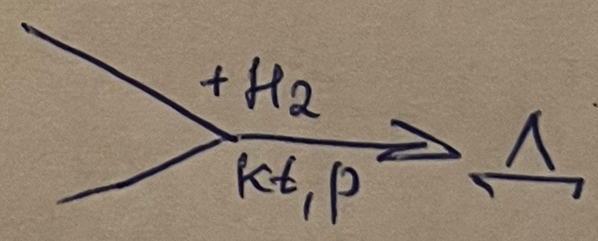
$+ H-OH \rightleftarrows$ 

$+ OH^-$

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

$$K_г = \frac{10^{-14}}{K_D}$$

$3{,}8\cdot10^{-5}$



CH_3-CH_2-OH

$m_{гр.} \quad Cu(OH)_2 = 21{,}6$ г

$CH_3-CH_2-C^{O}_{H} + 2\,Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^oC}$