



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Миронова Мария Максимовна**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Проверяющий Афанасов М.И

Итог: $8 + 16 + 16 + 20 + 20 + 20 = 100$ баллов

Задание 1. Оценка – 8 баллов

Задание 2. Оценка – 16 баллов

Задание 3. Оценка – 16 баллов

Задание 4. Оценка – 20 баллов

Задание 5. Оценка – 20 баллов

Задание 6. Оценка - 20 баллов

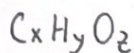
УИСТОВИК

СТРАНИЦА № 1

№ 1

- Разные классы

- 42 e⁻ и 32 n⁰



C: 6e⁻ и 6n⁰

O: 8e⁻ и 8n⁰

H: 1e⁻ и 0n⁰

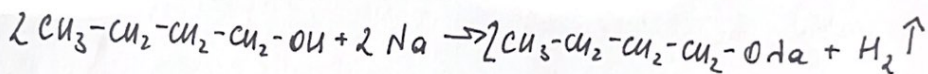
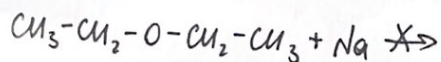
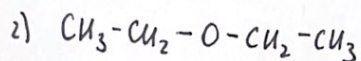
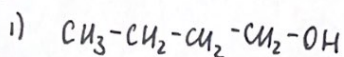
в H только e⁻ => 42 - 32 = 10 10 атомов H. ост. 32e⁻:

$$x \cdot 6e^- + z \cdot 8e^- = 32e^- \Rightarrow$$

подбором получаем, что 4 \cdot 6 + 1 \cdot 8 = 32 =>

=> формула соединя: C₄H₁₀O

т.к. в-ва - межклассовые изомеры, то один спирт, а второй - простой эфир.




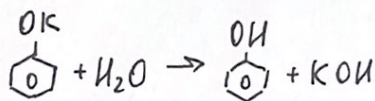
№ 2

Дано:

pH = 11

K_{дис} = 10⁻¹⁰


C() - ?





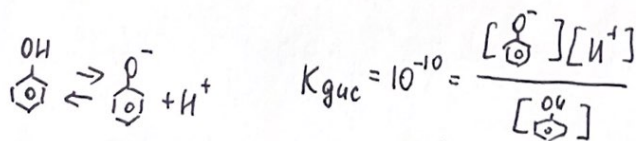
pH = -lg[H⁺]

[H⁺] = 10⁻¹¹

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

[OH⁻] = x = 10⁻³ = []

		H ₂ O		OH ⁻
Δгало	C		O	O
прореаг.	X		-	-
осталось	C-X		X	X



K_{гидролиз} = $\frac{[\text{benzene ring with OH}][OH^-]}{[\text{benzene ring with O}^-]}$

[H⁺][OH⁻] = 10⁻¹⁴ => $\frac{1}{K_g} = \frac{[\text{benzene ring with O}^-]}{[\text{benzene ring with OH}][H^+]} = \frac{[\text{benzene ring with O}^-][OH^-]}{[\text{benzene ring with OH}] \cdot 10^{-14}}$

=> $\frac{1}{K_g} = K_r \cdot \frac{1}{10^{-14}} = \frac{K_r}{10^{-14}}$

K_g = $\frac{10^{-14}}{K_r}$; K_r = $\frac{10^{-14}}{K_g} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$

K_r = 10⁻⁴ = $\frac{[\text{benzene ring with OH}][OH^-]}{[\text{benzene ring with O}^-]} = \frac{x \cdot x}{C-x} = \frac{x^2}{C-x} = \frac{10^{-6}}{C-10^{-3}} = 10^{-2}$

ЧИСТОВИК

Страница № 2

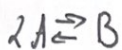
№ 2...
(продолжение)

$$C \cdot 10^{-3} = 10^{-2}$$

$$C = 10^{-2} \cdot 10^3 = 0,011 \text{ М}$$

Ответ: 0,011 М

№ 3



$$PV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль}$$

В: $A = 1,86:1 \Rightarrow$ Пусть $\nu(B) = 1,86x$ $\nu(A) = x$, тогда:

$$1,86x + x = 0,04 \quad 2,86x = 0,04$$

$$x = 0,014$$

$$\nu(B) = 1,86 \cdot 0,014 = 0,026 \text{ моль}$$

$$\nu(A) = 0,014 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср.}} = \frac{\nu_B \cdot M_B + \nu_A \cdot M_A}{0,04}$$

т.к. В - димер А, то $M_B = 2 \cdot M_A$

$$75,9 = \frac{0,026 \cdot 2M_A + 0,014 \cdot M_A}{0,04}; \quad 3,036 = 0,066 M_A; \quad M_A = 46 \text{ г/моль}$$

В.в., образующее димер с $M = 46$: А - NO_2 , а В - N_2O_4

Константа равновесия: $K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} \quad 2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{\nu}{V} = \frac{0,026 \text{ моль}}{1} = 0,026 \text{ М} \quad [\text{NO}_2] = \frac{0,014}{1} = 0,014 \text{ М}$$

$$K_c = \frac{0,026}{0,014^2} = 132,65 \frac{1}{\text{моль}}$$

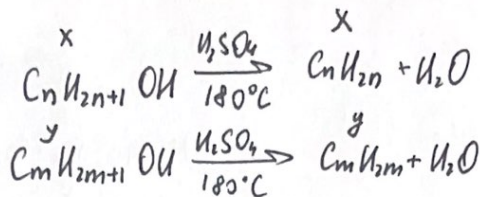
$$K_c = \frac{k_{\text{прямой р.}}}{k_{\text{обрат. р.}}} \quad k_{\text{обрат. р.}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{132,65} = 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$$

Ответ: $k_{\text{обрат. р.}} = 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$

Установик

страница 13

$m_{\text{смеси}} = 15,9 \text{ г}$



$$PV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль (}\nu \text{ смеси органич. продуктов)}$$

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

среднее молярная масса смеси \Rightarrow

$$x + y = 0,3$$

$$x + y - \nu_{\text{смеси орг. продуктов}} = \nu_{\text{смеси исходных спиртов}}$$

$$\Rightarrow M_1 > 53; M_2 < 53.$$

Для $n/m \text{ min} = 2$ подходит, т.к. существует возможность молярная масса, которая меньше 53 это молярная масса этилола $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow n = 2$

$$m_{\text{смеси}} = \nu_1 \cdot M_1 + \nu_2 \cdot M_2$$

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

$$\begin{cases} 15,9 = 46x + y(14m+18) \\ x+y=0,3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 15,9 = 46(0,3-y) + y(14m+18) \\ x=0,3-y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2,1 = 14my - 28y \\ x=0,3-y \end{cases}$$

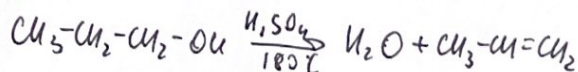
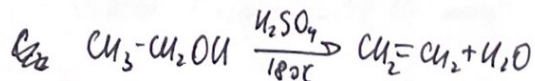
м методом подбора: $y < 0,3$

$$14m+18 > 53$$

Пусть $m = 3$, тогда $14 \cdot 3 + 18 = 60 > 53 \checkmark$

$$\begin{cases} y = \frac{2,1}{14m-28} \\ x = 0,3-y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y = \frac{2,1}{14} \\ x = 0,3-y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y = 0,15 & 0,15 < 0,3 \checkmark \\ x = 0,15 & \end{cases} \quad m = 3 \text{ подходит}$$

возможный состав смеси: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$

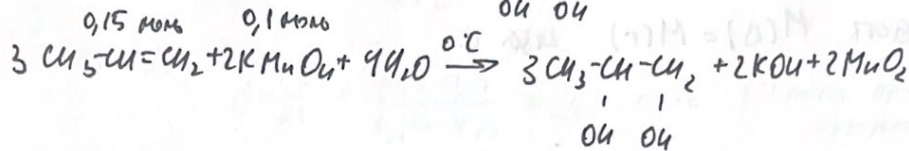
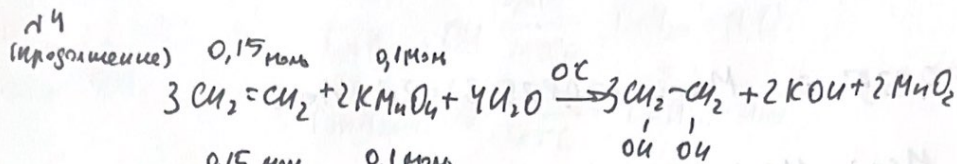


$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} \cdot 100 = 43,4\%$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}) = \frac{0,15 \cdot 60}{15,9} \cdot 100 = 56,6\%$$

Зистовик

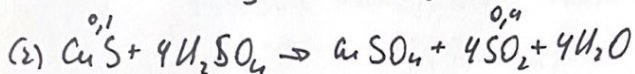
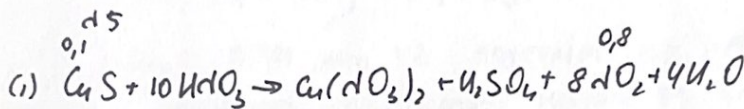
сррррррр д4



$\nu(\text{KMnO}_4) = 0,2 \text{ моль}$

$V(\text{KMnO}_4) = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,4 \text{ М}} = 0,5 \text{ л}$

Ответ: $V(\text{KMnO}_4) = 0,5 \text{ л}$; $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 43,4\%$; $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) = 56,6\%$



$\nu(\text{CuS}) = \frac{3,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$

$\nu(\text{HNO}_3) = 1,2 \text{ моль}$ 435

$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,427 \text{ моль}$ 435

$\nu(\text{NO}_2) = 8 \cdot 0,1 = 0,8 \text{ моль}$

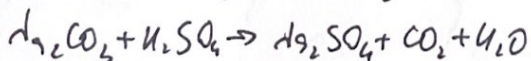
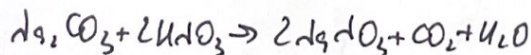
$\nu(\text{SO}_2) = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ моль}$

(1) $m_{\text{р-р}} = 3,6 + 120 - 0,8 \cdot 46 = 92,8 \text{ г}$

(2) $m_{\text{р-р}} = 3,6 + 142,7 - 0,4 \cdot 64 = 126,7 \text{ г}$

$\Delta m = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$

добавить ионов (1 р-р)



Пусть год. x моль ($\text{As}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) тогда улетит такое

x моль $\text{CO}_2 \Rightarrow$

$33,9 = x \cdot 286 - 44 \cdot x = 242x$ $x = 0,14 \text{ моль}$

$m(\text{As}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,14 \cdot 286 = 40 \text{ г}$

Ответ: в 1 секунду 40 г кристаллогидрата

ЗІСТОВИК №6.
СТРАНИЦЯ
15

$$D_{\text{смеси по } O_2} = 0,875 \rightarrow \frac{M_{\text{смеси}}}{M_{O_2}} = 0,875$$

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

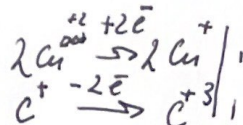
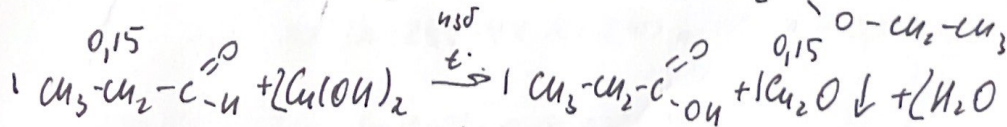
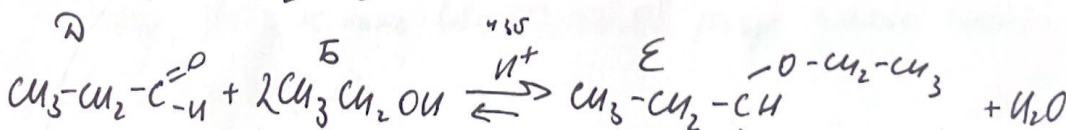
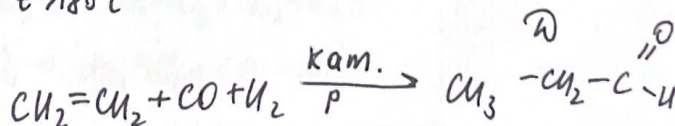
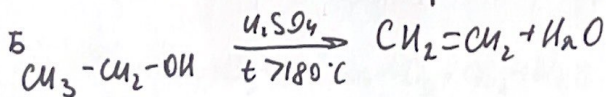
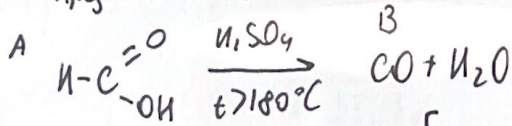
средняя

Предположим, что $M(B) = M(Z)$ газом с $M=28$:

d_2 не подходит для р-й в уст-чч

CO ✓

CH₂=CH₂ ✓



$$n(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{21,6}{144} = 0,15 \text{ моль}$$

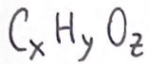
$$m(\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}) = 0,15 \cdot 58 = \boxed{8,7 \text{ г}}$$

Ответ: 8,7 г Д

стр. № 1 УЕРНОЗУК

д.л. ●

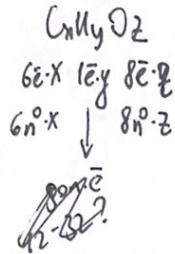
C: 6ē O: 8ē H: 1ē on°
6n° 8n°



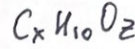
разные классы

42ē и 32n°

в вопросе только ē
42-32=10 → 10 ат. H



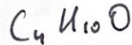
32ē ???



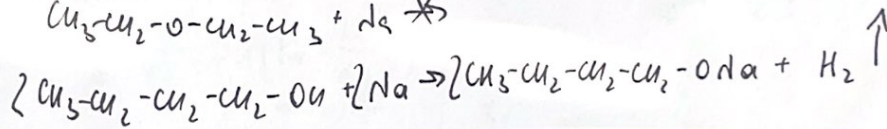
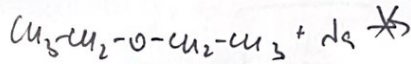
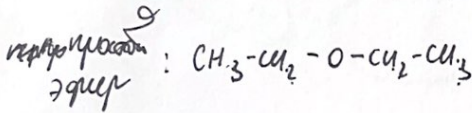
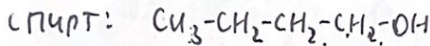
?·6ē + ?·8ē = 32ē → набор: 2·4+8=32

4·6ē + 1·8ē = 32ē
т.к. не кон-во n°.
4 ат. C и 1 ат. O

~~спирт~~

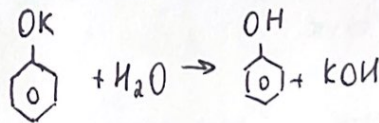


$C_n H_{2n+2} O$ спирты
разные классы
→
спирт и
простой эфир



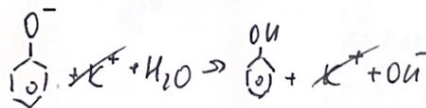
$K_{гидр} = 10^{-11}$
pH = 11
x-?

гидролиз?



$pH = -\lg[H^+]$

$-\lg[H^+] = 11$



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

	x	x	10^{-3}	10^{-3}
n	10^{-3}			
c	$x \cdot 10^{-3}$		10^{-3}	10^{-3}

pH = 11

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

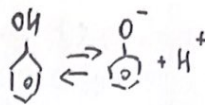
$[O^-] = [OH^-]$ после р-ли

$\frac{[O^-][OH^-]}{[O^-]}$
 $K_{гидролиз}$

стр № 2 Черновик

... и 2

$$K_{\text{дис}} \left(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} \right) = 10^{-10}$$



$$K_{\text{дис}} = 10^{-10} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}$$

$$K_g = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}$$

$$K_r = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$

$$\frac{1}{K_g} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-][\text{H}^+]} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} \cdot \frac{1}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} \cdot \frac{[\text{OH}^-]}{10^{-14}} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] \cdot 10^{-14}}$$

$$K_r = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{K_g} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} \cdot \frac{1}{10^{-14}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{K_g} = K_r \cdot \frac{1}{10^{-14}} = \frac{K_r}{10^{-14}}$$

$$K_g = \frac{10^{-14}}{K_r} \Rightarrow \left(K_r = \frac{10^{-14}}{K_g} \right)$$

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

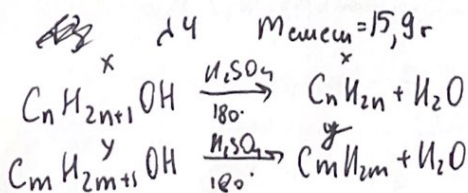
$$K_r = 10^{-4} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{x \cdot 10^{-3}}$$

$$x \cdot 10^{-3} = \frac{10^{-6}}{10^{-4}} = 10^{-2}$$

$$x \cdot 10^{-3} = 10^{-2}$$

$$x = 0,01 + 0,001$$

$$\boxed{x = 0,011}$$



$$\nu_{\text{алк}} = (x + y = 0,3)$$

$$m_{\text{алк}} = \nu_1 M_1 + \nu_2 M_2$$

$$15,9 = x(12n + 2n + 1 + 16 + 1) + y(12m + 2m + 1 + 16 + 1) = x(14n + 18) + y(14m + 18)$$

$$PV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{1129,495}{8,314 \cdot (180 + 273)} = 0,3 \text{ моль}$$

3766,242

стр. № 3 ЗЕРКОВИК.

... 4

~~M₁ меньше 53~~

M смеси = ~~53~~

$$\frac{m}{V} = \frac{15,9}{0,3} = 53 \text{ г/моль}$$

M₁ меньше 53
M₂ больше 53
среднее

средняя молярная масса → n/m min = 2 (т.к. Zерковик)
M(C₂H₅OH) = 46 г/моль

$$15,9 = x(14 \cdot 2 + 18) + y(14m + 18)$$

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

$$\begin{cases} 15,9 = 13,8 - 46y + 14my + 18y \\ x = 0,3 - y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2,1 = 14my - 28y \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$14m + 18 > 53$$

$$y < 0,3$$

$$\begin{cases} 2,1 = y(14m - 28) \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

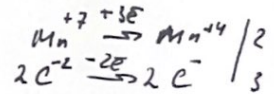
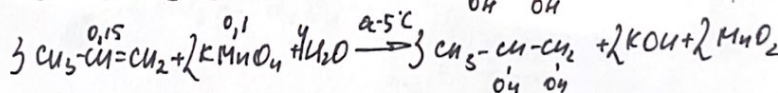
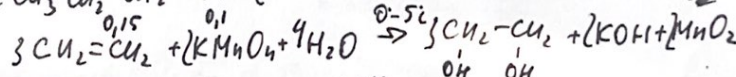
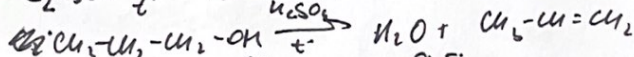
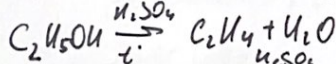
→ пусть m = 3, тогда

$$14 \cdot 3 + 18 = 60; 60 > 53 \quad \checkmark$$

$$\begin{cases} y = 0,15 \\ x = 0,3 - 0,15 = 0,15 \end{cases} \quad 0,15 < 0,3 \quad \checkmark$$

m = 3
подходит.

Возможный состав смеси: C₂H₅OH и CH₃-CH₂-CH₂-OH



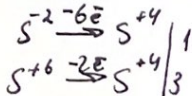
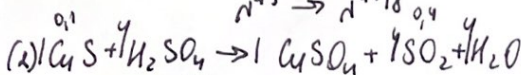
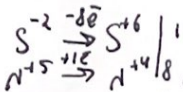
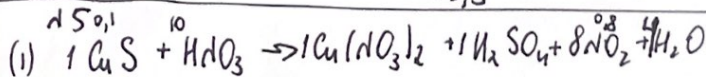
$$C = \frac{V}{V} \quad V = \frac{V}{C}$$

$$V(KMnO_4) = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

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

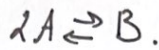
$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} \cdot 100 = 43,4\%$$

$$\omega(CH_3-CH_2-CH_2-OH) = \frac{0,15 \cdot 60}{15,9} \cdot 100 = 56,6\%$$



ср. $d^{\circ} 4$ термовик

d_3



$$pV = \nu RT$$

$$197M = 101,3 \cdot 179$$

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

$$B:A = 1,86:1 \Rightarrow \text{Пусть}$$

$$\nu(B) = 1,86x$$

$$\nu(A) = x$$

$$\rightarrow 1,86x + x = 0,04$$

$$2,86x = 0,04 \quad x = 0,014$$

$$\nu(B) = 1,86 \cdot 0,014 = 0,026 \text{ моль}$$

$$\nu(A) = 0,014 \text{ моль}$$

$$M_{\text{смеси}} = 75,9 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{ср. смеси}} = \frac{\nu_B \cdot M_B + \nu_A \cdot M_A}{0,04}$$

т.к. р-я димеризации, то B-димер A ~~=~~ $M_B = 2 \cdot M_A$

$$75,9 = \frac{0,026 \cdot 2 \cdot M_A + 0,014 \cdot M_A}{0,04}$$

$$3,036 = 0,066 M_A \quad M_A = 46 \text{ г/моль}$$

В-во образующее димер с $M = 46, \Rightarrow A - dO_2, \text{ а } B - d_2O_4$

~~константа равновесия~~

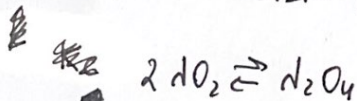
~~K_c~~

константа равновесия:

$$K_c = \frac{K_{\text{пр.р.}}}{K_{\text{обр.р.}}}$$

~~$K_{\text{пр.р.}} = \frac{K_{\text{обр.р.}}}{K_c}$~~

$$K_{\text{обр.р.}} = \frac{K_{\text{пр.р.}}}{K_c}$$



$$K_c = \frac{[d_2O_4]}{[dO_2]^2} =$$

$$[d_2O_4] = \frac{\nu}{V} = \frac{0,026}{14} = 0,00186 \text{ M}$$

$$[dO_2] = \frac{\nu}{V} = \frac{0,014}{14} = 0,001 \text{ M}$$

$$= \frac{0,026}{0,014^2} = 132,65$$

$$K_{\text{обр.р.}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{132,65} = 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$$

смп. № 5 репродук.

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

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{120 \cdot 0,63}{63} = 1,2 \text{ моль азотной}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,427 \text{ моль серной}$$

$$\Rightarrow n(\text{NO}_2) = 8 \cdot 0,1 = 0,8$$

$$n(\text{SO}_2) = 9 \cdot 0,1 = 0,9$$

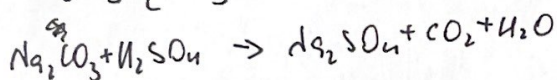
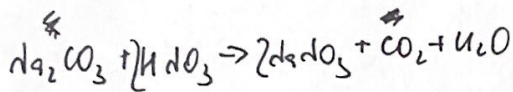
$$(1) \text{ м.р.р.} = 9,6 + 120 \cdot 0,63 = 92,8 \text{ г}$$

$$(2) \text{ м.р.р.} = 9,6 + 142,7 - 0,4 \cdot 64 = 126,7 \text{ г}$$

(36,8) ↑
р-р

$$\Delta m = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$$

сод. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$



Пусть год. x моль $(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$, тогда
проп. т.р. x моль (Na_2CO_3) и
выст. x моль $\text{CO}_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 33,9 = x \cdot (M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}) - x \cdot (M_{\text{CO}_2}) = 286x - 44x = 242x$$

$$x = \frac{33,9}{242} = 0,14 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,14 \cdot 286 = 40 \text{ г}$$