



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Дыба Артём Александрович**

Класс: **11**

Технический балл: **99**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

**Шифр:** 9871293

**Проверяющий:** Сорокин И.Д.

**1.** 8 (полное)

**2.** 16 (полное)

**3.** 15 (минус балл за размерность константы)

**4.** 20 (полное)

**5.** 20 (полное)

**6.** 20 (полное)

**Сумма:** 99 (девяносто девять баллов)

Даны 2 вещества с одинаковым кислородосодержащим ор. соединением, молекулы которых содержат  $42\bar{e}$  и  $32H$ . Число  $N$

[1]  $C_xH_yO_z$  - общая формула

$C$  содержит  $6\bar{e}$  и  $6H$   
 $H$  содержит  $1\bar{e}$  и  $0H$   
 $O$  содержит  $8\bar{e}$  и  $8H$

	$42\bar{e}$	$32H$
$C$	$6x$	$6x$
$H$	$1y$	$0$
$O$	$8z$	$8z$

$42 - 32 = 10$  - количество  $H$  в соединении ( $y=10$ )

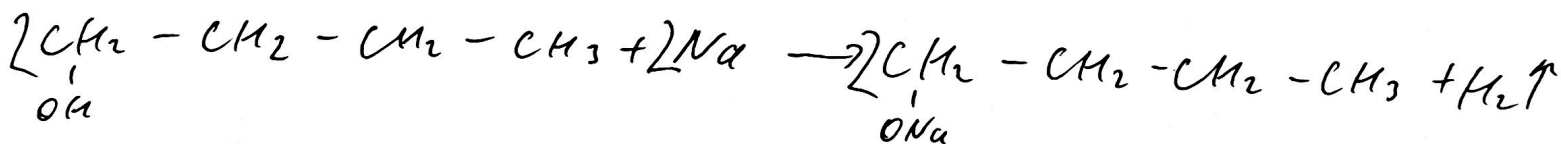
$6x + 8z = 32$ . методом подбора получаем:  $x=4; z=1$

[2] Формула:  $C_4H_{10}O$

соединение  $N^{\circ}1$ :  $CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$   
 $\quad \quad \quad |$   
 $\quad \quad \quad OH$

соединение  $N^{\circ}2$ :  $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$

[3] Реакции:



Вещество  $N^{\circ}1$  можно распознать по реакции с  $Na$ . Фактор - выделение  $H_2$ .

Дано:  $[H^+] = 10^{-11}$ , т.к.  $pH = -\lg[H^+]$

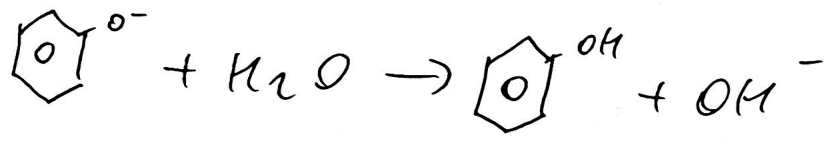
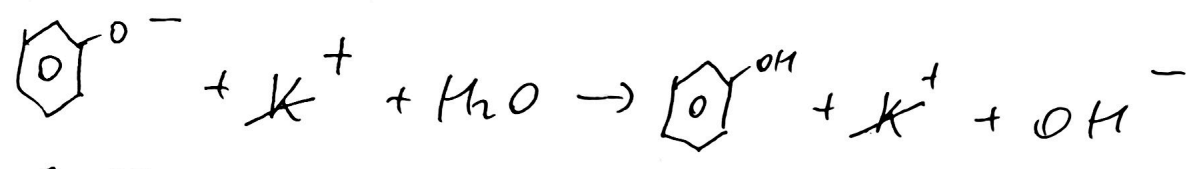
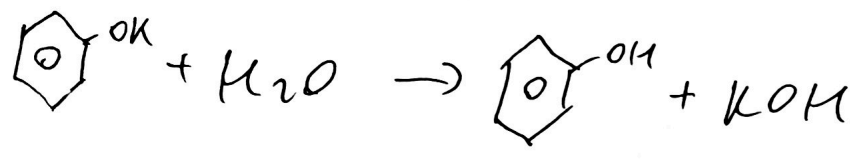
N2

$pH = 11$

Минимум

$K_{гис} = 10^{-10}$

[1] Запишем реакцию:



[2] Пусть изначально было "a" молей калия. Прогиссоцировали "x"  $\Rightarrow [C_6H_5O^-] = a - x \Rightarrow$

$$\Rightarrow [C_6H_5OH] = [OH^-] = x.$$

$$K_{гис} = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{K_{гис}}$$

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow \frac{10}{10^{-10}} = \frac{1}{10000} (K_{гис})$$

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

[3]

$$\frac{1}{10000} = \frac{x \cdot x}{a - x} ; \frac{1}{10000} = \frac{x^2}{a - x}, \text{ решим уравнение}$$

$$\text{или } x = [OH^-] = 10^{-3}$$

$$\frac{1}{10000} = \frac{(10^{-3})^2}{a - 10^{-3}} \Rightarrow \frac{1}{10000} = \frac{10^{-6}}{a - 10^{-3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10000 \cdot 10^{-6} = 1 \cdot a - 1 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{1}{100} = a - 10^{-3}$$

$$a = 0.011 \quad \text{Ответ: } C_m(C_6H_5O^-) = 0.011 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Дано:  $t = 30^{\circ}\text{C}$  ;  $n_{\text{моль}} = 3 \frac{1}{2}$   
 $2A \rightleftharpoons B$  ;  $B:A = 1.86:1$  ;  $M_{\text{смеш}} = 45.9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$   
 $V = 1 \text{ л}$  ;  $p = 101.3 \text{ кПа} = 101.3 \text{ кПа}$  ;  $K_{\text{смеш}} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{г}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$

Решение:

$$\boxed{1} \quad \rho = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \quad R = 8.31 \text{ (р.м.)}$$

$$\rho_{\text{см}} = \frac{101.3 \cdot 1}{8.31 \cdot (30 + 273)} = 0.04 \text{ моль смеси}$$

Если малейшее соотношение 1.86:1, то пусть всего будет  $1.86 + 1 = 2.86$  моль.

$$\boxed{2} \quad \varphi_A = \frac{1}{2.86} = 0.35$$

$$\rho_A = 0.35 \cdot 0.04 = 0.014 \text{ моль}$$

$$\varphi_B = \frac{1.86}{2.86} = 0.65$$

$$\rho_B = 0.65 \cdot 0.04 = 0.026 \text{ моль}$$

$$\boxed{3} \quad 45.9 = \frac{0.026 \cdot M_B \cdot 2 + 0.014 \cdot M_A}{0.04}$$

\*  $M_B = 2M_A$  из уравнения

$$45.9 \cdot 0.04 = 0.052 M_A + 0.014 M_A$$

$$3.036 = 0.066$$

$$M_A = 46$$

Если молекулярная масса  $A = 46$ , то  $B = 2A = 92$ .

Вещество  $A = \text{NO}_2$

Вещество  $B = \text{N}_2\text{O}_4$

$$K = \frac{K_{\text{max}}}{K_{\text{обр}}}$$

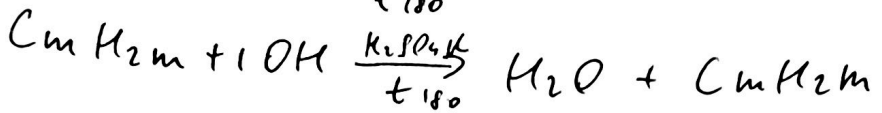
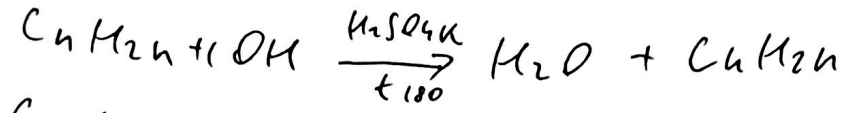
числовым  $N3 \frac{1}{2}$

$$\frac{K_{\text{max}}}{K_{\text{обр}}} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

$$K_{\text{обр}} = \frac{K_{\text{max}} \cdot [NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.014^2}{0.026} = 3.469 \cdot 10^{-5}$$

Ответ: К скорости разложения  $V = 3.469 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}}{\text{моль} \cdot \text{л}^{-1}}$

числовым



$$t = 180^\circ C$$

$$m \text{ моль } m = 15.9 \Gamma$$

$$P = 1 \text{ атм} = 101.3 \text{ кПа}$$

$$V \text{ моль } \Gamma = 11.15 \text{ л}$$

$$\boxed{1} \quad \nu = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

$$T = 180 + 273 = 453^\circ K$$

$$R = 8.31$$

$$\nu_{\text{моль } \Gamma} = \frac{101.3 \cdot 11.15}{8.31 \cdot 453} = 0.3 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{моль } \Gamma} = \nu_{\text{моль } m}$$

$$M_{\text{моль } m} = \frac{m}{\nu} = \frac{15.9}{0.3} = 53 \text{ г/моль}$$

$\boxed{2}$

Если  $M_{\text{моль}} = 53$  и по условию нам даны насыщенные первичные спирты, то это может быть:

метанол - нет, редукция не пойдёт

$C_2 H_5 O H$  -  $M(46)$  год ✓

$C_3 H_7 O H$  -  $M(60)$  возможно

$C_4 H_9 O H$  -  $M(74)$  возможно

из данных составляем систему уравнений, если  $x$  - кол. моль  $C_n H_{2n} + 1 O H$ , а  $y$  - кол. моль  $C_m H_{2m} + 1 O H$

$$\begin{cases} x + y = 0.3 \\ 46x + y(12n + 2m + 1 + 17) = 15.9 \end{cases}$$

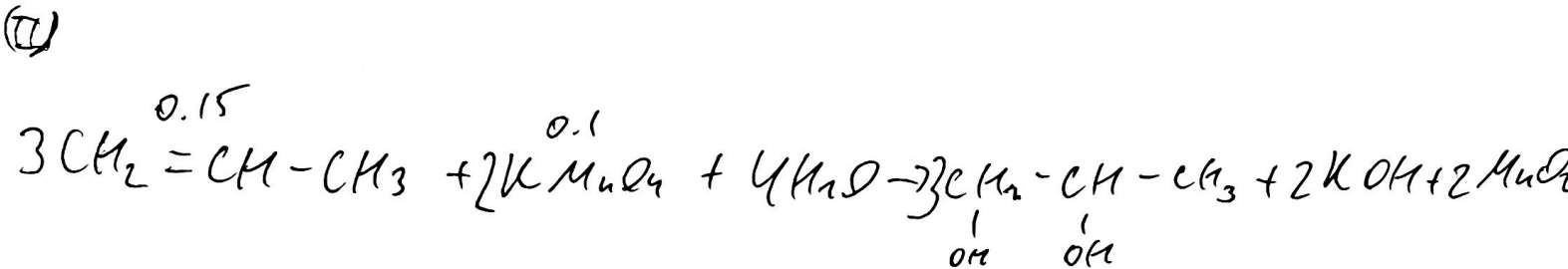
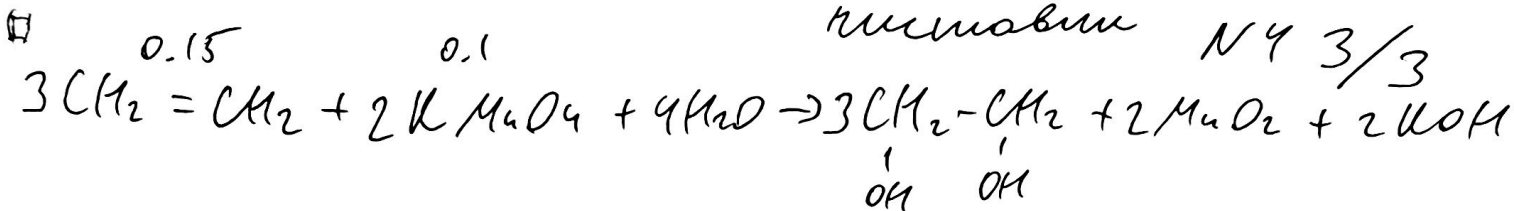
$$x = 0.3 - y$$

⇓



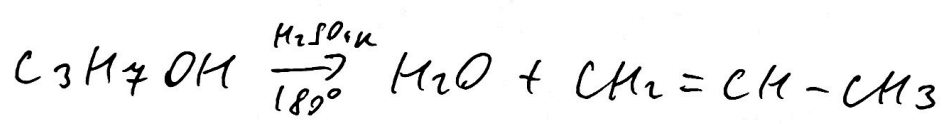
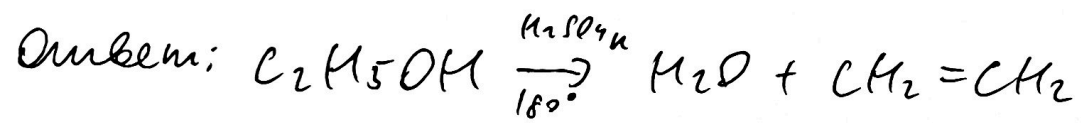


числовим N4 3/3



~~.....~~  $\nu(\text{KMnO}_4) = 0.2 \text{ моль}$

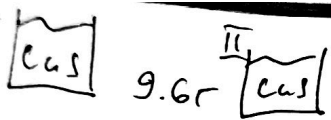
$$V = \frac{0.2}{0.4} = 0.5 \text{ л} = 500 \text{ мл}$$



$$w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 43.4 \%$$

$$w(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 56.6 \%$$

$$V(\text{KMnO}_4) = 0.5 \text{ л} = 500 \text{ мл}$$



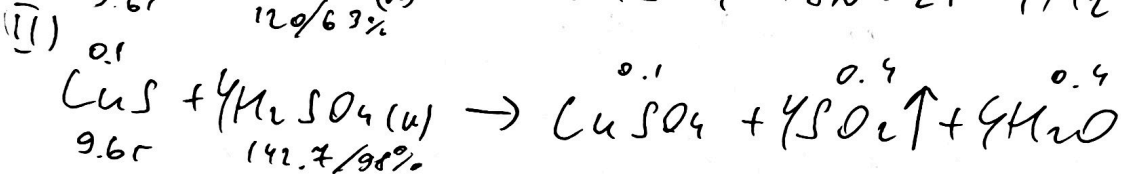
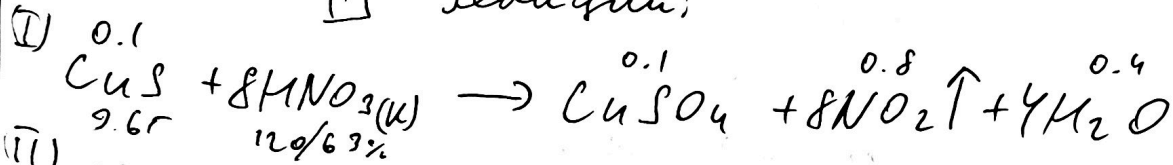
чистовый

N5 1/2

(I) + 120 г 63% HNO<sub>3</sub> - в первом этапе

(II) + 142.7 г 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - во втором этапе

[I] Реакция:



[2] Кругом разницу:

$$M(\text{CuS}) = 64 + 32 = 96 \text{ г/моль}; \quad D(\text{CuS}) = \frac{9.6}{96} = 0.1 \text{ моль}$$

$$\text{(I)} \quad m(\text{HNO}_3) = 120 \cdot 0.63 = 75.6 \text{ г}, \quad \text{(II)} \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 142.7 \cdot 0.98 = 139.846 \text{ г}$$

$$M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

$$D(\text{HNO}_3) = \frac{75.6}{63} = 1.2 \text{ моль}$$

$$D(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{139.846}{98} = 1.427 \text{ моль}$$

В двух реакциях CuS в недостатке, так мы считаем моль марганцов по CuS (0.1).

$$\text{(I)} \quad M(\text{NO}_2) = 46 \text{ г/моль}$$

$$\text{(II)} \quad M(\text{SO}_2) = 64$$

$$m(\text{NO}_2) = 46 \cdot 0.8 = 36.8 \text{ г}$$

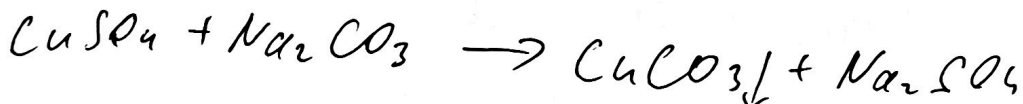
$$m(\text{SO}_2) = 64 \cdot 0.4 = 25.6 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = 9.6 + 120 - 36.8 = 92.8 \text{ г}$$

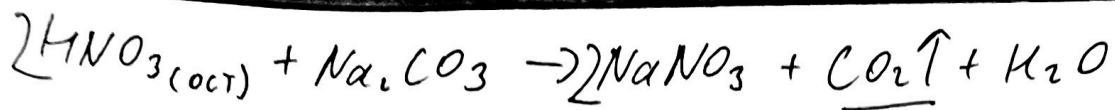
$$m_{\text{р-ра}} = 9.6 + 142.7 - 25.6 = 126.7 \text{ г}$$

$$\text{Разница: (II)} 126.7 \text{ г} - \text{(I)} 92.8 \text{ г} = 33.9 \text{ г}$$

П.к. 1 этап легче 2, но кристаллограм надо добавить именно в него.



масса раствора не изменилась.



N5 2/2  
числов.

Пусть  $x$  - количество молей вещества, которое нужно для уравновешивания стаканов  $\Rightarrow$

$$33.9 = 286x - 44x$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286$$

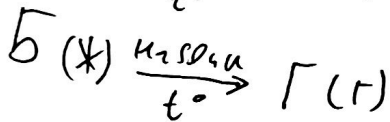
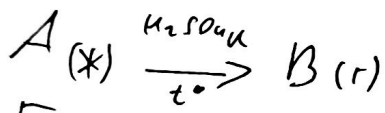
$$33.9 = 242x$$

$$M(\text{CO}_2) = 44$$

$$x = 0.14 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } 286 \cdot 0.14 = 40.04 \text{ г}$$

Ответ: в первый стакан нужно добавить 40.04 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  для равновесия



минимум

$$\rho \text{ смеси по } O_2 = 0.845$$

N6 1/2

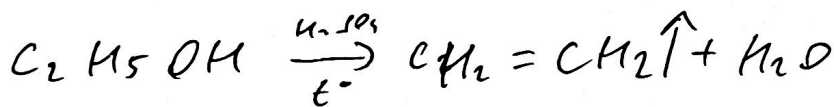
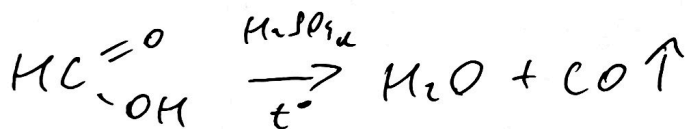
$$\boxed{1} \quad M_{\text{смеси}} = 32 \cdot 0.845 = 28 \text{ г/моль}$$

Допустим, что  $M_A = M_B = 28 \text{ г/моль}$

Тогда подберём газы с  $M=28$ , например CO и  $C_2H_4$ .

B - CO, тогда A -  $HC(=O)-OH$

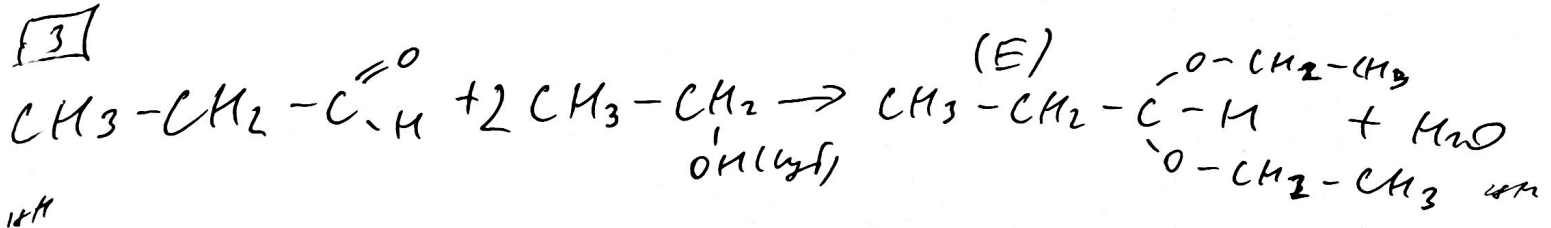
$\Gamma$  -  $C_2H_4$ , тогда Б -  $C_2H_5OH$



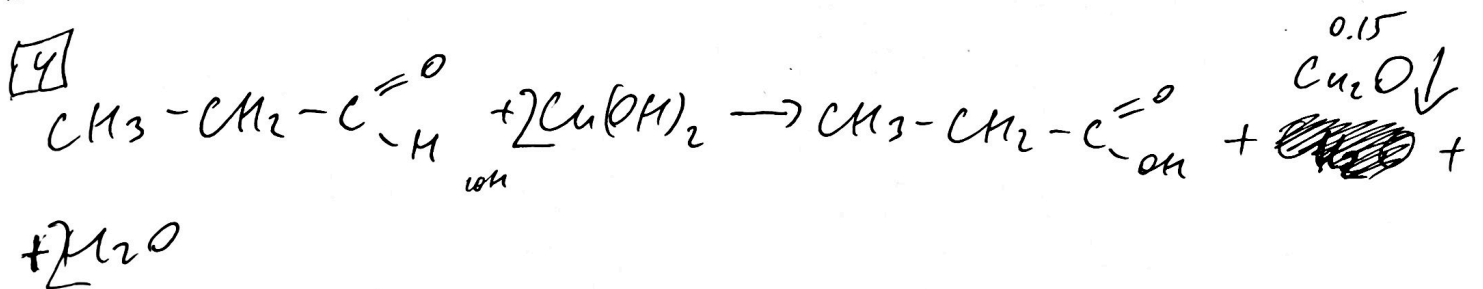
$\boxed{2}$



$\boxed{3}$



$\boxed{4}$



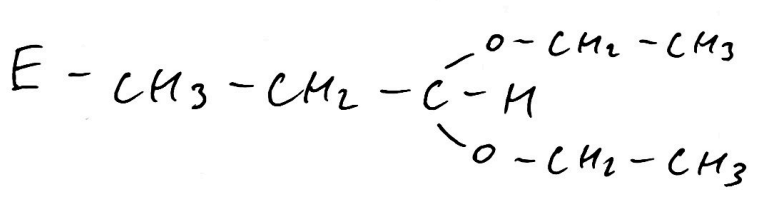
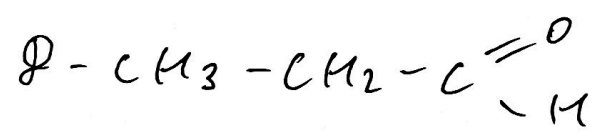
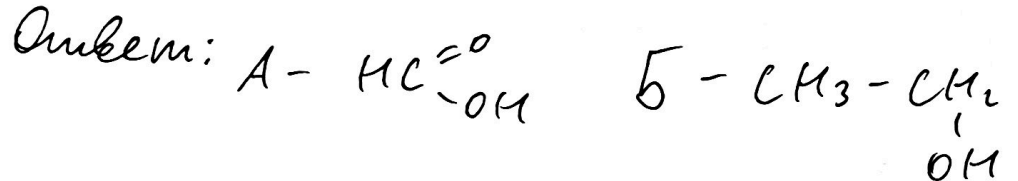
$$m(\text{Ca}_2\text{O}) = 21.6 \text{ г}$$

$$M(\text{Ca}_2\text{O}) = 64 + 64 + 16 = 80 + 64 = 144$$

$$D(\text{Ca}_2\text{O}) = \frac{21.6}{144} = 0.15 \text{ моль} = D(\text{C}_2\text{H}_5\text{COH})$$

$$M(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}(=\text{O})\text{H}) = 58 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}(=\text{O})\text{H}) = 58 \cdot 0.15 = \underline{8.7 \text{ г}}$$



$$m(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}(=\text{O})\text{H}) = 8.7 \text{ г}$$

№1 Задача 1

Даны изотермические инверсионные температуры от следствия разных масс. Мембраны содержат  $42\bar{e}$  и  $32n$ .

$C_xH_yO_z$  - общ. формула

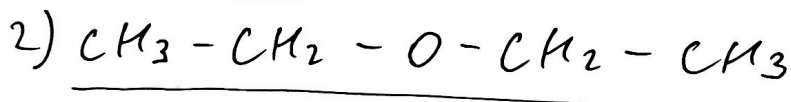
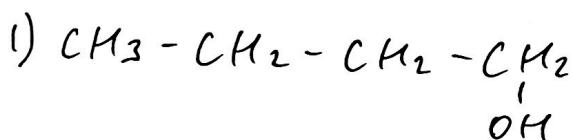
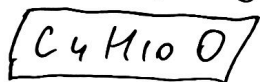
	$42\bar{e}$	$32n$
C	6	6
H	1	0
O	8	8

$$\Rightarrow y = 10 (C_xH_{10}O_z)$$

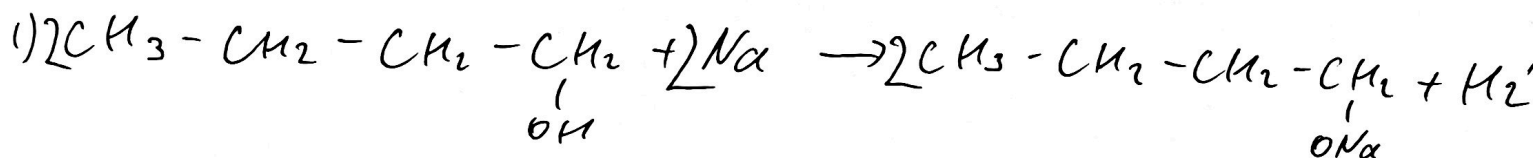
$$6 \cdot x + 8 \cdot z = 32$$

$$x=4 \Rightarrow 6 \cdot 4 + 8 = 32$$
$$z=1 \quad (24)$$

Формула:



Реакция определения:



В первой реакции выделяется водород, что свидетельствует однозначно реакции.

N2 метил

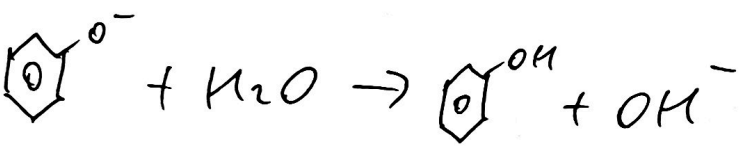
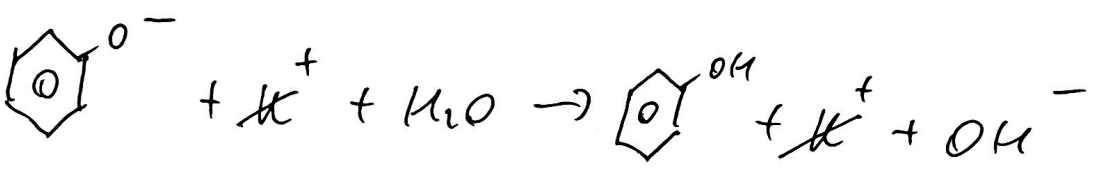
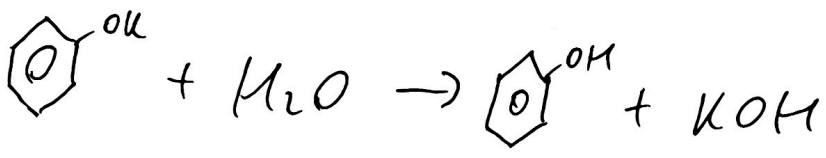
pH = 11

$K_{\text{дис}} = 10^{-10}$

$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$

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

11



Пусть изначально у нас было "a" фенолата калия. Протиссоцимировало x моль =>  $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-) = a - x$ ;  
 $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \nu(\text{OH}^-) = x$  моль.

$K_{\text{диссоциация}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{K_{\text{дис}}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = \frac{1}{10000}$

~~К диссоциация~~  
 $K_{\text{диссоциация}} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} = \frac{x \cdot x}{a - x} = \frac{x^2}{a - x}$

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

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

$\frac{1}{10000} = \frac{10^{-6}}{a - 10^{-3}} \Rightarrow 10000 \cdot 10^{-6} = a - 10^{-3} \Rightarrow$

$\frac{1}{100} = a - 10^{-3}$

$a = 0.011$

№3  $2A \rightleftharpoons B$  репр3

$$V = 1 \text{ л}$$

$$B:A = 1.86:1$$

$$M_{\text{смеси}} = 45.95 \text{ г/моль}$$

$$t = 30^\circ$$

$$P = 1 \text{ атм} = 101.3 \text{ кПа}$$

$$K_{\text{станд}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ г/моль} \cdot \text{моль}^{-1}$$

$$D = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

$$P = 101.3 \text{ кПа}$$

$$V = 1$$

$$R = 8.31$$

$$T = 30 + 273 = 303 \text{ К}$$

$$D = \frac{101.3 \cdot 1}{8.31 \cdot 303} \approx 0.04 \text{ моль смеси.}$$

Верно моль  $1.86:1 \Rightarrow 1.86+1 = 2.86 \text{ моль.}$

$$\varphi_B = \frac{1.86}{2.86} = 0.65$$

$$D_B = 0.65 \cdot 0.04 = 0.026$$

$$\varphi_A = \frac{1}{2.86} = 0.35$$

$$D_A = 0.35 \cdot 0.04 = 0.014$$

$$45.9 = \frac{0.026 \cdot M_A \cdot 2 + 0.014 \cdot M_A}{0.04}$$

$$45.9 \cdot 0.04 = 0.052 M_A + 0.014 M_A$$

$$3.036 = 0.066 \cdot M_A$$

$M_A = 46 \Rightarrow \text{NO}_2 \text{ и } \text{N}_2\text{O}_4$

$$K = \frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{обр.}}}$$

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

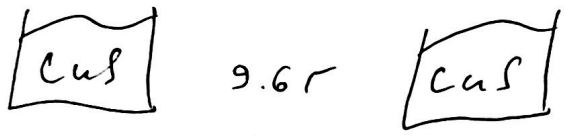
$$\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}$$

$$K_{\text{обр.}} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.014^2}{0.026} \approx$$

$$\approx 3.469 \cdot 10^{-5}$$



5

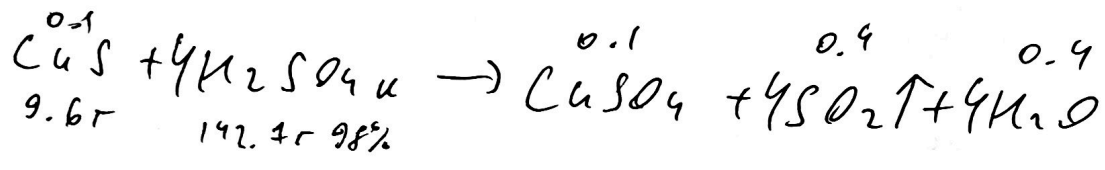
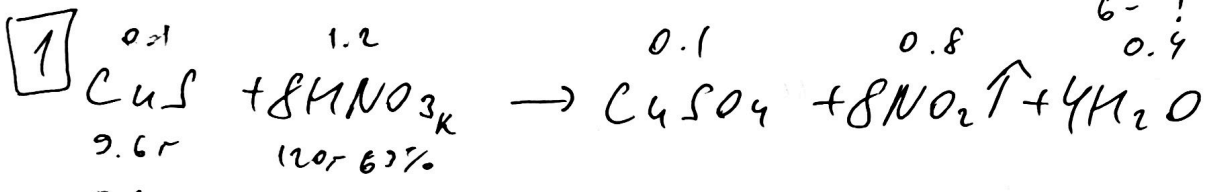


реакция

- 1 x ✓
- 2 x ✓
- 3 x ✓
- 4 - ?
- 5 - x ✓
- 6 - ?
- 0.4

(1) +120r 63%  $HNO_3$

(11) +142.4r 98%  $H_2SO_4$



2 (1)

$M(CuS) = 64 + 32 = 96 \text{ г/моль}$

$D(CuS) = \frac{9.6}{96} = 0.1 \text{ моль}$

$m(HNO_3) = 120 \cdot 0.63 = 75.6 \text{ г}$

$M(HNO_3) = 1 + 14 + 16 \cdot 3 = 63 \text{ г/моль}$

$D(HNO_3) = \frac{75.6}{63} = 1.2 \text{ моль}$

(11)

$M(H_2SO_4) = 142.4 \cdot 0.98 = 139.846 \text{ г}$

$M(H_2SO_4) = 98$

$D(H_2SO_4) = \frac{139.846}{98} = 1.427$

$M(SO_2) = 64$

$M(NO_2) = 46$

$m(NO_2) = 46 \cdot 0.8 = 36.8 \text{ г}$

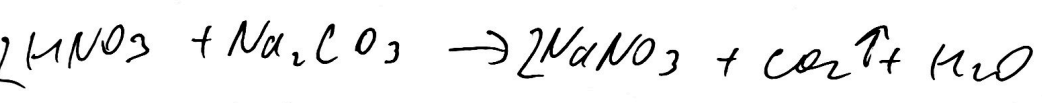
$m_p = 120 + 9.6 - 36.8 = 92.8$

$m_{\text{раствора}} = 126.4 - 92.8 = \underline{\underline{33.9 \text{ г}}}$

$M(SO_2) = 64$

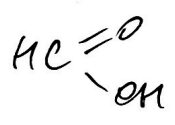
$m(SO_2) = 64 \cdot 0.4 = 25.6$

$m_p = 126.4$



$33.9 = 242x$

$x = 0.14$



$12 + 16 + 16 + 2$