



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Майданникова Александра Евгеньевна**

Класс: **11**

Технический балл: **95**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Проверил: Музалевский В.М.

Шифр	1	2	3	4	5	6	Сумма
9464018	8	16	14	20	17	20	95

1

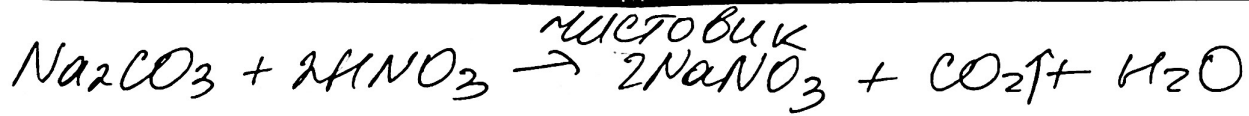
2

3 Ошибка в расчете константы

4

5 Неправильный расчет массы соды.

6



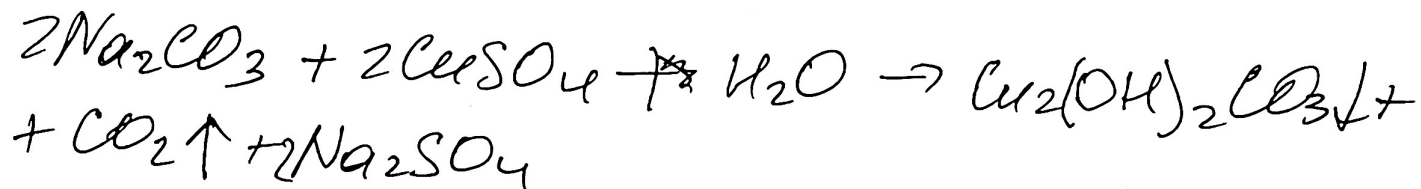
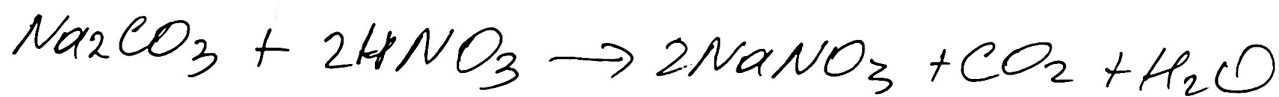
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CO}_2) = 33,7 \text{ г}$$

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

$$\Rightarrow \nu(\text{CO}_2) \cdot (M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - M(\text{CO}_2)) = 33,7 \text{ г}$$

$$x = \frac{33,7}{228 \text{ г} - 44 \text{ г}} = 0,1639 \text{ моль}$$

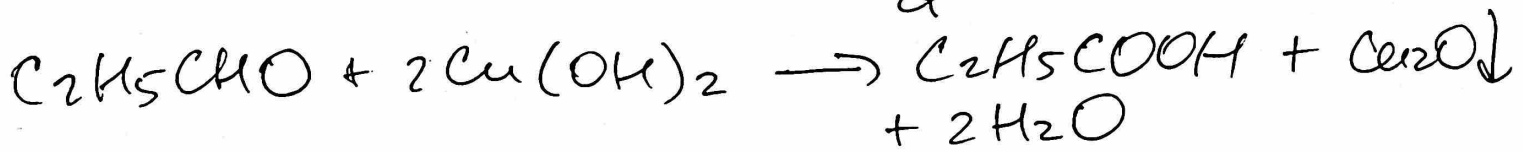
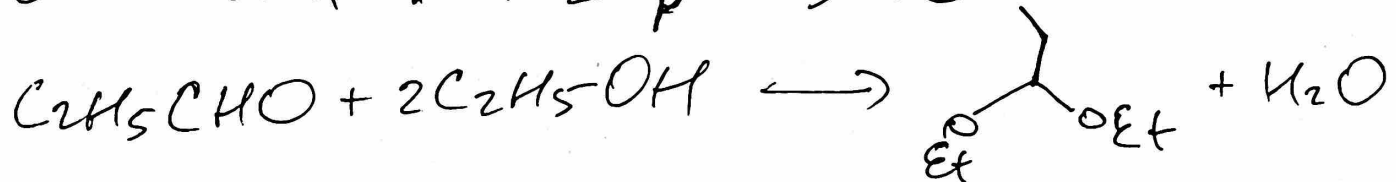
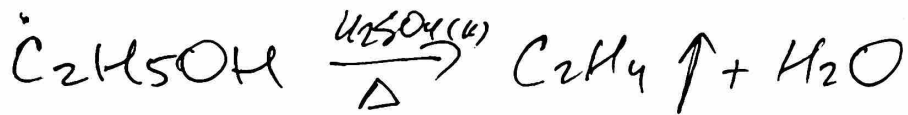
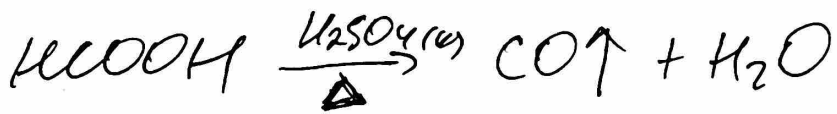
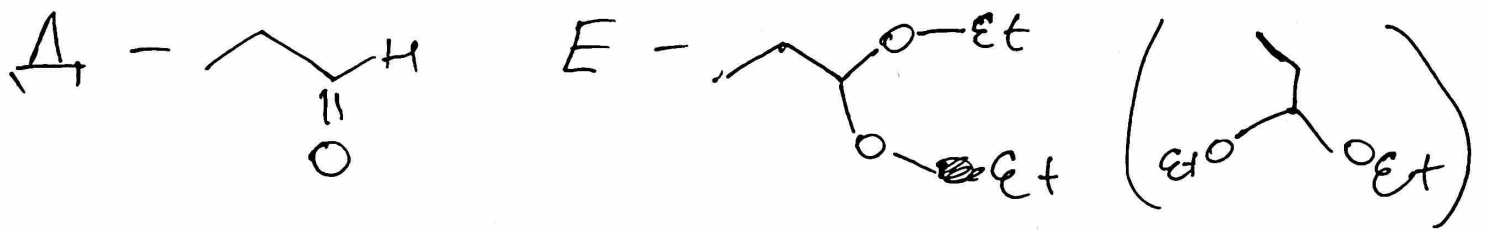
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 39,83 \text{ г}$$



$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CO}_2) = m(\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3)$$

$$= 33,7 \text{ г}$$

Ответ: 63 г = масса соды



$$\underline{m(\Delta)} = 0,15(12 \cdot 3 + 6 + 16) = \underline{8,7 \text{ r.}}$$

Задача 6

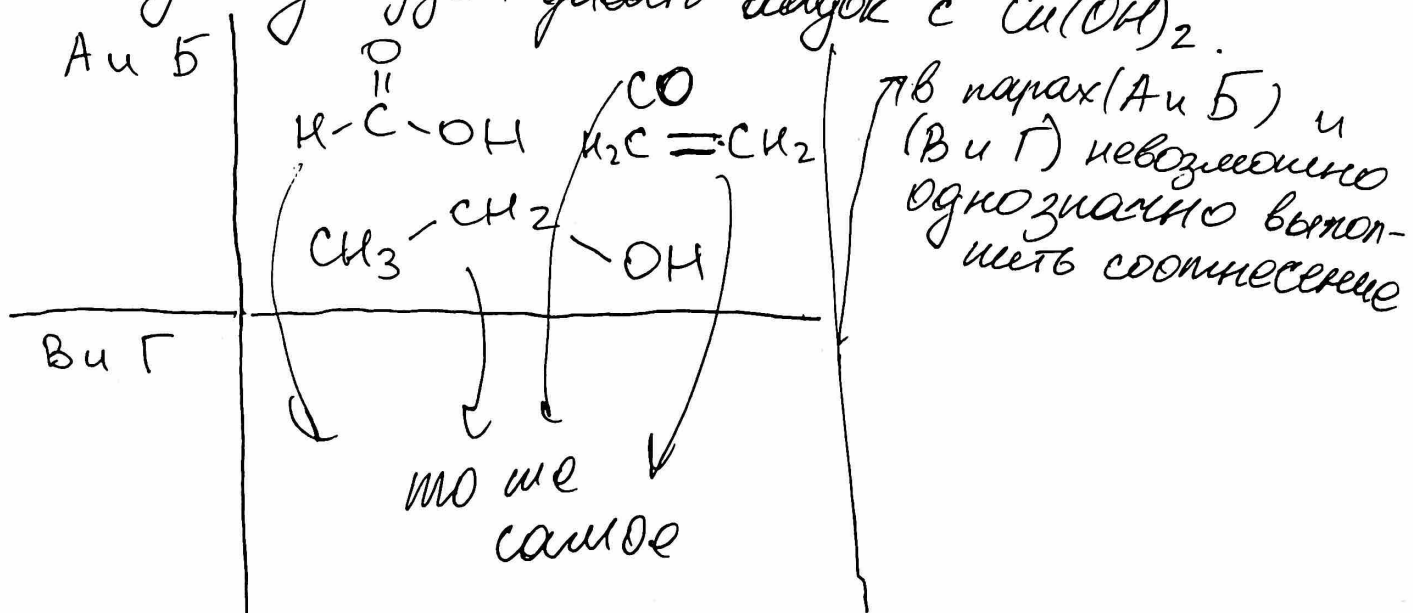
Чистовик

$$\eta_{\text{Cu}} = 0,875 \cdot 32 = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

осадок полученный по реакции со свежеосажд. гидроксидом меди (II) - вероятно продукт восстановления меди: или Cu_2O , то \downarrow (осадка) = $= \frac{2116 \text{ г}}{64 \cdot 2 + 16} = 0,15 \text{ моль}$

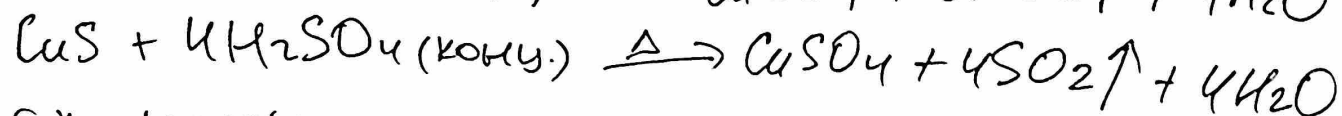
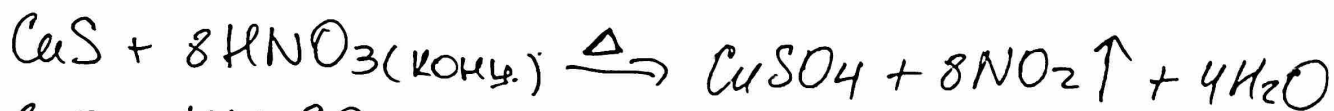
Т.к. не указано соотношение, первый рассмотренный вариант, что газы имеют одинаковую молярную массу: газы имеют молярную массу $28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ - CO , N_2 , C_2H_4 : из них при действии H_2SO_4 (конц.) на шихте в-ва (H_2SO_4 выступает в кач. водоотнимающ. средства) образуются CO (на CH_3COOH -как раз явл. шк-лотой, о чем упом. в условии) и C_2H_4 (на $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

Т.к. продукт взаимодействия CO , C_2H_4 и H_2 на катализатор реагирует с этанолом, то это или альдегид, или спирт, но только альдегид будет давать осадок с $\text{Cu}(\text{OH})_2$.



задача 5

Числовик



г.к. массы стаканов одинаковые, или можно пренебречь при расчете разницы.

$$\Delta m = |m_1 - m_2|$$

$$m_1 = m(\text{CuS}) + m_{\text{р-ра}}(\text{HNO}_3) - m(\text{NO}_2)$$

$$m_2 = m(\text{CuS}) + m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) - m(\text{SO}_2)$$

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

$$\nu(\text{HNO}_3) = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega}{M} = 1,2 \text{ моль}$$

\Rightarrow CuS в недостатке, расчет по $\nu(\text{CuS})$.

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

$$m(\text{NO}_2) = \nu M = 36,8 \text{ г}$$

$$\nu(\text{CuS}) = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega}{M} = 1,427 \text{ моль}$$

\Rightarrow CuS в недостатке, расчет по $\nu(\text{CuS})$

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

$$m(\text{SO}_2) = \nu M = 25,6 \text{ г}$$

$$m_1 = 91,6 \text{ г} + 120 \text{ г} - 36,8 \text{ г} = 92,8 \text{ г}$$

$$m_2 = 91,6 \text{ г} + 142,7 \text{ г} - 25,6 \text{ г} = 126,5 \text{ г}$$

$$\Rightarrow \Delta m = |m_1 - m_2| = |92,8 - 126,5| = \underline{\underline{33,7 \text{ г}}}$$

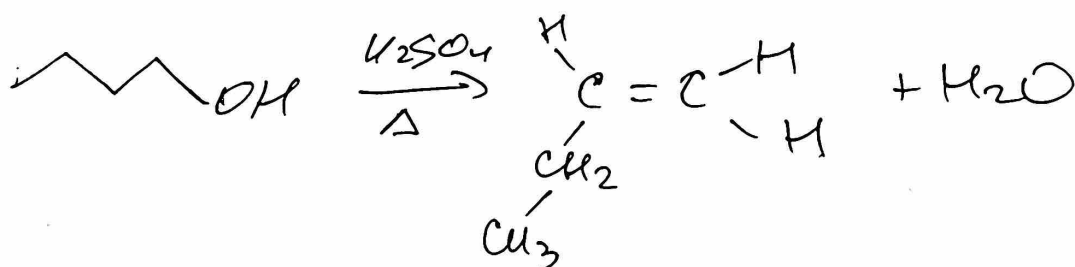
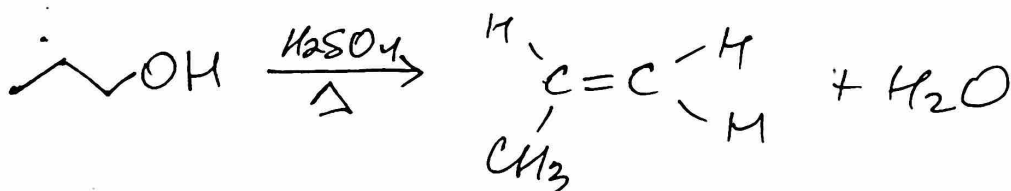
$$\nu(\text{HNO}_3)_{\text{израсх.}} = 0,8 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow \nu(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = 0,4 \text{ моль}$$

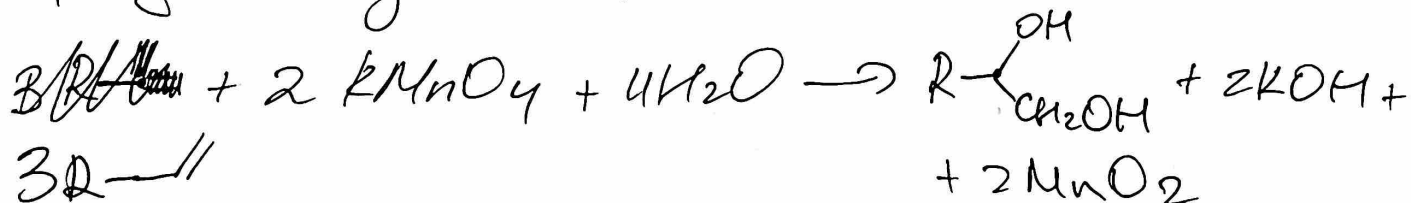
необходимо добавить соды в 1 стакан

$$2) w(C_2H_5OH) = \frac{46 \cdot 0,13 \cdot 0,175 \cdot 100\%}{15,9} = 65,09\% \quad \text{чистовик}$$

$$w(C_4H_9OH) = \frac{74 \cdot 0,13 \cdot 0,125}{15,9} \cdot 100\% = 34,91\%$$

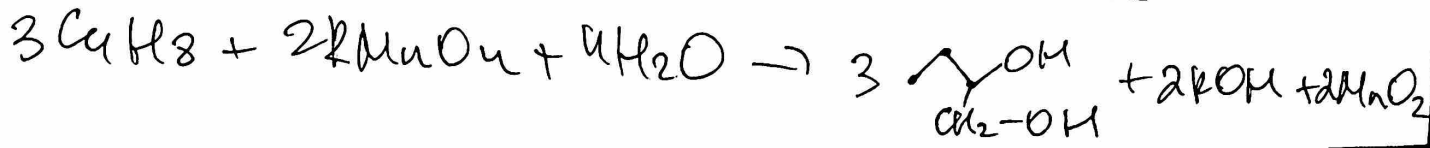
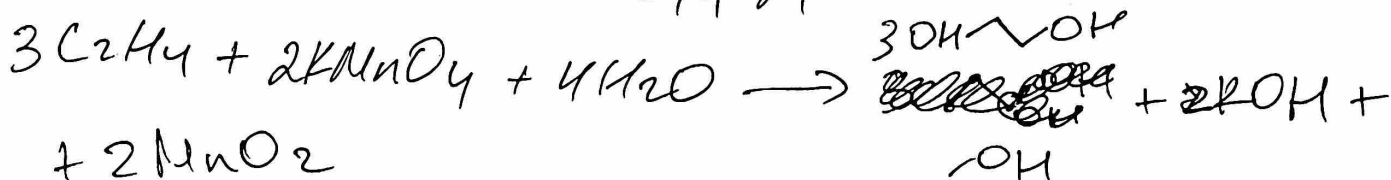


т.к. кол-во моль двойных связей одинаково во всех вариантах, то $V(KMnO_4)$ потребуется одинаковое



$$V(KMnO_4) = \frac{2}{3} \cdot V(R-\text{OH}) = \frac{2}{3} \cdot 0,13 = 0,2 \text{ моль}$$

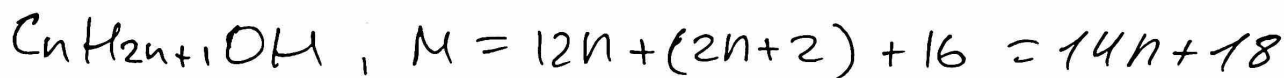
$$V(KMnO_4) = \frac{V}{C} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,14 \text{ М}} = 0,15 \text{ л}$$



задача 4

Чистовик

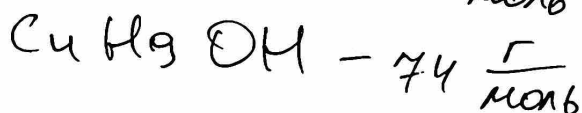
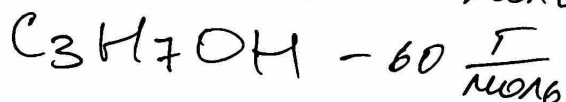
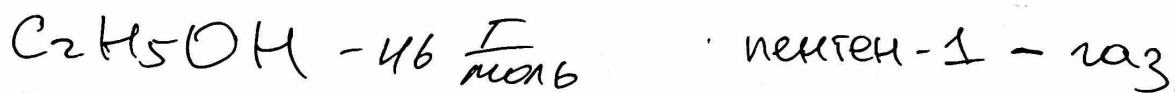
2-ОН: при внутримолекулярной дегидратации происходит элиминирование воды и образование алкенов.



$$V = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 11,15 \text{ л}}{8,314 \cdot 453 \text{ К}} = 0,30 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{15,9 \text{ г}}{0,3 \text{ моль}} = 53 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

т.к. продукты - алкены газообразные, вероятно, это ^{в.в.}содержащее как можно меньше углерода:



один из них - этанол (т.к. $M_{\text{ср}} = 53 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$)

$$\text{смесь } C_2 H_5 OH \text{ и } C_3 H_7 OH: 46x + 60(1-x) = 53$$

$$x = 0,15$$

$$\text{смесь } C_2 H_5 OH \text{ и } C_4 H_9 OH: 46x + 74(1-x) = 53$$

$$x = 0,75$$

т.к. оба варианта подходит:

2 возможных состава

$$1) \omega(C_2 H_5 OH) = \frac{46 \cdot 0,15 \cdot 100\%}{15,9} = 43,4\%$$

$$\omega(C_3 H_7 OH) = 56,6\%$$

$$[\text{NO}_2] = \frac{\nu}{V} = 0,0141 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \quad \text{Чистовик}$$

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{\nu}{V} = 0,0261 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$r_{\rightarrow} = 2r_{\leftarrow}$, т.к. в прямой р-ции расходуется 2 моля вещества на 1 моль реакции.

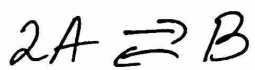
$$k_1 [\text{NO}_2]^2 = 2k_{-1} [\text{N}_2\text{O}_4]$$

$$k_{-1} = \frac{k_1 [\text{NO}_2]^2}{2 [\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{5,00 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0141^2}{2 \cdot 0,0261} = 1,90 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$$

Ответ: $1,90 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$

Задача 3

Мистовик



$$\frac{J(B)}{J(A)} = \frac{1,86}{1} \Rightarrow \omega(B) = ~~68,03\%~~ 65,03\%$$

$$\omega(A) = 34,97\%$$

ур-ние Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$J(B) + J(A) = \nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ л}}{8,314 \cdot 303 \text{ К}} = 0,0402 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow J(B) = 0,0261 \text{ моль}$$

$$J(A) = 0,0141 \text{ моль}$$

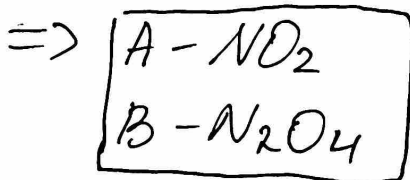
$$M_{\text{обц}} = M_{\text{ср}} \cdot \nu_{\text{обц}} = 3,053 \text{ г}$$

$$M(B) = 2M(A) \quad M(B) = 2M(A)$$

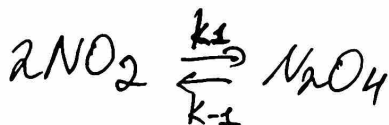
$$M(B) \cdot \nu(B) + M(A) \cdot \nu(A) = 3,053 \text{ г}$$

$$\Rightarrow M(A) \cdot (2\nu(B) + \nu(A)) = 3,053 \text{ г}$$

$$M(A) = \frac{3,053 \text{ г}}{2\nu(B) + \nu(A)} = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$



, т.к. NO_2 димеризуется и имеет молярную массу $46 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$



т.к. установлено равновесие, то скорость прямой реакции равна скорости обратной. (на 1 моль реакции)

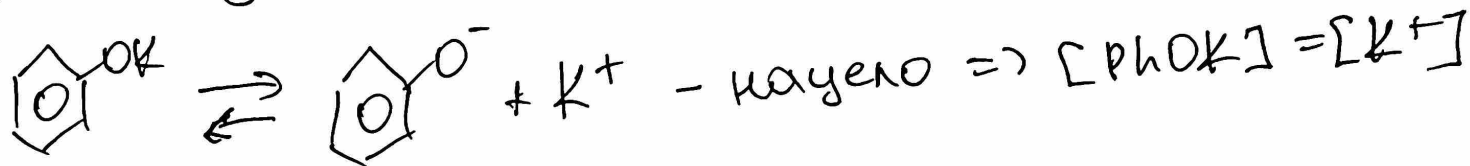
$$k_{-1} - 2 \quad r_{\rightarrow} = k_1 [\text{NO}_2]^2$$

$$r_{\leftarrow} = k_2 [\text{N}_2\text{O}_4]$$

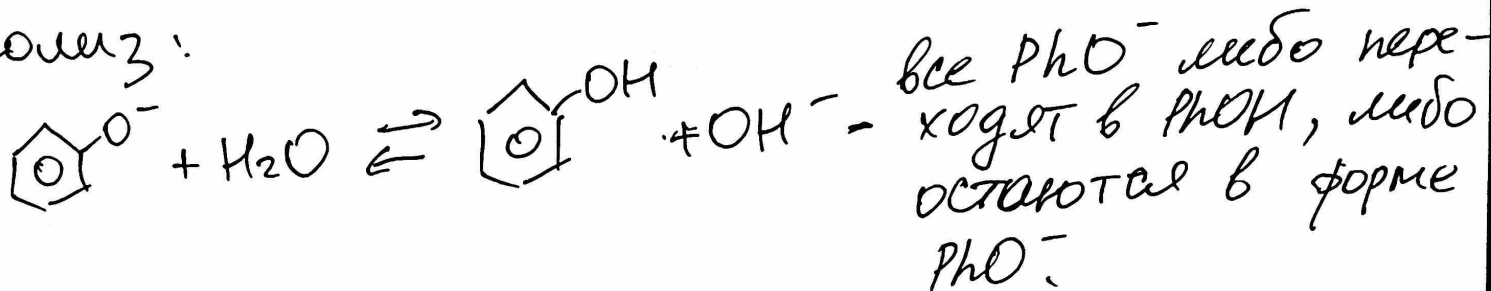
Задача 2

Чистовая

уравнение диссоциации фенолата калия:



гидролиз:



$$K_{\text{дис}} = 10^{-10} = \frac{[\text{PhO}^-][\text{H}^+]}{[\text{PhOH}]}$$

$$K_{\text{т}} = \frac{[\text{PhOH}][\text{OH}^-]}{[\text{PhO}^-]} = \frac{[\text{OH}^-][\text{H}^+]}{K_{\text{дис}}} = \frac{K_{\text{w}}}{K_{\text{дис}}} = 10^{-4}$$

$[\text{PhOK}] = [\text{PhO}^-] + [\text{PhOH}]$

Баланс по зарядам:

$$[\text{PhOK}] = [\text{PhO}^-] + [\text{PhOH}] = [\text{PhO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{K}^+] + [\text{H}^+]$$

$$[\text{PhO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{PhO}^-] + [\text{PhOH}] + [\text{H}^+]$$

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

$$\approx 10^{-3}$$

$$10^{-10} = \frac{[\text{PhO}^-] \cdot 10^{-14}}{10^{-3}}$$

$$[\text{PhO}^-] = 0,01 \text{ M}$$

$$[\text{PhOK}] = [\text{PhO}^-] + [\text{PhOH}] = 0,01 + 10^{-3} = 0,011 \text{ M}$$

Ответ: 0,011 M.

Цисловик

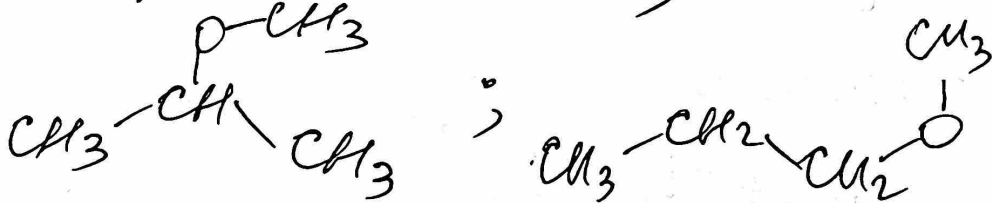
характерная качественная реакция - с метал-
лическим натрием:



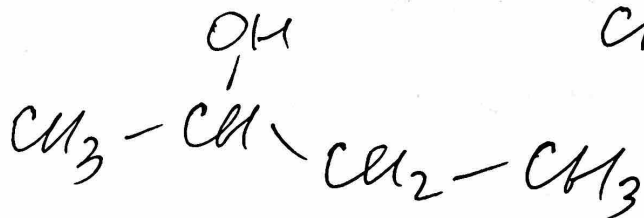
признак протекания: выделение газа.

другие возм. варианты простых эфиров
и спиртов (каж. р-ция та же)

простые эфиры:



спирты:



Задача 1

Общ. формула: $C_nH_mO_k$ — 42 электрона и 32 нейтрона

${}^{12}_6C$ — 6 электронов и 6 нейтронов

${}^{16}_8O$ — 8 электронов и 8 нейтронов

1_1H — 1 электрон и 0 нейтронов

$$\begin{cases} 6n + m + 8k = 42 \\ 6n + 0 \cdot m + 8k = 32 \end{cases} \text{ вычтем эти уравнения}$$

$$\Rightarrow m = 10$$

$$6n + 8k = 32$$

отсюда получаем, что при:

$$n=1 \quad k = \frac{32-6n}{8} = \frac{13}{4} - \text{нецелое}$$

$$n=2 \quad k = \frac{32-12}{8} = \frac{5}{2} - \text{нецелое}$$

$$n=3 \quad k = \frac{32-18}{8} = \frac{7}{4} - \text{нецелое}$$

$$n=4 \quad k = \frac{32-24}{8} = 1$$

$\Rightarrow C_4H_{10}O$ — единственный подходящий вариант, т.к. степень ненасыщенности: $\frac{4 \cdot 2 + 2 - 10}{2} = 0$. : единств. подходящие классы соединений — спирт и простой эфир и

диэтиловый эфир:



бутанол-1

и

