



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Шорина Анна Сергеевна**

Класс: **10**

Технический балл: **87**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

**Шифр:** 9861481

**Проверяющий:** Сорокин И.Д.

1. 8 (полное)

2. 16 (полное)

3. 16 (полное)

4. 18 (минус 2 балла, перепутаны местами массовые доли)

5. 9 (минус 4 балла за первую часть, где неправильно посчитано изменение массы раствора, минус 7 баллов за то, что часть про карбонат почти отсутствует)

6. 20 (полное)

Сумма: 87 (восемьдесят семь баллов)

Вар. 1.

№1. Пусть формула в-в  $C_x H_y O_z$ .

тогда электронов в молекуле  $6x + y + 8z$

нейтронов в молекуле:  $6x + 8z$

$$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 & (1) \\ 6x + 8z = 32 & (2) \end{cases}$$

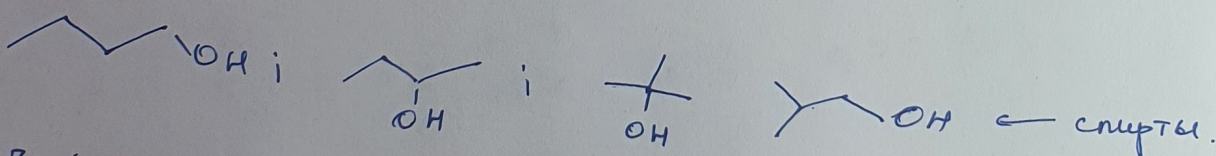
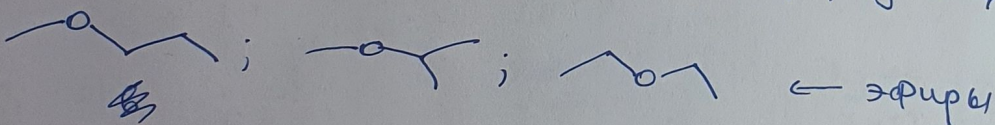
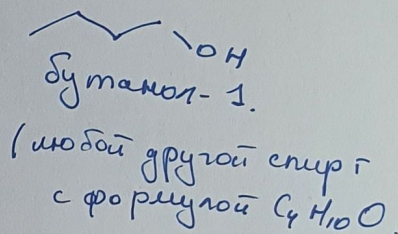
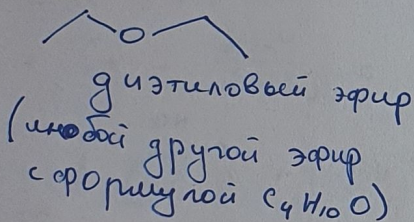
(1) - (2):  $y = 42 - 32 \Rightarrow y = 10$ .

$C_x H_{10} O_z \leftarrow$  минимальное  $x = 4$ . (иначе слишком много H)

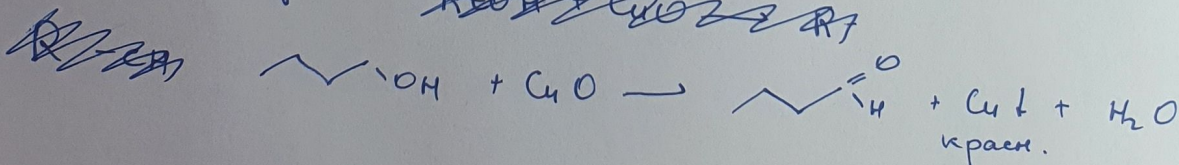
$$6x + 8z = 32 \Rightarrow z = \frac{32 - 6x}{8} = 4 - 0,75x$$

при  $x = 4 \quad z = 1 \Rightarrow C_4 H_{10} O$

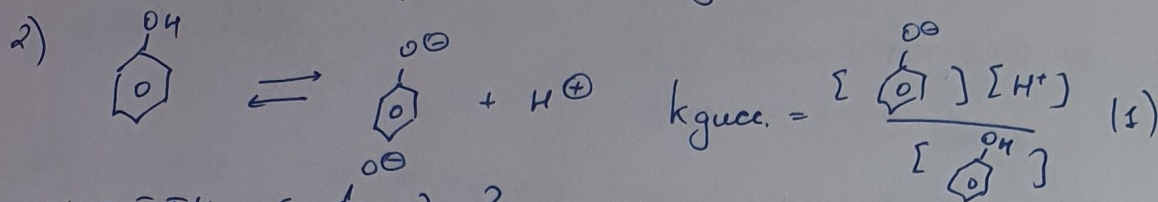
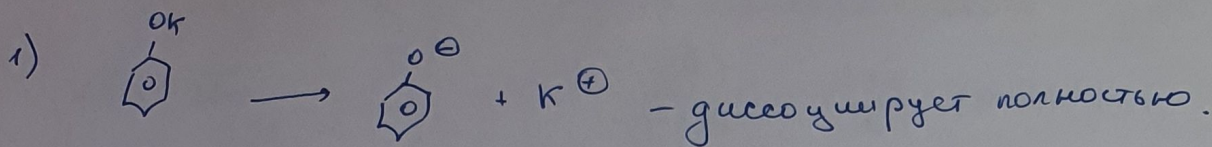
в-ва:



каж. р-я на спирты: ~~RCOH + SiO2~~



N2.  $pH = 11 \Rightarrow [H^+] = 10^{-11} \text{ M}$ ;  $K_{дисс.} = 10^{-10}$



найти  $[C_6H_5O^-] = ?$

Пусть  $C_0$  - изначальная конц. OC1=CC=CC=C1.[K+] (как только добавили)

тогда  $C_0 = [C_6H_5OH] + [C_6H_5O^-]$

уравнение электронейтральности:  $[H^+] + [K^+] = [C_6H_5O^-] + [OH^-]$

при этом  $[K^+] = C_0$  ( $K^+$ ) =  $C_0$ .

$[OH^-] = [H^+] = K_w$

2)  $[H^+] + C_0 - \frac{K_w}{[H^+]} = [C_6H_5O^-]$

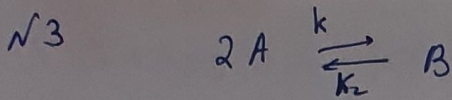
$\Rightarrow C_0 = [C_6H_5OH] + [H^+] + C_0 - \frac{K_w}{[H^+]}$

$\Rightarrow [C_6H_5OH] = \frac{K_w}{[H^+]} - [H^+]$

из (1):  $[C_6H_5O^-] = \frac{K_{дисс.} [C_6H_5OH]}{[H^+]} = \frac{K_{дисс.}}{[H^+]} \left( \frac{K_w}{[H^+]} - [H^+] \right)$

$[C_6H_5O^-] = \frac{10^{-10}}{10^{-11}} \cdot \left( \frac{10^{-14}}{10^{-11}} - 10^{-11} \right) = 0,01 \text{ M}$

Ответ. 0,01 M.



$$V = 14 = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T = (273 + 30) \text{ К} = 300 \text{ К}$$

$$\varphi(A) = \frac{1}{1,86 + 1}$$

$$\varphi(B) = \frac{1,86}{1 + 1,86}$$

$$\frac{V(B)}{V(A)} = \frac{1,86}{1} \quad (\text{равновесие})$$

$$P_{\text{атм}} = 101325 \text{ Па}$$

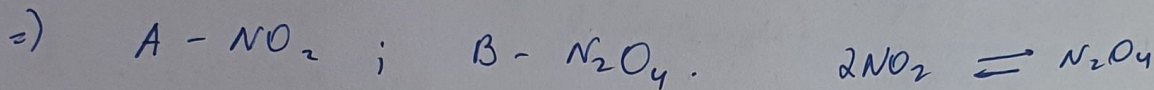
$$M_{\text{ср}} = 75,9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$M(A) = x$ ; т.к. B - продукт димеризации A, то  $M(B) = 2M(A) = 2x$ .

$$M_{\text{ср}} = \varphi(A) \cdot M(A) + \varphi(B) \cdot M(B), \quad \text{где } \varphi - \text{ мольная доля.}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{1}{1,86 + 1} \cdot x + \frac{1,86}{1 + 1,86} \cdot 2x \Rightarrow 75,9 = 1,65x$$

$$x = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \leftarrow \text{соответствует } \underline{\text{NO}_2}$$



$$r = k_1 [A]^2 = k_2 [B] \leftarrow \text{ скорость р-ции при равновесии. } \textcircled{1}$$

$$PV = \nu RT \Rightarrow \nu = \frac{P_{\text{атм}} V}{RT} = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} = 0,040624 \text{ (моль)}$$

( $\textcircled{1}$  при равновесии скорости прямой р-ции равна скорости обратной)

т.к. A и B - газы, то  $[A] = p(A)$  и  $[B] = p(B)$  (перечисленные газы)

$$\Rightarrow k_1 = \frac{k_2 [B]}{[A]^2} \Rightarrow k_2 = \frac{k_1 \cdot \varphi^2(A) \cdot P_{\text{атм}}}{\varphi(B)}$$

$$P(A) = \varphi(A) \cdot P_{\text{атм}}; \quad P(B) = \varphi(B) \cdot P_{\text{атм}}$$

$$k_2 = \frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{моль} \cdot \text{мин}} \cdot \left(\frac{1}{2,86}\right)^2 \cdot 101325 \text{ Па}}{1 \cdot 1 \cdot \frac{1,86}{2,86}}$$

$$[A] = \frac{\nu(A)}{V} = \frac{\varphi(A) \cdot \nu_{\text{общ}}}{V}; \quad [B] = \frac{\varphi(B) \cdot \nu_{\text{общ}}}{V}$$

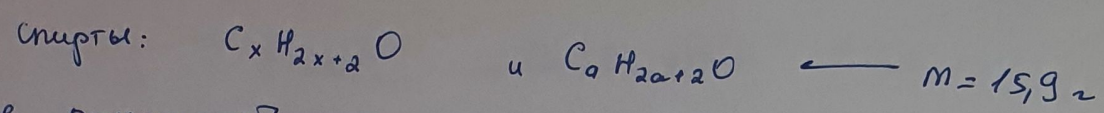
$$\Rightarrow k_2 = \frac{k_1 [A]^2}{[B]} = \frac{k_1 \cdot \varphi^2(A) \cdot \nu_{\text{общ}}^2 \cdot V}{\nu^2 \cdot \varphi(B) \cdot \nu_{\text{общ}} \cdot V} = \frac{k_1 \varphi^2(A) \cdot \nu_{\text{общ}}}{V \cdot \varphi(B)}$$

$$k_2 = \frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{моль} \cdot \text{мин}} \cdot \left(\frac{1}{2,86}\right)^2 \cdot 0,0406 \text{ моль}}{1 \cdot 1 \cdot \frac{1,86}{2,86}} = 3,78 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{мин}}$$

Ответ.  $3,78 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{мин}}$

метовик

N4. T = 453 K; p = 101325 Pa



поше p-уши образуются алкены: C<sub>x</sub>H<sub>2x</sub> и C<sub>a</sub>H<sub>2a</sub>

pV = νRT ⇒ ν =  $\frac{pV}{RT} = \frac{101325 \cdot 11,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{м}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 453 \text{ К}} = 0,3094 \text{ моль}$

Пусть ω(C<sub>x</sub>H<sub>2x+2</sub>O) = n (0 < n < 1)

⇒ ω(C<sub>a</sub>H<sub>2a+2</sub>O) = 1 - n

m(C<sub>x</sub>H<sub>2x+2</sub>O) = n · 15,9 г ⇒ ν(C<sub>x</sub>H<sub>2x+2</sub>O) =  $\frac{15,9 \text{ г} \cdot n}{M(C_x H_{2x+2} O)} = \frac{15,9 \text{ г} \cdot n}{18 + 14x}$

m(C<sub>a</sub>H<sub>2a+2</sub>O) = 15,9(1 - n) ⇒ ν(C<sub>a</sub>H<sub>2a+2</sub>O) =  $\frac{15,9(1-n)}{18 + 14a}$

$\left. \begin{matrix} \nu(C_x H_{2x}) = \nu(C_x H_{2x+2} O) \\ \nu(C_a H_{2a}) = \nu(C_a H_{2a+2} O) \end{matrix} \right\} \Rightarrow 0,3094 = \frac{15,9 \text{ г} \cdot n}{18 + 14x} + \frac{15,9(1-n)}{18 + 14a}$

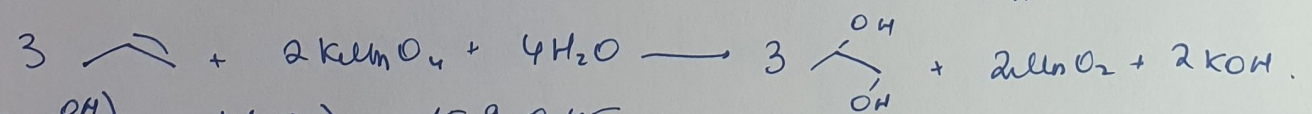
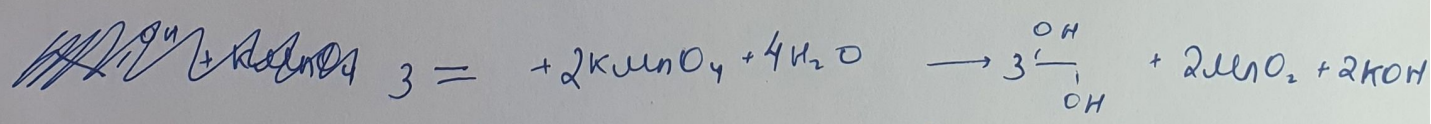
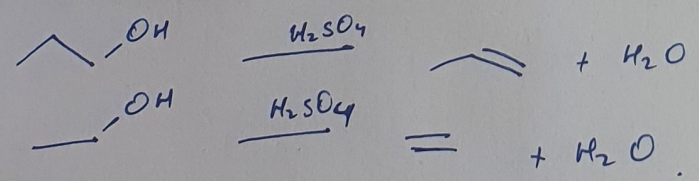
так как продукты газобразные, то ~~...~~  $\begin{cases} x < 5 \\ a < 5 \end{cases}$

при x = 3; a = 2 n = 0,45

при x = 2; a = 4 n = 0,723

при x = 3; a = 4 n > 1

⇒ возьмем в-ва - это CCC(O)C и CCC(O)C  
причем ω(CCC(O)C) = 0,45; ω(CCC(O)C) = 0,55



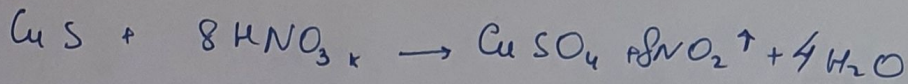
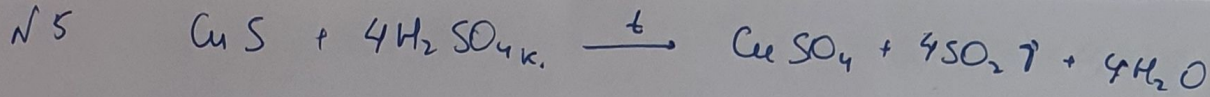
ν(CCC(O)C) = ν(CCC=C) =  $\frac{15,9 \cdot 0,45}{18 + 14 \cdot 3} = 0,11925 \text{ моль}$

ν(CCC(O)C) = ν(=) = 0,3094 - 0,11925 = 0,19015 моль

⇒ ν(KMnO<sub>4</sub>) =  $\frac{2}{3} (\nu(\text{=}) + \nu(\text{=})) = 0,2062667 \text{ моль}$

V<sub>ppa</sub>(KMnO<sub>4</sub>) =  $\frac{0,2062667 \text{ моль}}{0,4 \frac{\text{моль}}{\text{л}}} = 0,5157 \text{ л} = 515,7 \text{ мл}$

Ответ в-ва: CCC(O)C; CCC(O)C; ν(KMnO<sub>4</sub>) = 0,5157 л



$$V(\text{CuS}) = \frac{9,62}{96 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,1 \text{ моль.}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 120,2 \cdot 0,63 = 75,62 \text{ г} \Rightarrow V(\text{HNO}_3) = \frac{75,62}{63 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 142,72 \cdot 0,98 = 139,8462 \text{ г} \Rightarrow V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{139,8462}{98 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1,427 \text{ моль.}$$

$$V(\text{SO}_2) = V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,427 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{SO}_2) = 1,427 \text{ моль} \cdot 64 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 91,328 \text{ г}$$

изменение массы во 2 стакане:  $\Delta m_2 = +142,72 - 91,328 = 51,372 \text{ г}$   
 $\Rightarrow$  во 2 стакане масса увеличится на  $51,372 \text{ г}$

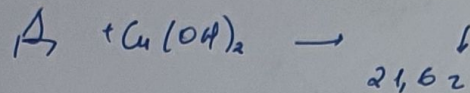
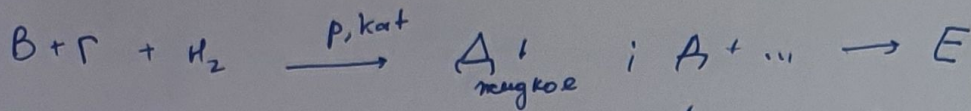
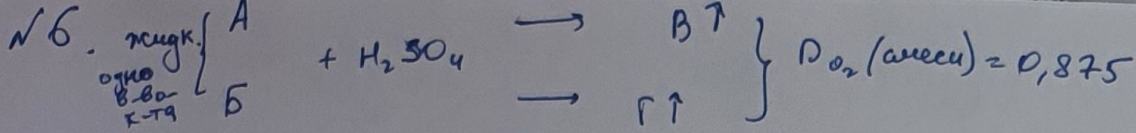
изменение массы в 1 стакане:  $\Delta m_1 = 120,2 - m(\text{NO}_2)$   
 $V(\text{NO}_2) = V(\text{HNO}_3) = 1,2 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{NO}_2) = 1,2 \text{ моль} \cdot 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 55,2 \text{ г}$   
 $\Delta m_1 = 120,2 - 55,2 = 64,8 \text{ г}$

$\Rightarrow$  в 1 стакане масса увеличится на  $64,8 \text{ г}$

$\Rightarrow$  разница в массах стаканов:  $64,8 - 51,372 = 13,428 \text{ г}$   
 На  $13,428 \text{ г}$  тяжелее станет I стакан.

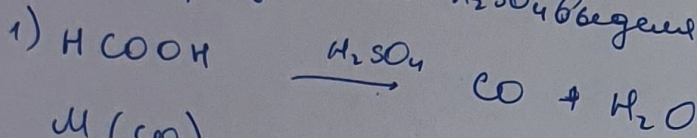
$\checkmark$  из расчетов  $\Rightarrow$  кислоты взяты в избытке  
 $\Rightarrow$  расчеты в обеих р-циях ведутся по кислотам.

Чтобы уравновесить весы нужно поместить  $13,428 \text{ г}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
 во II стакан



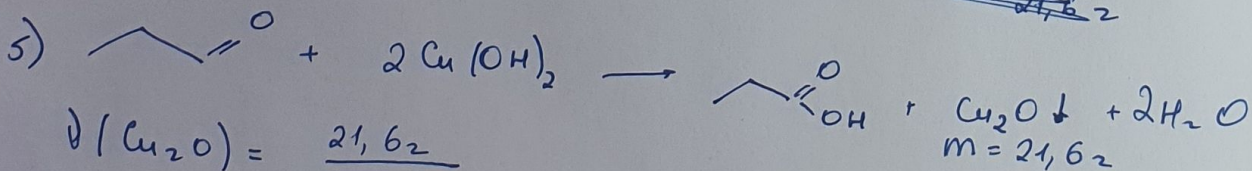
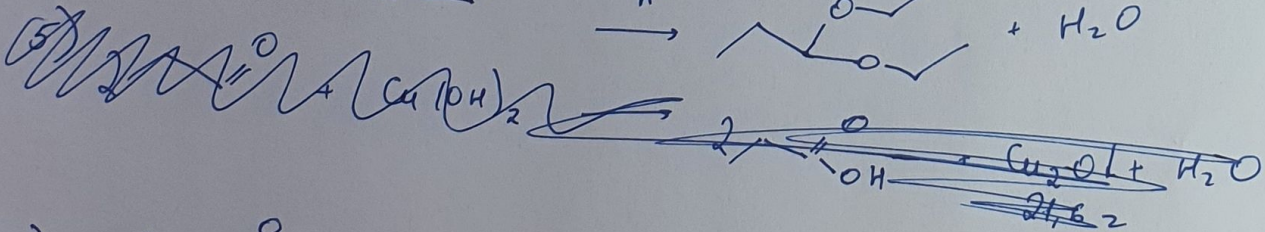
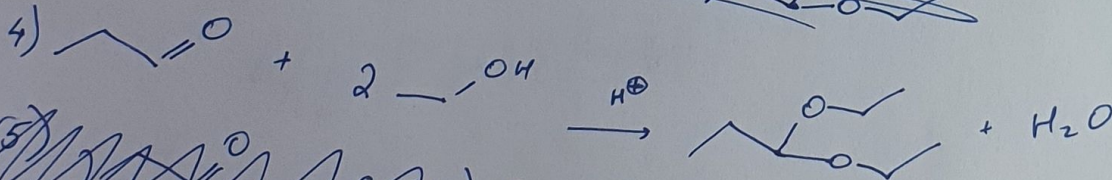
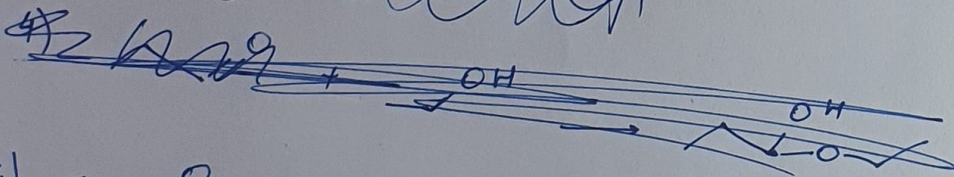
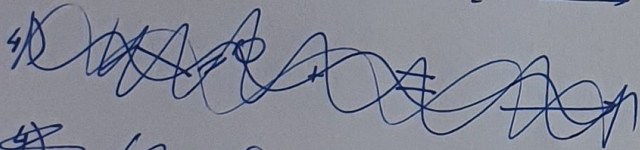
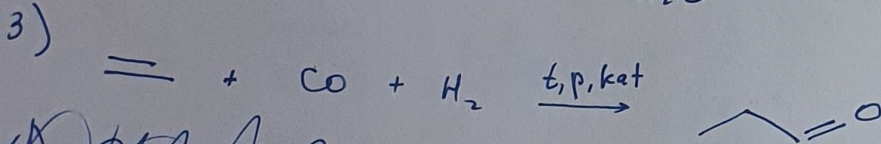
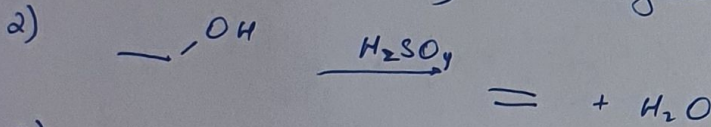
$\rho_{\text{O}_2}(\text{смеси}) = \frac{m_{\text{O}_2}}{m(\text{O}_2)} \Rightarrow m_{\text{O}_2} = 0,875 \cdot 32 = 28 \left( \frac{\text{г}}{\text{моль}} \right)$

кислота, при действии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выделяется газ, - это  $\text{HCOOH}$  (муравьиная к-та)



$m(\text{CO}) = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = m_{\text{O}_2} \Rightarrow m(\text{Г}) = 28 \text{ (C}_2\text{H}_4 \text{ или N}_2\text{)}$

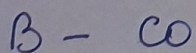
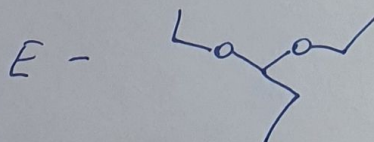
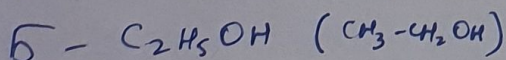
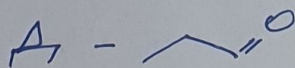
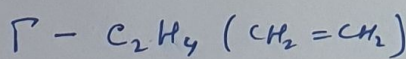
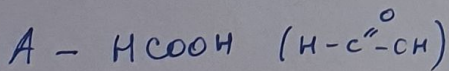
$\Rightarrow \text{Г} - \text{C}_2\text{H}_4 (=) \leftarrow$  получается при дегидратации  $\text{—OH}$



$\nu(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{21,62}{144 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,15 \text{ моль}$

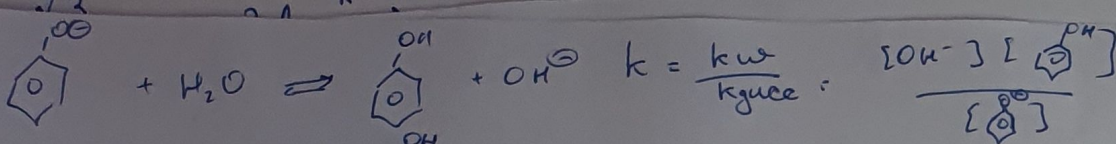
$\Rightarrow \nu(\text{—CHO}) = 0,15 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{—CHO}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 58 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 8,72$

Ответ.  $m(\text{А}) = 8,72$

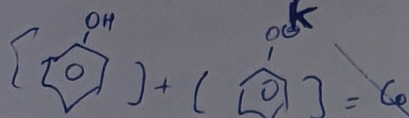


мстевик





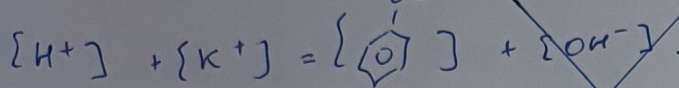
$$x = \frac{[OH^-][C_6H_5OH]}{k} = \frac{[OH^-]}{k} \cdot (C_0 - x) = \frac{k_{\text{пр}}}{k_{\text{обр}}} \cdot [C_6H_5OH]$$



$$[C_6H_5O^-] = \frac{k_{\text{обр}} \cdot [C_6H_5OH]}{[H^+]}$$

$$x = \frac{k_{\text{пр}} \cdot (C_0 - x)}{[H^+]}$$

$$k_{\text{равн}} = \frac{k_1}{k_{-1}}$$



$$[H^+] + C_0 = x + \frac{k_{\text{пр}}}{[H^+]}$$

$$C_0 = x + \frac{k_{\text{пр}}}{[H^+]} - [H^+]$$

$$\sqrt{c_{\text{ис}}} = 0,1 \text{ м.}$$

$$\sqrt{[HNO_3]} = 1,2 \text{ моль}$$

$$\sqrt{[H_2SO_4]} = 1,427 \text{ моль}$$

$$x = \frac{k_{\text{пр}}}{[H^+]} \cdot \left( x + \frac{k_{\text{пр}}}{[H^+]} - [H^+] - x \right)$$

$$x = \frac{k_{\text{пр}}}{[H^+]} \left( \frac{k_{\text{пр}}}{[H^+]} - [H^+] \right)$$

$$k[A]^2 = k_2[B] \quad k_2 = \frac{k[A]^2}{[B]}$$

ЧЕРНОВИК