



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Андреев Дмитрий Михайлович**

Класс: **11**

Технический балл: **94**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Проверяющий Афанасов М.И

Итого: $8 + 16 + 16 + 14 + 20 + 20 = 94$ балла

Задание 1. Оценка – 8 баллов

Задание 2. Оценка – 16 баллов

Задание 3. Оценка – 16 баллов

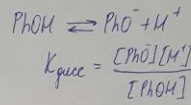
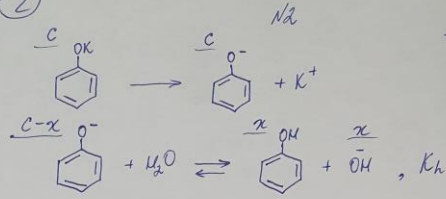
Задание 4. Оценка – 14 баллов. Не уравнены р-ции с KMnO_4 , ошибка в расчете объема р-ра окислителя.

Задание 5. Оценка – 20 баллов

Задание 6. Оценка – 20 баллов

2

решение



$$K_h = \frac{[\text{PhOH}][\text{OH}^-]}{[\text{PhO}^-]} = \frac{[\text{PhOH}][\text{OH}^-]}{[\text{PhO}^-]} \cdot \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}^+]} = \frac{K_w}{K_{\text{дис}}}$$

$$K_h = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{pH} = 11 \Rightarrow [\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-11}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-11}} = 1 \cdot 10^{-3} = [\text{PhOH}]$$

$$K_h = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^2}{c - 1 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

$$c = 0,011$$

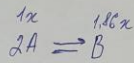
$$c(\text{PhOK}) = 0,011 \text{ M}$$

$$\text{Ответ: } 0,011 \text{ M}$$

3

N3

металлик



$$V = 1,00 \text{ л}$$
$$T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$p_0 = 1,00 \text{ атм}$$

$$\mu(\text{см.}) = 45,9 \text{ г/моль}$$

$$pV = nRT \Leftrightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

$$n(\text{см.}) = \frac{101,325 \cdot 1,00}{8,314 \cdot 303} = 0,0402 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{см.}) = 1x + 1,86x = 2,86x = 0,0402$$

$$x = 0,0141$$

Из уравнения x-числ видно, что $\mu(B) = 2\mu(A)$

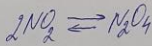
$$\mu(\text{см.}) = \frac{\mu(A) \cdot n(A) + \mu(B) \cdot n(B)}{n(A) + n(B)} =$$

$$= \frac{\mu(A) \cdot 0,0141 + 2\mu(A) \cdot 1,86 \cdot 0,0141}{0,0141 + 1,86 \cdot 0,0141} = 45,9$$

$\mu(A) = 46 \text{ г/моль}$, что соответствует молярной массе азота (NO_2)

A - NO_2

B - N_2O_4



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

т.к. $V = \text{const}$, то $K = n$

$$[\text{NO}_2] = \frac{0,0141}{0,0402} = 0,351$$

$$K = \frac{x(\text{N}_2\text{O}_4)}{x(\text{NO}_2)^2} = \frac{1,86 \cdot 0,0141}{\left(\frac{0,0141}{0,0402}\right)^2} = 5,30$$

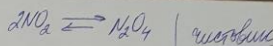
Также константа равновесия может быть рассчитана кинетическим:

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

$$k_1 = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$$

продолжение на следующей странице

$$[NO_2] = \frac{0,0141}{1,00} = 0,0141 \text{ (м)}$$



$$[N_2O_4] = \frac{1,86 \cdot 0,0141}{1,00} = 0,0262 \text{ (м)}$$

$$K = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{0,0262}{0,0141^2} = 131,8 \left(\frac{\text{м}}{\text{моль}} \right)$$

Числовое значение константы равновесия может быть рассчитано численно:

$$K = \frac{K_{обр}}{K_{пр}} \quad , \quad K_{пр} = 5,00 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

$$K_{обр} = 131,8 \cdot 5,00 \cdot 10^{-3} = 0,659 \frac{\text{м}}{\text{моль} \cdot \text{мин}} \quad \left(\frac{\text{м}^2}{\text{моль}^2 \cdot \text{мин}} \right)$$

$2A \rightleftharpoons B$

Когда установлено равновесие: $v_{пр} = v_{обр}$

$$\left. \begin{array}{l} v_{пр} = k_{пр} [A]^2 \\ v_{обр} = k_{обр} [B] \end{array} \right\} \Rightarrow k_{пр} [A]^2 = k_{обр} [B]$$

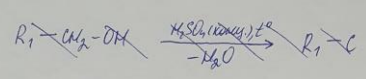
$$k_{обр} = \frac{k_{пр} [A]^2}{[B]} =$$

$$= \frac{5,00 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{0,0141}{1,00} \right)^2}{\frac{1,86 \cdot 0,0141}{1,00}} = 3,79 \cdot 10^{-5} \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

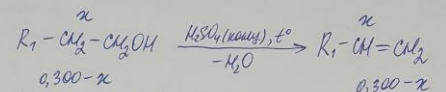
4

N4

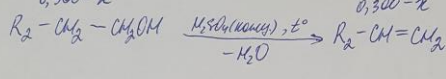
мисъл



$m(\text{сирпоб}) = 15,9$
 $V(\text{ш.г.проп.}) = 11,15 \text{ л}$



$n(\text{ш.г.проп.}) = \frac{10,335 - 11,15}{8,314 \cdot 453} =$
 $= 0,300 \text{ (моль)}$



$n(R_1CH_2CH_2OH) = x \text{ моль}$, тогава $n(R_2CH_2CH_2OH) = (0,300 - x) \text{ моль}$

$m(\text{сирпоб}) = (R_1 + R_2) \cdot n$ *Значително, образува се симетрична смес*
 пропенов, при R_1 и R_2 могат съответстват
 только $-H$, $-CH_3$ и $-C_2H_5$

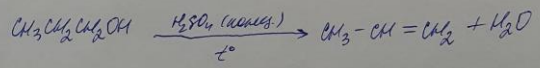
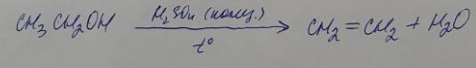
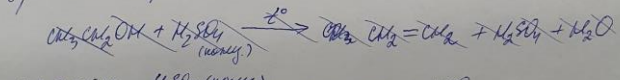
Если $R_1 \equiv H$, то $m(\text{сирпоб}) =$ *Если R_1 соответствует $-H$, то*

Вероятно вариант, когда R_1 соответствует $-H$, а
 R_2 соответствует $-CH_3$, тогда:

$m(\text{сирпоб}) = 46 \cdot x + 60 \cdot (0,300 - x) = 15,9$
 $x = 0,15$

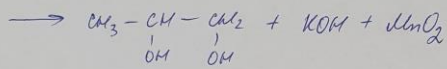
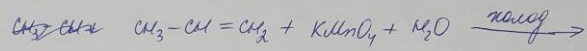
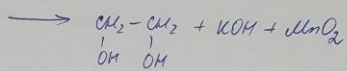
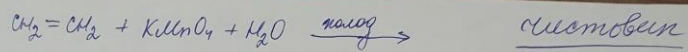
$W(CH_3CH_2OH) = \frac{46 \cdot 0,15}{15,9} = 0,434 \text{ (43,4\%)} \Rightarrow W(CH_3CH_2CH_2OH) = 56,6\%$

Применение р-ции:



5

применение
 или следующие
~~варианты~~ *варианты*



$$n(\text{диоксида}) = n(\text{KMnO}_4) = 0,300 \text{ (моль)}$$

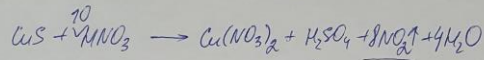
$$V(\text{KMnO}_4) = \frac{0,300}{0,4} = 0,75 \text{ (л)}$$

6

7

N5

числовые



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

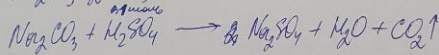
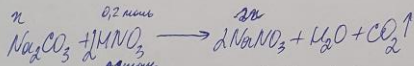
$$n(\text{HNO}_3) = \frac{120 \cdot 0,63}{63} = 1,2 \text{ (моль)}$$

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

$$m(\text{содержимого 1 стакана}) = 9,6 + 120 - 46 \cdot 0,8 = 92,8 \text{ (г)}$$

$$m(\text{содержимого 2 стакана}) = \frac{9,6 + 142,7 - 64 \cdot 0,4}{96 + 142,7 - 64 \cdot 0,4} = 126,7 \text{ (г)}$$

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



При добавлении x г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ образуется:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,376x \Rightarrow n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \text{ моль}$$

$$\left. \begin{array}{l} n(\text{оставш. HNO}_3) = 0,2 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль} \\ n(\text{образов. H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль} \end{array} \right\} n(\text{H}^+) = 0,4 \text{ моль}$$

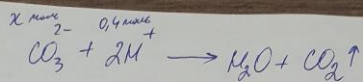
$$n(\text{CO}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

$$92,8 + 286x - 0,2 \cdot 44 = 126,7$$

$$x = 0,15$$

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

пропорция на след. этапе



чистовик

$$n(\text{H}^+) = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_3^{2-}) = x \text{ моль} \quad \text{— извест. значения соотношения по иону}$$

$$92,8 + 286x - (0,4 - x) \cdot 44$$

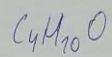
$$92,8 + 286x - 44 + 44x = 126,7$$

$$x = 0,14$$

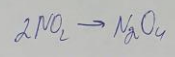
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286 \cdot 0,14 = 40(\text{г})$$

8

12

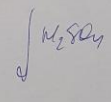
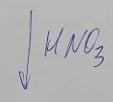
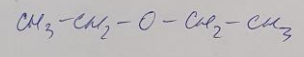
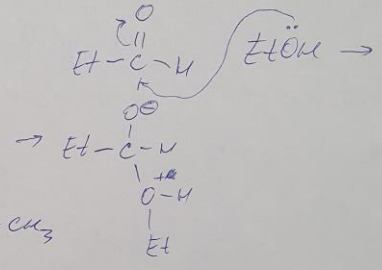
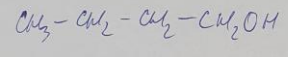


серьезно



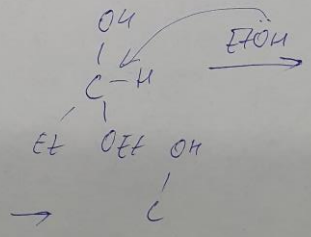
$K = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$

$\frac{k_{\text{пр}}}{k_{-1}}$



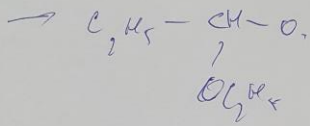
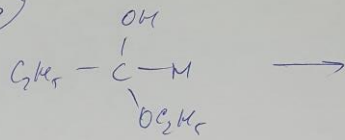
$$\frac{\frac{k}{v}}{\frac{k^2}{v^2}}$$

$$\frac{k[N_2O_4]}{k}$$



13

черновик



$$\frac{\text{моль}}{A}$$

$$\frac{\text{моль}^2}{A^2}$$

$$\frac{1}{A}$$

$$\frac{A}{\text{моль}} - \frac{1}{\text{моль} \cdot \text{мин}} =$$

$$\frac{KB}{k[A]^2}$$

с₁

$$\frac{\frac{A}{\text{моль} \cdot \text{мин}} \cdot \frac{\text{моль}}{A}}{\frac{\text{моль}}{A}}$$

$$\frac{C_{ind}}{k} = I_1 A$$

$$r = kI$$