МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Курамшина Дарья Андреевна**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

10167193	100	8	16	16	20	20	20

Хорошутин А.В.

Задание №6. Чистовик.

$M(смеси) = 32 \cdot 0{,}875 = 28 \frac{г}{моль}$

Реакция с гидроксидом меди - реакция на альдегиды

В+Г → H_2 - реакция гидроформилирования

В - CO, Г - C_2H_4

А - HCOOH, Б - C_2H_5OH, D - CH_3-CH_2-CHO

$$\overset{А}{HCOOH} \xrightarrow[t]{H_2SO_4} \overset{В}{CO\uparrow} + H_2O$$

$$\overset{Б}{C_2H_5OH} \xrightarrow[t]{H_2SO_4} \overset{Г}{C_2H_4\uparrow} + H_2O$$

$$CO + C_2H_4 + H_2 \xrightarrow[p]{kat} \overset{D}{CH_3-CH_2-CHO}$$

$$CH_3-CH_2-CHO + 2C_2H_5OH \xrightarrow{kat} \overset{E}{CH_3-CH_2-CH(OC_2H_5)_2}$$

E: $CH_3-CH_2-CH(OC_2H_5)_2$

$$CH_3-CH_2-CHO + 2Cu(OH)_2 = CH_3-CH_2-COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$$

$m(Cu_2O) = 21{,}6 г$

$M(Cu_2O) = 63{,}5 + 63{,}5 + 16 = 143 \frac{г}{моль}$

$\nu(Cu_2O) = \frac{21{,}6}{143} = 0{,}151$ моль

$\nu(Cu_2O) = \nu(CH_3-CH_2-CHO) = 0{,}151$ моль

$m(CH_3-CH_2-CHO) = 0{,}151 \cdot 58 = 8{,}76 г$ (вещество D)

Ответ: $m(D) = 8{,}76 г$

черновик № 3 лист 2

константа скорости ?

$2A \rightleftarrows B$

$V = 1{,}00 л$ $P = 1 атм$ $T = 273 + 30 = 303 K$

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0{,}001}{8{,}314 \cdot 303} = 0{,}0402$$

$$\nu(A) = \frac{1}{2{,}86} \cdot 0{,}0402 = 0{,}0141$$

$$\nu(B) = \frac{1{,}86}{2{,}86} \cdot 0{,}0402 = 0{,}0262$$

$$[A] = \frac{0{,}0141}{1} = 0{,}0141 \ \frac{моль}{л}$$

$$[B] = \frac{0{,}0262}{1} = 0{,}0262 \ \frac{моль}{л}$$

$$K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0{,}0262}{(0{,}0141)^2} = 131{,}78 \ \frac{л}{моль}$$

$$K = \frac{K_1}{K_{-1}} \Rightarrow$$

$$K_{-1} = \frac{K_1}{K} = \frac{5{,}00 \cdot 10^{-3}}{131{,}78} = 3{,}79 \cdot 10^{-5} \ мин^{-1}$$

Чистовик №1.

Молекулярная масса - 74, т.к. 42 электрона, 32 нейтрона и 42 протона.

Считаем, что все связи насыщены, тогда формула углеводорода будет $C_nH_{2n+2}O_x$

Пусть $O = 1$, тогда $74 - 16 = 58$, тогда $C_nH_{2n+2} = 58$

Варианты: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ $n = 4$

бутанол-1

$CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$

бутанол-2

$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-OH$

2-метилпропанол-1

$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-OH$

третбутиловый эфир

Классовая изомерия (простые эфиры): $CH_3-CH_2-CH_2-O-CH_3$

метилпропиловый эфир

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

диэтиловый эфир

Р-р:

1) $2\,CH_3-CH_2-CH_2-OH + 2Na \rightarrow 2\,CH_3-CH_2-CH_2-ONa + H_2\uparrow$

бутилат натрия

Простые эфиры со щелочными Me не взаимодействуют.

Чистовик № 2.

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

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

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{[PhOH][OH^-]}{[PhO^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$PhOK + H_2O \rightleftarrows PhOH + KOH$$

$$pH = 11 \Rightarrow pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} = 0{,}001\ M = [PhOH]$$

$$[PhO^-] = \frac{[PhOH][OH^-]}{K_b} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{10^{-4}} = 10^{-2}\ M$$

$$C_{общ}(PhOK) = [PhOH] + [PhO^-] = 10^{-2} + 10^{-3} = 0{,}011\ M$$

Ответ: 0,011 M

черновик
константа
черновик

№3
скорости ?

лист 2

№2

$$K_{дис} = \frac{[H^+][PhO^-]}{[PhOH]} = 10^{-10} \quad K_a = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{[PhOH][OH^-]}{[PhO^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

р.з.зап.

$$PhOK + H_2O \rightleftarrows PhOH + KOH$$

дано

$pH = 11 \Rightarrow pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3$

$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} = 0{,}001\ M = [PhOH]$

$$[PhO^-] = \frac{[PhOH][OH^-]}{K_b} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{10^{-4}} = 10^{-2}\ M$$

$C_{общ}(PhOK) = [PhOH] + [PhO^-] = 10^{-2} + 10^{-3} = 0{,}011\ M$

Ответ: 0,011 M

черновик №1 лист 1

Молекулярная масса ?.. 74, т.к. 42 электрона, 32 нейтрона и 42 протона.

Считаем, что все связи насыщены, тогда формула углеводорода будет $C_n H_{2n+2} O_x$

пусть $O = 1$, тогда $74 - 16 = 58$, тогда $C_n H_{2n+2} = 58$

$n = 4$

~~$CH_3 - CH_2 - CH_2$~~

варианты: $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$

бутанол - 1

$CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_3$

бутанол - 2

$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - OH$

2-метилпропанол - 1

$CH_3 - C(CH_3)_2 - OH$

трет бутиловый эфир

Классовая изомерия: $CH_3 - CH_2 - CH_2 - O - CH_3$
(простые эфиры)

метилпропиловый эфир (1)

$CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$

диэтиловый эфир

Р-Р:

1) $2CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH + 2Na \rightarrow 2CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - ONa + H_2\uparrow$

бутилат натрия

Простые эфиры не взаимодействуют со щелочными Me

чистовик

№5

лист 2

№5

черновик

1) $\overset{0,1\ моль}{CuS_{тв}} + 8HNO_{3\,изб} \rightarrow \overset{0,8\ моль}{CuSO_4} + 8NO_2\uparrow + 4H_2O$

2) $\overset{0,1\ моль}{CuS_{тв}} + 4H_2SO_{4\,изб} \rightarrow CuSO_4 + \overset{0,4\ моль}{4SO_2\uparrow} + 4H_2O$

① $n(CuS) = \frac{m}{M} = \frac{9,6}{96} = 0,1$ моль - недостаток

$m(HNO_3) = \frac{120 \cdot 63\%}{100\%} = 75,6$ г

$n(HNO_3) = 75,6/63 = 1,2$ моль - избыток

$8n(CuS) = n(NO_2) = 0,8$ моль

$m(NO_2) = 0,8 \cdot 46 = 36,8$ г

$m_{р-ра} = 9,6 + \overset{83,2}{120} - 36,8 = 92,8$ г

② $n(CuS) = 0,1$ моль - недост.

$m(H_2SO_4) = \frac{142,7 \cdot 98\%}{100\%} = 139,85$ г

$n(H_2SO_4) = \frac{139,85}{98} = 1,43$ моль - избыт.

$4n(CuS) = n(SO_2) = 0,4$ моль

$m(SO_2) = 0,4 \cdot 64 = 25,6$ г

$m_{р-ра} = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7$ г

черновик

№5

лист 2

$$\overset{0,4\ моль}{Na_2CO_3 \cdot 10H_2O} + \overset{0,4\ моль}{2HNO_3} = 2NaNO_3 + 11H_2O + CO_2\uparrow$$

Добавим кристаллогидрата: $126,7 - 92,8 = 33,9$ г $CO_2\uparrow$

$n(HNO_3) = 1,2$ моль $- 0,8$ моль $= 0,4$ моль
не прореагировало
(из б)

$2n$(кристаллогидрата) $= n(HNO_3) = 0,2$ моль (добавить не больше этого кол-ва

Если добавляем 1 моль кристаллогидрата при достаточном кол-ве HNO_3, учитываем что

$M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) - M(CO_2)\uparrow =$
$= 286$ г/моль $- 44$ г/моль $= 242$ г/моль

$\frac{33,9}{242} = 0,14$ моль $(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) < \underline{0,2\ моль}$ предел

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,14$ моль $\cdot 286$ г/моль $= 40,04$ г
которую нужно добавить в 1й стакан, с учетом $CO_2\uparrow$ (улетающего)

$n(CO_2) = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,14$ моль

$m(CO_2)\uparrow = 0,14 \cdot 44 = 6,16$ г

m стакана 1 $= 92,8 + 40,04 - 6,16 \approx 126,7$ г
кристаллогидрата $CO_2\uparrow$

m стакана 1 $=$ m стакана 2

(7)

черновик №5 лист 2

черновик №4 лист 2

черновик №4 лист 1

$m(R\text{-}OH + R'\text{-}OH) = 15{,}9$ г

V(~~[illegible]~~ алкенов) $= 11{,}15$ л $=$ ~~0,00[illegible]1115 м³~~ $0{,}01115$ м³

$T = 273 + 180 = 453$ K

$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0{,}01115}{8{,}314 \cdot 453} = 0{,}30$ моль

$M_{ср}$ (средняя смеси спиртов) $= \frac{15{,}9}{0{,}3} = 53$ г/моль

допустим спирты C_2H_5OH и C_3H_7OH,

$M(C_2H_5OH) = 46$

$M(C_3H_7OH) = 60$

$\nu_1 M_1 + \nu_2 M_2 = 53$ $\quad \chi_1 + \chi_2 = 1$

$\chi_1 = 0{,}5$, $\chi_2 = 0{,}5$ смесь 1:1 по молям C_2H_5OH и C_3H_7OH

$\omega(C_2H_5OH) = \frac{46}{106} = 0{,}434$

$\omega(C_3H_7OH) = \frac{60}{106} = 0{,}566$

$\nu(C_2H_5\text{-}OH) = 0{,}15$ моль; $\nu(C_3H_7OH) = 0{,}15$ моль

$C_2H_5OH \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4} C_2H_4 + H_2O$

$C_3H_7OH \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4} C_3H_6 + H_2O$

$\nu(C_2H_4) = \nu(C_2H_5OH) = 0{,}15$ моль

$\nu(C_3H_6) = \nu(C_3H_7OH) = 0{,}15$ моль (5)

реакция с водным р-ром $KMnO_4$ – окисление до гликолей

~~3CH2~~ $3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O = 3\,HO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH + 2MnO_2 + 2KOH$

$3CH_3\text{-}CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O = 3\,CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2\text{-}OH + 2MnO_2 + 2KOH$

Чистовик №3.

1. $2A \rightleftarrows B$

Пусть M - молярная масса A, тогда $2M$ - молярная масса B

$$\frac{M + 1{,}86 \cdot 2M}{2{,}86} = 75{,}9 \frac{г}{моль}$$

$$M = \frac{75{,}9 \cdot 2{,}86}{1 + 2 \cdot 1{,}86} = 45{,}99 \approx 46 \frac{г}{моль}$$

$M(A) = 46 \frac{г}{моль}$ $\qquad$ $M(NO_2) = 14 + 32 = 46 \frac{г}{моль}$

$M(B) = 46 \cdot 2 = 92 \frac{г}{моль}$ $\qquad$ $M(N_2O_4) = 46 \cdot 2 = 92 \frac{г}{моль}$

Ответ: Это смесь NO_2 и N_2O_4

2. Константа скорости - ?(разложения B)

$2A \rightleftarrows B$ $\quad V = 1{,}00 л$ $\quad P = 1 атм$ $\quad T = 273 + 30°C = 303 K$

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0{,}001}{8{,}314 \cdot 303} = 0{,}0402 \text{ моль}$$

$$\nu(A) = \frac{1}{2{,}86} \cdot 0{,}0402 = 0{,}0141$$

$$\nu(B) = \frac{1{,}86}{2{,}86} \cdot 0{,}0402 = 0{,}0262$$

$$[A] = \frac{0{,}0141}{1} = 0{,}0141 \frac{моль}{л}$$

$$[B] = \frac{0{,}0262}{1} = 0{,}0262 \frac{моль}{л}$$

$$K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0{,}0262}{(0{,}0141)^2} = 131{,}78 \frac{л}{моль}$$

$$K = \frac{K_1}{K_{-1}}$$

$$K_{-1} = \frac{K_1}{K} = \frac{5{,}00 \cdot 10^{-3}}{131{,}78} = 3{,}79 \cdot 10^{-5} мин^{-1}$$

Ответ: константа скорости: $K_{-1} = 3{,}79 \cdot 10^{-5} мин^{-1}$

Чистовик №5.

1) $\overset{0,1\text{ моль}}{CuS} + 8HNO_3 \rightarrow CuSO_4 + \overset{0,8\text{ моль}}{8NO_2}\uparrow + 4H_2O$

2) $\overset{0,1\text{ моль}}{CuS} + 4H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + \overset{0,4\text{ моль}}{4SO_2}\uparrow + 4H_2O$

① $n(CuS) = \frac{m}{M} = \frac{9,6}{96} = 0,1$ моль – недостаток

$m(HNO_3) = \frac{120 \cdot 63\%}{100\%} = 75,6$ г

$n(HNO_3) = \frac{75,6}{63} = 1,2$ моль – избыток

$8n(CuS) = n(NO_2) = 0,8$ моль

$m(NO_2) = 0,8 \cdot 46 = 36,8$ г

$m_{р-ра} = 9,6г + 120г - 36,8г = 92,8г$

② $n(CuS) = 0,1$ моль – недостаток

$m(H_2SO_4) = \frac{142,7г \cdot 98\%}{100\%} = 139,85$ г

$n(H_2SO_4) = \frac{139,85г}{98\frac{г}{моль}} = 1,43$ моль – избыток

$4n(CuS) = n(SO_2) = 0,4$ моль

$m(SO_2) = 0,4\text{ моль} \cdot 64\frac{г}{моль} = 25,6$ г

$m_{р-ра} = 9,6г + 142,7г + (-25,6г) = 126,7г$

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O + \overset{0,4\text{ моль}}{2HNO_3} = \overset{0,4\text{ моль}}{2NaNO_3} + 11H_2O + CO_2\uparrow$

добавим кристаллогидрат: $126,7 - 92,8 = 33,9 - CO_2\uparrow$

$n(HNO_3) = 1,2\text{ моль} - 0,8\text{ моль} = 0,4$ моль

не прореагировало (изб)

$2n$(кристаллогидрата) $= n(HNO_3) = 0,2$ моль (добавить больше этого кол-ва)

Если добавили 1 моль кристаллогидрата при достаточном кол-ве HNO_3, учитываем что

$M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) - M(CO_2)\uparrow = 286\frac{г}{моль} - 44\frac{г}{моль} = 242\frac{г}{моль}$

№5 (продолжение)

$\frac{33,9}{242} = 0,14$ моль ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) < 0,2 моль ← предел.

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,14$ моль $\cdot 286 \frac{г}{моль} = 40,04$ г

которую нужно добавить в 1-ый стакан, с учетом CO_2 ↑ (улетевшего)

$n(CO_2) = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,14$ моль

$m(CO_2 ↑) = 0,14$ моль $\cdot 44 \frac{г}{моль} = 6,16$ г

m стакана 1 = 92,8 + 40,04 (кристаллогидрат) − 6,16 г (CO_2 ↑) = 126,7 г

m стакана 1 = m стакана 2

Ответ: добавить в 1-ый стакан 40,04 г ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$)

черновик

№3

$2A \rightleftarrows B$

пусть M - молярн. масса A, тогда

$2M$ - молар. масса B

$$\frac{M + 1{,}86 \cdot 2M}{2{,}86} = 75{,}9 \text{ г/моль}$$

$$\frac{217{,}074}{1 + 3{,}72} =$$

$$M = \frac{75{,}9 \cdot 2{,}86}{1 + 2 \cdot 1{,}86} = 46 \text{ г/моль}$$

$M(A) = 46$ г/моль $\qquad M(NO_2) = 14 + 32 = 46$

$M(B) = 46 \cdot 2 = 92$ г/моль $\qquad M(N_2O_4) = 46 \cdot 2 = 92$

это смесь NO_2 и N_2O_4

Черновик №6

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

реакция с гидроксидом меди – реакция на альдегиды.

Р-ция $В + Г + H_2$ – реакция гидроформилирования ?

тогда В – CO, Г – C_2H_4

А – HCOOH, Б – C_2H_5OH

$$\overset{А}{HCOOH} \xrightarrow[t]{H_2SO_4} \overset{В}{CO\uparrow} + H_2O$$

$$\overset{Б}{C_2H_5OH} \xrightarrow[t]{H_2SO_4} \overset{Г}{C_2H_4\uparrow} + H_2O$$

Д – CH_3-CH_2-CHO

$$CO + C_2H_4 + H_2 \xrightarrow[P]{кат} \overset{Д}{CH_3-CH_2-CHO}$$

$$CH_3-CH_2-CHO + 2C_2H_5OH \xrightarrow{кат} \overset{E}{CH_3-CH_2-CH(O-C_2H_5)_2}$$

E – $CH_3-CH_2-CH(O-C_2H_5)_2$

$$CH_3-CH_2-CHO + 2Cu(OH)_2 = CH_3-CH_2-COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$$

$m(Cu_2O) = 21{,}6$ г

$M(Cu_2O) = \cancel{14}\ 63{,}5 + 63{,}5 + 16 = 143$ г/моль

$\nu(Cu_2O) = \frac{21{,}6}{143} = 0{,}151$ моль

$\nu(Cu_2O) = \nu(CH_3-CH_2-CHO) = 0{,}151$ моль

$m(CH_3-\overset{Д}{CH_2}-CHO) = 0{,}151 \cdot 58 = 8{,}76$ г

(8)

Чистовик №4.

$m(R\text{-}OH + R\text{-}OH) = 15{,}9\,г$

$V(\text{алкенов}) = 11{,}15\,л = 0{,}01115\,м^3$

$T = 273 + 180°C = 453\,K$

$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \cdot 0{,}01115}{8{,}314 \cdot 453} = 0{,}30$ моль

$M_{ср}(\text{средняя смеси спиртов}) = \frac{1{,}59}{0{,}3} = 53\,\frac{г}{моль}$

допустим спирты - C_2H_5OH и C_3H_7OH,

$M(C_2H_5OH) = 46$

$M(C_3H_7OH) = 60$

$\nu_1 M_1 + \nu_2 M_2 = 53$ $\quad x_1 + x_2 = 1$

$x_1 = 0{,}5,\ x_2 = 0{,}5$ смесь 1:1 по молям C_2H_5OH и C_3H_7OH

$\omega(C_2H_5OH) = \frac{46}{106} = 0{,}434$

$\omega(C_3H_7OH) = \frac{60}{106} = 0{,}566$

$\nu(C_2H_5OH) = 0{,}15$ моль ; $\nu(C_3H_7OH) = 0{,}15$ моль

$C_2H_5OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} C_2H_4 + H_2O$

$C_3H_7OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4} C_3H_6 + H_2O$

$\nu(C_2H_4) = \nu(C_2H_5OH) = 0{,}15$ моль

$\nu(C_3H_6) = \nu(C_3H_7OH) = 0{,}15$ моль

Реакция с водным р-ром $KMnO_4$ - окисление до гликолей

$3\,CH_2{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O = 3\,CH_2(OH)\text{-}CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$

$3\,CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O = 3\,CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$

$\nu(CH_2{=}CH_2) = 0{,}15$ моль $\Rightarrow \nu(KMnO_4) = \frac{2}{3} \cdot 0{,}15 = 0{,}10$ моль

$\nu(CH_3\text{-}CH{=}CH_2) = 0{,}15$ моль $\Rightarrow \nu(KMnO_4) = \frac{2}{3} \cdot 0{,}15 = 0{,}10$ моль

$\nu_\Sigma(KMnO_4) = 0{,}10 + 0{,}10 = 0{,}2$ моль

$V_{р\text{-}р}(KMnO_4) = \frac{\nu(KMnO_4)}{C(KMnO_4)} = \frac{0{,}2\ моль}{0{,}4\ моль/л} = 0{,}5\,л$

Ответ: $V_{р\text{-}р}(KMnO_4) = 0{,}5\,л$

черновик №5 лист 2

0,4 моль 0,4 моль

черновик №4 лист 2

$\partial(CH_2=CH_2) = 0,15$ моль $\Rightarrow \partial(KMnO_4) = \frac{2}{3} \cdot 0,15 = 0,10$ моль

$\partial(CH_3-CH=CH_2) = 0,15$ моль $\Rightarrow \partial(KMnO_4) = \frac{2}{3} \cdot 0,15 = 0,10$ моль

$\partial_{\Sigma}(KMnO_4) = 0,10 + 0,10 = 0,2$ моль

$V_{р-р}(KMnO_4) = \frac{\partial(KMnO_4)}{c(KMnO_4)} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,4 \text{ моль/л}} = 0,5$ л