МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Хащеватская Валерия Ильинична**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Шифр: 9784294

Проверяющий: Куркин Александр Витальевич

Комментарии:

1. 8 б

2. 16 б

3. 16 б

4. 20 б

5. 20 б

6. 20 б

Итого: 100 б

Общая формула кислородсодержащего органического вещества – $C_xH_yO_z$

	^{12}C	^{16}O	^{1}H
$\bar{e}$	6	8	1
n	6	8	0

$4\bar{e}$
$3\bar{e}$ n

так как атом водорода ^1H содержит 1 электрон и 1 протон и не содержит нейтронов, то полность между количеством электронов и нейтронов соединения равна количеству атомов ^1H в составе соединения

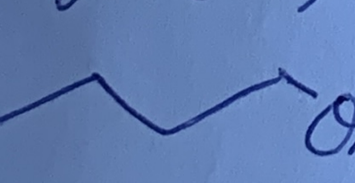
$y = 4\bar{e} - 3\bar{e} = 10$

посмотрим, что сумма протонов ядер всех атомов ^{12}C и ^{16}H равна 32:

$32 = 4 \cdot 6 + 8$

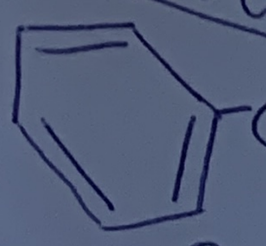
$\Rightarrow$ в составе соединений 10 атомов ^1H
4 атома ^{12}C
1 атом ^{16}O

$C_4H_{10}O$ – формула изомерных кислородсодержащих в-в
$C_4H_{10}O$ соответствует общей формуле $C_nH_{2n+2}O$ или $C_nH_{2n+1}OH$, следовательно, вещества являются изомерными одноатомными спиртами и простыми эфирами, например,


– бутанол-1

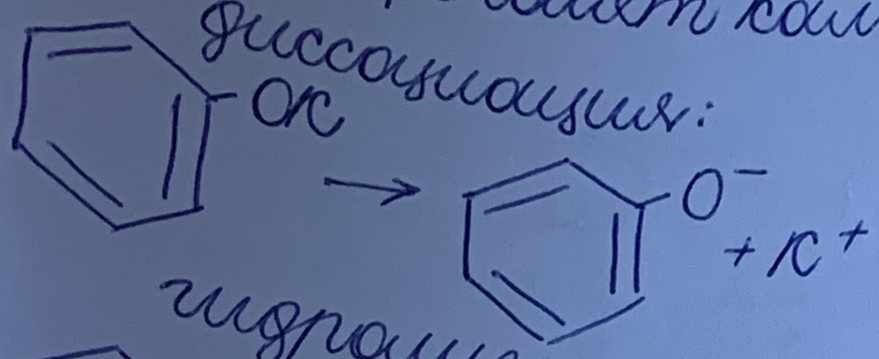
– диэтиловый эфир

так как простые эфиры химически инертны, для различения этих веществ ~~будем~~ можем использовать реакцию взаимодействия бутанола-1 с активным металлом (Na)
в процессе реакции мы будем наблюдать выделение газа (H_2)

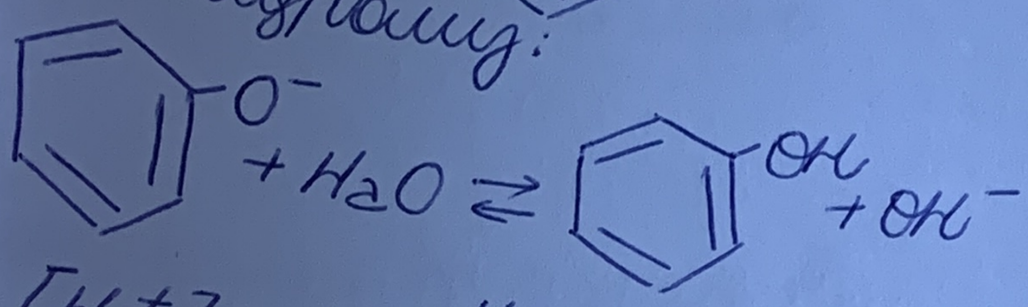


- фенолят калия

диссоциация:



гидролиз:



$[K^+] = 10^{-pH} = 10^{-11}$ моль/л

$Kw = [K^+][OK^-] = 10^{-14}$ моль/л

$\Rightarrow [OK^-] = \frac{Kw}{[K^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$ моль/л

$K_{гидролиза} = \frac{[C_6H_6O][OK^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{[C_6H_6O]Kw}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{Kw}{K_{фис}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$

$[C_6H_6O] = [OK^-]$

$\Rightarrow K_{гидролиза} = \frac{[OK^-]^2}{c - [OK^-]}$ ##

$\Rightarrow 10^{-4} = \frac{10^{-6}}{c - 10^{-3}}$

$10^{-4}(c - 10^{-3}) = 10^{-6}$

$c = 10^{-2} + 10^{-3} = 0,011$ моль/л

Ответ: $c(C_6H_5OK) = 0,011$ моль/л

Задание 3

$V = 1л$

$T = 30°C = 303K$

$B : A = 1,86 : 1$

$P = 1,00атм = 101,3кПа$

$M_{ср} = 75,9$ г/моль

$K_1 = 5,00 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин}$

ЧИСТОВИК 3

$$2A \underset{-1}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} B$$

пусть $\nu(A) = 1$ моль,

$\nu(B) = 1,86$ моль,

тогда:

$$X(A) = \frac{\nu(A)}{\nu(A)+\nu(B)} = \frac{1}{2,86} = 0,35$$

$$X(B) = \frac{\nu(B)}{\nu(A)+\nu(B)} = \frac{1,86}{2,86} = 0,65$$

$M_{ср} = M(A) \cdot X(A) + M(B) \cdot X(B)$

так как B - димер A,

$\frac{M(B)}{M(A)} = 2$

$\Rightarrow 75,9 = M(A) \cdot 0,35 + 2 \cdot M(A) \cdot 0,65$

$M(A) = 46$

$\Rightarrow M(A) = 46$ г/моль

$M(B) = 2M(A) = 92$ г/моль

$\Rightarrow$ A - NO_2

B - N_2O_4

$pV = \nu RT \Rightarrow$

$\nu = \frac{pV}{RT}$

$\Rightarrow \nu_{общ} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,04$ моль

$\nu(A) = \nu_{общ} \cdot X(A) = 0,04 \cdot 0,35 = 0,014$ моль

$\nu(B) = \nu_{общ} \cdot X(B) = 0,04 \cdot 0,65 = 0,026$ моль

при равновесии в системе

$\upsilon_1 = \upsilon_{-1}$

$K_1[NO_2]^2 = K_{-1}[N_2O_4]$

$\Rightarrow K_{равновесия} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{K_1}{K_{-1}}$

$\Rightarrow \frac{0,026}{0,014^2} = \frac{5,00 \cdot 10^{-3}}{K_1}$

$K_1 = \frac{0,014^2 \cdot 5,00 \cdot 10^{-3}}{0,026} = 3,77 \cdot 10^{-5}$ мин$^{-1}$

Ответ: A - NO_2; B - N_2O_4; $K_1 = 3,77 \cdot 10^{-5}$ мин$^{-1}$

Задание 4 чистовик 4

Оба насыщенных первичных одноатомных спирта подвергаются внутримолекулярной дегидратации с образованием алкенов. Таким образом, после протекания реакции образовалась смесь алкенов общими формулами насыщенных одноатомных спиртов $C_nH_{2n+1}OH$ ($C_nH_{2n+2}O$); $C_mH_{2m+1}OH$ ($C_mH_{2m+2}O$)

общими формулами алкенов, образовавшихся в результате дегидратации спиртов $C_nH_{2n+1}OH$ и $C_mH_{2m+1}OH$ – C_nH_{2n} и C_mH_{2m}

Уравнение реакции внутримолекулярной дегидратации в общем виде:

$$C_nH_{2n+1}OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4(к)} C_nH_{2n} + H_2O$$

$$C_mH_{2m+1}OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4(к)} C_mH_{2m} + H_2O$$

$T = 180°C = 453K$

$m(смеси1) = 15,9г$

$V(смеси2) = 11,15л$

$C(K_2SO_4) = 0,4M$

$P = 101,3кПа$

$\Rightarrow pV = \nu RT$

$\nu(смеси2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = 0,3$ моль

пусть ν(алкена 1) = x моль

ν(алкена 2) = y моль;

$x + y = 0,3$

ν(спирта 1) = ν(алкена 1) = x моль

ν(спирта 2) = ν(алкена 2) = y моль

Далее

$m_{смеси1} = M(спирта\ 1) \cdot \nu(спирта\ 1) + M(спирта\ 2) \cdot \nu(спирта\ 2)$

воспользуемся $M(спирта\ 1)$ и $M(спирта\ 2)$ через общую формулу: $M(C_nH_{2n+1}OH) = 12n + 2n + 18 = 14n + 18$

$M(C_mH_{2m+1}OH) = 12m + 2m + 18 = 14m + 18$

$\Rightarrow 15,9 = (14n + 18) \cdot x + (14m + 18) \cdot (0,3 - x)$

$10,5 = 14nx + 4,2m - 14mx$

будем решать методом последовательного перебора, вариируя m, n, при условии, что $0 < X < 0,3$, например, минимальной насыщенной первичной одноатомной спиртом является этанол (C_2H_5OH)

m	n
2	3

при m = 2, n = 3 – C_2H_5OH и C_3H_7OH

$X = 0,15$ моль; $\nu(C_2H_5OH) = 0,15$ моль

$y = 0,3 - X = 0,3 - 0,15 = 0,15$ моль; $\nu(C_3H_7OH) = 0,15$ моль

$m(C_2H_5OH) = \nu(C_2H_5OH) \cdot M(C_2H_5OH) = 0,15 \cdot 46 = 6,9г$

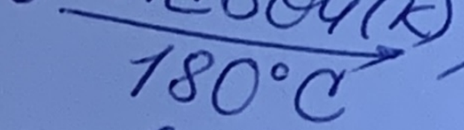
$m(C_3H_7OH) = \nu(C_3H_7OH) \cdot M(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9г$

Задание 4, продолжение

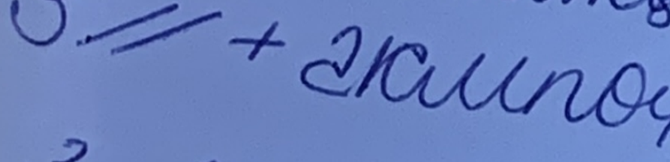
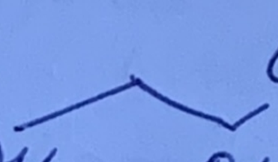
$\omega(C_3H_7OH) = \frac{m(C_3H_7OH)}{m_{смеси}} = \frac{9}{15,9} = 0,5660\ (56,60\%)$

$\omega(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{m_{смеси}} = \frac{6,9}{15,9} = 0,4340\ (43,40\%)$

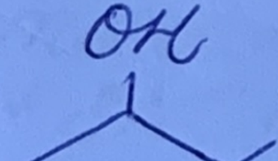
$C_2H_5OH \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4(к)} CH_2{=}CH_2 + H_2O$



реакции взаимодействия с раствором $KMnO_4$ при охлаждении:

$3 CH_2{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0^\circ C} 3 HOCH_2{-}CH_2OH + 2MnO_2 + 2KOH$



$3 CH_3{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0^\circ C} 3 CH_3{-}CH(OH){-}CH_2OH + 2MnO_2 + 2KOH$

$\nu(KMnO_4)_1 = \frac{2}{3}\nu(C_2H_4) = 0,1$ моль

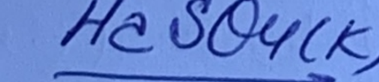
$\nu(KMnO_4)_2 = \frac{2}{3}\nu(C_3H_6) = 0,1$ моль

$\nu(KMnO_4)_{общ} = \nu(KMnO_4)_1 + \nu(KMnO_4)_2 = 0,1 + 0,1 = 0,2$ моль

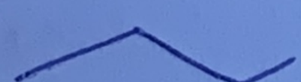
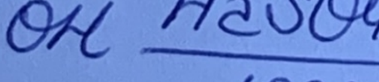
$C = \frac{\nu}{V} \Rightarrow V = \frac{\nu}{C}$

$V(KMnO_4)_р = \frac{\nu(KMnO_4)}{C(KMnO_4)} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5$ л

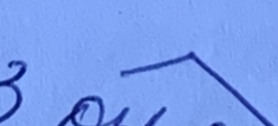
описанное реакции:



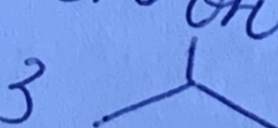
$CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4(к)} CH_3{-}CH{=}CH_2 + H_2O$

$CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4(к)} CH_3{-}CH{=}CH_2 + H_2O$



$3 CH_3{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0^\circ C} 3 CH_3{-}CH(OH){-}CH_2OH + 2MnO_2 + 2KOH$



$3 CH_3{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0^\circ C} 3 CH_3{-}CH(OH){-}CH_2OH + 2MnO_2 + 2KOH$

Ответ: $V(KMnO_4)_р = 0,5$ л

Задание 5.

$m(CuS)_{1,2} = 9,6$ г
$m(HNO_3)р = 120$ г
$\omega(HNO_3) = 63\%$
$m(H_2SO_4)р = 142,7$ г
$\omega(H_2SO_4) = 98\%$
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

чистовик

$\nu(CuS)_{1,2} = \frac{m(CuS)}{M(CuS)} = \frac{9,6}{96} = 0,1$ моль

$m(HNO_3) = m(HNO_3)р \cdot \omega(HNO_3) =$
$= 75,6$ г

$\nu(HNO_3) = \frac{m(HNO_3)}{M(HNO_3)} = \frac{75,6}{63} = 1,2$ моль

$m(H_2SO_4) = m(H_2SO_4)р \cdot \omega(H_2SO_4) =$
$= 142,7 \cdot 0,98 = 139,85$ г

$\nu(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{139,85}{98} = 1,43$ моль

реакция, протекающая в 1 стакане:
$CuS + 10HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$
$\nu(NO_2) = 8\nu(CuS) = 0,8$ моль
$m(NO_2) = \nu(NO_2) \cdot M(NO_2) = 0,8 \cdot 46 = 36,8$ г
$m_{р1} = m(CuS) + m(HNO_3)р - m(NO_2) = 9,6 + 120 - 36,8 =$
$= 92,8$ г

реакция, протекающая во 2 стакане:
$CuS + 4H_2SO_4 = CuSO_4 + 4H_2O + 4SO_2$
$\nu(SO_2) = 4\nu(CuS) = 0,4$ моль
~~$m(CuS) = \nu$~~
$m(SO_2) = M(SO_2) \cdot \nu(SO_2) = 0,4 \cdot 64 = 25,6$ г
$m_{р2} = m(CuS) + m(H_2SO_4) - m(SO_2) = 9,6 + 142,7 - 25,6 =$
$= 126,7$ г

масса раствора в 1 стакане меньше, поэтому в 1 стакане необходимо добавить безводный карбонат натрия, чтобы уравновесить весы
$\Delta m = m_{р2} - m_{р1} = 126,7 - 92,8 = 33,9$ г
так как в растворе 1 присутствуют сильные кислоты, они будут реагировать с добавляемым кристаллогидратом карбоната натрия, вытесняя кислотный остаток менее ~~сто~~ сильной кислоты, то есть, с выделением CO_2.
Таким образом, при добавлении x моль $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, из р-ра выделяется x моль CO_2:
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + 11H_2O$
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 11H_2O$
$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)доб = x \cdot M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) - x \cdot M(CO_2)$
$\Rightarrow 33,9 = 286x - 44x$
$x = 0,14$ моль
$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \nu(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) \cdot M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$

$= 0,14 \cdot 286 = 40,04г$

описанные реакции:

$CuS + 10HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

$CuS + 4H_2SO_4 = CuSO_4 + 4H_2O + 4SO_2$

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + 11H_2O + CO_2$

$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 11H_2O + CO_2$

Ответ: в 1 стакан нужно поместить 40,04 грамм ~~гра~~ декагидрата карбоната натрия.

Задание 6 чистовик 8

одно из веществ А и Б является кислотой, при дегидратации которого образуется газообразный оксид, поэтому А - муравьиная к-та (HCOOH), В - формально, оксид муравьиной к-ты - CO

$D_{O_2} = 0,875$

$M(B,Г)_{ср} = M(O_2) \cdot D_{O_2} = 32 \cdot 0,875 = 28$ г/моль

$M(CO) = 28$ г/моль

т.к. $M(B,Г)_{ср} = 28$ г/моль; $M(CO) = 28$ $M(B) = 28$ г/моль

$\Rightarrow M(Г) = 28$ г/моль

$\Rightarrow$ при внутримолекулярной дегидратации Б образуется C_2H_4

$$\underset{(A)}{HCOOH} \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4(к)} \underset{(B)}{CO} + H_2O$$

$$\underset{(Б)}{\text{/}\text{OH}} \xrightarrow[t^\circ > 140^\circ C]{H_2SO_4(к)} \underset{(Г)}{=} + H_2O$$

$$\underset{(B)}{CO} + \underset{(Г)}{C_2H_4} + H_2 \xrightarrow[кат]{p} \underset{(Д)}{\text{/}\text{=O}}$$

$$\underset{(Д)}{\text{/}\text{=O}} + \underset{(Б)}{\text{/}\text{OH}} \text{ (изб)} \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} \underset{(Е)}{\text{/}\text{O}\text{-}\text{O}\text{-}}$$

А - HCOOH

Б - /OH

В - CO

Г - =

Д - /=O

Е - /O-O-

$$\text{/}\text{=O} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{/}\text{=O (OH)} + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$$

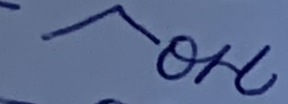
$m(Cu_2O) = 21,6$ г

$\nu(Cu_2O) = \frac{m(Cu_2O)}{M(Cu_2O)} = \frac{21,6}{144} = 0,15$ моль

$\nu(Д) = \nu(Cu_2O) = 0,15$ моль

$m(Д) = M(Д) \cdot \nu(Д) = 0,15 \cdot 58 = 8,7$ г

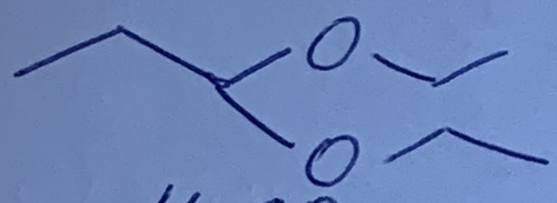
А – HCOOH

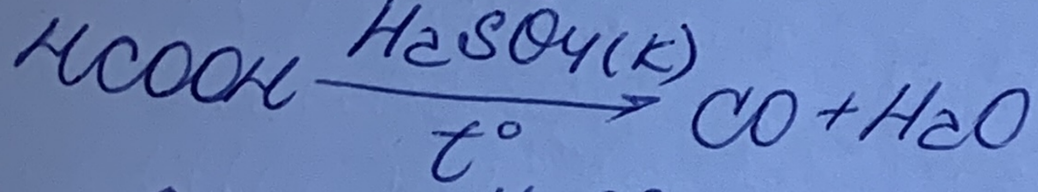
Б – 

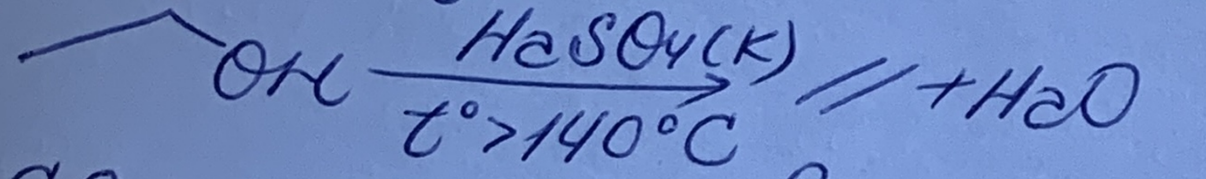
В – CO

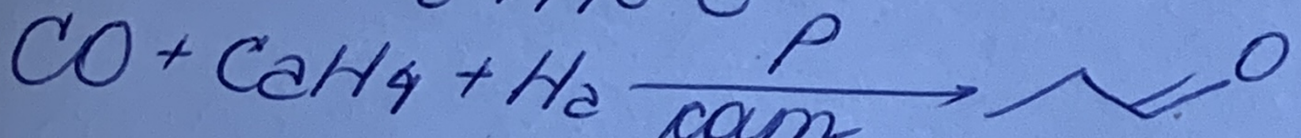
Г –

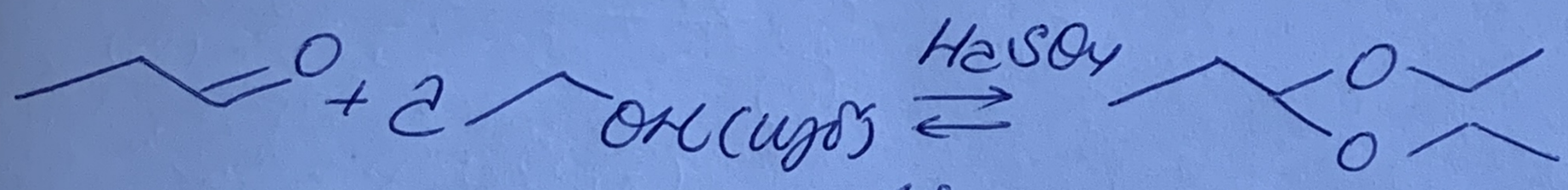
Д –

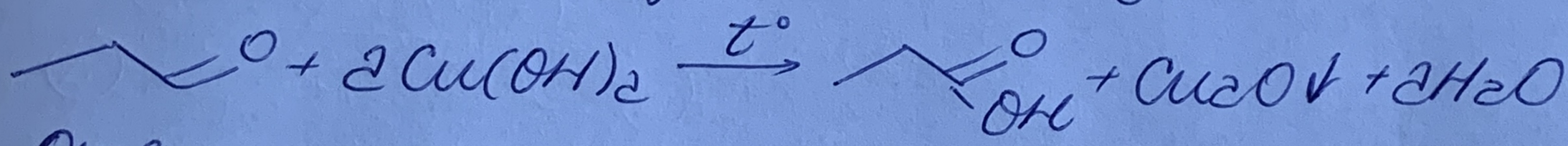
Е – 











Ответ: $m(Д) = 8,7$ г

ЧЕРНОВИК I

~~КСН~~ ~~ОО~~ $32 = 8 + 4 \cdot 6$

Задание 2

$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-11}$ моль/л

~~[OH~~

$KW = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$ моль/л

$[OH^-] = \frac{KW}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$ моль/л

$K_{гидр} = \frac{[C_6H_6O][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{[C_6H_6O]KW}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{KW}{K_{дис}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$

$[C_6H_6O] = [OH^-]$

$\Rightarrow K_{гидр} = \frac{[OH^-]^2}{C - [OH^-]}$

$\Rightarrow 10^{-4} = \frac{10^{-6}}{C - 10^{-3}}$

$10^{-4}(C - 10^{-3}) = 10^{-6}$

$C - 10^{-3} = 10^{-2}$

$C = 10^{-2} + 10^{-3} = 0,011$ моль/л

Задание 3

$V = 1л$

$T = 30°C = 303K$

$B : A = 1,86 : 1$

$p = 1,00$ атм $= 101,3$ кПа

$M_{ср} = 75,9$ г/моль

$K_1 = 5,00 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин}$

1

$2A \rightleftarrows B$

-1

$\nu_{прот}(A) = 1$ моль

$\nu(B) = 1,86$ моль

$\varphi_{мол}(A) = \frac{\nu(A)}{\nu(A) + \nu(B)} = \frac{1}{1 + 1,86} = 0,35$

$\varphi_{мол}(B) = \frac{\nu(B)}{\nu(A) + \nu(B)} = \frac{1,86}{1 + 1,86} = 0,65$

$M_{ср} = M(A) \cdot \varphi(A) + M(B) \cdot \varphi(B)$

В - димер А,

$\Rightarrow \frac{M(B)}{M(A)} = 2$

$\Rightarrow 75,9 = M(A) \cdot 0,35 + 2 \cdot M(A) \cdot 0,65$

$M(A) = 46$ г/моль

$\Rightarrow M(A) = 46$ г/моль

$M(B) = 92$ г/моль

$\Rightarrow A - NO_2$

$B - N_2O_4$

ЧЕРНОВИК 2

Дано:

$V = \frac{pV}{RT}$

$\Rightarrow V_{общ} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,04$ моль

$\nu(A) = \nu_{общ} \cdot \chi(A) = 0,04 \cdot 0,35 = 0,014$ моль

$\nu(B) = \nu_{общ} \cdot \chi(B) = 0,04 \cdot 0,65 = 0,026$ моль

Найти при равновесии в системе

$\upsilon_1 = \upsilon_{-1}$

$K_1[NO_2]^2 = K_{-1}[N_2O_4]$

$\Rightarrow K_{равн} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{K_1}{K_{-1}}$

$\Rightarrow \frac{0,026}{0,014^2} = \frac{5,00 \cdot 10^{-3}}{K_{-1}}$

$K_{-1} = \frac{0,014^2 \cdot 5,00 \cdot 10^{-3}}{0,026} \in \frac{0,014 \cdot 5}{26} + 0,00269 2 B =$

$= 3,77 \cdot 10^{-5} = 3,77 \cdot 10^{-5}$ мин$^{-1}$

Задание 4

оба насыщенных первичных одноатомных спирта подвергаются внутримолекулярной дегидратации, в р-ре р-и образуется смесь алкенов.

общая ф-ла насыщенных одноатомных спиртов –

$C_nH_{2n+1}OH$

$C_mH_{2m+1}OH$

ур-е внутримолекулярной дегидратации в общем виде:

$C_nH_{2n+1}OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4(к)} C_nH_{2n} + H_2O$

$C_mH_{2m+1}OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4(к)} C_mH_{2m} + H_2O$

$pV = \nu RT$

$\Rightarrow \nu_{смеси} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 11,15}{8,314 \cdot (180+273)} = \frac{101,3 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} =$

$= 0,3$ моль

пусть ν(алкена 1) = x моль

ν(алкена 2) = y моль;

$x + y = 0,3$

ЧЕРНОВИК 3

будем решать методом последовательного перебора, варьируя т.к, при условии, что $0 < x < 0,3$, например,

~~15,91~~

$15,9 = 14nx + 18x + (14m + 18)(0,3 - x)$

$15,9 = 14nx + 18x + 4,2m - 14mx + 5,4 - 18x$

$10,5 = 14nx + 4,2m - 14mx$

$3 \quad 2 \quad 2$

$10,5 = 42x + 4,8 - 28x$

$5,7 = 14x$

$x = 0,4$

$10,5 = 14 \cdot n \cdot 0,15 + 4,2 \cdot 2 - 14 \cdot 2 \cdot 0,15$

$10,5 = 2,1n + 8,4 - 4,2$

$10,5 - 4,2 = 2,1n$

$n = 3$

$CuS + 10HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

$S^{-2} - 8\bar{e} \rightarrow S^{+6} \quad | \cdot 1$

$N^{+5} + 1\bar{e} \rightarrow N^{+4} \quad | \cdot 8$

$CuS + 4H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2SO_4 + 4H_2O + 4SO_2$

$S^{-2} - 8\bar{e} \rightarrow S^{+6} \quad | \cdot 1$

$S^{+6} + 2\bar{e} \rightarrow S^{+4} \quad | \cdot 4$

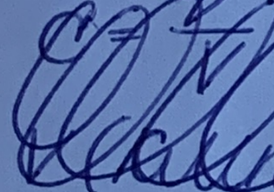
Задание 4, продолжение

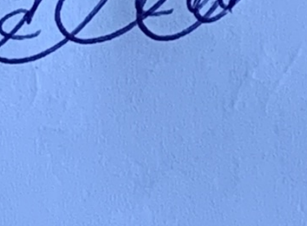
ЧЕРНОВИК 4

$$\omega(C_3H_7OH) = \frac{m(C_3H_7OH)}{m_{смеси}} = \frac{9}{15,9} = 0,5660\ (56,60\%)$$

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{m_{смеси}} = \frac{6,9}{15,9} = 0,4340\ (43,40\%)$$

$C_2H_5OH \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4(к)} CH_2{=}CH_2 + H_2O$



$3CH_2{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0°C} 3$  $+ 2MnO_2 + 2KOH$

$3CH_3{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0°C} 3$ $+ 2MnO_2 + 2KOH$

$\nu(KMnO_4)_{1\,р\text{-}я} = \frac{2}{3}\nu(C_2H_4) = 0,1$ моль

$\nu(KMnO_4)_{2\,р\text{-}я} = \frac{2}{3}\nu(C_3H_6) = 0,1$ моль

$\nu(KMnO_4)_{общ} = \nu(KMnO_4)_{1р} + \nu(KMnO_4)_{2р} = 0,1 + 0,1 = 0,2$ моль

$C = \frac{\nu}{V} \Rightarrow V = \frac{\nu}{C}$

$V(KMnO_4)_р = \frac{\nu(KMnO_4)}{C(KMnO_4)} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5$ л

$\frac{M}{M(O_2)} = 0,875$

$M = M(O_2) \cdot D_{O_2}$