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

# ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Обухова Анастасия Дмитриевна**

Класс: **11**

Технический балл: **84**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

10032751 Тюльков И.А.

1. 8б
2. 16б
3. 10б неправильная $К_{обр}$
4. 20б
5. 20б
6. 10б нет гидроформилирования
7. Сумма 84б

~~Чистовик~~ Черновик лист №9

№3.

$$2A \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} B$$

$M(A) = x$ г/моль

$M(B) = 2x$ г/моль

$$\chi(A) = \frac{1}{1{,}86+1} = 0{,}34965$$

$$\chi(B) = \frac{1{,}86}{1{,}86+1} = 0{,}65035$$

$$0{,}34965x + 2x \cdot 0{,}65035 = 75{,}9$$

$$1{,}65035x = 75{,}9$$

$$x = 46$$

$M(A) = 46$ г/моль

Под эту молярную массу подходит $NO_2$ либо $C_2H_6O$ либо спирт, либо эфир — они не диметризуются

$A - NO_2$

$B - N_2O_4$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

1 атм = 101,325 кПа

30°C = 303 K

$$n = \frac{101{,}325 \cdot 1}{8{,}314 \cdot 303} = 0{,}040222$$

$$K_p = \frac{k_1}{k_{-1}}$$

k прямо пропорц. скорости =>

=> $K_p = \frac{v_1}{v_{-1}}$

$$K_p = \frac{n \cdot \chi(B)}{(n \cdot \chi(A))^2}$$

$$K_p = \frac{0{,}040222 \cdot 0{,}65035}{(0{,}040222 \cdot 0{,}34965)^2} = 132{,}256$$

л · бар / моль · мин

$$\frac{0{,}040222 \cdot 0{,}65035}{(0{,}040222 \cdot 0{,}34965)^2}$$

лист № 8 Черновик

№1 +

№2 +

№3 +/-

№4 +

№5 +

№6 +

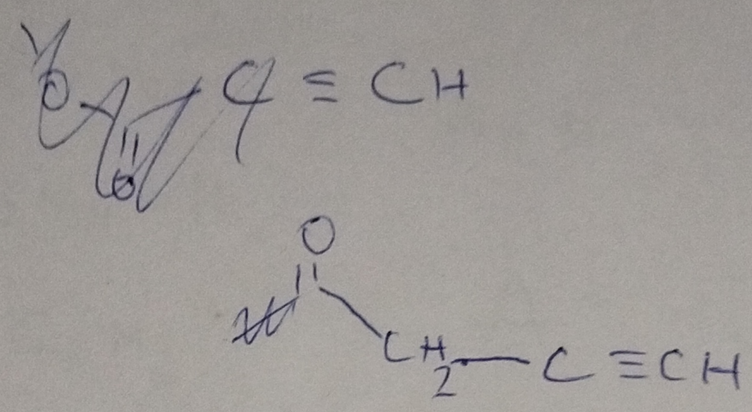
$O_2$ $C_4H_2$ 6 8

$C_3O_2H_8$

~~$HO-CH_2-CH_2-CH_2-OH$~~

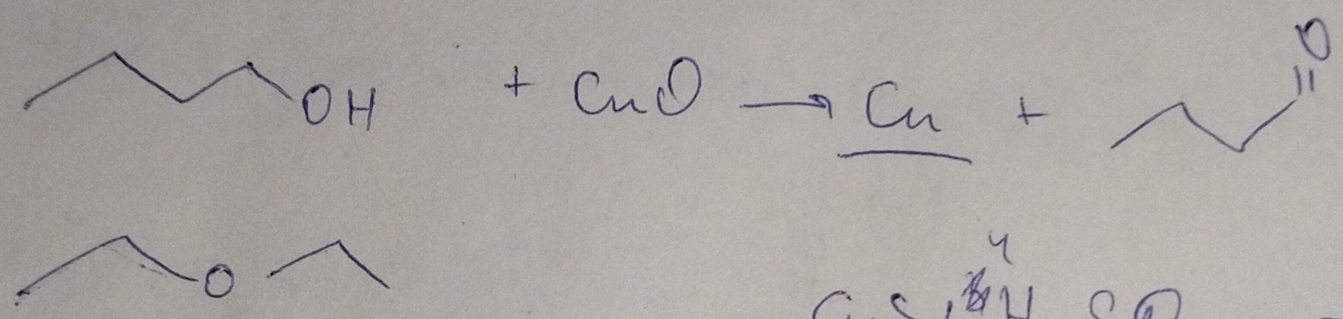
$C_5H_4O$

$\boxed{C_4H_{10}O}$



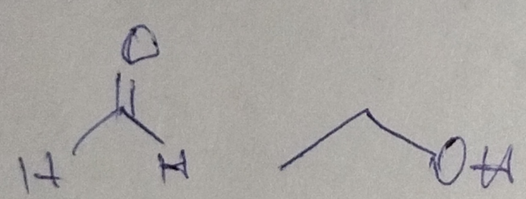
спирт

и эфир.





$CuS + 4H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 4SO_2 + 4H_2O$



$V = 1л$

$T = 30°C$

$P = 1атм$

$n$

$R = const$

$CuS + 4HNO_3 \longrightarrow CuSO_4 + 4NO_2 + 2H_2O$

$HCOOH \xrightarrow{t^\circ} CO + H_2O$

$C_2H_5OH \xrightarrow{t^\circ}$

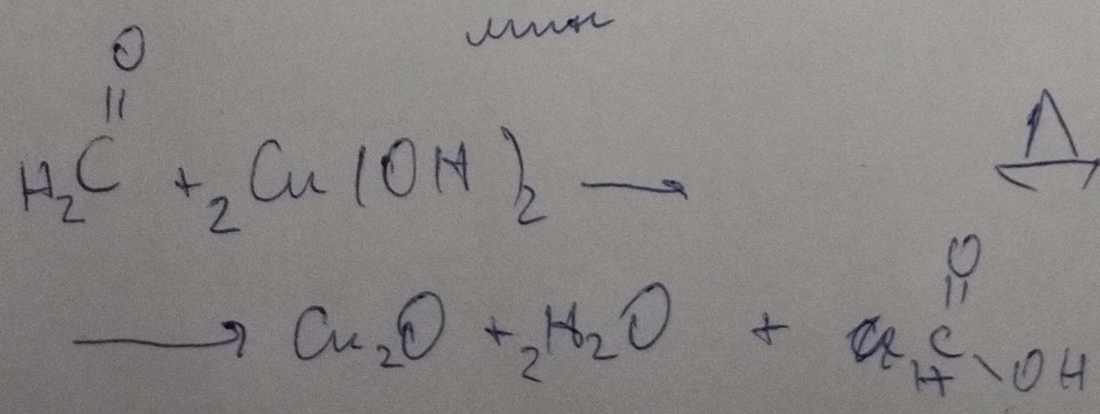
$CO + H_2 \longrightarrow CH_2O$

$4NH_3 + Cu(OH)_2 \longrightarrow$

$\longrightarrow [Cu(NH_3)_4](OH)_2$

$\frac{л \cdot моль}{мин}$

$\Delta$ - CHO ???



Чистовик. Лист № 7

плотность по водороду — $D(O_2)$ $M(O_2)$ 6.

$M_{ср}$ (смеси) $= 0,875 \cdot 32 = 28$ г/моль — $CO$, $N_2$, $C_2H_4$

Азот вряд ли будет образовываться при р-ции $H_2SO_4$ (конц.) $t^\circ$

Тогда В и Г — $CO$ и $C_2H_4$

$$HCOOH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4} CO + H_2O$$

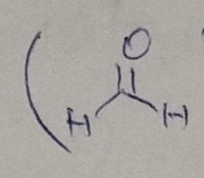
$$C_2H_5OH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4} C_2H_4 + H_2O$$

А и Б — $HCOOH$ и $C_2H_4$

$$C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6$$

Д — $CH_2O$

$$CO + H_2 \longrightarrow CH_2O$$

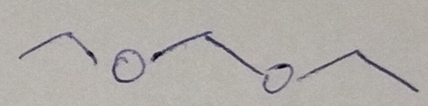


$$\left( CO + H_2 \xrightarrow{Pt} CH_2O \right)$$

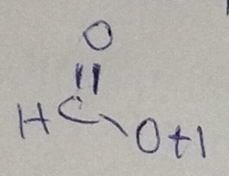
$$CH_2O + 2C_2H_5OH \xrightarrow{t^\circ} H_2C(OC_2H_5)_2$$

(Е)

Е —



$$CH_2O + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ}$$



$$+ Cu_2O + 2H_2O$$

$$n(Cu_2O) = \frac{m(\text{осадка})}{M(Cu_2O)} = \frac{21,6}{\underbrace{144}_{64 \cdot 2 + 16}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(CH_2O) = n(Cu_2O) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(CH_2O) = n(CH_2O) \cdot M(CH_2O) = 0,15 \cdot \overbrace{30}^{12+16+1 \cdot 2} = 4,5 \text{ г}$$

Ответ: $m(CH_2O) = 4,5$ г.

Чистовик.

Нужно добавить $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в первый стакан

$n(HNO_3)_{прореаг.} = n(CuS) \cdot 8 = 0,1 \cdot 8 = 0,8$ моль

$n(HNO_3)_{ост.} = n(HNO_3) - n(HNO_3)_{прореаг.} = 1,2 - 0,8 = 0,4$ моль

$\Delta m = m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) - m(CO_2)$ $n(CO_2) = n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$

$\Delta m = M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)x - M(CO_2)x$ $x$ – кол-во в-ва

$33,9 = 286x - 44x$ $M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 + 18 \cdot 10 = 286$ г/моль

$33,9 = 242x$

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

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) \cdot n(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$

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

Ответ: $m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 40,04$ г; $\Delta m = 33,9$ г.

Чистовик. Лист №5

№5.

$CuS + 8HNO_3 \longrightarrow CuSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

$CuS + 4H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 4SO_2 + 4H_2O$

$n(CuS) = \frac{m(CuS)}{M(CuS)}$ $n(CuS) = \frac{9,6}{64+32} = 0,1$ моль

$m(HNO_3) = m_{р-ра} \cdot \omega(HNO_3)$ $m(HNO_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6$ г

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

В 1 р-ции CuS в нед.

$m(H_2SO_4) = m_{(р-ра)} \cdot \omega(H_2SO_4)$ $m(H_2SO_4) = 142,7 \cdot 0,98 = 139,846$ г

$n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{139,846}{98} = 1,427$ моль

Во 2 р-ции CuS в нед.

$n(NO_2) = 8 \cdot n(CuS) = 8 \cdot 0,1 = 0,8$ моль

$n(SO_2) = 4 \cdot n(CuS) = 4 \cdot 0,1 = 0,4$ моль

$m(NO_2) = n(NO_2) \cdot M(NO_2) = 0,8 \cdot (14 + \overset{16 \cdot 2}{32}) = 36,8$ г

$m(SO_2) = n(SO_2) \cdot M(SO_2) = 0,4 \cdot (32 + \overset{16 \cdot 2}{32}) = 25,6$ г

$m(см.1) = m(CuS) + m^{(HNO_3)}_{р-ра} - m(NO_2) = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8$ г

$m(см.2) = m(CuS) + m^{(H_2SO_4)}_{р-ра} - m(SO_2) = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7$ г

$CuSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CuCO_3 + Na_2SO_4$

$2HNO_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaNO_3 + CO_2 + H_2O$

$H_2SO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$ – но в этот стакан добавлять не нужно

$\Delta m = m(см.2) - m(см.1) = 126,7 - 92,8 = 33,9$ г

Чистовик лист №4

№4.

Формула спиртов: $C_n H_{2n+2}O$ (x моль) и $C_m H_{2m+2}O$ (y моль)

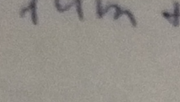
$n = \frac{PV}{RT}$ $\quad n = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot (180+273)} = 0,3$ моль

$x + y = 0,3$

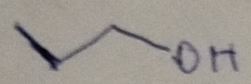
$(12n + 2n + 2 + 16)x + (12m + 2m + 2 + 16)y = 15,9$

$(14n + 18)x + (14m + 18)y = 15,9$

Далее перебор n и m: 1 и 1 - нет решений

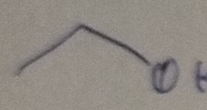
1 спирт - $C_2H_5OH$ 

1 и 2 /

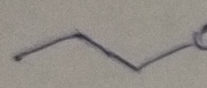
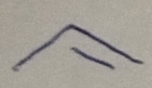
2 спирт - $C_3H_7OH$ 

2 и 1

$\boxed{2 \text{ и } 3: x = 0,15 \quad y = 0,15}$

 $\xrightarrow{H_2SO_4}$ $CH_2=CH_2 + H_2O$

1 и 3: $x = 0,045 \quad y = 0,225$

 $\xrightarrow{H_2SO_4}$  $+ H_2O$

Но если в молекуле 1 атом C, то дегидратация не происходит

2 и 4: $x = 0,225 \quad y = 0,045$

$\omega(C_2H_5OH) = \frac{(12 \cdot 2 + 1 \cdot 6 + 16 \cdot 1) \cdot 0,15}{15,9} = 0,43396 = 43,396\% \approx 43,4\%$

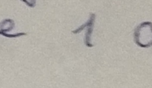
$\omega(C_3H_7OH) = \frac{(12 \cdot 3 + 1 \cdot 8 + 16 \cdot 1) \cdot 0,15}{15,9} = 0,56604 = 56,604\% \approx 56,6\%$

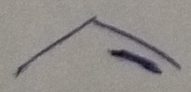
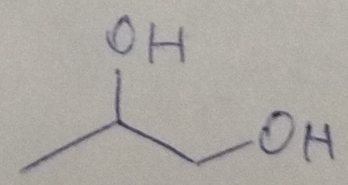
$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3\,CH_2(OH)-CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$

$2C^{-2} - 1e^- \longrightarrow 2C^{-1}$ | 3

$Mn^{+7} + 3e^- \longrightarrow Mn^{+4}$ | 2

$n(C_2H_5OH) = n(CH_2=CH_2)$

$n(C_3H_7OH) = n($  $)$

$3$  $+ 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3$  $+ 2MnO_2 + 2KOH$

$C^{-2} - 1e^- \longrightarrow C^{-1}$

$C^{-1} - 1e^- \longrightarrow C^{0}$ | 3

$Mn^{+7} + 3e^- \longrightarrow Mn^{+4}$ | 2

$n(KMnO_4) = \frac{2n(C_2H_5OH)}{3} + \frac{2n(C_3H_7OH)}{3}$

$n(KMnO_4) = \frac{2 \cdot 0,15}{3} + \frac{2 \cdot 0,15}{3} = 0,2$ моль

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

Ответ: 43,4%; 56,6%; 0,5 л.

Чистовик лист №3

№3.

$2A \overset{k_1}{\underset{k_{-1}}{\rightleftharpoons}} B$ $M(A) = x$ г/моль $M(B) = 2x$ г/моль

$\chi(A) = \frac{1}{1,86+1} = 0,34965$ $\chi(B) = \frac{1,86}{1,86+1} = 0,65035$

$0,34965x + 2x \cdot 0,65035 = 75,9$

$1,65035x = 75,9$

$x = 46$ $M(A) = 46$ г/моль $M(B) = 46 \cdot 2 = 92$ г/моль

Под эту молекулярную массу подходит $NO_2$ и $C_2H_6O$

Но $C_2H_6O$ либо спирт, либо эфир => не димеризуется

$A - NO_2$ $B - N_2O_4$ $2NO_2 \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} N_2O_4$

$\left(K_p = \frac{2k_1}{k_{-1}}\right)$ $k_1 \uparrow\uparrow r_1$ $\uparrow\uparrow$ - прямо пропорц.

$k_{-1} \uparrow\uparrow r_{-1}$ $r_1$ - скорость прямой р-ции

$r_{-1}$ - скорость обр. р-ции

$r_1 = 2k_1 p(A)^2$

$r_{-1} = k_{-1} p(B)$ (:) => $\frac{r_1}{r_{-1}} = \frac{2k_1 p(A)^2}{k_{-1} p(B)}$ => $K_p = \frac{p(B)}{p(A)^2}$

$\frac{2k_1}{k_{-1}} = \frac{p(B)}{p(A)^2}$ $p(B) = \chi(B) \cdot p_{общ.}$ $n_{общ.} = \frac{pV}{RT}$

$p(A) = \chi(A) \cdot p_{общ.}$ $n_{общ.} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot (30+273)} = 0,040722$ моль

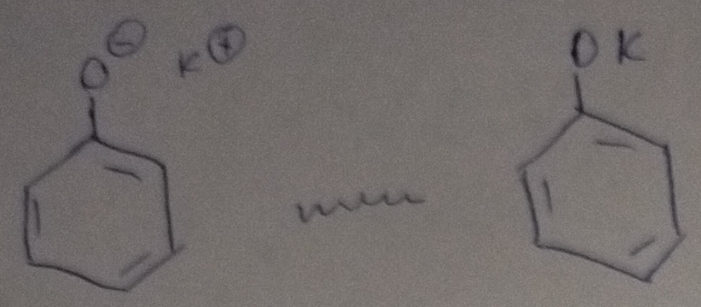
$\frac{2k_1}{k_{-1}} = \frac{\chi(B) \cdot p_{общ}}{\chi(A)^2 \cdot p^2_{общ.}}$ => $\frac{2k_1}{k_{-1}} = \frac{\chi(B)}{\chi(A)^2 \cdot p_{общ.}}$

$p_{общ.} = 1$ атм $= 101,325$ кПа $= 1,01325$ бар

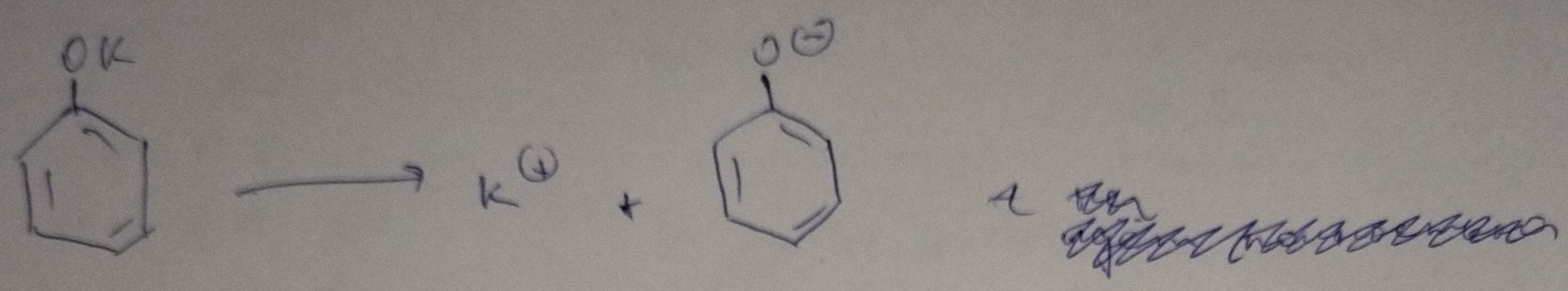
$k_{-1} = \frac{2k_1 \cdot \chi(A)^2 \cdot p_{общ.}}{\chi(B)}$ $k_{-1} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,01325 \cdot 0,34965^2}{0,65035} = 1,905 \cdot 10^{-3}$ бар/моль·мин

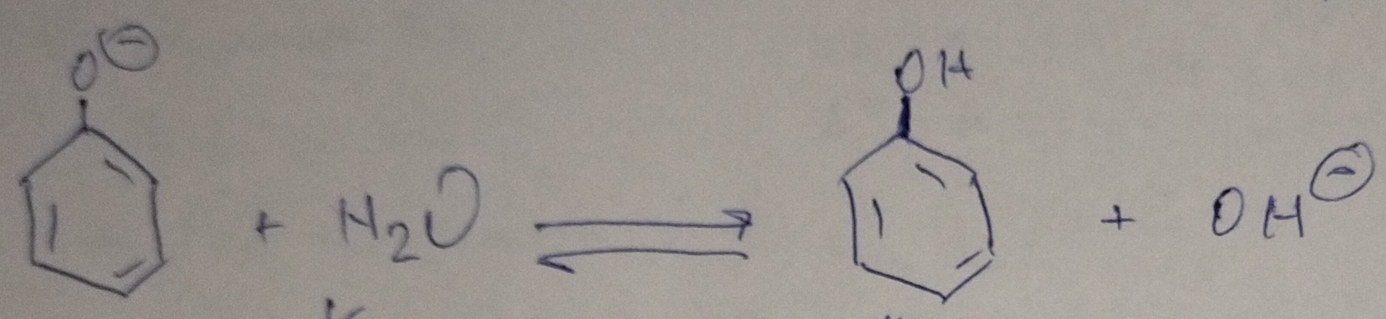
Ответ: $k_{-1} = 1,905 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин}$

№2.



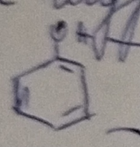
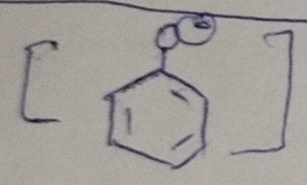
– фенолят калия





$$K_2 = \frac{K_w}{K_{дис}} \qquad K_2 = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 0{,}0001$$

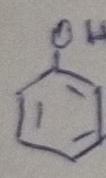
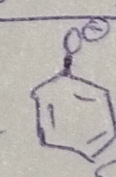
(константа гидролиза)

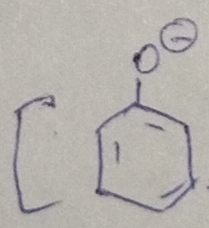
$K_2 =$ [  ][$OH^-$] / [  ]

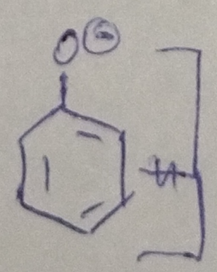
$pOH = 14 - pH$

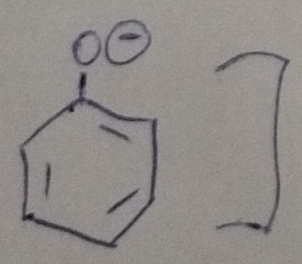
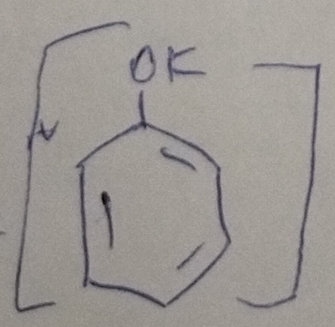
$pOH = 14 - 11 = 3$

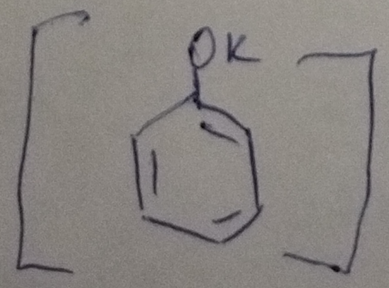
$[OH^-] = 10^{pOH} \qquad [OH^-] = 10^{-3} = 0{,}001\,M$

[  ] $= [OH^-] \Rightarrow K_2 =$ $[OH^-]^2$ / [  ]

[  ] $= \frac{[OH^-]^2}{K_2}$

[  ] $= \frac{0{,}001^2}{0{,}0001} = 0{,}01\,M$

[  ] $=$ [  ] $= 0{,}01\,M$

Ответ: [  ] $= 0{,}01\,M$.

Чистовик

Лист 11

№ 1.

кол-во $^1_0n$ в C = 6 (12 − 6)

кол-во $^1_0n$ в O = 8 (16 − 8)

кол-во $^1_0n$ в H = 0

~~Пусть тогда~~

кол-во ē в C = 6

кол-во ē в O = 8

кол-во ē в H = 1

Кол-во атомов H =

= 42 − 8·1 − 6·4 = 10

Пусть 2 атома O в молекуле, тогда $^1_0n$ на атома C остаётся:

32 − 8·2 = 16

16 не кратно 6 => в молекуле не 2 атома O

~~В случае~~ 3 и 4 атома также не подходят

⇓

В молекуле 1 атом O, тогда $^1_0n$ на атома C остаётся:

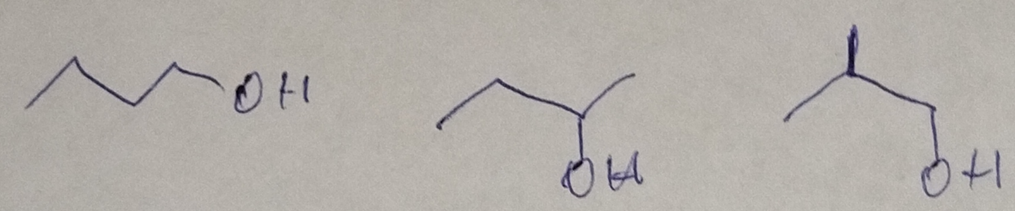
32 − 8·1 = 24

24 : 6 = 4 (атома C в молекуле)

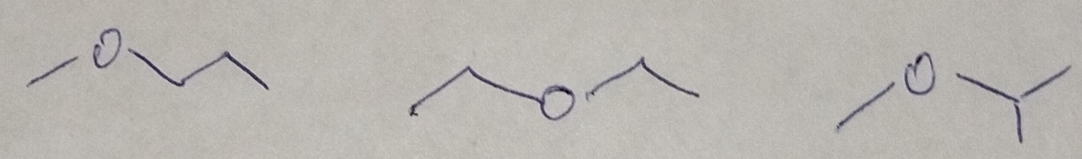
Формула ~~изо~~ изомерных в-в: $C_4H_{10}O$

(т.к. степень насыщения максимальная, то нет двойных связей (~~т~~ в т.ч. с атомом ~~кислорода~~ O)

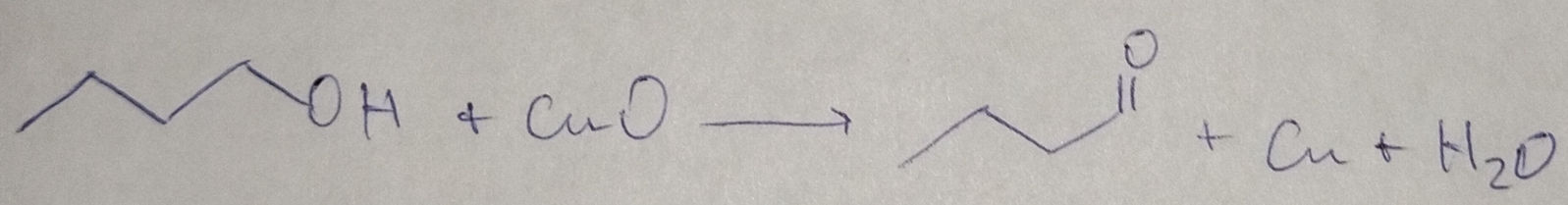
1 в-во – спирт:

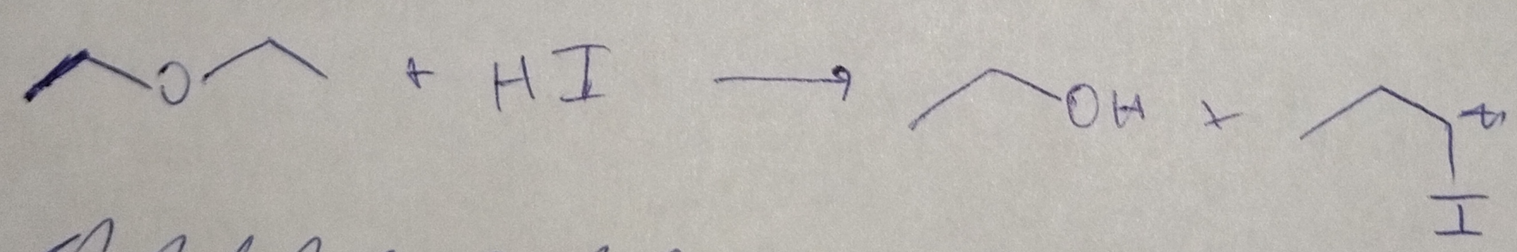


2 в-во – простой эфир:

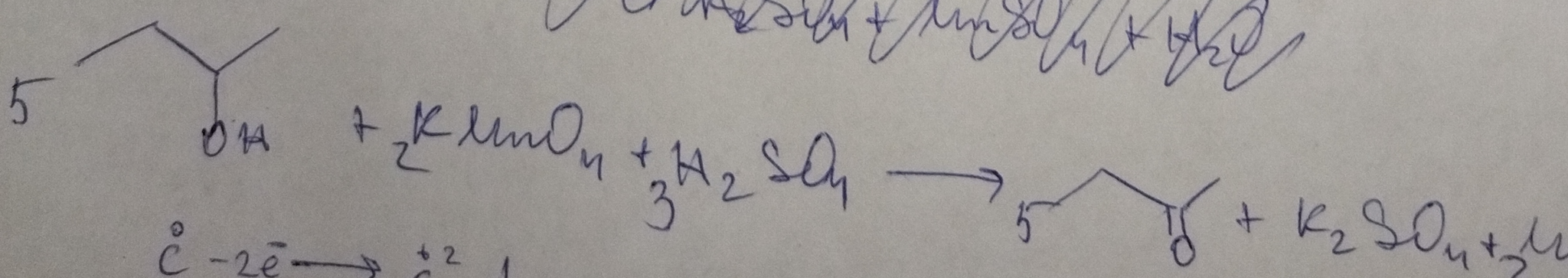


Р-ции:





~~OH + KMnO4 + H2SO4 → K2SO4 + MnSO4 + H2O~~



$\overset{0}{C} - 2e^- \longrightarrow \overset{+2}{C}$ | 5

$\overset{+7}{Mn} + 5e \longrightarrow \overset{+2}{Mn}$ | 2

спирт обесцветит (подкисл.) р-р перманганата калия, а эфир нет