МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Романова Николая Валерьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«03» марта 2024 года

Подпись участника

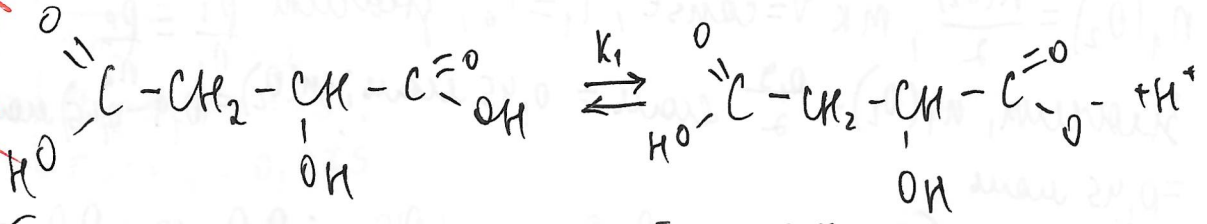
_____

Чистовик

№4

$M(C_4H_6O_5) = 134,089$ г/моль

$C(C_4H_6O_5) = \frac{0,672}{134,089\ \text{г/моль} \cdot 0,2\ л} \approx 0,025$ моль/л



Пусть $[H^+] = [C_4H_5O_5^-] = \alpha$, $[C_4H_6O_5] = C - \alpha$

Тогда $K_1 = \frac{[H^+][C_4H_5O_5^-]}{[C_4H_6O_5]} = \frac{\alpha^2}{C-\alpha}$

83

восемьдесят три

$\alpha^2 = K_1 C - K_1 \alpha$

$\alpha^2 + \alpha K_1 - K_1 C = 0$

$\alpha = \frac{-K_1 \pm \sqrt{K_1^2 + 4K_1C}}{2}$

$\alpha = 2,776 \cdot 10^{-3}$ (моль/л); т.к. $\alpha > 0$, $\alpha = \frac{K_1 + \sqrt{K_1^2 + 4K_1C}}{2}$

$\log_{10}\alpha = -2,56 \Rightarrow pH = -\lg\alpha = \underline{2,56}$

Ответ: 2,56

№5

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

$n(HCl) = n(NaOH) = 0,004\ л \cdot 0,05 \frac{\text{моль}}{л} = 2 \cdot 10^{-4}$ моль

$n_0(HCl) = \frac{V_{колбы}}{V_{алик.}} \cdot n(HCl) = \frac{200\ мл}{20\ мл} \cdot 2 \cdot 10^{-4}$ моль $= 2 \cdot 10^{-3}$ моль

$C(HCl) = \frac{0,002\ \text{моль}}{0,001\ л} = 2 \frac{\text{моль}}{л}$

Ответ: 2 моль/л.

№6 – начало

$pV = nRT \Rightarrow n(O_2) = \frac{3,14\ \text{атм} \cdot 101325 \frac{\text{Па}}{\text{атм}} \cdot 0,007\ м^3}{8,314\ \text{Дж/моль}\cdot\text{К} \cdot 298\ К} = 0,9$ моль

$n(P) = \frac{15,52}{31\ \text{г/моль}} = 0,5$ моль

Чистовик

№6 – продолжение

$4P + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2P_2O_3$ (1). $n(P_2O_3) = \frac{n(P)}{2}$

$4P + 5O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2P_2O_5$ (2) $n(P_2O_5) = \frac{n(P)}{2}$

$n_1(O_2) = \frac{n(O_2)}{2}$, т.к. $V = const$; $T_1 = T_0$; значит $\frac{p_1}{n_1} = \frac{p_0}{n_0}$

Значит, $n_1(O_2) = \frac{0,9}{2}$ моль $= 0,45$ моль; $\Delta n(O_2) = (0,9 - 0,45)$ моль $=$

$= 0,45$ моль

Условно обозначим P_2O_3 как $PO_{1,5}$; P_2O_5 как $PO_{2,5}$

$n(O) = 0,9$ моль; $n(P) = 0,5$ моль $\Rightarrow P_{0,5}O_{0,9} \Rightarrow PO_{1,8}$

Пусть $\chi(PO_{1,5}) = x$, $\chi(PO_{2,5}) = 1 - x$. Тогда $1,5x + 2,5(1-x) = 1,8$

$x = 0,7$. Значит, $\chi(P_2O_3) = 70\%$; $\chi(P_2O_5) = 30\%$

$n(P_2O_3) = 0,7 \cdot \frac{0,5 \text{ моль}}{2} = 0,175$ моль

$n(P_2O_5) = 0,3 \cdot \frac{0,5 \text{ моль}}{2} = 0,075$ моль

$(n_0)\ P_2O_3 + 6KOH \rightarrow 2K_3PO_3 + 3H_2O$ (3)

$(n_1)\ P_2O_5 + 6KOH \rightarrow 2K_3PO_4 + 3H_2O$ (4)

$(n_2)\ P_2O_3 + 4KOH \rightarrow 2K_2HPO_3 + H_2O$ (5)

$(n_3)\ P_2O_5 + 4KOH \rightarrow 2K_2HPO_4 + H_2O$ (6)

$n(KOH) = \frac{44,8 \cdot 0,15}{56 \text{ г/моль}} = 1,2$ моль

$n(K_3PO_4) = n(K_3PO_3) = n_0$; $n(K_2HPO_3) = n(K_2HPO_4) = n_1$

$n(KOH) = 12n_0 + 8n_1 = 1,2$ моль

$n(P_2O_3) = \frac{n_0 + n_1}{2}$

$\frac{n(K_3PO_4)}{n(K_3PO_3)} = \frac{n(K_2HPO_4)}{n(K_2HPO_3)}$, т.к. нет преимущественности в образовании кислых солей

По реакциям: (3) – $n_0(P_2O_3)$; (4) – $n_1(P_2O_5)$; (5) – $n_2(P_2O_3)$ и (6) – $n_3(P_2O_5)$. $n(KOH) = 6(n_0 + n_1) + 4(n_2 + n_3) = 1,2$ моль

$n(K_3PO_4) = 2n_1$; $n(K_3PO_3) = 2n_0$; $n(K_2HPO_4) = 2n_3$; $n(K_2HPO_3) = 2n_2$

$n(P_2O_3) = n_0 + n_2 = 0,175$ моль

Чистовик

№6 - продолжение

$n(P_2O_5) = n_1 + n_3 = 0,075$ моль

$$\begin{cases} 6n_0 + 6n_1 + 4n_2 + 4n_3 = 1,2, \\ \frac{2n_1}{2n_0} = \frac{2n_3}{2n_2}, \\ n_0 + n_2 = 0,175, \\ n_1 + n_3 = 0,075 \end{cases}$$

$$\begin{cases} n_0 = 0,175 - n_2, \ (5) \\ n_1 = 0,075 - n_3, \\ 1,05 - 6n_2 + 0,45 - 6n_3 + 4n_2 + 4n_3 = 1,2, \ (3) \\ \frac{n_1}{n_0} = \frac{n_3}{n_2} \ (4) \end{cases}$$

(3): $1,5 - 2n_2 - 2n_3 = 1,2$

(4): $\frac{0,075 - n_3}{0,175 - n_2} = \frac{n_3}{n_2}$

(3): $n_2 + n_3 = 0,15$

$n_2 = 0,15 - n_3$

(4): $\frac{0,075 - n_3}{0,175 - 0,15 + n_3} = \frac{n_3}{0,15 - n_3}$

$\frac{0,075 - n_3}{0,025 + n_3} = \frac{n_3}{0,15 - n_3}$

$0,01125 - 0,075n_3 - 0,15n_3 + n_3^2 = 0,025n_3 + n_3^2$

$0,01125 = 0,25n_3$

$n_3 = 0,045$

$n_0 + n_1 + n_2 + n_3 = 0,175 + 0,075 = 0,25 \Rightarrow n_0 + n_1 = 0,25 - 0,15 = 0,1$

$$\begin{cases} n_1 = 0,1 - n_0, \\ n_3 = 0,15 - n_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{0,1 - n_0}{n_0} = \frac{0,15 - n_2}{n_2}$$

$0,1n_2 - n_0n_2 = 0,15n_0 - n_0n_2$

$n_2 = 1,5n_0$

Из (5): $n_0 = 0,175 - 1,5n_0 \Rightarrow 2,5n_0 = 0,175$

$n_0 = 0,07$ (моль)

№6 - окончание

Чистовик

$n_2 = 0{,}105$ моль

$n_3 = 0{,}045$ моль

$n_1 = 0{,}03$ моль

$m(P_2O_3) = 0{,}175 \text{ моль} \cdot 110 \text{ г/моль} = 19{,}25 \text{ г}$

$m(P_2O_3) = 0{,}075 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г/моль} = 10{,}65 \text{ г}$

$m_р = 447{,}82 + 19{,}25 + 10{,}65 = 477{,}92$

$n(K_3PO_4) = 2n_1 = 0{,}06$ моль $\Rightarrow m(K_3PO_4) = 12{,}72$ г.

$n(K_2HPO_4) = 2n_3 = 0{,}09$ моль $\Rightarrow m(K_2HPO_4) = 15{,}66$ г.

$n(K_3PO_3) = 2n_0 = 0{,}14$ моль $\Rightarrow m(K_3PO_3) = 27{,}44$ г.

$n(K_2HPO_3) = 2n_2 = 0{,}21$ моль $\Rightarrow m(K_2HPO_3) = 33{,}18$ г.

$\omega(K_3PO_4) = 2{,}66\%$

$\omega(K_2HPO_4) = 3{,}28\%$

$\omega(K_3PO_3) = 5{,}74\%$

$\omega(K_2HPO_3) = 6{,}94\%$

— Ответ

и $\omega(H_2O) = 81{,}38\%$

№7 - начало

$C_nH_{2n-2} + 2Br_2 \rightarrow C_nH_{2n-2}Br_4$

$n(Br_2) = \dfrac{96002 \cdot 0{,}02}{160 \text{ г/моль}} = 1{,}2$ моль $\Rightarrow n(C_nH_{2n-2}) = \frac{1}{2} n(Br_2) =$

$= 0{,}6$ моль

$C_nH_{2n-2} + \frac{1}{2}Ag_2O \xrightarrow{NH_3} C_nH_{2n-3}Ag + \frac{1}{4}H_2O$. $n(Ag) = 2n(Ag_2O) = 2 \cdot \dfrac{69{,}62}{232 \text{ г/моль}} =$

$= 0{,}6$ моль

значит, алкинов 0,6 моль и они оба терминальные.

$\overline{M} = \dfrac{29{,}62}{0{,}6 \text{ моль}} = 49{,}33$ г/моль

$M(C_3H_4) = 40$ г/моль

$M(C_4H_6) = 54$ г/моль

$\Rightarrow 40x + 54(1-x) = 49{,}33$

$x = \frac{1}{3} = \chi(C_3H_4)$; $\chi(C_4H_6) = \frac{2}{3}$.

Это $H_3C-C\equiv CH$ и $H_3C-CH_2-C\equiv CH$

а) $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3\downarrow + 3CH_4\uparrow$

б) $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$

в) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2\downarrow + HC\equiv CH\uparrow$

Чистовик

№7 - продолжение

г) $2HC\equiv CH + 2Na \rightarrow 2HC\equiv CNa + H_2\uparrow$

д) $HC\equiv CNa + CH_3Cl \rightarrow HC\equiv C-CH_3 + NaCl$ - получен C_3H_4

2) б) $HC\equiv CH + 2H_2 \xrightarrow{Pd, t^\circ} H_3C-CH_3$ а) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2\downarrow + HC\equiv CH\uparrow$

в) $H_3C-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} H_3C-CH_2Cl$ г) $HC\equiv CH + Na \rightarrow HC\equiv CNa + \frac{1}{2}H_2\uparrow$

получен C_4H_6

д) $HC\equiv CNa + H_3C-CH_2Cl \rightarrow HC\equiv C-CH_2-CH_3 + NaCl$

(C_2H_2 и C_2HNa получены в схеме 1).

№3

$\omega(Cu)_{Cu(CN)_4} = 38,095\% \approx 38,10\%$.

X) Cu - металл (КЧ=4)

$4KCN + CuCl_2 \rightarrow K_2[Cu(CN)_4] + 2KCl$

Заряд частицы $[Cu(CN)_4]^{2-}$ (2-)

Частица $[Cu(CN)_4]^{2-}$

Ответ: $[Cu(CN)_4]^{2-}$

№1

~~$Ca(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} Ca(NO_2)_2 + NO_2\uparrow + O_2\uparrow$~~

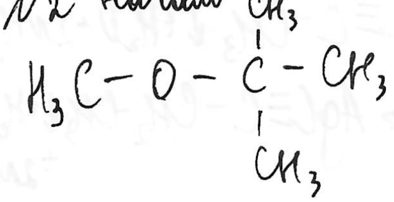
$Pb(NO_3)_4 \xrightarrow{t^\circ} Pb(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow$

соль 1 соль 2 оксид простое в-во

не арц. разлаг. при t°

—

№2 - начало



$C_5H_{12}O$

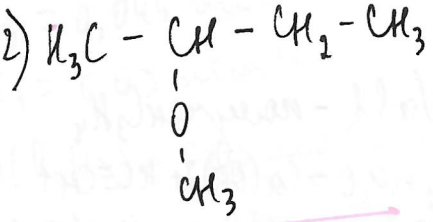
метилтретбутиловый эфир

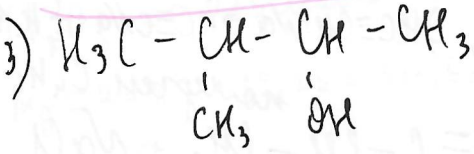
Оптически активные изомеры:

1) $H_3C-CH(OH)-CH_2-CH_2-CH_3$

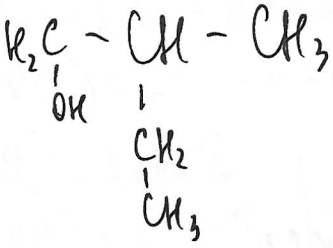
Чистовик

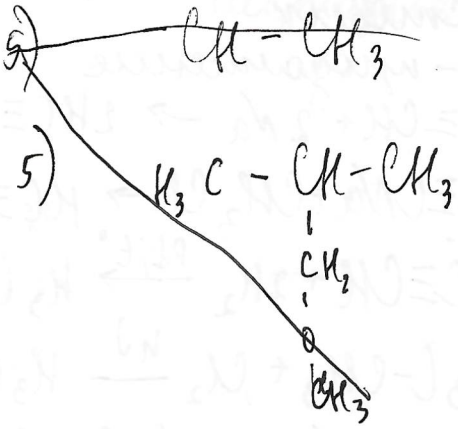
№2 - окончание

2) 

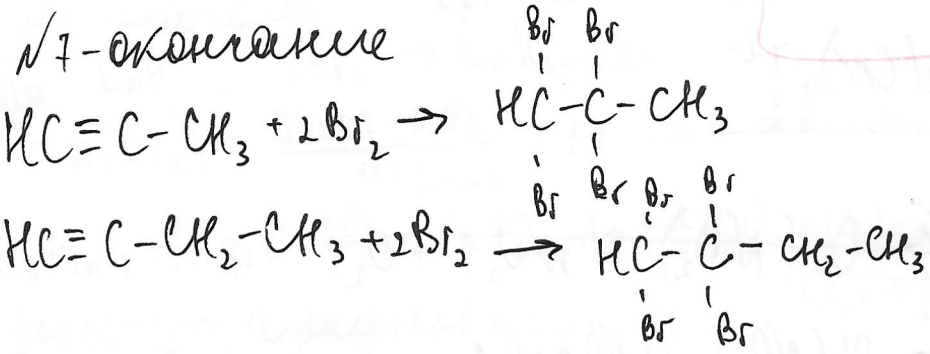
3) 

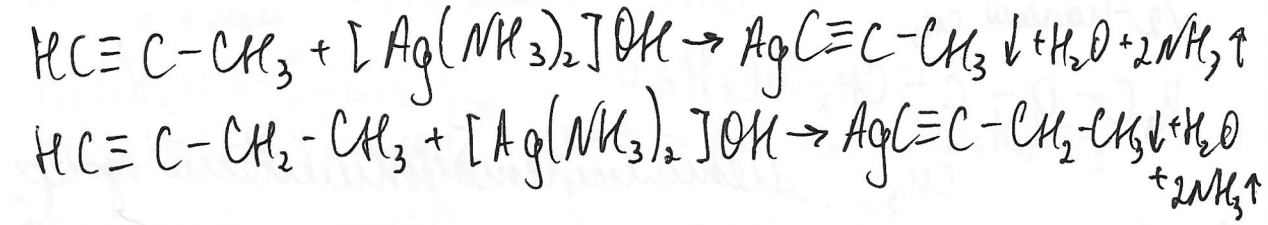
4) ~~  ~~

4) 

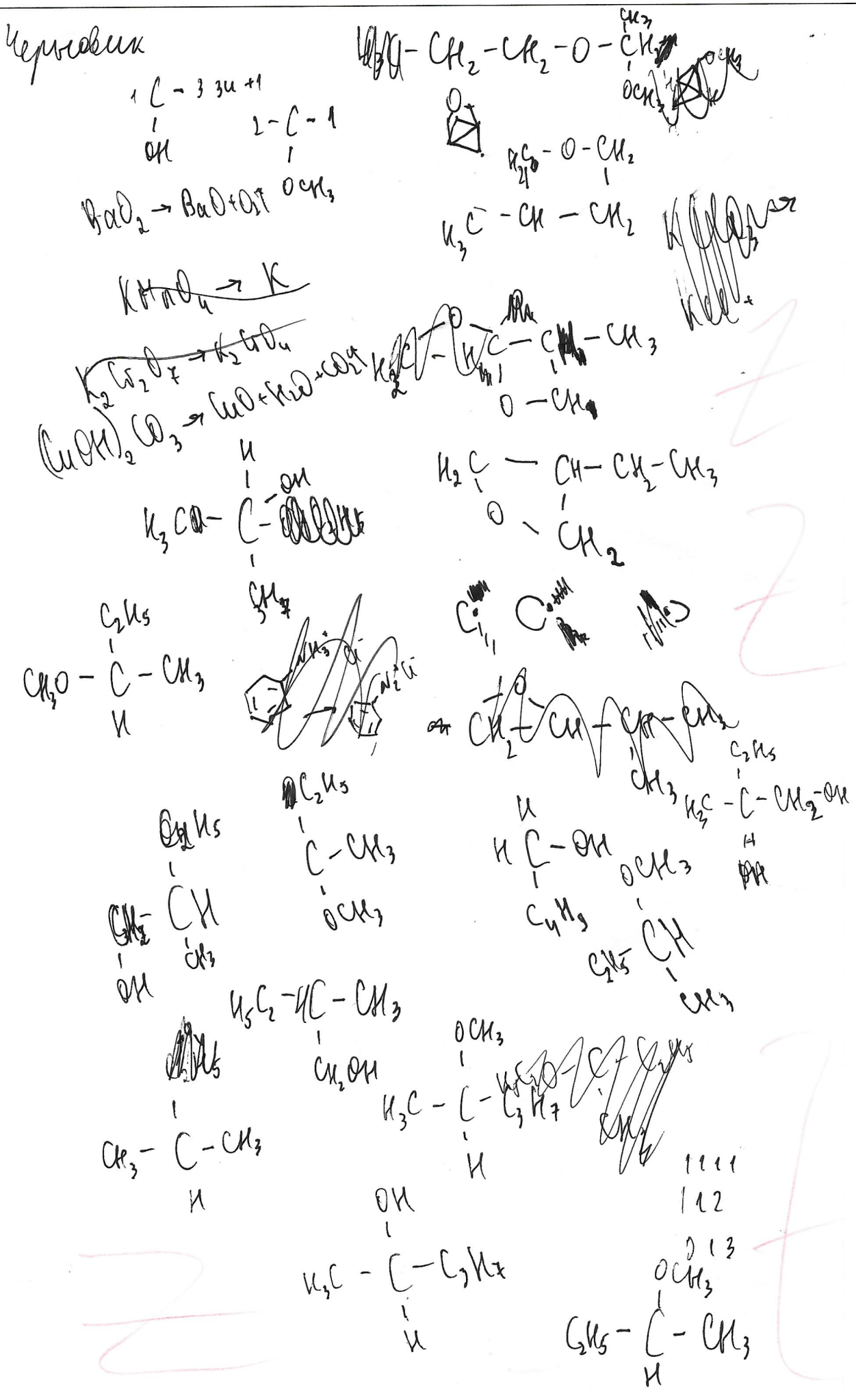
5) 

№7 - окончание





Черновик



Черновик

$HC\equiv C-CH_3$

$HC\equiv CH + Na \rightarrow HC\equiv CNa + H_2\uparrow$

$HC\equiv CNa + CH_3Cl \rightarrow HC\equiv C-CH_3 + NaCl$

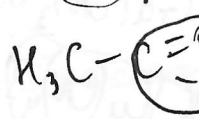
$HC\equiv CH + 2H_2 \rightarrow H_3C-CH_3$

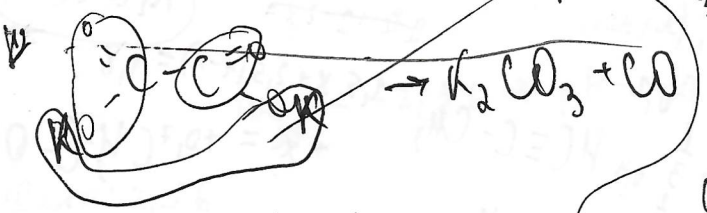
$H_3C-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_2Cl-CH_3 + HC\equiv CNa$

$(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 + N_2 + H_2O$

~~$(NH_4)NO_2 \rightarrow N_2 + H_2O$~~

$(NH_4)_2SO_4 \rightarrow N_2 + SO_2 + H_2O$





$(NH_4)_2HPO_4 \rightarrow (NH_4)_2P_2O_7$

$2Na_2HPO_4 \rightarrow Na_2P_2O_7 + H_2O$

$Pb(NO_3)_4 \xrightarrow{t} PbO(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow$ (5)

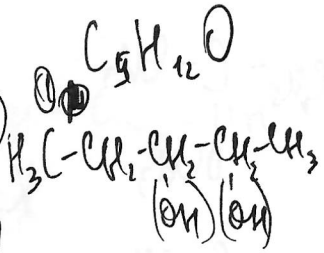
$C_4^2 = \frac{4!}{2!} = \frac{1\cdot2\cdot3\cdot4}{2}$ (12)

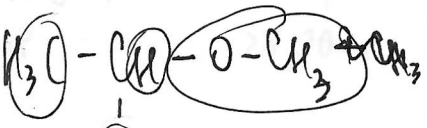
$Na_2S_4O_6 \rightarrow Na_2SO_3 + 1{,}5SO_2 + 1{,}5S$

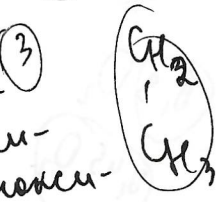
$S_3O_3 \rightarrow 1{,}5SO_2 + 1{,}5S$

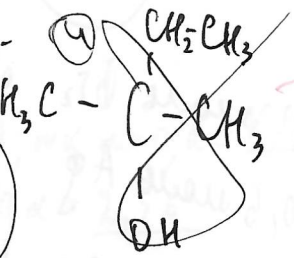
$2Na_2S_4O_6 \rightarrow 2Na_2SO_3 + 3SO_2 + 3S\downarrow$

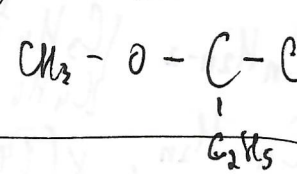
$C_5H_{12}O$

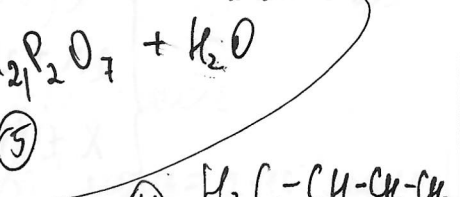


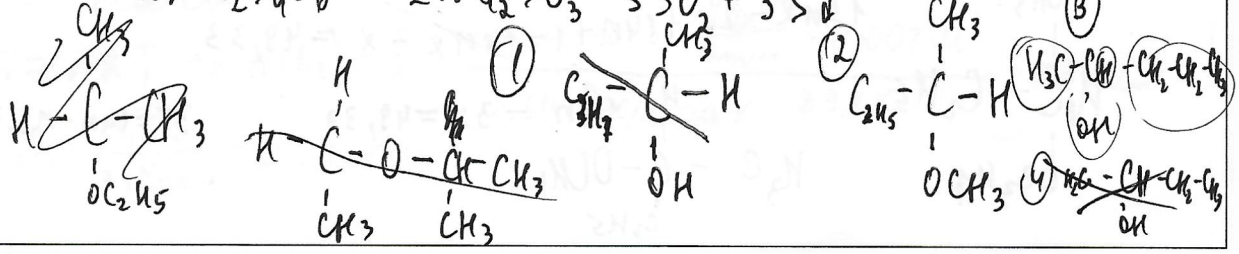












Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Черновик

$Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2SO_3 + S$

$Zn(NO_3)_2 \rightarrow Zn(NO_2)_2 + NO_2 + O_2$

$H_3C-O-C(CH_3)_3$) $H_3C-CH_2-C(OH)(CH_3)_2$ $C_4H_{10}O$

$C_2H_5-C(OCH_3)(CH_3)-CH_3$

$CH_3-C(OC_2H_5)(CH_3)-CH_3$

$K_2[X(CN)_4]$ 294 (Cd 112)

$K[X(CN)_4]$ 231 (Sr 88)

$H_2C(CH_3)-O-CH_2-C(CH_3)_2-OH$

$2KCN + XCl_2 \rightarrow K_2[X(CN)_2Cl_2]$

69,9 133,4 Cl Ga 38,6

75,7 198,7 Cl_2

81,55 Cl_3 64

$K[Ga(CN)_3Cl]$

$K_2[Cu(CN)_4]$

$P_{0,5}O_{0,9}$

P_2O_5 P_2O_3 + P_2O_5

1,2 моль Br_2

0,6 моль Ag

0,6 моль смеси

$1,5x + 2,5(1-x) = 1,8$

$+x = +0,7$

(x) C_nH_{2n-2} C_3H_4 $\frac{1}{3}$ $0,4$ $HC\equiv C-CH_3$

(y) $C_{n+1}H_{2n}$ C_4H_6 $\frac{2}{3}$ $CH_3-C(CH_3)(OC_2H_5)-CH_3$

$\begin{cases} x(14n-2) + (1-x)(14n+1) = 29,62, \\ 2x + 2y = 1,2, \\ x + y = 0,6 \end{cases}$

$HC\equiv C-CH_3$ $HC\equiv C-CH_2-CH_3$

$40x + 54(1-x) = 49,3$ $x = 0,6 - y \Rightarrow$

$40x + 54 - 54x = 49,3$

$-14x =$

$x = \frac{1}{3}$

$8,4n - 1,2 + 14ny + 2y + y = 29,6$

$8,4n + 3y = 30,8$

$14nx - 2x + 14n + 1 - 14nx - x = 49,33$

$14n - 3x = 49,33$ $3x = 14n - 49,33$

$H_2C(CH_3)-C_2H_5$

C_5H_{12}

$H_3C-C(H)(OCH_3)-C_2H_5$