Часть 1

Олимпиада: **Химия 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21300909**

ID профиля: **311059**

Вариант 2

Вариант 2. 11 класс.

Задача 1.

Предположим, одно из соединений бинарно, $X_a O_b$. Тогда, $\omega(O) = \frac{16b}{xa+16b} = 0{,}48 \Rightarrow$

$\Rightarrow 0{,}48(xa+16b) = 16b \Rightarrow 0{,}48ax = 8{,}32b \Rightarrow$

$\Rightarrow ax = 17{,}33b.$

При подборе чисел получаем: $\begin{cases} a=1 \\ b=3 \end{cases} \Rightarrow$

$\Rightarrow X = 52$ — это Cr. Соединение — $\underline{CrO_3}$, действительно, твердое. Его $M(CrO_3) = 100 \frac{г}{моль}$, такая же должна быть у другого в-ва.

Другое в-во не бинарно, т. к. подбор не дает целочисленных значений для молярных масс элементов. Вероятно, это соль, причем разлагающаяся до газа Г. Подходит карбонат магния. $M(MgCO_3) = 100 \frac{г}{моль}$.

1) $CrO_3 + MgCO_3 \xrightarrow{сплав} MgCrO_4 + CO_2\uparrow$

CrO_3 — Б

$MgCO_3$ — А

$MgCrO_4$ — ярко-желтая соль хромата — В

CO_2 — бесцветный газ без запаха — Г

2) $MgCO_3 \xrightarrow{t^\circ} MgO + CO_2\uparrow$ (A → D + Г)

3) $4CrO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow$ (Б → Е)

Проверим соответствие данным из задачи.

Пусть $m(MgCO_3) = 40\,г \Rightarrow \nu(MgCO_3) = \frac{40\,г}{100\frac{г}{моль}} = 0{,}4\,моль \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu(Г) = \nu(CO_2) = 0{,}4\,моль = \nu(MgCO_3)$ по ур-ю $\Rightarrow$

$\Rightarrow V(Г) = 22{,}4\frac{л}{моль} \cdot 0{,}4\,моль = \underline{8{,}96\,л}$ — (подходит)

$\nu(CrO_3) = \frac{40\,г}{100\frac{г}{моль}} = 0{,}4\,моль$, $\nu(O_2) = \frac{3}{4}\nu(CrO_3) =$

(т.к. 40 г оксида Cr(VI) взяли)

$= 0{,}3\,моль \Rightarrow V(O_2) = 0{,}3\,моль \cdot 22{,}4\frac{л}{моль} = \underline{6{,}72\,л}$

— да

4) $MgO + Cr_2O_3 \xrightarrow{сплав} X$

$m(MgO) = 0{,}4\,моль \cdot 56\frac{г}{моль} = 22{,}4\,г$ (из реакции 2)

$m(Cr_2O_3) = \frac{0{,}4\,моль}{2} \cdot 152\frac{г}{моль} = 30{,}4\,г$ (из реакции 3)

$22{,}4\,г + 30{,}4\,г = 52{,}8\,г$ (из них 11,2 г — MgO, взят в изб.) — да (нет лишних продуктов)

по зак сохр масс(б)

$\nu(MgO) = \nu(X) = 0,4 \text{ моль} \Rightarrow M(X) = \frac{52,8\,г}{0,4 \text{ моль}} =$

$= 132 \frac{г}{моль}$

$\nu(MgO) = 0,4$ моль (остается 0,2 моль MgO в избытке)

$\nu(Cr_2O_3) = 0,2$ моль

4) $MgO + Cr_2O_3 \xrightarrow{\text{сплав}} Mg(CrO_2)_2$

1) А – $MgCO_3$

Б – CrO_3

В – $MgCrO_4$

Г – CO_2

Д – MgO

Е – Cr_2O_3

Ж – $Mg(CrO_2)_2$

2)

1. $CrO_3 + MgCO_3 \xrightarrow{\text{сплав}} MgCrO_4 + CO_2\uparrow$
2. $MgCO_3 \xrightarrow{t^\circ} MgO + CO_2\uparrow$
3. $4CrO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow$
4. $MgO + Cr_2O_3 \xrightarrow{\text{сплав}} Mg(CrO_2)_2$

Задача 2.

Карминово-красный цвет пламени позволяет судить о том, что это была соль лития.

$A \xrightarrow{t^\circ} X + Y$

$\rho(X) = 1{,}251 \cdot 10^{-3} \frac{г}{см^3}$, малая плотность $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ возможно, это газ?

По Менделееву-Клапейрону

$pV = \frac{mRT}{M}$ | $:V \Rightarrow p = \frac{\rho RT}{M} \Rightarrow M = \frac{\rho RT}{p} =$ ~~$1{,}251 \cdot 8,$~~

$\rho = 1{,}251 \cdot 10^{-3} \frac{г}{см^3} = 1{,}251 \frac{кг}{м^3}$, $R = 8{,}314 \frac{Дж}{моль \cdot К}$,

~~$T_{стоим} = 298$ К, $p_{ат} = 101325$ Па~~ $T_{н.у.} = 273$ К, $p = 10^5$ Па $= 1$ бар

$M = \frac{1{,}251 \cdot 8{,}314 \cdot 273}{100000} = 0{,}03059 \frac{кг}{моль} = 30{,}6 \frac{г}{моль}$

$0{,}028 \frac{кг}{моль} = 28 \frac{г}{моль} \Rightarrow$ это N_2

$Y + H_2O \rightarrow H_2 + \ldots$

$V = 44{,}848\ л = 0{,}044848\ м^3$

$T = 293$ К

$p = \frac{740}{760}$ атм $= 98658{,}5$ Па

$\nu(H_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{98658{,}5 \cdot 0{,}044848}{8{,}314 \cdot 293} =$

$= 1{,}816$ моль

N_2

N_2

N

NC

Li

2) (продолж.)

$\overset{+1}{Li}-\overset{-1}{N}=\overset{0}{N}\equiv\overset{0}{N}$

А — азид лития LiN_3

Б — нитрид лития Li_3N

Х — азот N_2

У — литий Li

1) $2LiN_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Li + 3N_2\uparrow$

2) $6Li + N_2 \rightarrow 2Li_3N$

LiN_3; Li_3N — одинаковое число атомов

3) $2Li_3N \xrightarrow[\text{(без } O_2\text{, иначе окислится Li)}]{t^\circ} N_2\uparrow + 6Li$ (Б бинарно)

У

4) $LiN_3 + Li_3N \rightarrow 4Li + 2N_2\uparrow$

1,816 моль

5) $2Li + 2H_2O \rightarrow 2LiOH + H_2\uparrow$

$\nu(Li) = 2\nu(H_2) = 3,632$ моль

$m(Li) = 3,632 \text{ моль} \cdot 7\frac{2}{\text{моль}} = 25,4242$

$\nu(Li) = \frac{25,4242}{7\frac{2}{\text{моль}}} = 3,632 \text{ моль} = 4\nu(LiN_3) =$

в реакции 4

$= 4\nu(Li_3N) \Rightarrow \nu(LiN_3) = \nu(Li_3N) = 0,908$ моль

$m(LiN_3) = 0{,}908 \text{ моль} \cdot 49 \frac{г}{моль} = 44{,}492 г$

$m(Li_3N) = 0{,}908 \text{ моль} \cdot 35 \frac{г}{моль} = 31{,}78 г$

$\omega(LiN_3) = \frac{44{,}492}{76{,}272} = 0{,}583 \Rightarrow \omega(Li_3N) = 0{,}416$

$\omega(LiN_3) = 58{,}3\%$
$\omega(Li_3N) = 41{,}6\%$

$LiN_3 + HOH \rightleftarrows LiOH + HN_3$ — pH > 7, щелочь и присутствие слабой кислоты

$Li_3N + 3HOH \longrightarrow 3LiOH + NH_3\uparrow$ — pH > 7, щелочная среда

Задача 3.

1) $\Delta_f H$ (изооктан ) = 208 $\frac{кДж}{моль}$

$\Delta_f H$ (н-гептан ) = 224 $\frac{кДж}{моль}$

$\Delta_f H(CO_2) = 393,5 \frac{кДж}{моль}$

$\Delta_f H(H_2O) = 285,8 \frac{кДж}{моль}$

ρ () = 0,69 $\frac{г}{см^3}$ = 690 $\frac{кг}{м^3}$

ρ () = 0,684 $\frac{г}{см^3}$ = 684 $\frac{кг}{м^3}$

100 мл. бенз. + O_2 ⟶ ... + 3333,8 кДж

2  + 25 O_2 $\xrightarrow{t^\circ}$ 16 $CO_2\uparrow$ + 18 H_2O

2 C_8H_{18}

$\Delta_r H = 16\Delta_f H(CO_2) + 18\Delta_f H(H_2O) - 2\Delta_f(C_8H_{18})$

$C_7H_{16} + 11O_2 \xrightarrow{t^\circ} 7CO_2\uparrow + 8H_2O$

100 мл. = 100 $см^3$ = $\frac{m(\text{})_г}{0,69 \frac{г}{см^3}} + \frac{m(\text{})_г}{0,684 \frac{г}{см^3}}$

Пусть, m () = m_1, m () = m_2;

$\frac{m_1}{0,69} + \frac{m_2}{0,684} = 100 \Rightarrow$ ~~$1,45m_1 + 1,462m_2 = 100$~~;

$m_1 + 1,01m_2 = 68,97$

для 1 моль:

$C_8H_{18} + \frac{25}{2} O_2 \to 8CO_2 + 9H_2O + Q$

т.е., $\Delta H < 0$

„Перевернем" реакцию, поменяв знак ΔH

$8CO_2 + 9H_2O \to \frac{25}{2} O_2 + C_8H_{18}$

C_8H_{18} везде фигурирует как изооктан!!!

$\Delta_{r_1}H = \Delta_f H(C_8H_{18}) - 9\Delta_f H(H_2O) - 8\Delta_f H(CO_2) =$

$= |208 \frac{кДж}{моль} - 2572,2 \frac{кДж}{моль} - 3148 \frac{кДж}{моль}| =$

$= |-5512,2 \frac{кДж}{моль}| = 5512,2 \frac{кДж}{моль}$ (поменяли знак) для изооктана

$C_7H_{16} + 11O_2 \to 7CO_2 + 8H_2O + Q$

$7CO_2 + 8H_2O \to 11O_2 + C_7H_{16}$

$\Delta_{r_2}H = \Delta_f H(C_7H_{16}) - 8\Delta_f H(H_2O) - 7\Delta_f H(CO_2) =$

$= |224 \frac{кДж}{моль} - 2286,4 \frac{кДж}{моль} - 2754,5 \frac{кДж}{моль}| =$

$= |-4816,9 \frac{кДж}{моль}| = 4816,9 \frac{кДж}{моль}$ для н-гептана

Т.к., $Q_{реак} = 3333,8$ кДж, то

$|\Delta_{r_1}H \cdot \nu(C_8H_{18})| + |\Delta_{r_2}H \cdot \nu(C_7H_{16})| = Q_{реак}$

$5512,2\,\nu(C_8H_{18}) + 4816,9\,\nu(C_7H_{16}) = 3333,8 \;/:5512,2$

$\nu(C_8H_{18}) + 0,874\,\nu(C_7H_{16}) = 0,6$

однако $m_1 + 1,01 m_2 = 68,97$

$\nu(C_8H_{18}) = \nu_1 = \frac{m_1}{M(C_8H_{18})} = \frac{m_1}{114}$

$\nu(C_7H_{16}) = \nu_2 = \frac{m_2}{M(C_7H_{16})} = \frac{m_2}{100}$

$m_1 \approx 68,97 - 1,01 m_2$

$\frac{68,97 - 1,01 m_2}{114} + \frac{0,874 \cdot m_2}{100} = 0,6$

$0,605 - 0,0089 m_2 + 0,00874 m_2 = 0,6$

$0,00874 m_2 = 0,00874 m_2 + 0,005$

$0,00016 m_2 = 0,005$

$m_2 \approx 31,25$ г $\Rightarrow V_2 = \frac{31,25 г}{0,684 \frac{г}{см^3}} = 45,69 см^3$

$\Downarrow$

$m_1 \approx 37,42$ г $\Rightarrow V_1 \approx \frac{37,42}{0,69 \frac{г}{см^3}} = 54,21 см^3$

$ОЧ = \%(C_8H_{18}) = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = 54,21$

$ОЧ \approx 54$

2)

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O + Q$$

$Q = 285,8$ кДж

Если 100 мл. бензина выделяют 3333,8 кДж $\Rightarrow$ 40 л. выделит в 400 раз больше (состав бензина не меняли, все $\Delta_r H$ возрастут в $n = 400$ раз соответственно), т.е. $Q_{нуж} = 1333520$ кДж

1 моль H_2 — 285,8 кДж

x моль H_2 — 1333520 кДж

Из пропорции получаем:

$$x = \frac{1333520\ \text{кДж} \cdot 1\ \text{моль}}{285,8\ \text{кДж}} = 4665,92\ \text{моль}$$

(н.у.)

$V(H_2) = x V_M = 4665,92\ \text{моль} \cdot 22,4 \frac{1}{\text{моль}} =$

$= 104516,6$ л

$V(H_2) = 104516,6\ \text{л} \approx 104,5\ \text{м}^3$

3) $V(H_2) = 40\ \text{л} = 0,04\ \text{м}^3$

$p = 19,6 \cdot 10^6$ Па

$T = 298$ К

$m(H_2) = 76,5$ кг

$R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$M(H_2) = 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} =$

$= 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

Согласно уравнению Менделеева - Клапейрона

$pV(H_2) = \nu(H_2) RT$

$pV(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)} RT$

$m'(H_2) = \frac{pV(H_2)M(H_2)}{RT} =$

$= \frac{19,6 \cdot 10^6 \cdot 0,04 \cdot 0,002}{8,314 \cdot 298} =$

$= \frac{1568}{2477,572} = 0,6329$ кг

$m(\text{баллона}) = 76,5\ \text{кг} - 0,6329\ \text{кг} = 75,8671$ кг

~~т.е., вместо 0,6329 кг (H_2) в теории~~

Предположим, баллон заполнен 40 л бензина (с $\omega = 54\%$) $\Rightarrow 0,54 \cdot 40\ \text{л} = 21,6\ \text{л} = V(\text{Хл})$, $18,4\ \text{л} = V(\text{Мм})$, $m(\text{Хл}) = 21600\ \text{мл} \cdot 0,69 \frac{\text{г}}{\text{мл}} =$

$= 14904$ г; $m(\text{Мм}) = 18400\ \text{мл} \cdot 0,684 \frac{\text{г}}{\text{мл}} = 12585,6$ г,

$\nu(\text{Хл}) = \frac{14904\ \text{г}}{114 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 130,74\ \text{моль}$; $\nu(\text{Мм}) = \frac{12585,6\ \text{г}}{100 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} =$

$= 125,856$ моль. При сжигании они дадут

$Q_б = |\Delta_{r_1} H| \nu(\text{Хл}) + |\Delta_{r_2} H| \nu(\text{Мм}) = 5512,2 \cdot 130,74 +$

$+ 4816,9 \cdot 125,856 = 720665 + 606235,7 =$

$= 1326900$ кДж $\approx 1326,9$ МДж.

$\nu(H_2) = \frac{m'(H_2)}{M(H_2)} = 316{,}45$ моль

1 моль H_2 — 285,8 кДж

316 моль H_2 — Q_2

$Q_2 = \frac{316 \text{ моль} \cdot 285{,}8 \text{ кДж}}{1 \text{ моль}} = 90312{,}8$ кДж

$Q_1 > Q_2$ ⇒ нецелесообразно, т.к. меньше выделяется энергии для автомобиля.

X
y

Часть 2

Олимпиада: **Химия 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21300909**

ID профиля: **311059**

Вариант 2

Задача 4.

Вероятно, A – эфир (сложный) $C_mH_{2m}O_2$

$$\overset{10,2\,г}{A} + O_2 \xrightarrow{t^\circ} \overset{11,2\,л}{CO_2}_{(н.у.)} + \overset{9\,мл}{H_2O}$$

$9\,мл(H_2O) \cdot 1000\,\frac{г}{мл} \cdot 1\,\frac{г}{мл} = 9\,г = m(H_2O)$

$$\nu(C) = \nu(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m} = \frac{11,2\,л}{22,4\,\frac{л}{моль}} = 0,5\ моль$$

$$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = \frac{2m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{18\,г}{18\,\frac{г}{моль}} = 1\ моль$$

$m(CO_2) = \nu(CO_2) \cdot M(CO_2) = 0,5\,моль \cdot 44\,\frac{г}{моль} =$

$= 22\,г$

$m(H_2O) + m(CO_2) = m(O_2) + m(A)$ по закону сохранения масс

$m(O_2) = m(H_2O) + m(CO_2) - m(A) = 9\,г + 22\,г -$

$- 10,2\,г = 20,8\,г$

$\nu(O_2) = \frac{20,8\,г}{32\,\frac{г}{моль}} = 0,65\,моль \Rightarrow \nu(O\text{ в }O_2) = 2\nu(O_2) = 1,3\,моль$

$\nu(O\text{ в }CO_2) = 2\nu(CO_2) = 1\ моль$

$\nu(O\text{ в }H_2O) = \nu(H_2O) = 0,5\,моль$

$\nu(O\text{ в в-ве }A) = \nu(O\text{ в }CO_2) + \nu(O\text{ в }H_2O) - \nu(O\text{ в }O_2) =$

$= 1\,моль + 0,5\,моль - 1,3\,моль = 0,2\,моль$

Так, $\nu(C) : \nu(H) : \nu(O) = 0,5 : 1 : 0,2 = 5 : 10 : 2$

Выбранному ряду сложных эфиров подходит молекулярная формула – $C_5H_{10}O_2$

$$2C_5H_{10}O_2 + 13O_2 \xrightarrow{t^\circ} 10CO_2\uparrow + 10H_2O$$

$$\nu(A) = \frac{10,2\,г}{M(C_5H_{10}O_2)} = \frac{10,2\,г}{102\,\frac{г}{моль}} = 0,1\,моль$$

это и есть А

4,6 г

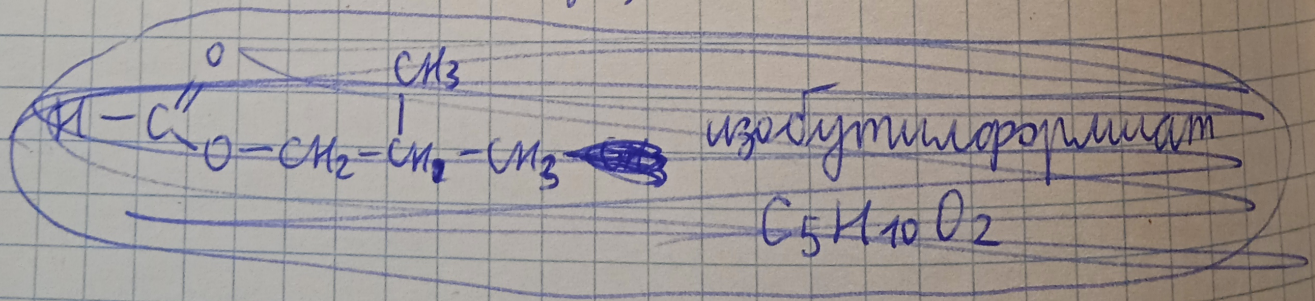
$$R_1COOR_2 + HOH \rightleftarrows R_1COOH + R_2OH$$

$$\nu(A) = \nu(R_1COOH) = 0,1\,моль \Rightarrow M(R_1COOH) = \frac{4,6\,г}{0,1\,моль} = 46\,\frac{г}{моль}$$

$$M(R_1COOH) = M(R_1) + M(COOH) = 46\,\frac{г}{моль} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(R_1) = 1\,\frac{г}{моль} \quad (т.к.\ M(COOH) = 45\,\frac{г}{моль}) \Rightarrow$$

$\Rightarrow R_1$ – это H. Тогда, в-во А – это $HCOOC_4H_9$



изобутилформиат

$C_5H_{10}O_2$

муравьиная кислота

$$HCOOC_4H_9 + HOH \rightleftarrows HCOOH + C_4H_9OH$$

~~бутанол-1~~

2-метилпропанол-1

$$HCOOH + \overset{0,1\ моль}{NaOH} \rightarrow HCOONa + H_2O$$

$V = 50\ мл$

$c = 2\ М$

$\nu = Vc = 50\ мл \cdot 2\frac{моль}{л} =$

$= 0{,}05\ л \cdot 2\frac{моль}{л} = 0{,}1\ моль$

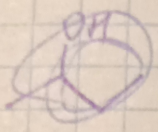
$\nu(HCOOH) = \nu(NaOH) = 0{,}1\ моль$

Тогда, в реакции гидролиза всех в-в по 0,1 моль.

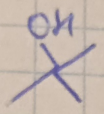
$$B \xrightarrow[t^\circ]{Al_2O_3\ кат} Г + H_2O$$

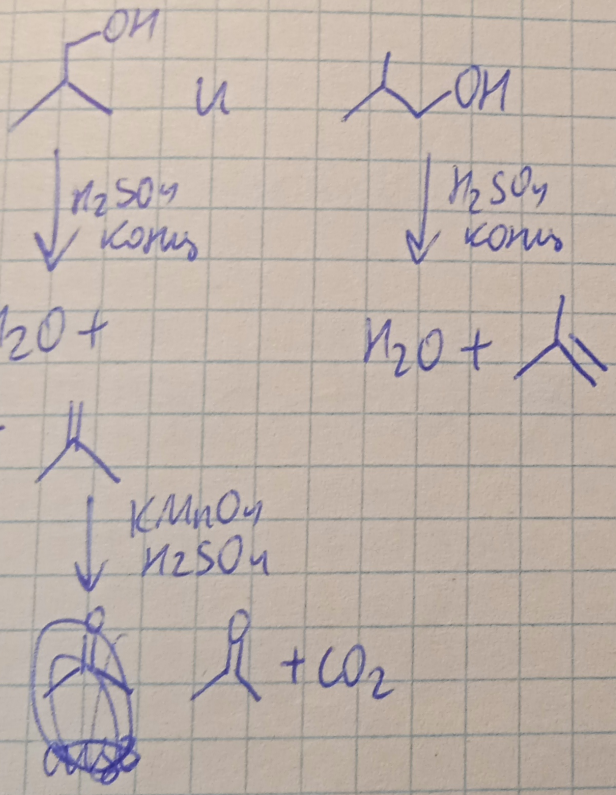
$$Г \xrightarrow{+KMnO_4,\ [H^+]} Д - кетон$$

Т.к. Г окисляется до кетона, а не до альдегида, то гидроксогруппа присоединена не к крайнему, а к центральному атому С => радикал не н-бутил, а изобутил.



Дегидратацией спирта получают углеводород, образующий только один кетон.

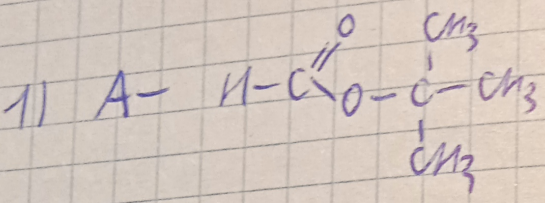
Это не  (иначе кетон не может образоваться!). Это может быть

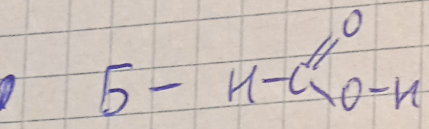


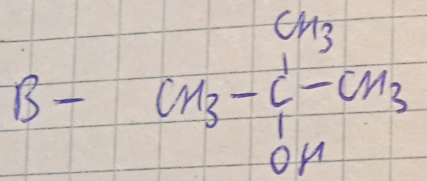
$\omega(O) = 0{,}2759$, кетон – это $C_nH_{2n}O$

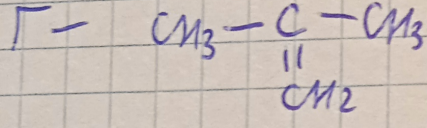
$$\frac{16}{12n+2n+16} = 0{,}2759 \Rightarrow 14n+16 = 58 \Rightarrow n = 3$$

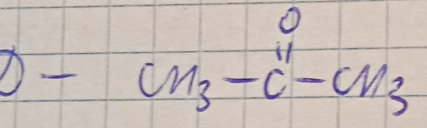
Это ацетон.

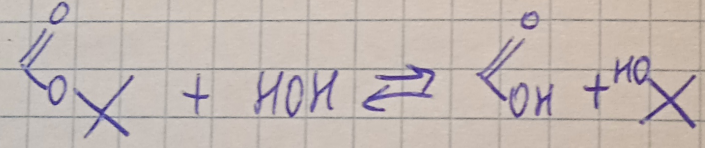
1) A –  третбутилформиат

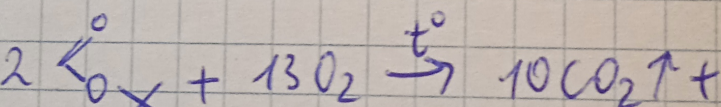
Б –  муравьиная кислота

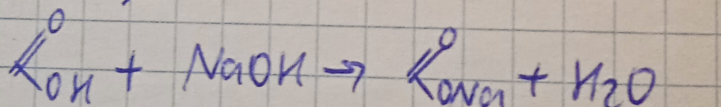
В –  2-метилпропанол-2

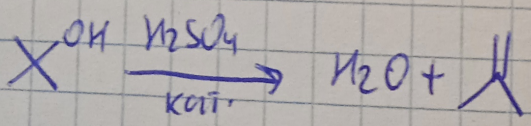
Г –  метилпропен

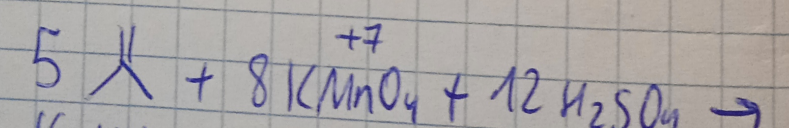
Д –  ацетон (пропанон)

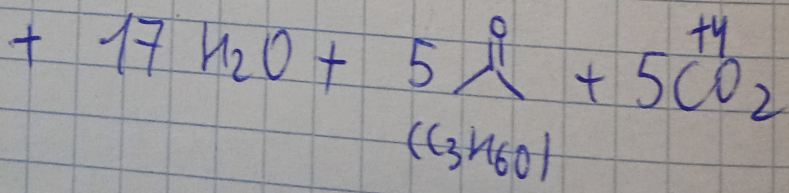
2) 








(C4H8)


(C3H6O)

$Mn^{+7} + 5\bar{e} \to Mn^{+2}$ | 5 | 8

$(H_2\overset{-2}{C}=\overset{-2}{C}H_2)$ $C^{-2} - 6\bar{e} \to C^{+4}$ | 8 | 5

$C^{0} - 2\bar{e} \to C^{+2}$

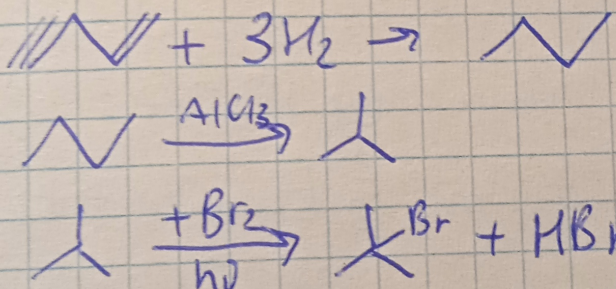
$(\overset{II\,0}{C}H_2)$ $(\overset{II\,+2}{C}O^{-2})$

3) $CO + KOH \xrightarrow{p,\ t^\circ} HCOOK$

$HCOOK + HCl \to HCOOH + KCl$

$2CH_4 \xrightarrow{t^\circ} HC{\equiv}CH + 3H_2\uparrow$

$2HC{\equiv}CH \xrightarrow[kat]{t^\circ}$ винилацетилен

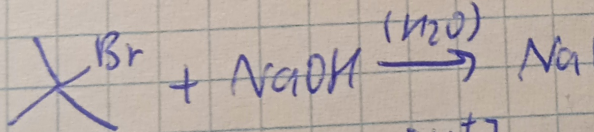


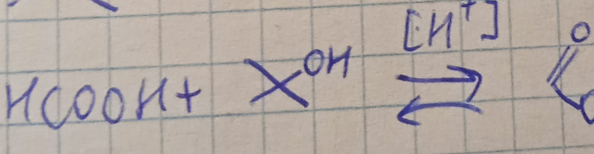
В синтезе использовались

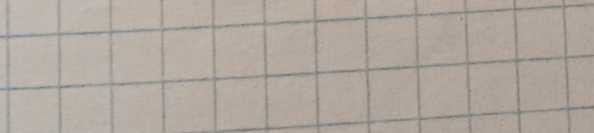
CO
KOH
HCl
H_2
$AlCl_3$
Br_2
NaOH

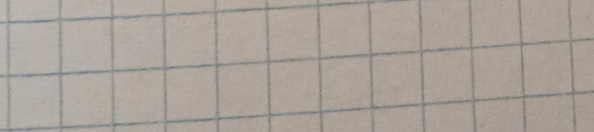
} все неорг

CH_4 — метан по условию









Задача 5.

Уравнение Аррениуса

$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$ — энергия активации

k — константа скорости реакции

A — предэкспоненциальный множитель

$e^{-\frac{E_a}{RT}}$ — доля активных соударений в системе

$$A \underset{k_1}{\overset{k_2}{\rightleftarrows}} B \xrightarrow{k_3} D$$

$k_1 = k_3$

$Q_{выделения\ (B \to D)} = 1{,}5\, Q_{поглощ\ (A \to B)}$

$Q_{A \to B} = \frac{2}{3} E_{акт\ (A \to B)}$

$B \to D + Q_{BD}$

$A \to B + Q_{AB}$

$k_1 = A e^{\frac{-E_{a1}}{RT}} = k_3 = A e^{\frac{-E_{a3}}{RT}} \Rightarrow E_{a1} = E_{a3} = E_{a0}$

$Q_{AB} = \frac{2}{3} E_{a0}$

$Q_{BD} = 1{,}5\, Q_{BA}$

$A \to B$ процесс экзотермический $Q = \frac{2}{3} E_{акт}$

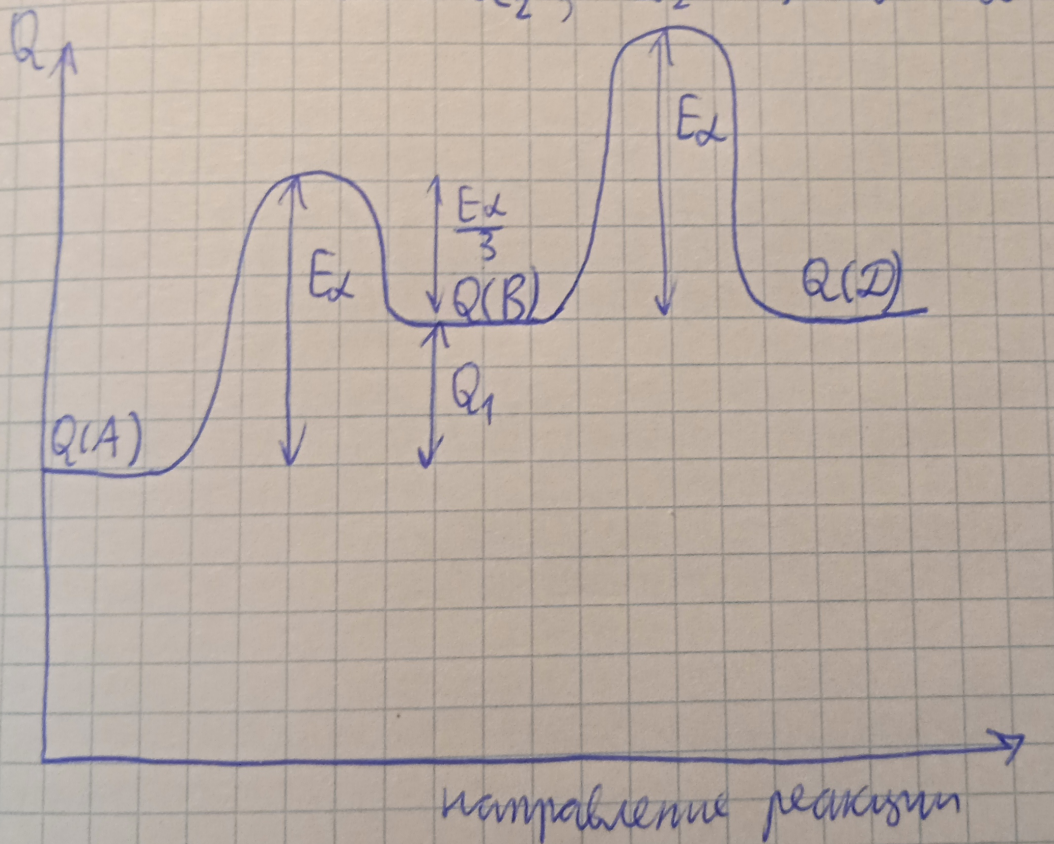
$B \to A$ эндотермический $Q < 0$ $|Q| = Q_0$

$B \to D$ экзотермический $Q > 0$ $|Q| = 1{,}5 Q_0$

Т.к. $Q_{AB} < E_{акт} \Rightarrow$ процесс $A \to B$ эндотермический

$A \to B - Q_1$, $Q_1 = \frac{2}{3} E_a$

$B \to D + Q_2$, $Q_2 = 1{,}5 Q_0 = E_a$



В результате процесс эндотермический

$$\frac{E_a(A \to B)}{E_a(B \to A)} = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{A e^{-\frac{E_a}{RT}}}{A e^{-\frac{3E_a}{2RT}}} = e^{\frac{-E_a + 3E_a}{2RT}} = e^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \sqrt{e} \approx 1{,}65$$