

Часть 1

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

Шифр: **21301132**

ID профиля: **859106**

Вариант 1

Условие ①

Задача 1

1) Найдём окислы А и Б:
 $\forall x O_y \quad \frac{w(x)}{M(x)} : \frac{w(O)}{M(O)} = x:y$

окисл А:

рассмотрим возможные отношения $Э:O$

$Э:O$	$M(Э), \text{г/моль}$
2:1	5,3
1:1	10,6
2:3	16
1:2	21,3
1:3	32

→ не подходит SO_3

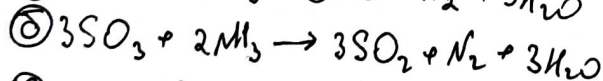
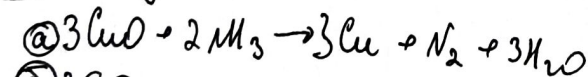
$$\frac{0,4}{M(Э)} : \frac{0,6}{16} = \frac{0,4}{M(Э)} : 0,0375 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(Э) = \frac{0,4}{0,0375 \cdot n}, \text{ где } n \text{ — целое отношение } Э:O$$

$$M(SO_3) = 32 + 16 \cdot 3 = 80 \text{ г/моль} = M(CuO) = 64 + 16 = 80 \text{ г/моль}$$

2) Вещества А — SO_3 Б — $CuSO_4$ Д — Cu
 Б — CuO Г — SO_2

2.1) Реакции:

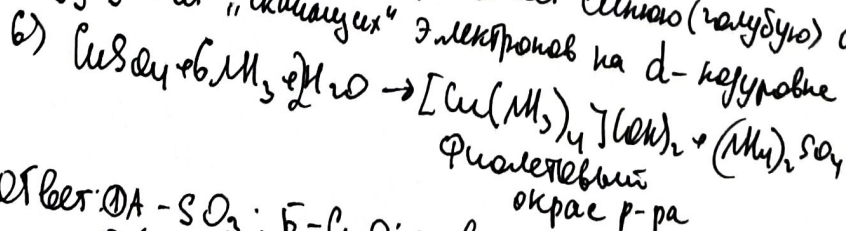


3) $SO_2 : N_2 = 3:1$ (по реакции б) $\Rightarrow M_{\text{смеси}} = 0,75 \cdot 64 \text{ г/моль} + 0,25 \cdot 28 \text{ г/моль} = 55 \text{ г/моль}$
 $D_{\text{смеси}} = 13,75 \Rightarrow M_{\text{смеси}} = 13,75 \cdot 4 \text{ г/моль} = 55 \text{ г/моль}$

4) $m(A \text{ или } Б) = 24 \text{ г} \Rightarrow n(A) = \frac{24}{80} = 0,3 \text{ моль}$

по реакциям а) и б) $n(NH_3) = \frac{2}{3} n(A) = 0,3 \cdot \frac{2}{3} = 0,2 \text{ моль} \Rightarrow V(NH_3) = 0,2 \cdot 22,4 = 4,48 \text{ л (соответ. условию)}$

5) Раствор в-ва Б в воде имеет синюю (голубую) окраску, т.к. катион Cu^{2+} окрашивает воду за счёт "свободных" электронов на d-уровне



- Ответ: А — SO_3 ; Б — CuO ; В — $CuSO_4$; Г — SO_2 ; Д — Cu
 ② (см. пункт 2.1)
 ③ Раствор станет голубым (см. пункт 5)
 ④ Фиолетовая окраска (см. пункт 6)

Задача 2

Чистовик ②

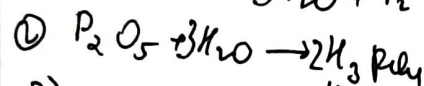
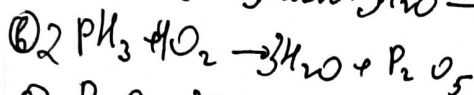
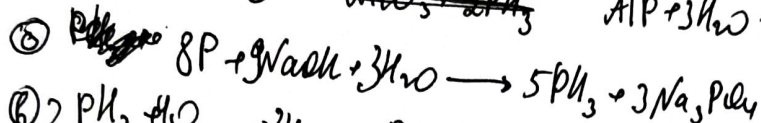
1) Необратимому гидролизу подвергается фосфид алюминия AlP , в результате образуется осадок (~~Al_2O_3~~ $Al(OH)_3$), растворяющийся в избытке, и горючий газ PH_3



$$n(AlP) = \frac{5,8}{58} = 0,1 \text{ моль} ; n(PH_3) = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(AlP) = n(PH_3) \text{ (соответствует условию)}$$

2) Реакции:



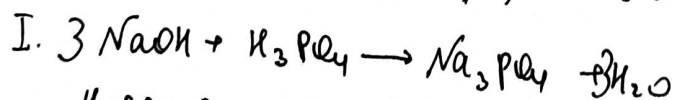
3) А - AlP ; Б - $Al(OH)_3$; В - PH_3 ; Г - P_2H_4 ; Д - H_3PO_4 ; Х - P
 Фосфид алюминия ~~оксид~~ алюминия гидроксид Фосфин Фосфин ортофосфорная кислота Фосфор

$$\text{ч) } n(AlP) = n(PH_3) = n(H_3PO_4) \Rightarrow n(H_3PO_4) = 0,1 \text{ моль} \Rightarrow c(H_3PO_4) = \frac{0,1}{10} = 0,01 \text{ М}$$

(по р-ции а) (по р-циям б) и в))

В результате:

$$n(H_3PO_4) = 0,15 \cdot 0,01 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}; n(NaOH) = 0,05 \cdot 0,04 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$



$$H_3PO_4 \text{ в избытке} \Rightarrow n(Na_3PO_4) = \frac{1}{3} n(NaOH) = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$\text{Тогда в р-ре остается: } Na_3PO_4 - 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

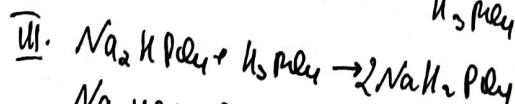
$$H_3PO_4 - 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$



$$H_3PO_4 \text{ в избытке} \Rightarrow n(Na_2HPO_4) = \frac{3}{2} n(Na_3PO_4) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$\text{Тогда в р-ре остается: } Na_2HPO_4 - 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$H_3PO_4 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$



$$Na_2HPO_4 \text{ в избытке} \Rightarrow n(NaH_2PO_4) = 2n(H_3PO_4) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$\text{Тогда в р-ре остается: } NaH_2PO_4 - 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$Na_2HPO_4 - 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

Чистовик ③

Растворение в-в; в растворе подвергаются гидролизу, среда - щелочная

Ответ: ① см. пункт 2

② А - AlP - фосфид алюминия

~~Б - Al_2O_3 - оксид алюминия~~

Б - $\text{Al}(\text{OH})_3$ - гидроксид алюминия

В - PH_3 - фосфин

Г - P_2H_4 - фосфин

Д - H_3PO_4 - ортофосфорная кислота

Х - Р - фосфор

③ $n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$

$n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$

УЕРКОВИК

М

$$\frac{0,6}{16} : \frac{0,4}{x} = 0,0375 : \frac{0,4}{x} : \frac{0,6}{16} = 0,0375$$

$$\begin{matrix} 1:1 & 16 & 8 \\ 1:2 & & \\ 3:2 & (12) & \\ 2:1 & 16 & \end{matrix} \text{C}_2\text{O}_3$$

$$\begin{matrix} 1:1 & 10,6 \\ 2:1 & 5 \\ 2:3 & 16 \\ 1:2 & 2,3 \\ 1:3 & 32 \end{matrix}$$

$$\frac{0,8}{x} : \frac{0,2}{16} = 0,0125$$

$$\frac{0,6}{16} : \frac{0,4}{32} = 0,0375 : 0,0125 = 3:1$$

A SO₃

$$\begin{matrix} 2:1 & 32 & \text{S}_2\text{O} \\ 1:1 & 64 & \text{CuO} \\ 2:3 & 96 & \text{Mo}_2\text{O}_3 \\ 1:1 & 128 & \\ 1:3 & 192 & \text{I}_2\text{O}_3 \end{matrix}$$

A - SO₃

B - Cu

B - CuSO₄

Г - SO₂

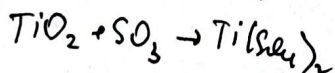
D - Cu

TiO₂

S₂O₃

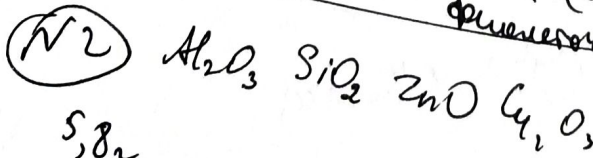
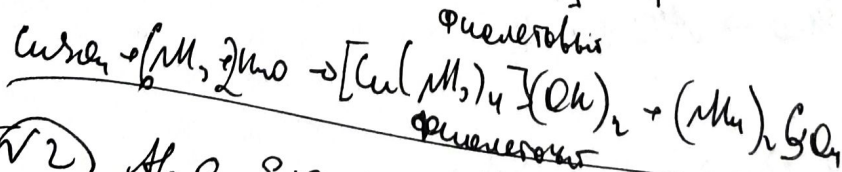
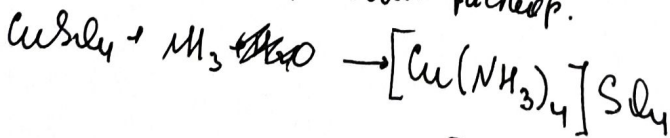
$$0,0166 : 0,0125$$

$$0,45 \cdot 64 + 0,25 \cdot 28 = 55$$

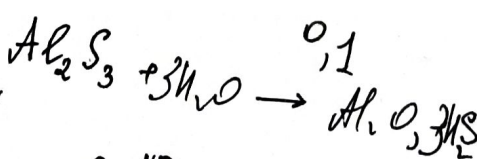


$$\begin{matrix} 2:1 & 32 \\ 1:1 & 64 \\ 2:3 & 16 \\ 1:2 & 48 \\ 1:3 & 32 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \checkmark \\ \checkmark \\ - \\ - \\ 1:2 - \end{matrix}$$

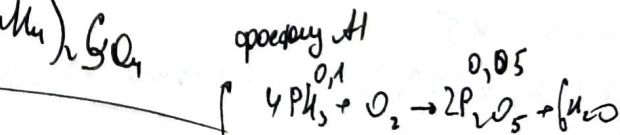
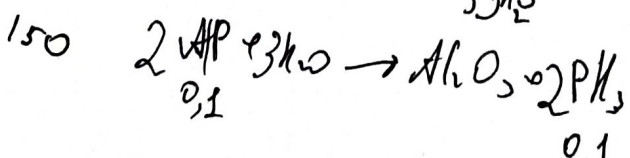
p-p станет гелубин, т.к. Cu - элемент переходя, за счет чего его катионы могут образовывать комплекс.



S₈



AlP



A - AlP

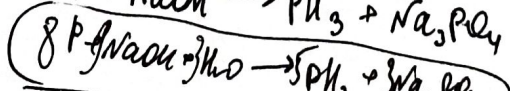
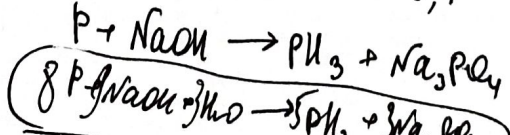
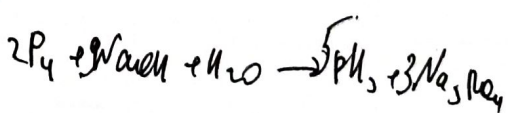
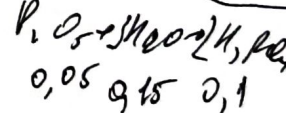
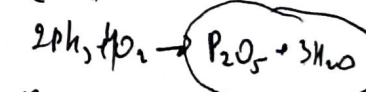
B - Al₂O₃

B - PH₃

Г - P₂O₅

X - P

D - H₂PO₄



ЧЕРОВИК

$$\eta(K_3, P_{K_4}) = 0,1 \text{ мас}$$

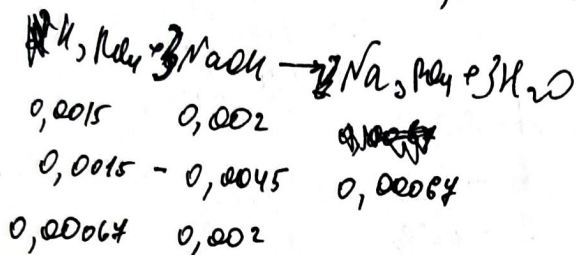
$$\text{вер } K_3 \Rightarrow M_1 - P_1 = 0,1 \cdot 98 + 10000 = 10000,82 + 0,15 \cdot 98 = 10012,52$$

$$\omega(K_3, P_{K_4}) = 3,49 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{0,1}{\frac{10000}{10 + 0,0024}} = 0,0111$$

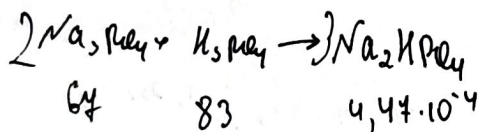
$$\eta(K_3, P_{K_4}) = 0,01 \cdot 0,15 = 0,0015 \text{ мас}$$

$$\eta(M_{K_3}) = 0,05 \cdot 0,04 = 0,002$$



$$Na_2, P_{K_4} = 0,00064$$

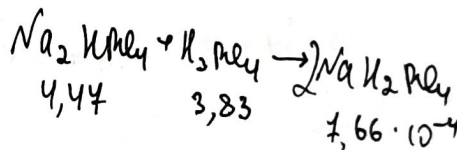
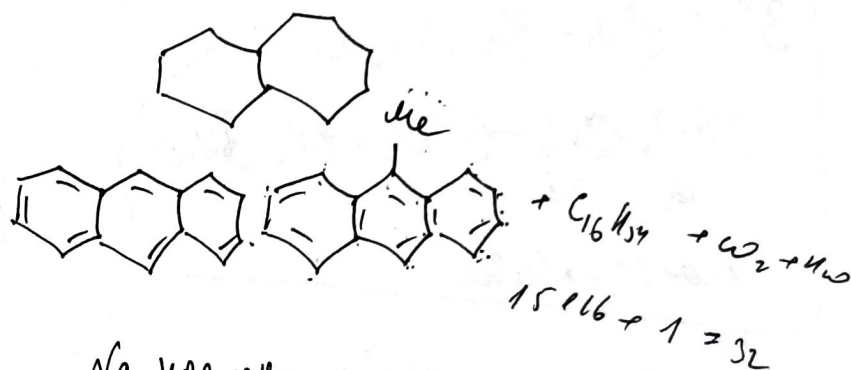
$$K_3, P_{K_4} = 0,00083$$



$$Na_2K, P_{K_4} = 4,44 \cdot 10^{-4}$$

$$K_3, P_{K_4} = 3,83 \cdot 10^{-4}$$

$$Na_3, P_{K_4} = 0$$



$$Na_2K, P_{K_4} + 6,4 \cdot 10^{-5}$$

$$NaK_2, P_{K_4} = 7,66 \cdot 10^{-4}$$

$$C_{32}H_{48}$$

12034 + 2

48

N>

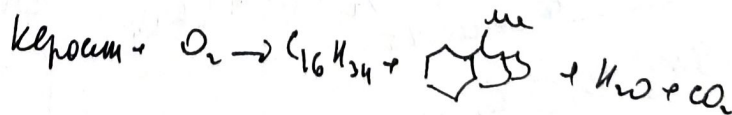
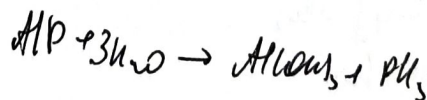
$$K_4 = \varphi(\text{углерода})$$

$$Q_{\text{ср}} \text{ углер.} = 456$$

$$Q_{\text{ср}} \alpha = 45$$

$$Q_{\text{ср}} \cdot CO_2 = 393,5$$

$$Q_{\text{ср}} \cdot H_2O = 285$$



Часть 2

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

Шифр: **21301132**

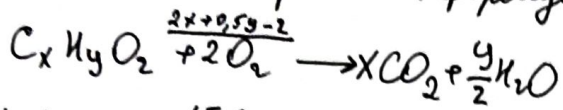
ID профиля: **859106**

Вариант 1

Числовик (1)

№4

1) Органические соединения, обладающие запахом фруктов, являются сложными эфирами $\Rightarrow$ формулы - $C_x H_y O_z$



$$n(CO_2) = \frac{15,68}{22,4} = 0,7 \text{ моль}; \quad n(H_2O) = \frac{12,6}{18} = 0,7 \text{ моль} \Rightarrow n(H) = 1,4 \text{ моль}$$

$$\downarrow$$

$$n(C) = 0,7 \text{ моль}$$

$$n(C):n(H) = 0,7:1,4 = 1:2 \Rightarrow C_x H_y O_z \rightarrow C_x H_{2x} O_z$$

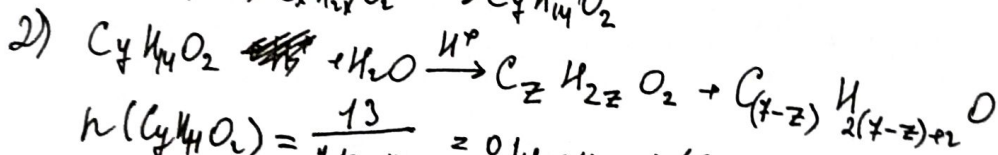
Составим уравнение, где x - кол-во атомов углерода в молекуле

$$n(C_x H_{2x} O_z) = \frac{1}{x} n(CO_2)$$

$$\frac{13}{12x + 2x + 32} = \frac{0,7}{x}$$

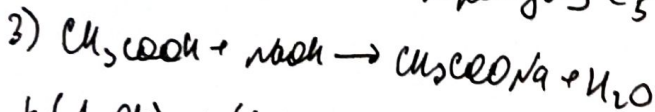
$$13x = 9,8x + 22,4$$

$$x = 4 \Rightarrow C_x H_{2x} O_z \rightarrow C_4 H_8 O_z$$



$$n(C_4 H_8 O_z) = \frac{13}{7 \cdot 12 + 14 + 32} = 0,1 \text{ моль} = n(C_z H_{2z} O_z) \Rightarrow M(C_z H_{2z} O_z) = \frac{6}{0,1} = 60 \text{ г/моль, что соответствует } C_2 H_4 O_2,$$

тогда спирт имеет формулу $C_5 H_{12} O$



$$n(AcOH) = n(C_5 H_{12} O) = 0,1 \text{ моль}; \quad n(NaOH) = 1 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ моль} \Rightarrow AcOH \text{ соответствует условию}$$

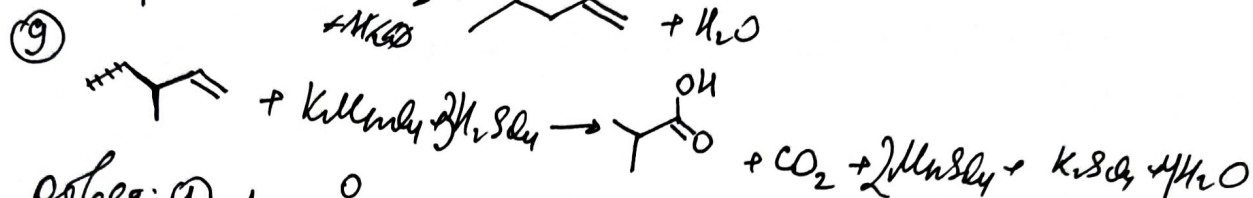
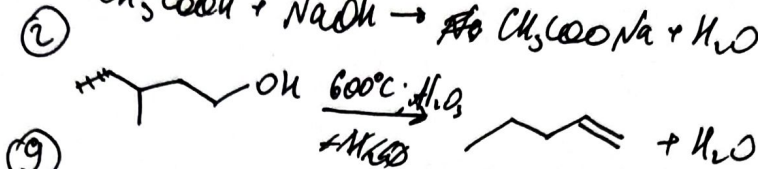
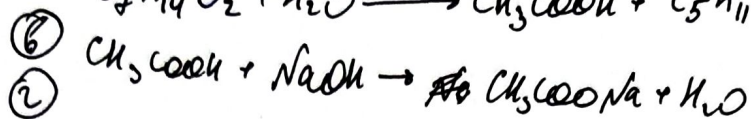
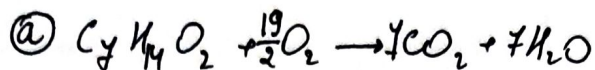
4) $W(O)$ в кислоте $D = 0,3836$; после проведения описанных реакций должны получиться кислоты, содержащая атомы C, тогда её формула: $C_4 H_8 O_2$

$$W(O) = \frac{16 \cdot 2}{4 \cdot 12 + 8 + 16 \cdot 2} = 0,3836 \text{ (соответствует условию)}$$

Так как образуется только 1 кислота $\Rightarrow$ данная связь является концевой $\Rightarrow$ спирт является первичным; учитывая, что к-та содержит третичный атом C, получаем: $D - \text{CH}_3 - \text{C}(CH_3)_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

Уисловик (2)

5) Реакции:



ответ: а) А - CCCC(=O)OCC - ~~изопропиловый ацетат~~ изобутиловый ацетат

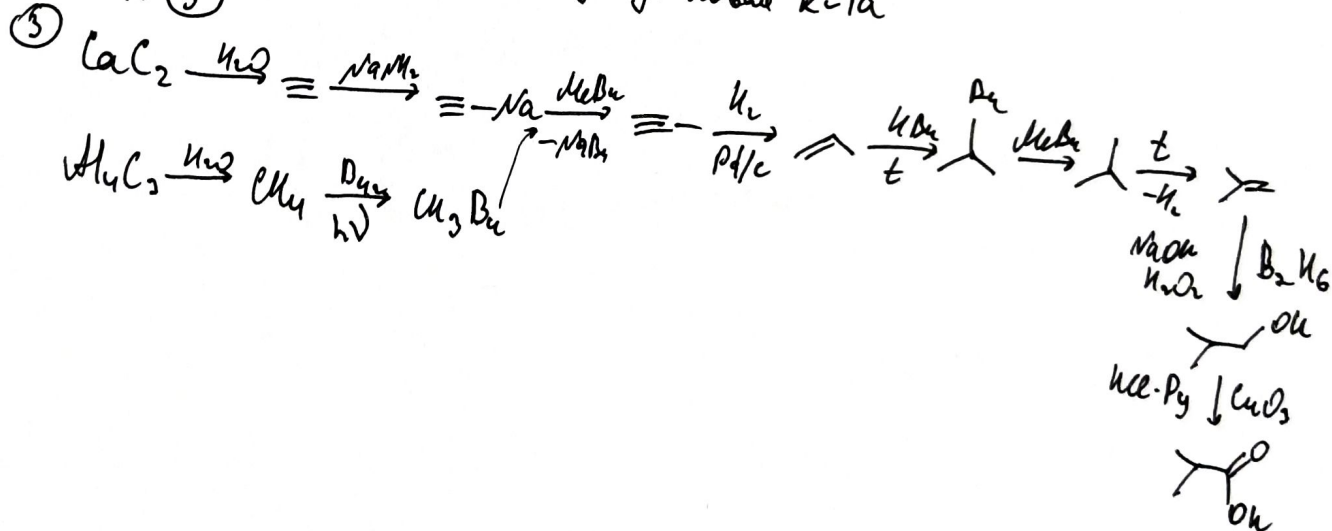
б) Б - CCCC(=O)O - уксусная к-та

в) В - CC(C)CO - 3-метилбутан-1-ол

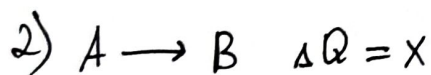
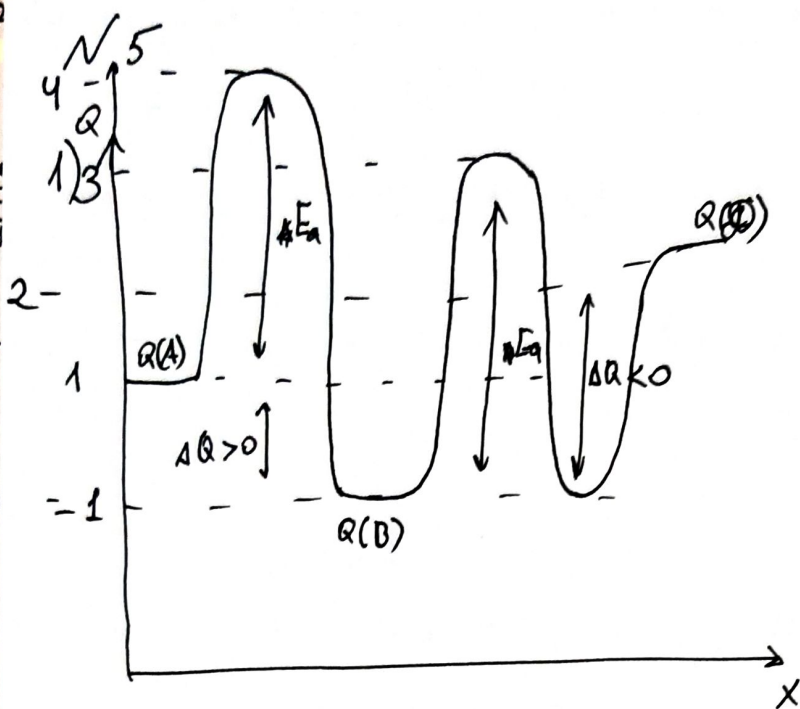
г) Г - CC(C)=CC - 3-метилбут-1-ен

д) Д - CC(C)C(=O)O - ~~изопропиловый~~ изобутиловый к-та

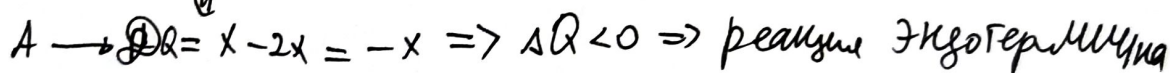
е) см. (5)



Числовик ③



⇓



3)
$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{A \cdot e^{\frac{-E_{a1}}{RT}}}{A \cdot e^{\frac{-E_{a2}}{RT}}} = e^{\frac{E_{a2} - E_{a1}}{RT}}$$

$$e^{\frac{-E_a}{RT}} = \frac{k}{A} \Rightarrow \ln \frac{k}{A} = \frac{-E_a}{RT} = E_a = -RT \cdot \ln \frac{k}{A}$$

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{-RT \cdot \ln \frac{k_1}{A}}{-RT \cdot \ln \frac{k_2}{A}} = \frac{\ln \frac{k_1}{A}}{\ln \frac{k_2}{A}}$$

ответ: ① - см 1н.

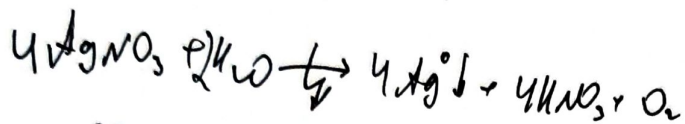
② экзотермическая

③ $\frac{k_1}{k_2} = e^{\frac{E_{a2} - E_{a1}}{RT}}, \quad \frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{\ln \frac{k_1}{A}}{\ln \frac{k_2}{A}}$

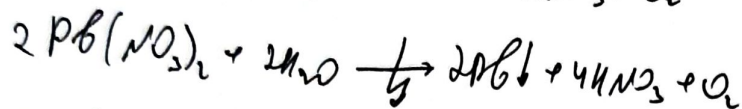
Задача 4

№6

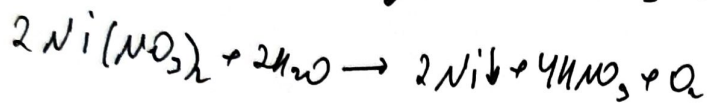
1) $n(\text{AgNO}_3) = 0,4 \text{ моль}$ $n(\text{Ni(NO}_3)_2) = 0,2 \text{ моль}$
 $n(\text{Pb(NO}_3)_2) = 0,2 \text{ моль}$



$n(\text{HNO}_3) = n(\text{AgNO}_3) = 0,4 \text{ моль}$



$n(\text{HNO}_3) = n(\text{Pb(NO}_3)_2) = 0,4 \text{ моль}$



последовательность: $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Ni}^{2+}$, т.к. лучше восстанавливать катионы, стоящие правее в ряду активности металлов

2) $q = I \cdot t = 3 \cdot (5 \cdot 60 + 22) \cdot 60 = 57960 \text{ Кл}$

$n \cdot \frac{q}{F} = \frac{57960}{96500} = 0,6 \text{ моль} \Rightarrow \text{прореагирует полностью соли } \text{Ag}^+ \text{ и } \text{Pb}^{2+}$

тогда в р-ре остается: $0,2 \text{ моль } \text{Ni(NO}_3)_2$ и $0,8 \text{ моль } \text{HNO}_3$
 (но реакция)

3) $n = 0,8 \text{ моль}$

$q = n \cdot F = 0,8 \cdot 96500 = 77200 \text{ Кл}$

$t = \frac{q}{I} = \frac{77200 \text{ Кл}}{3} = 25733 \text{ с} \Rightarrow \text{необходимо увеличить время на } 104 \text{ мин.}$

4) $\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0,8 \cdot 63}{670,5 - 0,4 \cdot 108 - 0,1 \cdot 52 - 0,1 \cdot 204 - 0,1 \cdot 32} = 0,074$

$n(\text{HNO}_3) \text{ в } 100 \text{ г} \geq 0,074 \cdot 100 = 7,4 \text{ г} \Rightarrow n = 0,04 \text{ моль, тогда } c = \frac{0,04}{0,1} = 0,4 \text{ моль/л}$

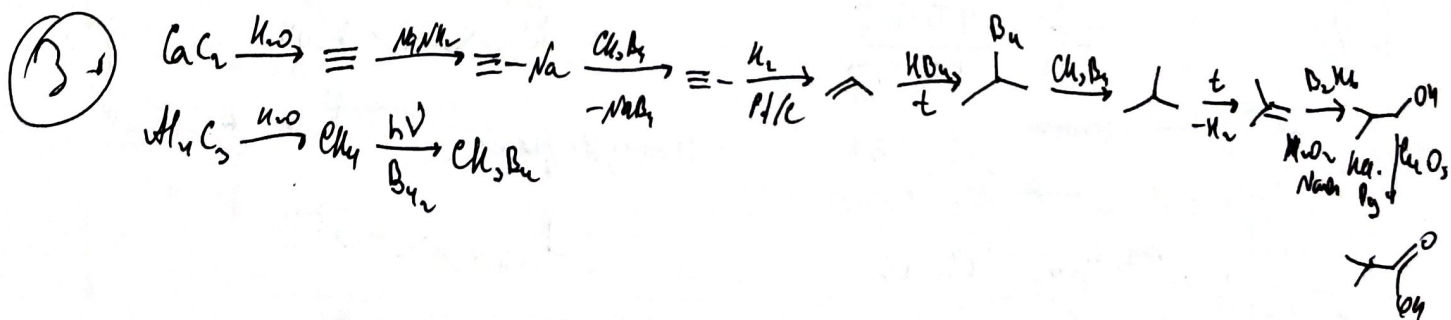
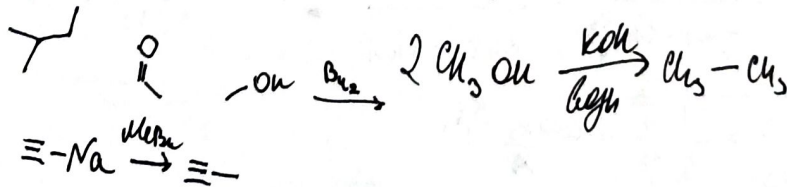
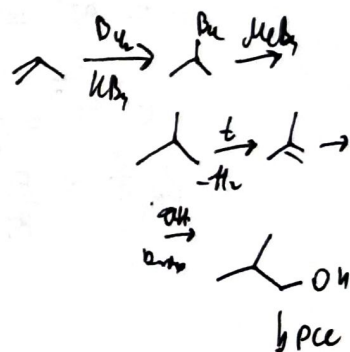
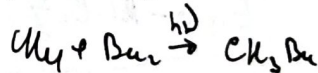
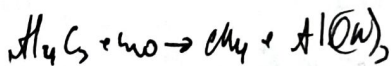
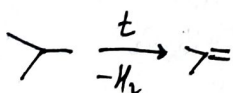
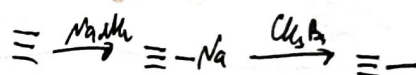
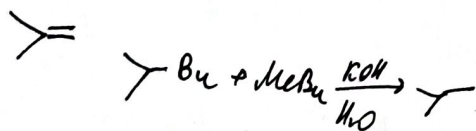
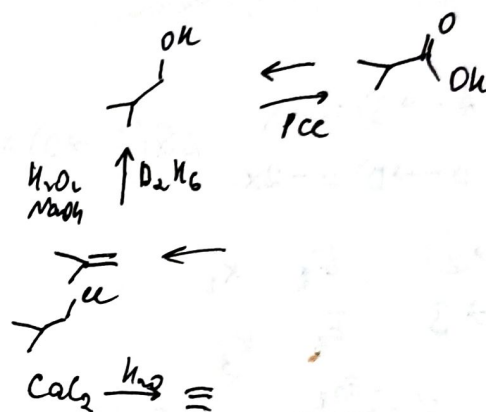
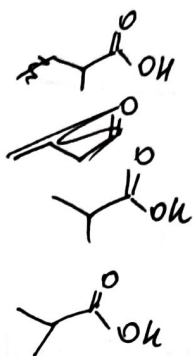
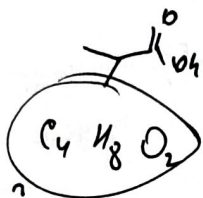
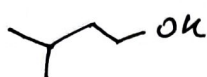
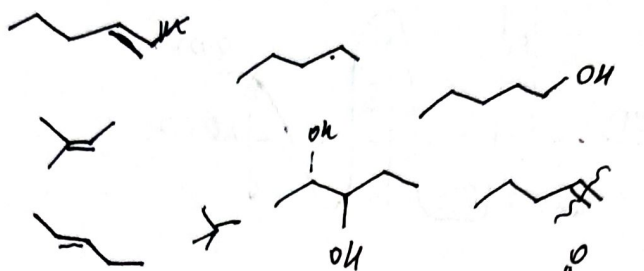
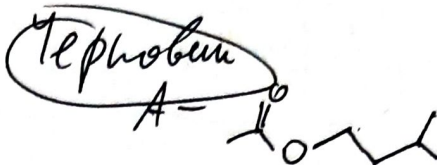
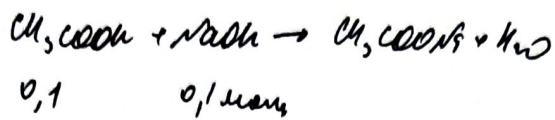
$\text{pH} = -\lg(c(\text{H}^+)) = -\lg 0,4 = 0,85$

Ответ: ① $\text{Ag} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Ni}$

② $0,2 \text{ моль } \text{Ni(NO}_3)_2$ и $0,8 \text{ моль } \text{HNO}_3$

③ на 104 мин.

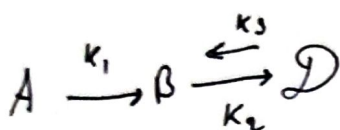
④ $0,85 = \text{pH}$



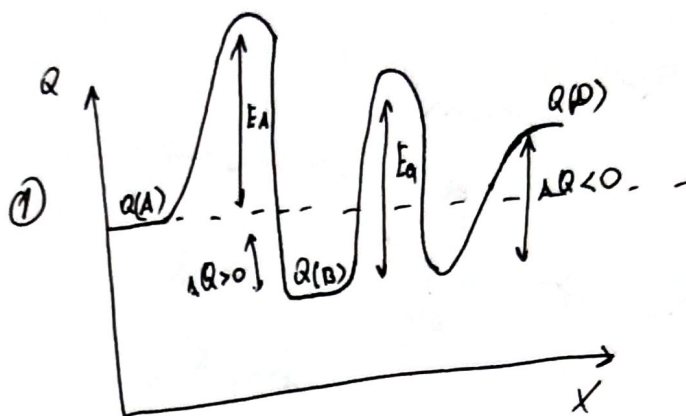
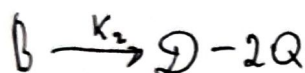
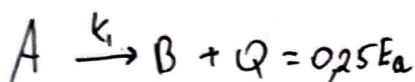
15

Углубление

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$$



$$k_1 = k_2$$



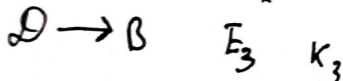
В равновесии гидролиз

$$\Delta Q(A \rightarrow B) = +x$$

$$\Delta Q(B \rightarrow D) = -2x$$

$$\Delta Q(A \rightarrow D) = x - 2x = -x \Rightarrow A \rightarrow D - \text{гидролиз}$$

2



3

$$\frac{k_2}{k_3} = \frac{A \cdot e^{\frac{-E_{a2}}{RT}}}{A \cdot e^{\frac{-E_{a3}}{RT}}} = e^{\frac{-E_{a2} + E_{a3}}{RT}} = e^{\frac{E_{a3} - E_{a2}}{RT}}$$

$$A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} = k$$

$$E_a = \ln \frac{k}{A}$$

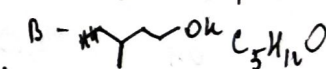
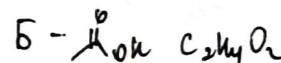
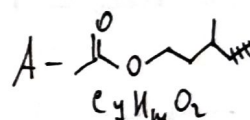
$$e^{\frac{-E_a}{RT}} = \frac{k}{A}$$

$$E_a = -RT \cdot \ln \frac{k}{A}$$

$$\ln \frac{k}{A} = \frac{-E_a}{RT}$$

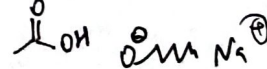
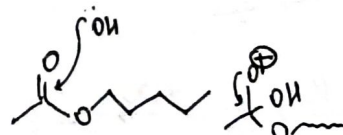
$$\frac{E_{a2}}{E_{a3}} = \frac{-RT \cdot \ln \frac{k_1}{A}}{-RT \cdot \ln \frac{k_3}{A}} = \frac{\ln k_2 - \ln A}{\ln k_3 - \ln A}$$

$$\frac{E_{a2}}{E_{a3}} = \frac{\ln \frac{k_2}{A}}{\ln \frac{k_3}{A}} = \ln \frac{k_2}{k_3}$$

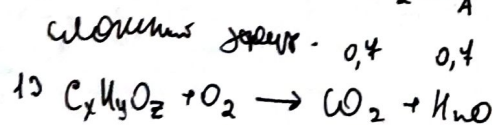


4

$$\frac{E_{a1}}{E_{a3}} = \frac{T_1 \ln \frac{k_1}{A}}{T_2 \ln \frac{k_3}{A}}$$



5



$$C: H = 0,8: 1,4 = 1: 2$$

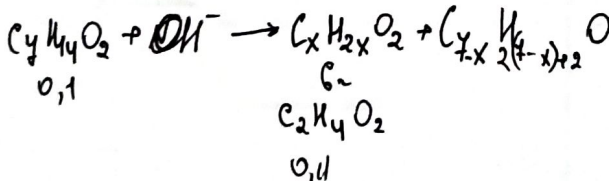
$$\frac{13}{12x + 2x + 32} = \frac{0,8}{x}$$

$$13x = 0,8(12x + 32)$$

$$13x = 9,6x + 25,6$$

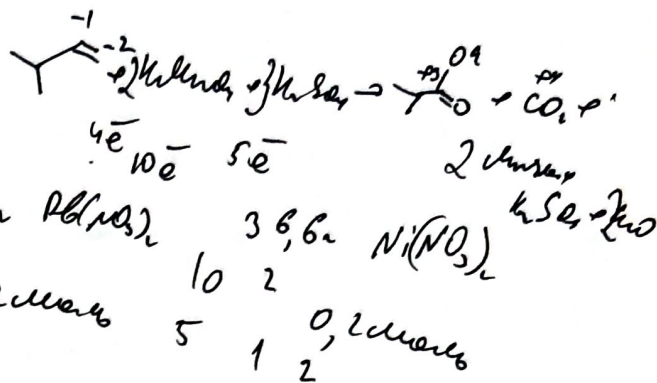
$$3,4x = 25,6$$

$$x = 7,5$$



№6

Упрощение

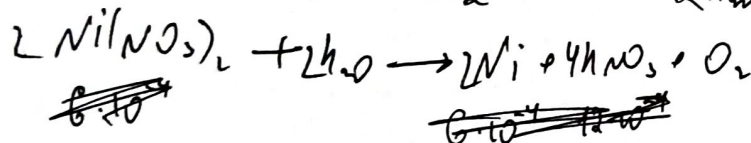
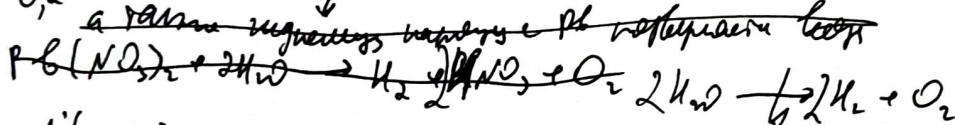
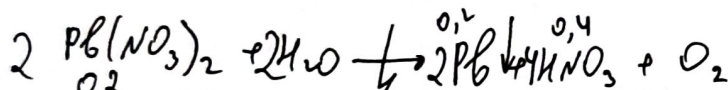
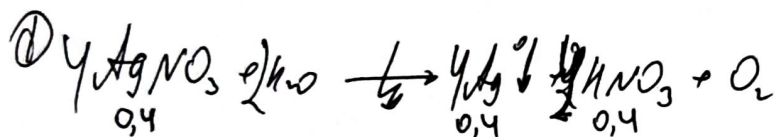


mp-тн = 640,5 682 AgNO₃ 66,2 Pb(NO₃)₂ 36,6 Ni(NO₃)₂

54 22, мм = 322 мм = 19320 с
I = 3A



$q = I \cdot \Delta t$
 $I = q \cdot \Delta t$



$F = 96500 \text{ Кл/моль}$
 $I = q \cdot \Delta t$
 $\frac{q}{\Delta t}$

54960 Кл - эквив
96500 - 1
 $\bar{n} = 0,600$

② mp-тн = 640,5 - 0,4 · 108 - 0,1 · 32 - 0,2 · 204 - 0,1 · 32 =
= 549,5

Br-те : 36,6 Ni(NO₃)₂

$(0,4 + 0,4) \cdot 63 \text{ г/моль} = 50,4 \text{ г HNO}_3$

$\rightarrow w(\text{Ni(NO}_3)_2)$

$\rightarrow w(\text{HNO}_3) = 0,084$

③

$\bar{n} = 0,4 + 0,2 + 0,2 = 0,8$

$q = 96500 \cdot 0,8 = 77200 \text{ Кл}$

$\Delta t = \frac{q}{I} = \frac{77200}{3} = 25733,3 \text{ с} = 428,89 \text{ мин} = 7 \text{ ч } 8 \text{ мин}$

④ $m(\text{HNO}_3) = 0,084 \cdot 10 = 0,84 \text{ г}$

$\bar{n}(\text{HNO}_3) = \frac{0,84}{63} = 0,0133 \text{ моль}$ $c = \frac{0,014}{0,1} = 0,14 \text{ М} = c(\text{H}^+)$

$\text{pH} = -\lg 0,14 = 0,85$

429 - 32 = 397 мин