

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

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Химии
профиль олимпиады

Тредневой Анастасии Александровны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+ / 14 25

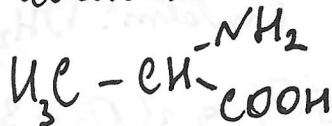
Дата
« 3 » марта 2024 года

Подпись участника

[Handwritten Signature]

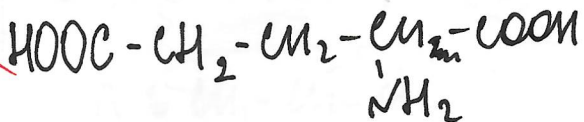
Чистовик

1.5. Банк 1 - аланин



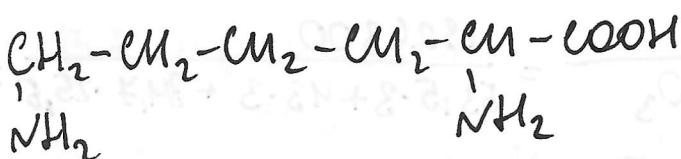
; pИ = 5,7, т.к. количество основных и кислотных групп одинаковое

Банк 2 - глутаминовая кислота; pИ = 2,9, т.к.



количество кислотных групп больше, чем основных

Банк 3 - лизин; pИ = 9,6, т.к.



количество основных групп больше, чем кислотных.

2.1 $M(шесн_1) = 21,2 \cdot 2 = 42,4$ г/моль

Пусть в исходной смеси $\nu(CO_2) = x$ моль; $\nu(CO) = y$ моль,

тогда:

$m(CO_2) = 44x$

$m(CO) = 28y$

$M(шесн_1) = \frac{44x + 28y}{x + y} = 42,4$

$42,4(x + y) = 44x + 28y$

$42,4x + 42,4y = 44x + 28y$

$14,4y = 1,6x$

$x = 9y$; т.е.

$\frac{\nu(CO_2)}{\nu(CO)} = \frac{9}{1}$

85

восемьдесят

	$CO_2 + C \xrightarrow{+O} 2CO$	
Б	g	1
П	-a	+2a
С	g-a	1+2a

$\frac{g-a + 1+2a}{10} = 1,5$

$a = 15 - 10$

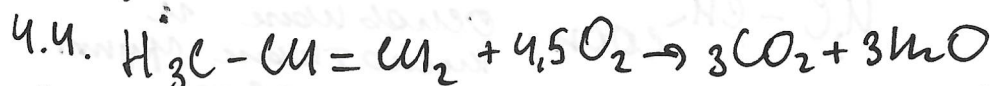
$a = 5 \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu(CO_2)_2 = 9 - 5 = 4$ моль

$\nu(CO)_2 = 1 + 2 \cdot 5 = 11$ моль

Чистовик
 $M(\text{смеш}) = \frac{44 \cdot 4 + 28 \cdot 11}{15} = \frac{484}{15} = 32,3 \text{ г/моль}$

$$D_{\text{H}_2} = 32,3 : 2 = 16,15. \text{ Ответ: } D_{\text{H}_2}(\text{коэф. смеш}) = 16,15$$



$$Q_{\text{р-ции}} = Q_{\text{обр CO}_2} \cdot 3 + Q_{\text{обр H}_2\text{O}} \cdot 3 - Q_{\text{обр C}_3\text{H}_6}$$

$$Q_{\text{р-ции}} = 393,5 \cdot 3 + 241,8 \cdot 3 + 20,4 = 1526,3 \text{ кДж}$$

$$V(\text{CO}_2) = 3 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2) = 25,5 \text{ моль}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ моль}$$

$$Q = c \cdot V \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{Q}{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 + c_3 \cdot V_3} = \frac{1526300}{53,5 \cdot 3 + 43 \cdot 3 + 34,7 \cdot 25,5} = \frac{1526300}{1174,35} = 1640^\circ \text{C}$$

$$t_2 = 1640 + 25 = 1665^\circ \text{C}$$

Ответ: максимальная температура $t_2 = 1665^\circ \text{C}$



$$K_{\text{р}}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$4x^3 = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = \sqrt[3]{1,775 \cdot 10^{-12}} = 0,000121 \text{ моль/л}$$

$$[\text{OH}^-] = 2x = 0,000121 \cdot 2 = 0,000242$$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{0,000242} = 4,13 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 4,13 \cdot 10^{-11} = 10,4$$

$$C(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,000121 \text{ моль/л.}$$

еще $\text{pH} = 12,5$, то $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-12,5} = 3,16 \cdot 10^{-13}$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{3,16 \cdot 10^{-13}} = 0,0316$$

$$K_{\text{р}}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$(3,16 \cdot 10^{-2})^2 \cdot x = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

16-48-01-57

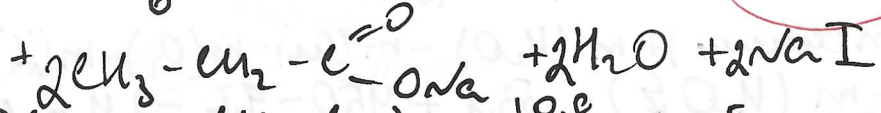
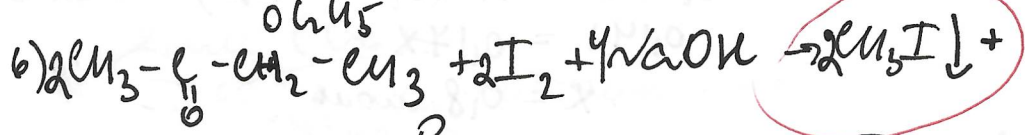
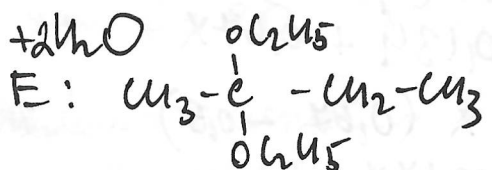
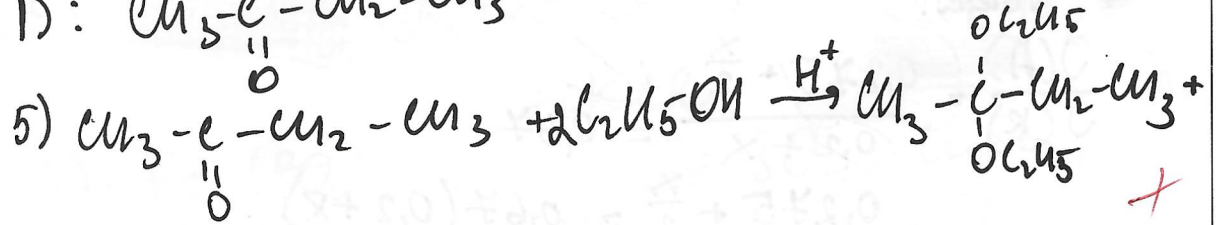
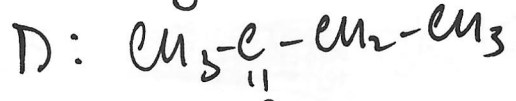
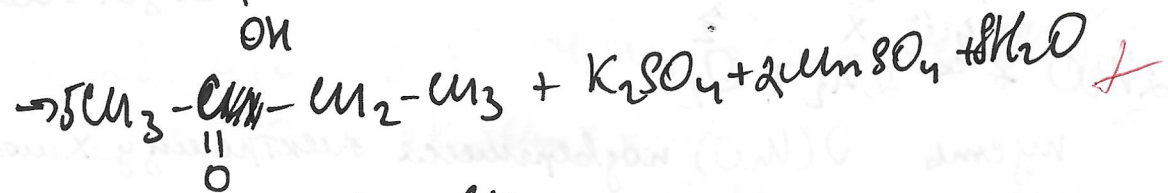
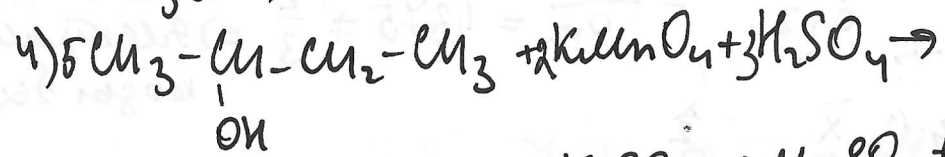
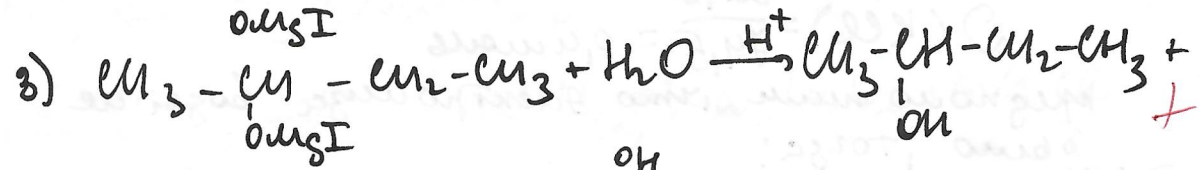
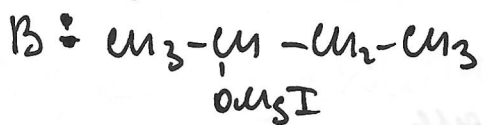
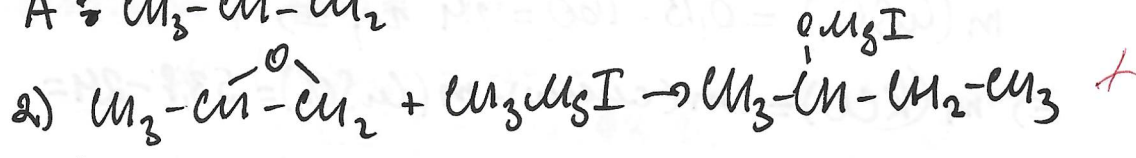
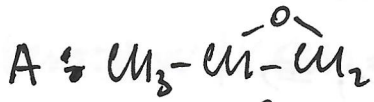
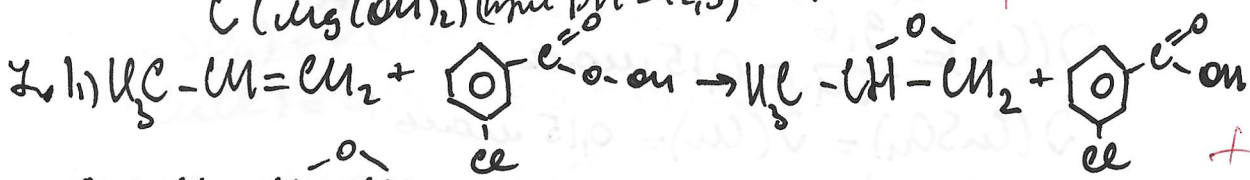
(56.5)

Числовик $x = \frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{10^{-3}} = 7,1 \cdot 10^{-9}$

$C(Mg(OH)_2) = 7,1 \cdot 10^{-9}$ моль/л. +
при pH = 12,5

Объем: при pH (при $pH = 7,1 \cdot 10^{-12}$) = 10,4 +
 $C(Mg(OH)_2) = 0,000121$ моль/л.
при pH = 10,4

$C(Mg(OH)_2)$ (при pH = 12,5) = $7,1 \cdot 10^{-9}$ +



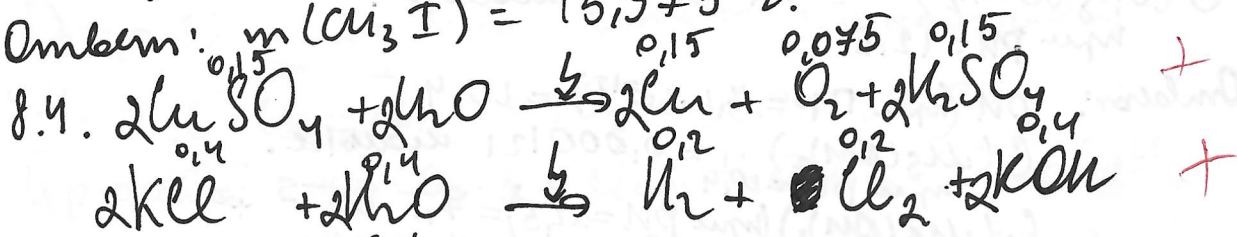
$\nu(CH_3-C(=O)-CH_2-CH_3) = \frac{10,4}{7,1} = 0,15$ моль

$\nu(CH_3I) = \nu(CH_3-C(=O)-CH_2-CH_3) = 0,15$ моль

Чистовик

$$m(\text{Cu}_3\text{I}) = 0,15 \cdot 142 \cdot 0,75 = 15,975 \text{ г.}$$

Ответ: $m(\text{Cu}_3\text{I}) = 15,975 \text{ г.}$



$$n(\text{Cu}) = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{Cu}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,15 \cdot 160 = 24 \text{ г, } \Rightarrow$$

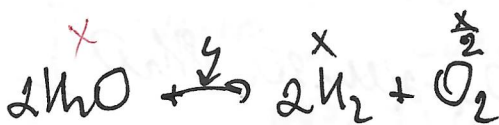
$$\Rightarrow m(\text{KCl}) = m(\text{смесь}) - m(\text{CuSO}_4) = 53,8 - 24 =$$

$$= 29,8 \text{ г.}$$

$$n(\text{KCl}) = \frac{29,8}{74,5} = 0,4 \text{ моль}$$

предположим, что электролиза воды не было, тогда:

$$\frac{n(\text{A})}{n(\text{K})} = \frac{0,075 + 0,12}{0,12} = \frac{0,195}{0,12} = 1,625 \neq \frac{2}{3} \Rightarrow \text{электролиз воды был.}$$



пусть $n(\text{H}_2\text{O})$ подвергнется электролизу x моль,

тогда:

$$\frac{n(\text{A})}{n(\text{K})} = \frac{0,195 + \frac{x}{2}}{0,12 + x} = 0,67$$

$$0,195 + \frac{x}{2} = 0,67(0,12 + x)$$

$$0,195 + \frac{x}{2} = 0,134 + 0,67x$$

$$0,141 = x(0,67 - 0,5)$$

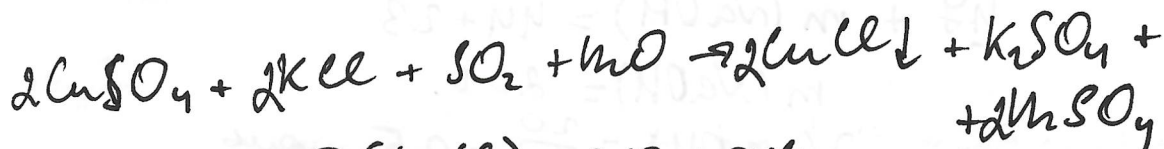
$$0,141 = 0,17x$$

$$x = 0,8 \text{ моль}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{смесь}) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2) - m(\text{H}_2\text{O}_{\text{э}}) = 53,8 + 450 - 9,6 - 2,4 - 0,2 - 14,2 - 14,4 = 463 \text{ г.}$$

$$w(KOH) = \frac{0,4 \cdot 56}{463} \cdot 100\% = 4,8\% \quad \text{Уменьшился}$$

$$w(H_2SO_4) = \frac{915 \cdot 38}{463} \cdot 100\% = 3,2\%$$



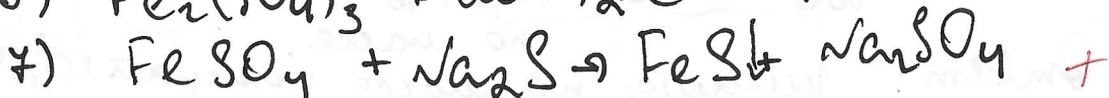
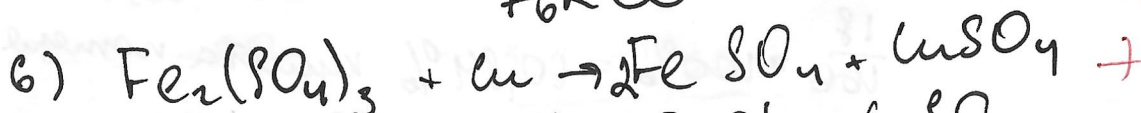
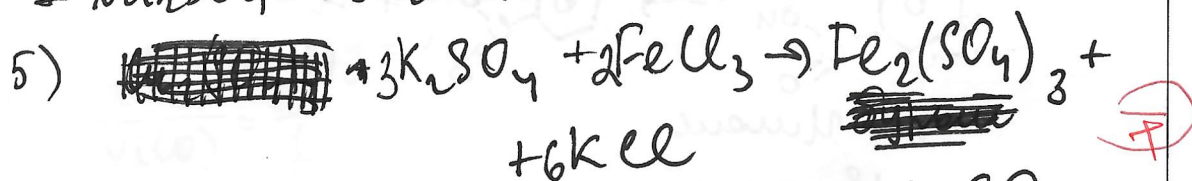
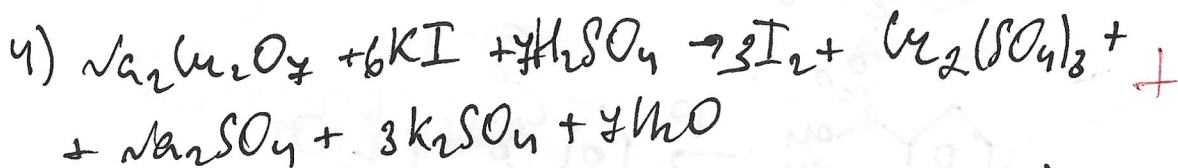
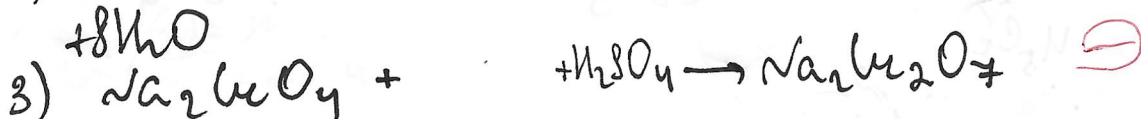
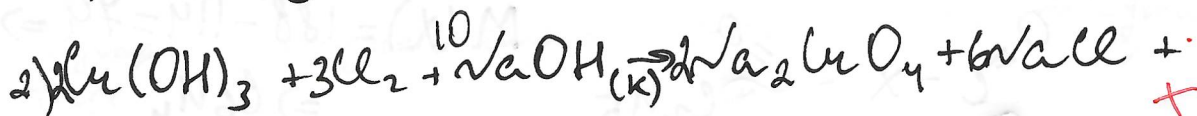
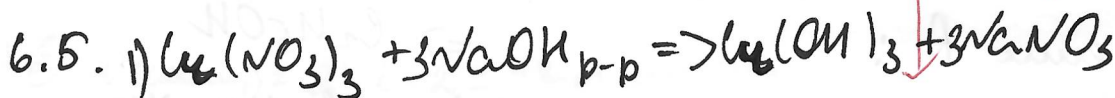
$$\nu(CuSO_4) = \nu(CuCl) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(CuCl) = 0,15 \cdot 55,5 = 14,93 \text{ г.} \quad +$$

Ответ: 1) $w(KOH) = 4,8\%$

$w(H_2SO_4) = 3,2\%$

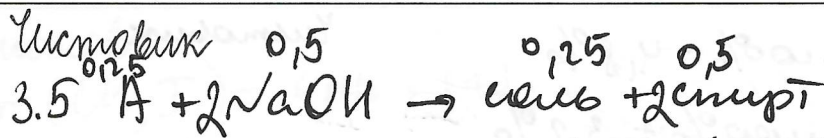
2) $m(CuCl) = 14,93 \text{ г.}$



Ответ: 1) металл в соединении $x_1 - x_3$ - это хром (Cr).

$Fe_2(SO_4)_3$ - кирпично-красный

FeS - черный.



$$m(\text{A}) + m(\text{NaOH}) = m(\text{соль}) + m(\text{спирт})$$

$$47 + m(\text{NaOH}) = 44 + 23$$

$$m(\text{NaOH}) = 20$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{20}{40} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{A}) = n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль}$$

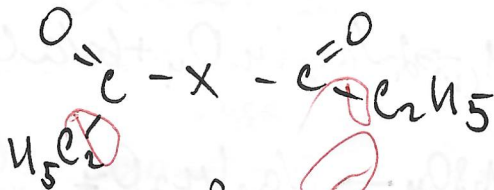
$$M(\text{A}) = \frac{47}{0,5} = 94 \text{ г/моль} - \text{невозможно}$$

$$M(\text{A}) = \frac{47}{0,25} = 188 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{спирта}) = \frac{23}{0,5} = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow$$



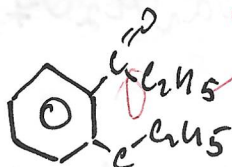
Строение А:



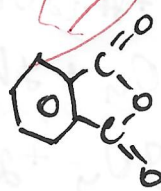
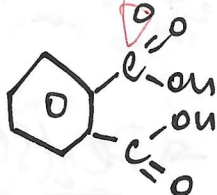
$$M(\text{X}) = 188 - 114 = 74 \Rightarrow$$



$$72 + 2 = 74$$



- строение А-эфир.



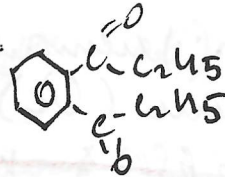
18 г/моль

166 г/моль

$$\frac{18}{166} \approx 100\% = 10,84\% \text{ масса потеряет по массе.}$$

Ответ: масса по массе теряет 10,84%

Строение эфира:



Черновик

① Оксалин — Ватка 1, т.к. количество основных и кислотных групп одинаковое, то $pH = 5,4$.

$$H_3C - \overset{NH_2}{C}H - COOH$$

лизин

$CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - \overset{NH_2}{C}H - COOH$ — Ватка 3, т.к. количество основных групп больше чем кислотных, то $pH = 9,6$.

глутаминовая кислота

$HOOC - CH_2 - CH_2 - \overset{NH_2}{C}H - COOH$ — Ватка 2, т.к. количество кислотных групп больше, чем основных и $pH = 2,5$.

② $M(смеси) = 21,2 \cdot 2 = 42,4$ г/моль
 Пусть в исходной смеси $\nu(CO_2) = x$ моль; $\nu(CO) = y$ моль,

тогда:

$$m(CO_2) = 44x$$

$$m(CO) = 28y$$

$$\frac{44x + 28y}{x + y} = 42,4$$

$$42,4(x + y) = 44x + 28y$$

$$42,4x + 42,4y = 44x + 28y$$

$$14,4y = 1,6x$$

$$9y = x$$

$$\text{т.е. } \frac{\nu(CO_2)}{\nu(CO)} = \frac{9}{1}$$

Б	$CO_2 + e$	\rightarrow	CO
	9		1
П	-a		+2a
С	9-a		1+2a

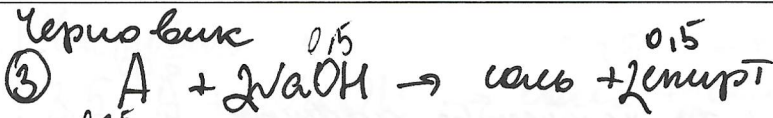
$$\frac{9-a + 1+2a}{10} = 1,5$$

$$15 = 10 + a \Rightarrow \nu(CO_2)_2 = 9 - 5 = 4 \text{ моль}$$

$$\nu(CO)_2 = 1 + 2 \cdot 5 = 11 \text{ моль}$$

$$M(смеси)_2 = \frac{44 \cdot 4 + 28 \cdot 11}{15} = \frac{484}{15} = 32,3 \text{ г/моль}$$

$$D_{2H_2} = 32,3 : 2 = 16,1$$



$$m(A) + m(NaOH) = m(\text{соль}) + m(\text{спирта})$$

$$47 + m(NaOH) = 44 + 23$$

$$m(NaOH) = 20 \text{ г.}$$

$$\nu(NaOH) = \frac{20}{40} = 0,5 \text{ моль}$$

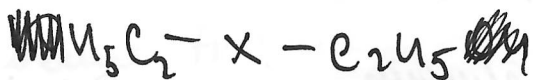
предположим, что

$$\nu(A) = \nu(NaOH) = 0,5 \text{ моль}$$

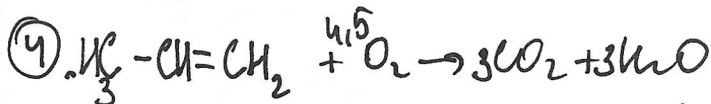
$$M(A) = \frac{47}{0,5} = 94 \text{ г/моль не подходит}$$

$$M(A) = \frac{47}{0,125} = 188 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{спирта}) = \frac{23}{0,5} = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow C_2H_5OH$$



$$M(x) = 188 - 114 = 74$$



$$Q_{p-ум} = Q_{ср} CO_2 \cdot 3 + Q_{ср} H_2O \cdot 3 - Q_{ср} C_3H_4$$

$$Q_{p-ум} = 393,5 \cdot 3 + 241,8 \cdot 3 + 20,4 = 1926,3 \text{ кДж}$$

● $\nu(CO_2)_{ср} = 3 \text{ моль}$

$\nu(H_2O)_{ср} = 3 \text{ моль}$

$\nu(O_2)_{ср} = 25,5 \text{ моль}$

$Q = c \cdot D \cdot \Delta t$

$$\Delta t = \frac{Q}{c_1 \cdot D_1 + c_2 \cdot D_2 + c_3 \cdot D_3} = \frac{1926300}{53,5 \cdot 3 + 43 \cdot 3 + 34,7 \cdot 25,5} = \frac{1926300}{160,5 + 129 + 884,85} = \frac{1926300}{1174,35} = 1640 \text{ }^\circ\text{C}$$

$T_2 = 1640 + 25 = 1665 \text{ }^\circ\text{C}$

Ответ: $T_2 = 1665 \text{ }^\circ\text{C}$

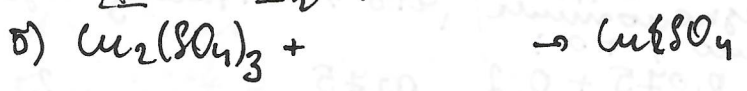
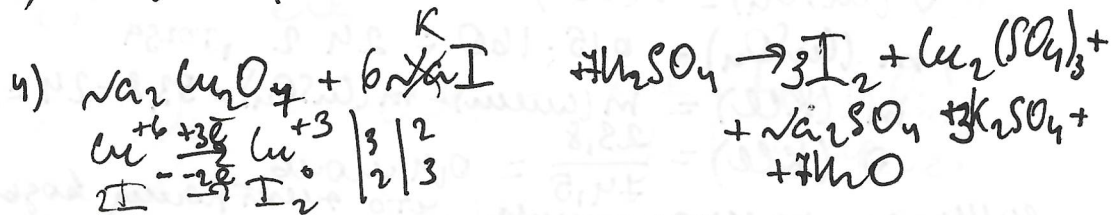
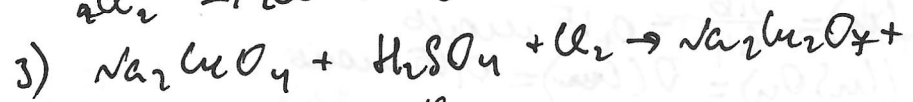
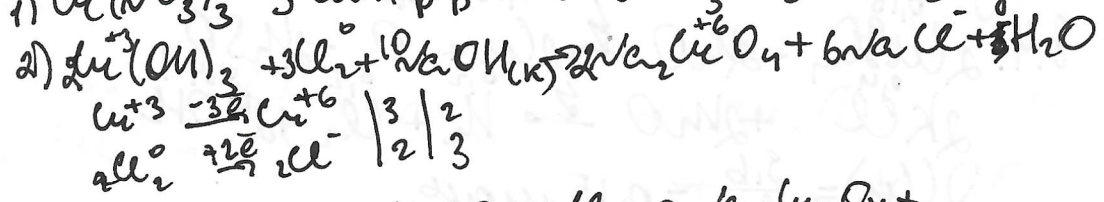
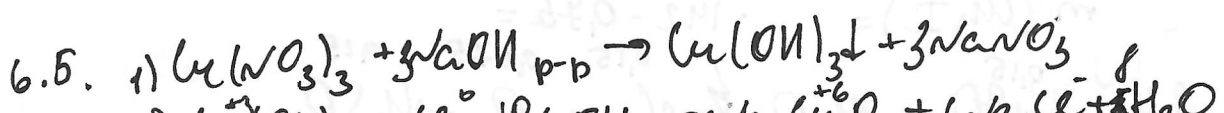
5) $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$
 $K_p(Mg(OH)_2) = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = x \cdot 4x^2 = 4x^3$
 $K_p(Mg(OH)_2) = 7,1 \cdot 10^{-12}$
 $4x^3 = 7,1 \cdot 10^{-12}$
 $x = \sqrt[3]{\frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = \sqrt[3]{1,775 \cdot 10^{-12}} = 0,000121 \text{ моль/л}$

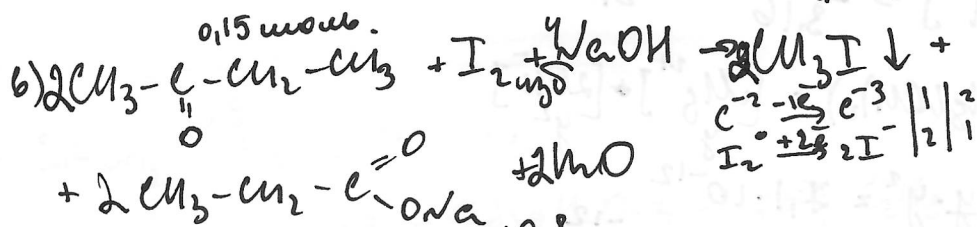
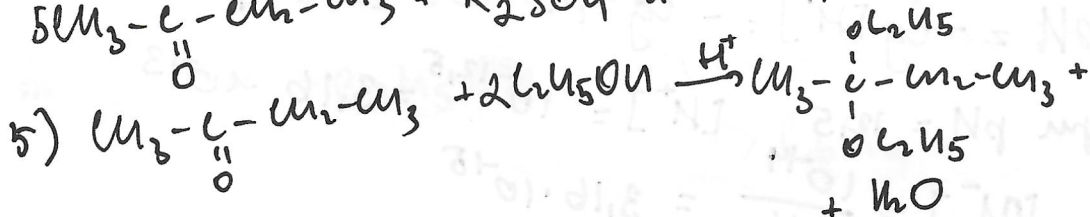
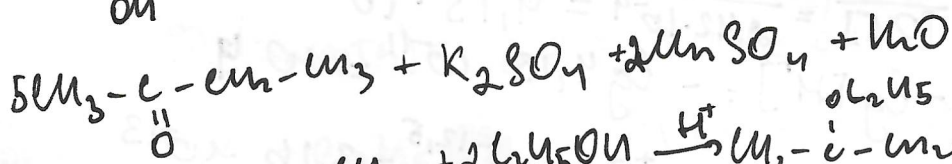
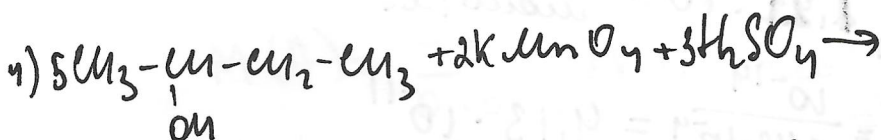
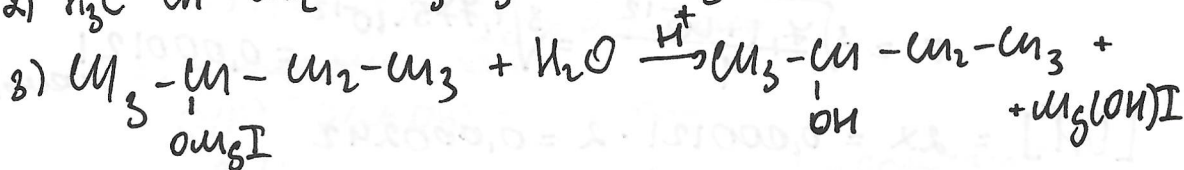
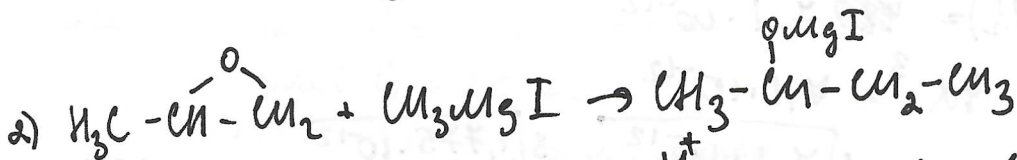
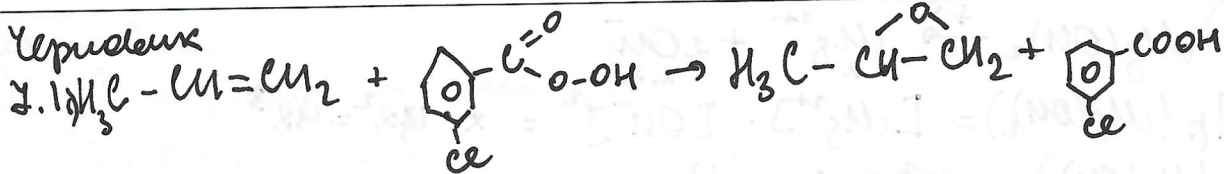
$[OH^-] = 2x = 0,000121 \cdot 2 = 0,000242$
 $c(Mg(OH)_2) = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$
 при $pH = 10,4$
 $[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{2,42 \cdot 10^{-4}} = 4,13 \cdot 10^{-11}$
 $pH = -\lg[H^+] = -\lg 4,13 \cdot 10^{-11} = 10,9$

при $pH = 12,5$ $[H^+] = 10^{-12,5} = 3,16 \cdot 10^{-13}$
 $[OH^-] = \frac{10^{-14}}{3,16} = 3,16 \cdot 10^{-16}$

при $pH = 12,5$
 $K_p(Mg(OH)_2) = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$
 $\frac{y}{3,16} \cdot y^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$
 $\frac{y^3}{3,16 \cdot 10^{-16}} = 7,1 \cdot 10^{-12}$

6

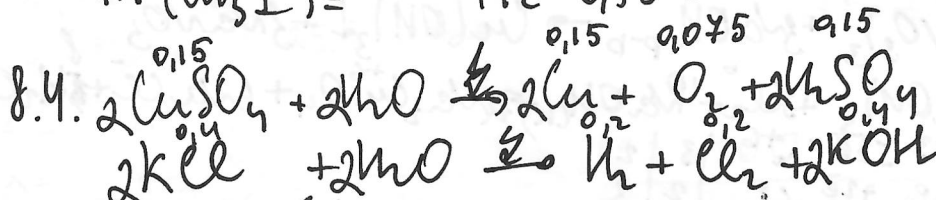




$n(\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3) = \frac{10,8}{72} = 0,15 \text{ моль}$

$n(\text{MgI}) =$

$m(\text{MgI}) = 142 \cdot 0,15 = 21,3 \text{ г}$



$n(\text{Cu}) = \frac{3,6}{64} = 0,056 \text{ моль}$

$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{Cu}) = 0,056 \text{ моль}$

$m(\text{CuSO}_4) = 0,056 \cdot 160 = 9,0 \text{ г}$

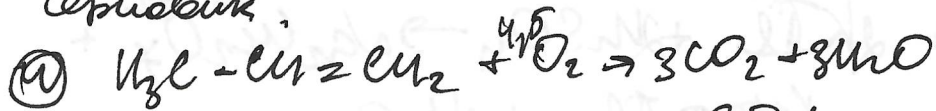
$m(\text{KCl}) = m(\text{меш}) - m(\text{CuSO}_4) = 53,8 - 9,0 = 44,8 \text{ г}$

$n(\text{KCl}) = \frac{44,8}{74,5} = 0,6 \text{ моль}$

$\frac{n(\text{O}_2) + n(\text{Cl}_2)}{n(\text{H}_2)} = \frac{0,028 + 0,3}{0,2} = \frac{0,328}{0,2} = 1,64 \neq \frac{2}{3} \Rightarrow$
 электролиз воды был

16-48-01-57
(56,5)

Черновик



$Q_{реакции} = Q_{обр. CO_2} \cdot 3 + Q_{обр. H_2O} \cdot 3 - Q_{обр. C_2H_6}$

$Q_p = 3 \cdot 33,5 \cdot 3 + 241,8 \cdot 3 + 20,4 = 1926,3 \text{ кДж}$

$V(CO_2) = 2 \text{ моль}$

$V(H_2O) = 3 \text{ моль}$

$V(O_2) = 25,5 \text{ моль}$

$Q = V \cdot c \cdot \Delta t$

$\Delta t = \frac{Q}{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 + c_3 \cdot V_3} = \frac{1926300}{53,5 \cdot 3 + 43 \cdot 3 + 34,7 \cdot 25,5} = \frac{1926300}{16015 + 129 + 884,85} = \frac{1926300}{17028,85} = 113,1 \text{ }^\circ\text{C}$

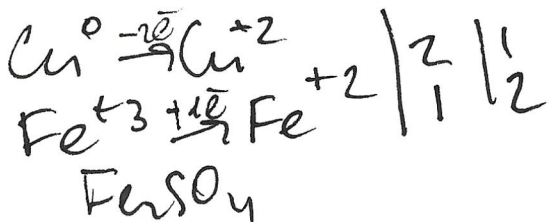
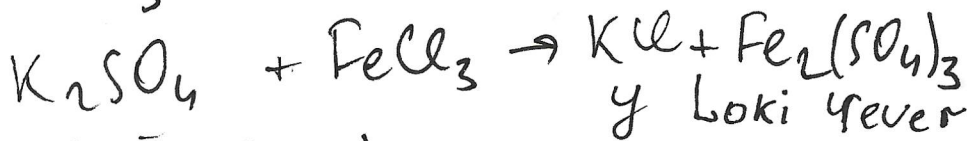
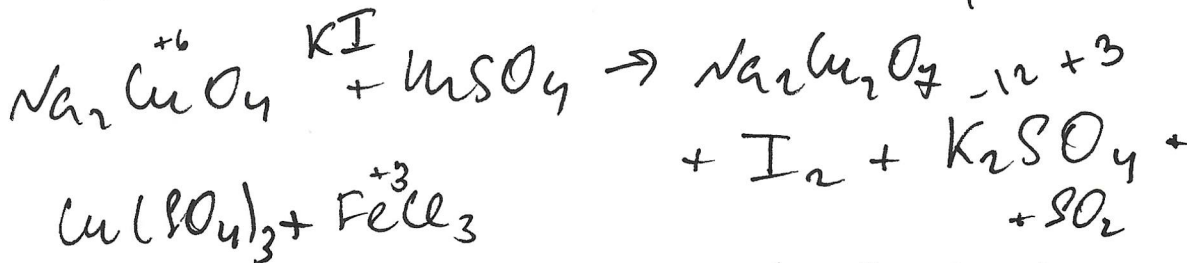
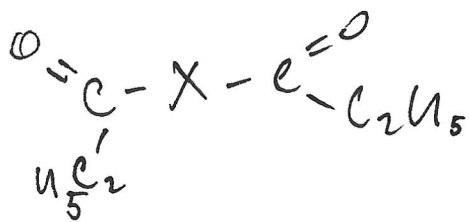
$T_2 = 1640 + 25 = 1665 \text{ }^\circ\text{C}$

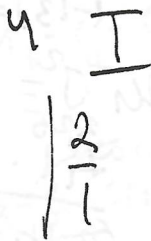
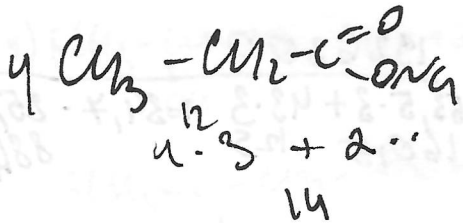
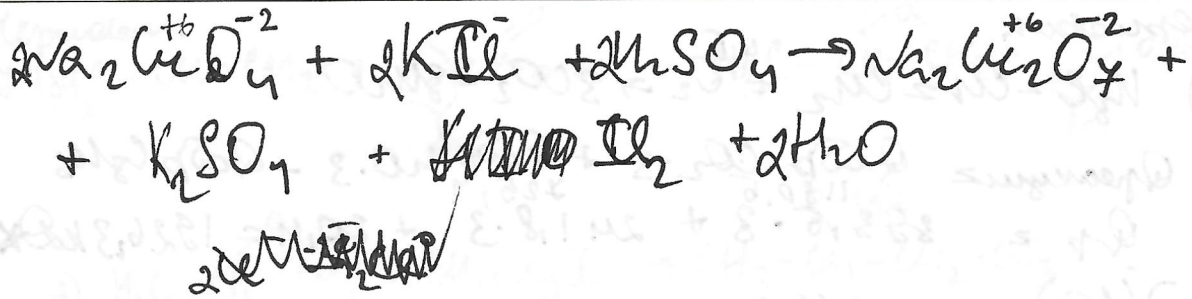
$Pr = y \cdot y^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$
 $(3,16 \cdot 10^{-2})^2 =$

$y \cdot (3,16 \cdot 10^{-2})^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$
 $0,0001$

$-14 - (-13) = -14 + 13$
 $x \cdot 900 \cdot 10^{-12} = 7,1 \cdot 10^{-12}$
 $711 \cdot 10^{-12}$
 $(3,16 \cdot 10^{-2})^2 =$

$= 7,1 \cdot 10^{-12}$
 $0,0001$
 10^{-3}
 $7,1 \cdot 10^{-9}$





серьезно.

$2H_2O \xrightarrow{x \text{ Черный}} 2H_2 + O_2$
 пусть $\nu(H_2O)$ уменьшится на электролиз x , тогда

$$\frac{\nu(A)}{\nu(B)} = \frac{0,245 + \frac{x}{2}}{0,2 + x} = 0,67$$

$$0,245 + \frac{x}{2} = 0,67(0,2 + x)$$

$$0,245 + \frac{x}{2} = 0,134 + 0,67x$$

$$x(0,67 - 0,5) = 0,245 - 0,134$$

$$0,17x = 0,111$$

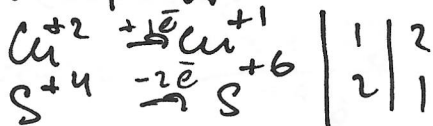
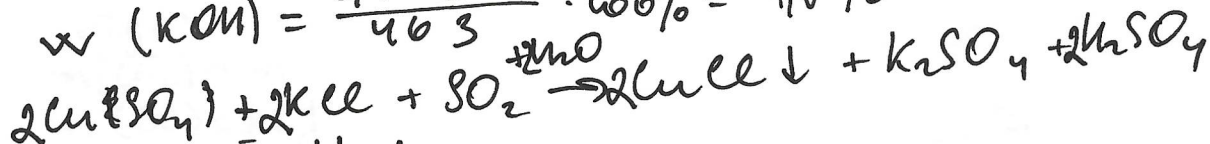
$$x = 0,8 \text{ моль}$$

$$m(p-p_2) = m(\text{шл}) + m(H_2O) - m(\text{Cu}) - m(Cl_2) - m(O_2) - m(H_2) - m(H_2SO_4) = 53,8 + 450 - 9,6 - 14,2 - 2,4 -$$

$$- 0,2 - 14,4 = 463 \text{ г.}$$

$$w(H_2SO_4) = \frac{0,15 \cdot 98}{463} \cdot 100\% = 3,2\%$$

$$w(KOH) = \frac{0,4 \cdot 56}{463} \cdot 100\% = 4,8\%$$



$$\nu(CuSO_4) = \nu(CuCl) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(CuCl) = 0,15 \cdot 99,5 = 14,93 \text{ г.}$$