



49-04-99-33  
(56.1)



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

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

Олимпиада школьников Ломоносов по химии  
наименование олимпиады

по химии  
профиль олимпиады

Макуйленко Владислава Александровича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
«03» марта 2024 года

Подпись участника

[Handwritten Signature]

1.5. Аланин имеет в составе одну карбоксильную груп. и одну карб. аминогруппу, значит рН его раствора близок к 7, т.е. 5,7 (банка 1). Глутаминовая <sup>к-та</sup> имеет в составе две карбоксильные группы и одну аминогруппу, значит среда раствора кислотная, т.е. рН=2,9 (банка 2). Тогда в банке 3 лизин.

88 *восемьдесят шесть*

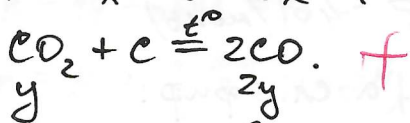
Ответ: Банка 1 - аланин  
Банка 2 - глутаминовая к-та.  
Банка 3 - лизин.

2.1. Найдем молярные доли газов в смеси:

$$M_{(см.)} = D_{H_2} \cdot M_{(H_2)}; M_{(см.)} = 21,2 \cdot 2 = 42,4 \text{ (г/моль)} \quad M_{(см.)} = \sum_{i=1}^n n_i \cdot \mu_i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{Пусть } x_{(CO_2)} = x \Rightarrow x_{(CO)} = 1-x. \quad M_{(CO_2)} = 44 \text{ г/моль}, \quad M_{(CO)} = 28 \text{ г/моль}.$$

$$42,4 = 44x + 28 - 28x \Rightarrow x = 0,9 = x_{(CO_2)} \Rightarrow x_{(CO)} = 0,1. \quad +$$



Т.к. смесь газовая, то если объём увеличился в 1,5 раза, то и кол-во также. Пусть было 1 моль смеси, а в реакцию вступило y моль CO<sub>2</sub>. Тогда образовалось 2y моль CO, т.е.:

$$V_2(см.) = 1-y + 2y = 1+y = 1,5 \Rightarrow y = 0,5 \text{ моль}.$$

Тогда в смеси осталось 0,9 - 0,5 = 0,4 моль CO<sub>2</sub> и стало 0,1 + 2 · 0,5 = 1,1 моль CO. Рассчитаем молярную массу конечной смеси:

$$M_2(см.) = 44 \cdot \frac{0,4}{1,5} + 28 \cdot \frac{1,1}{1,5} = \frac{44 \cdot 0,4 + 28 \cdot 1,1}{1,5} = \frac{48,4}{1,5} \approx 32,267 \text{ (г/моль)}$$

$$\text{Тогда } D_{H_2}(см.) = \frac{32,267}{2} = 16,1335.$$

Ответ: 16,1335. +

3.5 Пусть эфир имеет формулу R(COOR')<sub>n</sub>, где n - основность к-той. Заменим уравнение гидролиза:



Масса в-в до реакции равна массе в-в после реакции

$$\Rightarrow m(NaOH) = 44 + 23 - 47 = 20 \text{ (г)} \Rightarrow \nu(NaOH) = \frac{20}{40} = 0,5 \text{ (моль)}$$

С помощью перебора найдем n и неизвестное в-ва:

$$n=1, \Rightarrow \nu(RCOONa) = \nu(NaOH) = 0,5 \text{ моль} \Rightarrow M(RCOONa) = \frac{44}{0,5} = 88 \text{ (г/моль)},$$

$$M(R) = 21 \text{ г/моль. Такого R не существует. +}$$

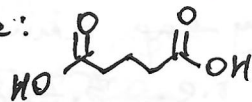
$$n=2 \Rightarrow \nu(RCOONa)_2 = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ моль} \Rightarrow M(R(COONa)_2) = 176 \text{ г/моль}.$$

Аланин 2000  
 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  
 6 | 10 | 11 | 12 | 14 | 8 | 12 | 13 | 86

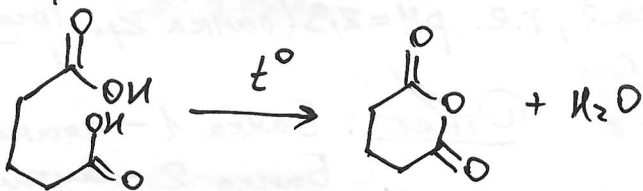


Тогда  $M(R) = 42$  г/моль, это соответствует  $-(CH_2)_3-$ .

Тогда к-та имеет следующее строение:



При нагревании происходит отщепление молекулы  $H_2O$ :



Потеря массы в процентах составит  $\frac{M(H_2O)}{M(к-та)} \cdot 100\% =$

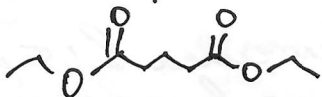
$= \frac{18}{176} \cdot 100\% \approx 10,227\%$

*кветонная M<sub>r</sub> (всего)!!!*  
*132 г/моль*

Определим спирт и строение А:

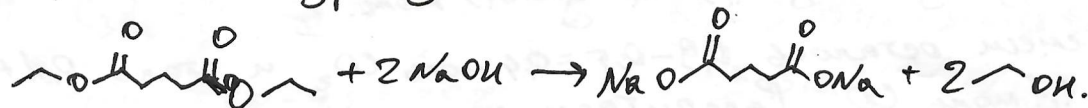
$M(A) = \frac{47}{0,25} = 188$  г/моль;  $M(R'OH) = \frac{23}{0,5} = 46$  г/моль

Значит спирт — этанол  $C_2H_5OH$ , а сл. эфир:



$M = 188$  г/моль.

Уравнение гидролиза:



Ответ: А: NO-C(=O)-(CH2)3-C(=O)OC2H5

Потеря массы к-той: 10,227%.

44. Уравнение сгорания пропана:



По следствию из закона Гесса рассчитаем тепловой эффект р-ции:

$Q_p = \sum_{i=1}^n \nu_i \cdot Q_{обр. i}$  (где  $\nu_i$  — коэффициенты в уравнении).

$Q_p = 3 \cdot 393,5 + 4 \cdot 241,8 - (-20,4) = 1926,3$  (кДж/моль) Т.к. сгорело 1 моль  $C_3H_8$ , то выделится 1926,3 кДж теплоты

Пусть вся теплота, которая выделится, ушла на нагрев смеси.

Тогда конечная температура смеси равно:

$Q = cV(t_2 - t_1) \Rightarrow t_2 - t_1 = \frac{Q}{cV} \Rightarrow t_2 = \frac{Q}{cV} + t_1$

Найдем теплоёмкость смеси по формуле  $C_{см} = \sum_{i=1}^n \nu_i C_i$

49-04-99-33  
(56.1)

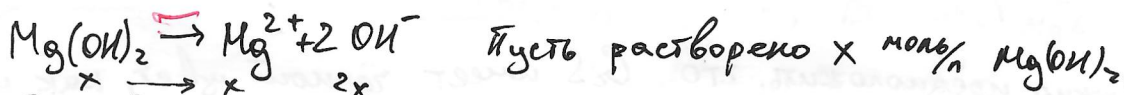
$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ моль}$      $\nu(\text{O}_2) = 30 - 4,5 = 25,5 \text{ (моль)}$  *Пропан сгорел.*  
 $\nu(\text{C}_m) = 31,5 \text{ моль.}$   
 $C_{\text{см}} = \frac{3}{31,5} \cdot 53,5 + \frac{3}{31,5} \cdot 43 + \frac{25,5}{31,5} \cdot 34,7 = \frac{169,5 + 129 + 884,85}{31,5} \approx 37,38 \text{ (моль)}$

Рассчитаем конечную темп-ру смеси:

$t_2 = \frac{1926,3 \cdot 10^3}{37,28 \cdot 31,5} + 25 \approx 1665,35 \text{ }^\circ\text{C.}$

Ответ: 1665,35 °C.

5.1.



$\text{PP} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = x \cdot 4x^2 = 4x^3 = 7,1 \cdot 10^{-12} \Rightarrow x \approx 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$

Т.к.  $x$  - концентрация растворённого  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , то растворимость  $S(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$

$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - (-\lg[\text{OH}^-]) = 14 + \lg 2x$

$\text{pH} = 14 + \lg(2 \cdot 1,21 \cdot 10^{-4}) \approx 14 + (-3,6159) = 10,3841.$

При  $\text{pH} = 12,5$   $\text{pOH} = 1,5 \Rightarrow [\text{OH}^-]_0 = 10^{-1,5} \approx 3,162 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)}$

Пусть в <sup>1 литре</sup>  $V$  какого р-ра растворилось  $y$  моль  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , тогда  $[\text{Mg}^{2+}] = y \text{ моль/л}$ ,  $[\text{OH}^-] = 2y + [\text{OH}^-]_0 \text{ моль/л}$ . Тогда:

$\text{PP} = y(2y + [\text{OH}^-]_0)^2 = y(4y^2 + 4y[\text{OH}^-]_0 + [\text{OH}^-]_0^2) =$

$= 4y^3 + 4y^2[\text{OH}^-]_0 + y[\text{OH}^-]_0^2$

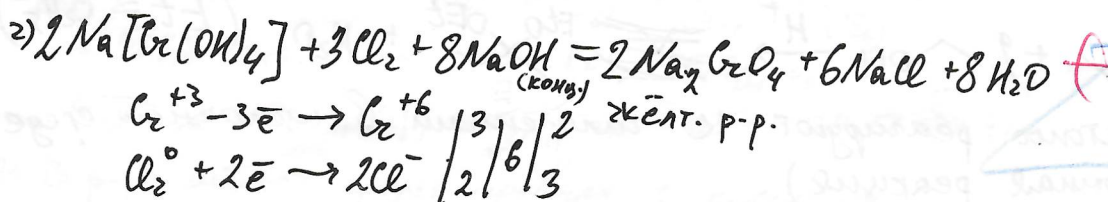
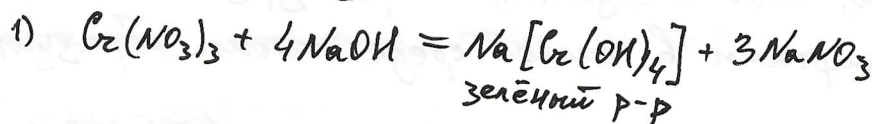
$4y^3 + 0,03162y^2 + 2,5 \cdot 10^{-4}y = 7,1 \cdot 10^{-12} \Rightarrow y \approx 7,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль}$

Тогда  $S_2(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 7,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$ . (в р-ре с  $\text{pH} = 12,5$ )

Ответ:  $S(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$   
 $\text{pH} = 10,3841.$

$S_2(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 7,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$

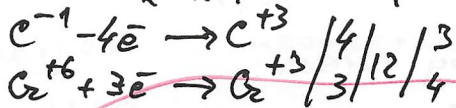
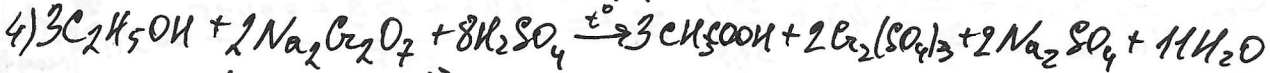
6.5 Исходя из цветов р-ров в-в  $X_1 - X_3$ , можно предположить, это  $\text{A} - \text{Cr}$ .







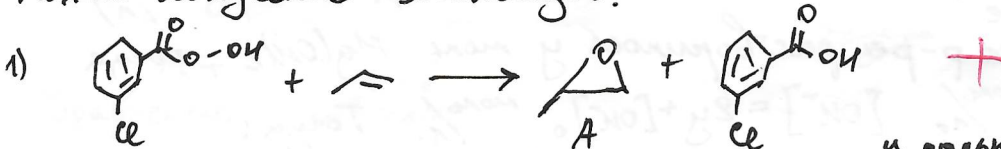
орж. р-р.



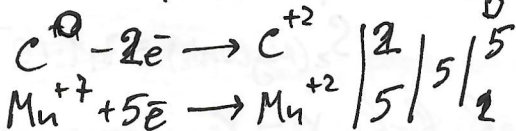
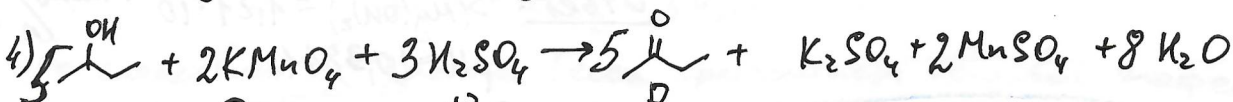
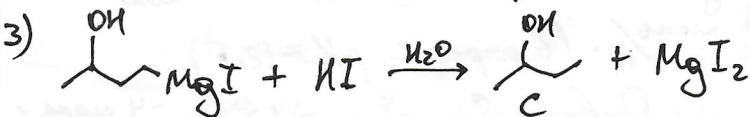
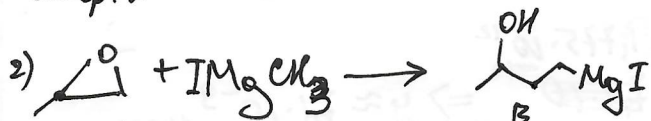
Можно предположить, что  $CrS$  имеет тёмный цвет, как и сульфиды в некоторых группах металлов, а  $CrSO_4$  — жёлтый, как и другие соединения  $Cr^{2+}$ .

Ответ: А —  $Cr$ , Х<sub>1</sub> —  $Na[Cr(OH)_4]$ ,  
 Х<sub>2</sub> —  $Na_2CrO_4$ , Х<sub>3</sub> —  $Na_2Cr_2O_7$ .  
 $CrS$  — тёмный;  
 $CrSO_4$  — жёлтый

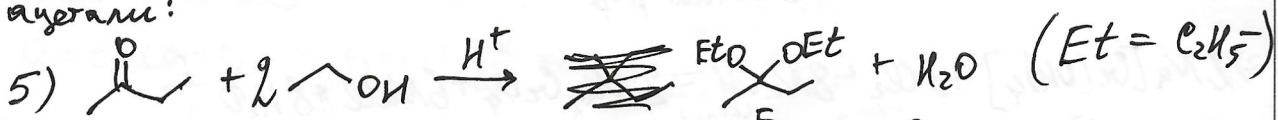
7.1. С помощью мета-Хлорпербензойной к-ты (mCPBA) ~~воз-~~можно получение эпоксидов:



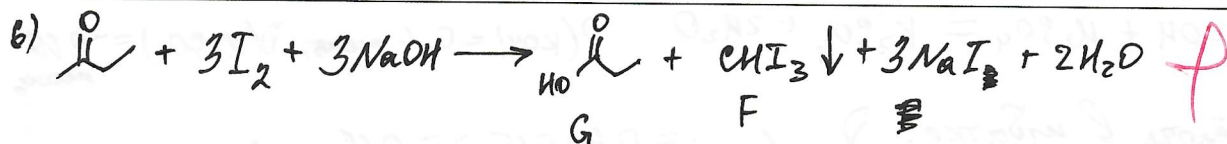
При присоединении реактивов Гриньяра к эпоксидам образуются спирты:



Как и по условию, в-во D (бутанон) не реагирует с  $KHSO_3$ .  
 При реакции со спиртами в кислой среде кетон образует ацетали:



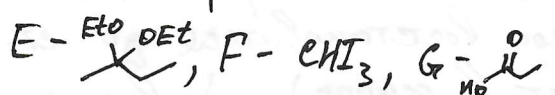
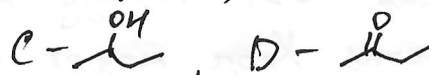
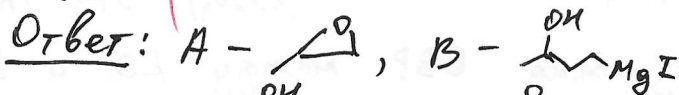
Метилкетоны реагируют с галогеналкилами в щелочной среде (галогенформная реакция)



По гр-ию  $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{I}) = \nu_{\text{теор.}}(\text{CHI}_3) = \frac{10,8}{72} = 0,15 \text{ (моль)}$

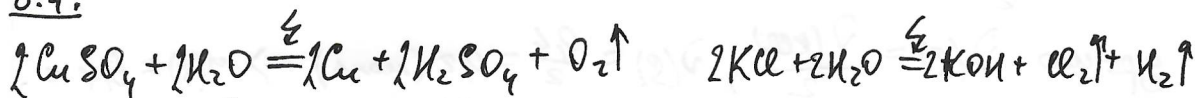
$\nu_{\text{пр.}}(\text{CHI}_3) = \eta \cdot \nu_{\text{теор.}}(\text{CHI}_3); \nu_{\text{пр.}}(\text{CHI}_3) = 0,75 + 0,15 = 0,9 \text{ (моль)}$

$m(\text{CHI}_3) = 0,9 \cdot 394 \approx 354,6 \text{ (г)}$



$m(\text{CHI}_3) = 44,3 \text{ г.}$

8.4.



На аноде выделяется кислород и хлор, на катоде - водород  
Т.к. объёмы газов относятся как 2:3, то и их кол-ва также

Пусть подверглось э-зу  $x$  моль  $\text{CuSO}_4$  и  $y$  моль  $\text{KCl}$ , тогда  $\nu(\text{O}_2) = x/2$  моль,  $\nu(\text{Cl}_2) = \nu(\text{H}_2) = y/2$  моль. Тогда

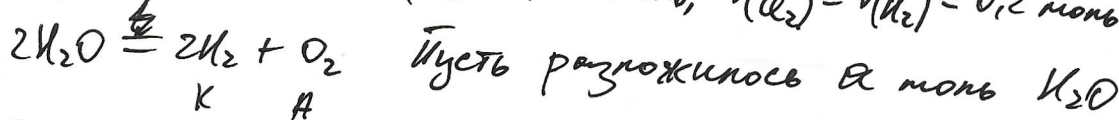
$\frac{x/2 + y/2}{y/2} = \frac{2}{3} = \frac{x+y}{y}$ . Видно, что в положительных числах решений нет.

Значит все соли подверглись э-зу, а затем и вода.

$\nu(\text{Cu}) = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ (моль)} \Rightarrow \nu(\text{CuSO}_4) \Rightarrow m(\text{CuSO}_4) = 24 \text{ г} \Rightarrow$

$\Rightarrow m(\text{KCl}) = 23,8 \text{ г} \Rightarrow \nu(\text{KCl}) = 0,4 \text{ моль}$

Тогда выделилось  $\nu(\text{O}_2) = 0,075 \text{ моль}$ ,  $\nu(\text{Cl}_2) = \nu(\text{H}_2) = 0,2 \text{ моль}$



Тогда  $\frac{0,075 + 0,2 + a/2}{0,2 + a} = \frac{2}{3} \Rightarrow a = 0,85 \text{ моль.}$

Рассчитаем массу р-ра после эл-за:

$m(\text{р-ра}) = 53,8 + 450 - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2) =$   
 $= 503,8 - 0,15 \cdot 64 - 32 \cdot 0,5 - 2 \cdot 1,05 - 71 \cdot 0,2 = 461,9 \text{ (г)}$

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \cdot 0,15 = 14,7 \text{ (г)}; m(\text{KOH}) = 56 \cdot 0,4 = 22,4 \text{ (г)}$

В р-ре щёлочь прореагировала с кислотой:





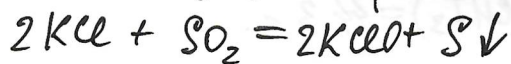
Щелочь в избытке.  $\nu_{\text{ост.}}(\text{KOH}) = 0,4 - 0,15 \cdot 2 = 0,1 \text{ (моль)}$

$$\nu(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль.}$$

$$m_{\text{ост.}}(\text{KOH}) = 5,6 \text{ г} \Rightarrow \omega(\text{KOH}) = 1,21\%$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 26,1 \text{ г} \Rightarrow \omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,65\%$$

Возможна ОВР между  $\text{KCl}$  и  $\text{SO}_2$ , где  $\text{KCl}$  - вос-ль, а  $\text{SO}_2$  - ок-ль. Хлор может окислиться до ст. ок. +1 ( $\text{KClO}$ ), а сера восстановиться до ст. ок. 0 (молекулярная сера выпадет в осадок). Уравнение реакции:

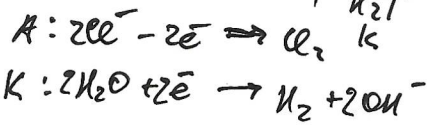
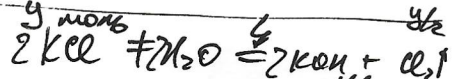
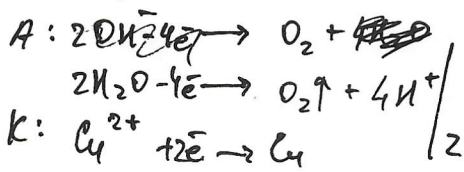
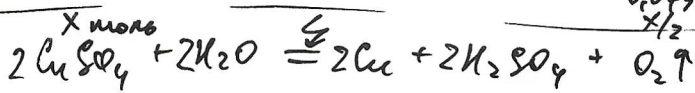
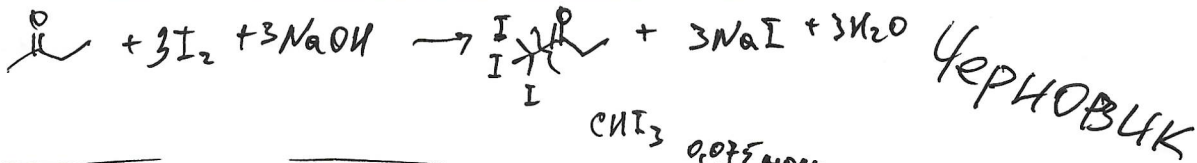


По ур-ию  $\nu(\text{S}) = \frac{\nu(\text{KCl})}{2}$ ,  $\nu(\text{S}) = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ (моль)} \Rightarrow m(\text{S}) = 6,4 \text{ г.}$

Ответ:  $\omega(\text{KOH}) = 1,21\%$

$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,65\%$

$m(\text{S}) = 6,4 \text{ г.}$

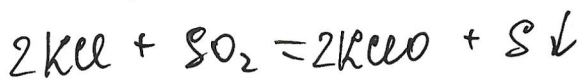
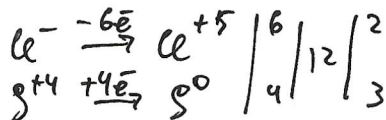
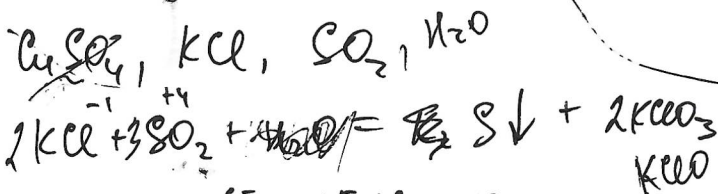
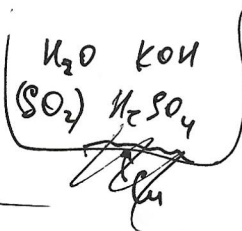
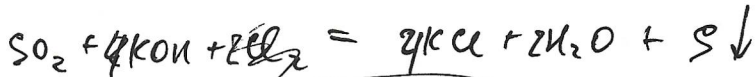


A:  $\frac{x+y}{2} \cdot$  K:  $\frac{2}{2}$   $\frac{x+y}{y} = \frac{2}{3}$   $3x+y=2y$   
 $3x = y$

$m(\text{KCl}) = 79,5y \Rightarrow m(\text{CuSO}_4) = 53,8 - 79,5y$   
 $n(\text{Cu}) = 0,15 \text{ моль} = x$   $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

$\frac{0,075 + y/2}{y/2} = \frac{2}{3}$   $n_1(\text{A}) = \frac{0,4 + 0,15}{2} = 0,275 \text{ моль}$   
 $n_2(\text{K}) = 0,2 \text{ моль}$

$\frac{0,275 + a/2}{0,2 + a} = \frac{2}{3} \Rightarrow 0,825 + \frac{3}{2}a = 0,4 + 2a$   
 $0,425 = 0,5a \Rightarrow a = 0,85$

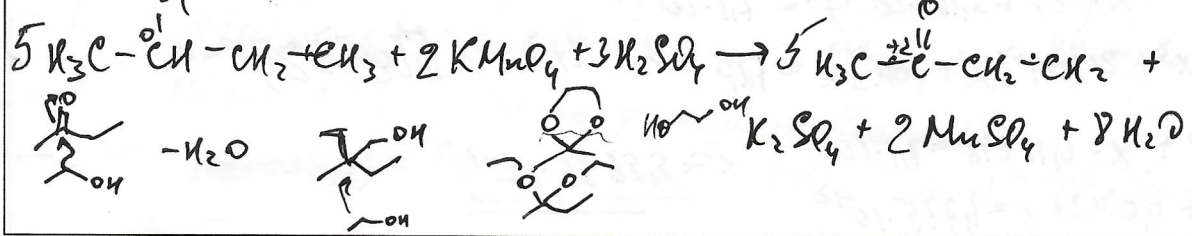
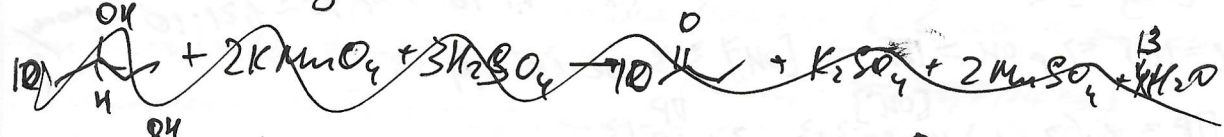
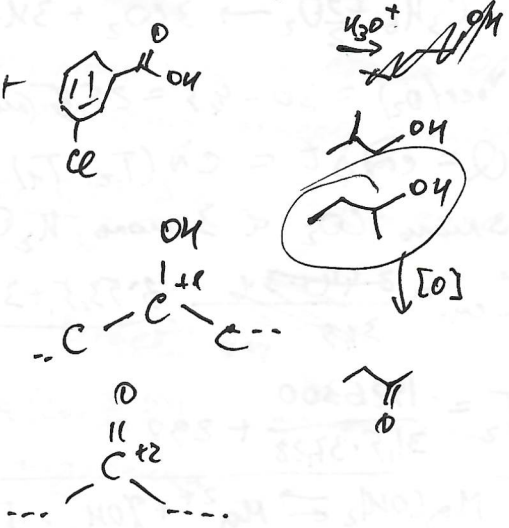
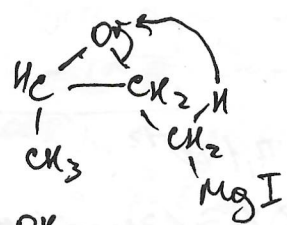
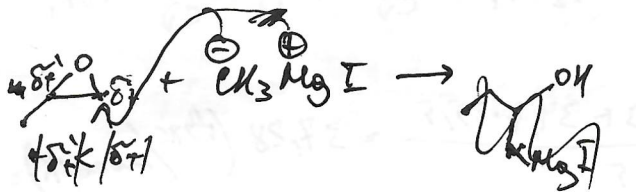
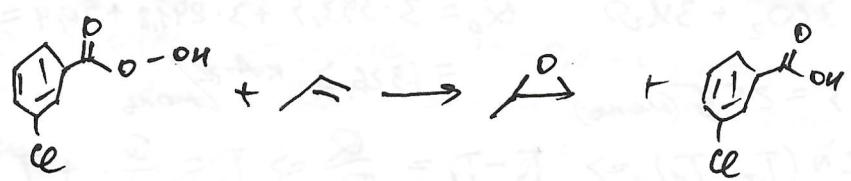
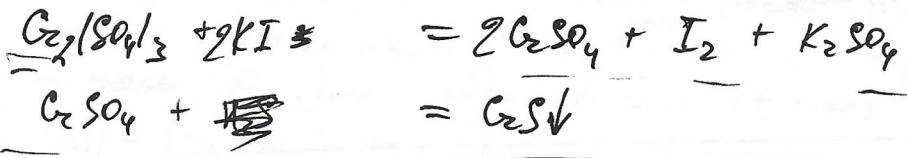
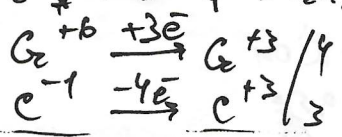
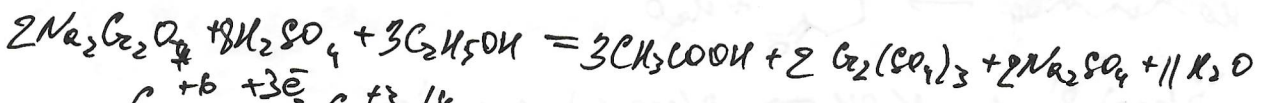
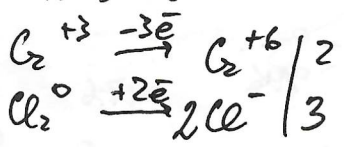
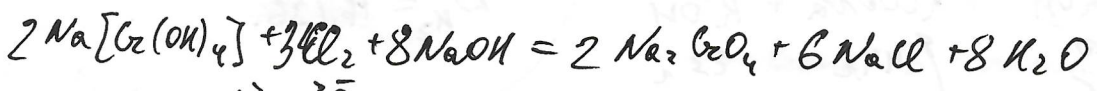
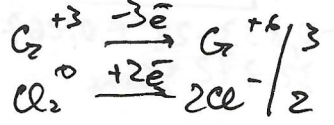
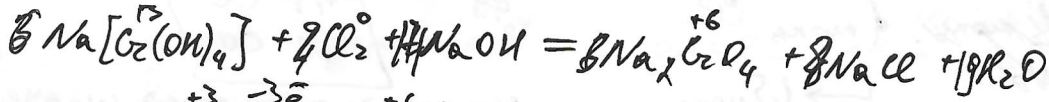


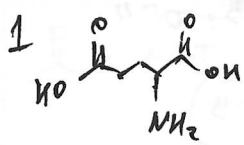


$$4x^3 + 4[OH^-]x^2 + \frac{[OH^-]^2}{4}x = \frac{PP}{4}$$

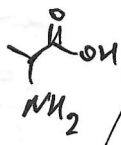
$$x^3 + 0,03162x^2 + 0,0005x = 4,75 \cdot 10^{-12}$$

~~x = 5,76 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-11}~~  
 $x = 7,7 \cdot 10^{-6}$   
 $3,55 \cdot 10^{-4}$





pH ≈ 2,9



pH =

быть ~~1~~ моль

→ 1,5 моль

2.  $M_{см} = 42,4 = 28x + 44 - 44x$

$116 = 16x$

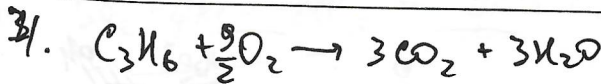
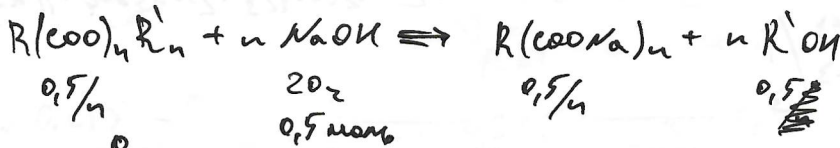
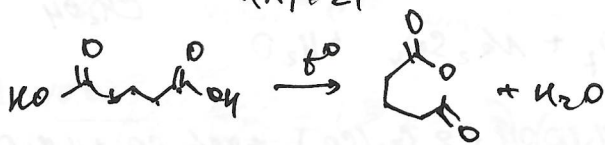
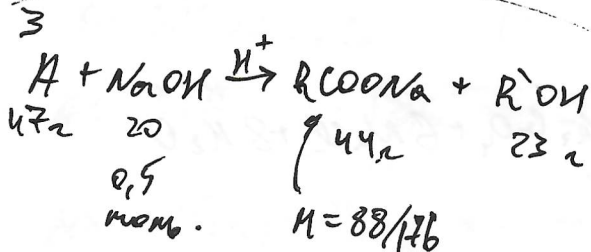
$x = 0,1 - CO$

$0,9 - CO_2$

1,1	CO
0,4	CO <sub>2</sub>

$M = 0,833 \cdot 28 + 0,267 \cdot 44 = 32,272 \text{ г/моль}$

$\omega_{H_2} = 16,136$



$Q_p = 3 \cdot 393,5 + 3 \cdot 241,8 + 29,4 = 1926,3 \text{ кДж/моль}$

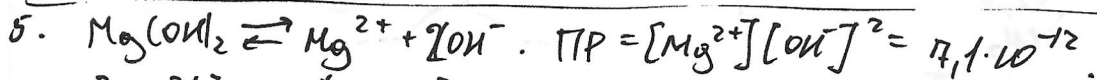
$\nu_{огр}(O_2) = 30 - 4,5 = 25,5 \text{ (моль)}$

$Q = c_{огр} \Delta t = c_{огр} (T_2 - T_1) \Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{Q}{c_{огр}} \Rightarrow T_2 = \frac{Q}{c_{огр}} + T_1$

3 моль CO<sub>2</sub> и 3 моль H<sub>2</sub>O

$c_{см} = \frac{3 \cdot 44 + 3 \cdot 18}{31,5} = 37,28 \text{ (Дж/моль} \cdot \text{K)}$

$T_2 = \frac{1926300}{31,5 \cdot 37,28} + 298 =$



$S = [Mg^{2+}] = x \quad 2x$

$4x^3 = 7,1 \cdot 10^{-12} \Rightarrow x \approx 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$

$pH = 12,5 \Rightarrow pOH = 1,5 \Rightarrow [OH^-] = 3,162 \cdot 10^{-2} \text{ M}$

$PP = x \cdot (2x + 3,162 \cdot 10^{-2})^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$

$4x^3 + 2[OH^-]x^2 + [OH^-]^2x = PP \Rightarrow 4x^3 + 2[OH^-]x^2 - PP = 0$

$4x^3 + x \cdot 0,12748 = 7,1 \cdot 10^{-12}$

$x \approx 5,5695 \cdot 10^{-11}$

$x^3 + 0,03187x = 1,775 \cdot 10^{-12}$