

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

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Маркова Юрия Игоревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«03» марта 2024 года

Подпись участника
[Подпись]

Антонин Буганов
 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
 6 | 10 | 12 | 12 | 14 | 12 | 16 | 13 | 95

Чистовик.

Задача 1.5:

По строению аминокислот. колониального ряда можно выделить особенности их строения. Глутаминовое кольцо содержит дополнительную карбоксильную группу; аланин содержит углеводородный заместитель (не сильно влияет на pH); лизин содержит дополнительную основную аминогруппу.

Тогда в банке 1 - аланин. +

в банке 2 - глутаминовая кислота. +

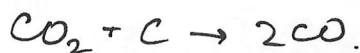
в банке 3 - лизин. +

Задача 2.1:

$$D_{H_2} = 21,2 \Rightarrow M(\text{смеси}) = 21,2 \cdot 2 = 42,4 \frac{г}{\text{моль}}$$

Пусть $\varphi(CO_2) = x$, тогда $\varphi(CO) = 1-x$. Можно составить уравнение следующего вида: $M_{см} = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2$ или же $42,4 = 44 \cdot x + 28 \cdot (1-x) \Rightarrow x = 0,9$.

Пусть была смесь объемом 1 литр, тогда в ней находите 0,9 л CO_2 и 0,1 л CO . Итоговый объем составил 1,5 л, значит 0,5 моль CO_2 прореагировала с углем:



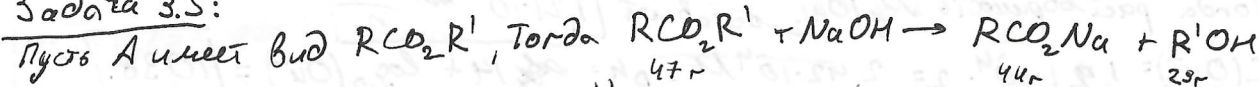
объемы газов после реакции: $V(CO) = 0,1 + 0,5 \cdot 2 = 1,1 \text{ л}$

$$V(CO_2) = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ л}$$

$$M_{смеси} = \frac{0,4 \cdot 44 + 1,1 \cdot 28}{0,4 + 1,1} = 32,267 \frac{г}{\text{моль}}$$

составляет $\frac{32,267}{2} = 16,13$. **Ответ: 16,13.**

Задача 3.5:



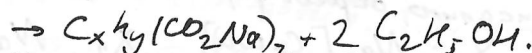
По закону сохранения массы: $m(R\overset{47r}{CO_2}R') + m(NaOH) = m(R\overset{44r}{CO_2}Na) + m(R'\overset{23r}{OH})$,

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

Тогда $M(R'\overset{23r}{OH}) = \frac{23}{0,5} = 46 \frac{г}{\text{моль}}$. $46 - 17 = 29$, что соответствует $R' = C_2H_5$.

Тогда $R\overset{47r}{CO_2}OH$ это этанол C_2H_5OH . $M(A) = \frac{47}{0,5} = 94 \frac{г}{\text{моль}}$. $94 - 12 - 32 - 29 = 21 \frac{г}{\text{моль}}$, углеводородный заместитель с такой молярной массой мет. Значит

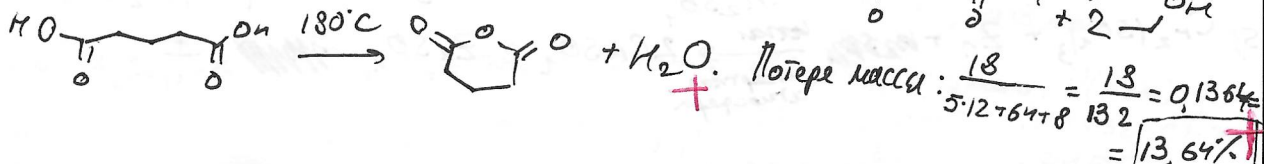
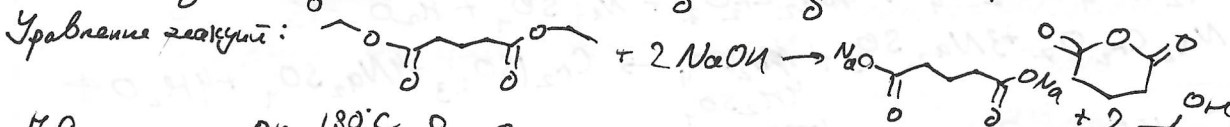
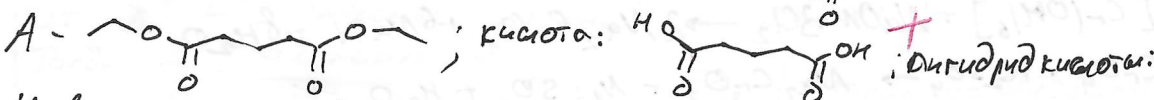
А имеет формулу $m(R\overset{47r}{CO_2}R')$. Пусть А - сложный эфир дикарбоновой кислоты - $(C_xH_y)(CO_2C_2H_5)_2$. Тогда $C_xH_y(CO_2C_2H_5)_2 + 2NaOH \rightarrow$



$$V(NaOH) = 0,5 \text{ моль} \rightarrow V(C_xH_y(CO_2Na)_2) = 0,25 \text{ моль}$$

$$M(C_xH_y(CO_2Na)_2) = \frac{47}{0,25} = 176 \frac{г}{\text{моль}}$$

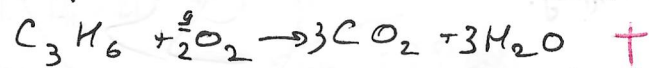
$$176 - 2 \cdot (12 + 32 + 23) = 42 \frac{г}{\text{моль}}$$



Задача 4.4.:

Было: 1 моль C_3H_6 ; 30 моль O_2 , $T = 298 K$.

$$Q_{\text{системы}} = C_{(C_3H_6)} \cdot V_{(C_3H_6)} \cdot T + C_{(O_2)} \cdot V_{(O_2)} \cdot T = 142,7 \cdot 1 \cdot 298 + 34,7 \cdot 30 \cdot 298 = 352742,6 \text{ Дж} = 352,7426 \text{ кДж}.$$



$$Q_{\text{реакции}} = 3 \cdot Q_{\text{обр}}(CO_2) + 3 \cdot Q_{\text{обр}}(H_2O) - Q_{\text{обр}}(C_3H_6) = 3 \cdot 393,5 + 3 \cdot 241,8 - (-204) = 1926,3 \text{ кДж}.$$

Т.к. скорал 1 моль пропана, то $Q_p = 1926,3 \text{ кДж}$

Суммарная Q системы составляет $352,7426 + 1926,3 = 2279,0426 \text{ кДж}$

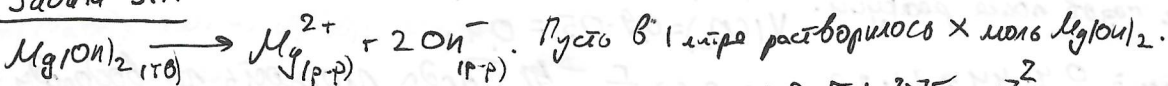
После реакции в системе находятся 0 моль C_3H_6 ; 25,5 моль O_2 ; 3 моль CO_2 и 3 моль H_2O .

$$Q = C_{(O_2)} \cdot V_{O_2} \cdot T + C_{(CO_2)} \cdot V_{CO_2} \cdot T + C_{(H_2O)} \cdot V_{H_2O} \cdot T.$$

$$2279042,6 = 34,7 \cdot 25,5 \cdot T + 53,5 \cdot 3 \cdot T + 43 \cdot 3 \cdot T, \text{ отсюда } T = 1940,7 K$$

Ответ: $T_{\text{макс}} = 1940,7 K$.

Задача 5.1:



Тогда $c(Mg^{2+}) = x M$; $c(OH^-) = 2x M$. $IP = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$.

$$7,1 \cdot 10^{-12} = x \cdot (2x)^2 = 4x^3, \text{ отсюда } x = \frac{1,21 \cdot 10^{-4}}{1}$$

Тогда растворимость $Mg(OH)_2$ составит $\frac{1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль}}{1}$.

$$c(OH^-) = 1,21 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 2,42 \cdot 10^{-4} M. \text{ pH} = 14 + \log_{10}(OH^-) = 10,38.$$

В р-ре с $pH = 12,5$ $c(OH^-) = 0,0316 M$. Уменьшение $c(OH^-)$ можно приравнять.

$$\text{Тогда } 7,1 \cdot 10^{-12} = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = [Mg^{2+}] \cdot 0,0316^2$$

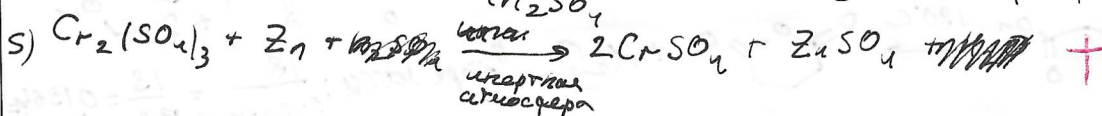
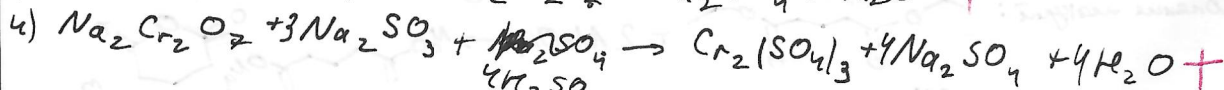
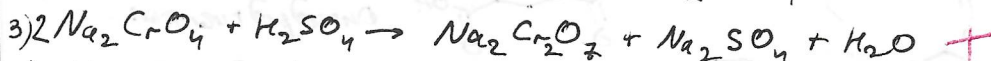
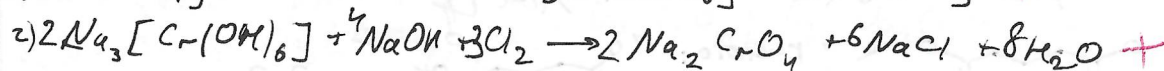
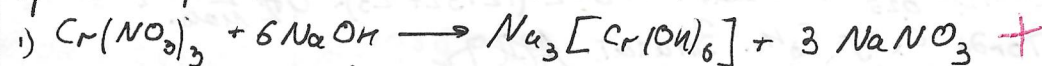
$$\Rightarrow [Mg^{2+}] = 7,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

с $pH = 12,5$ равна $\frac{7,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль}}{1}$.

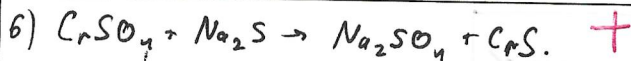
Задача 6.5:

По описанию окраски р-ров и степени окисления Cr^{+3} можно понять, что $A-Cr$.
 тогда $X_1 - Na_3[Cr(OH)_6]$; $X_2 - Na_2CrO_4$; $X_3 - Na_2Cr_2O_7$

Уравнение реакции:

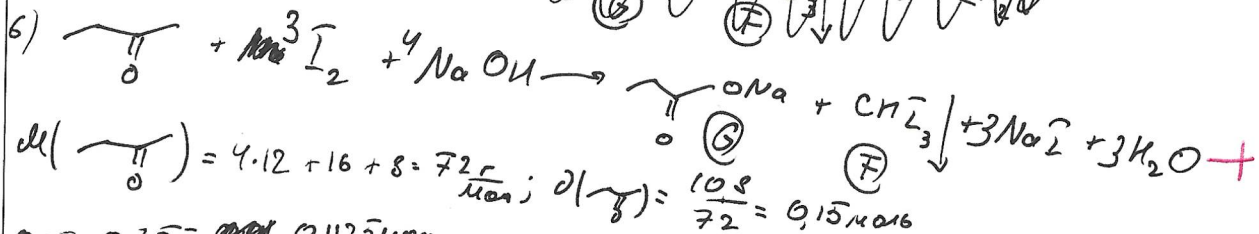
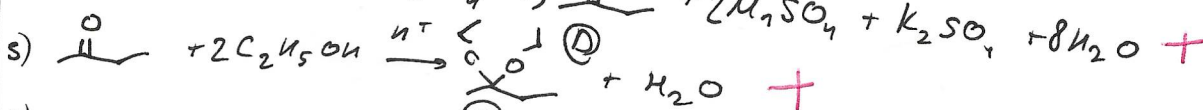
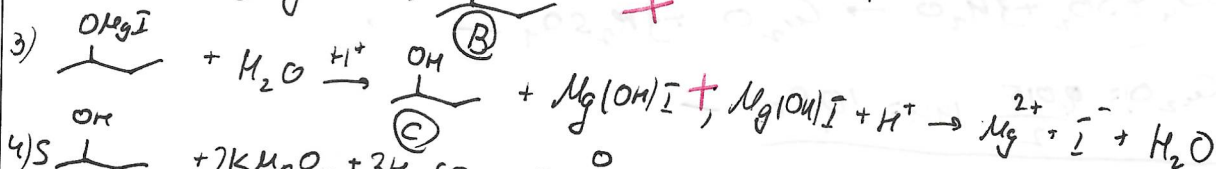
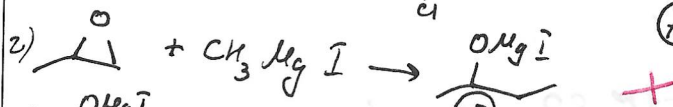
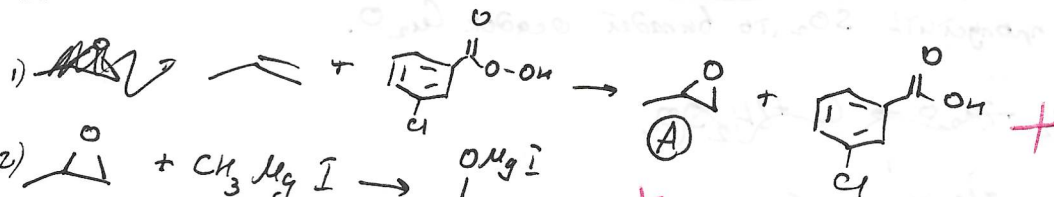


73-31-45-22
(56.7)



Окраска р-ра CrSO_4 голубая; цвет CrS - чёрный. +

Задача 7.1:

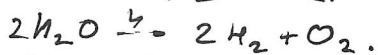
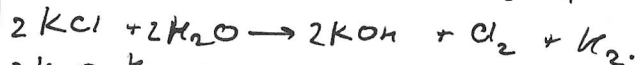
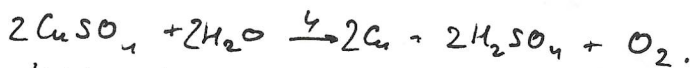


$d(\text{CC(C)C(=O)O}) = 4 \cdot 12 + 16 + 8 = 72 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$; $d(\text{CHI}_3) = \frac{198}{72} = 0,15 \text{ моль}$

$0,15 \cdot 0,75 = 0,1125 \text{ моль}$

$\Rightarrow m(\text{CHI}_3) = 0,1125 \cdot (12 + 1 + 3 \cdot 127) = 44,325 \text{ г}$ +

Задача 8.4:



На катоде выделяется H_2 ; на аноде O_2 и Cl_2 . $\frac{z}{3} = \frac{d(\text{O}_2) + d(\text{Cl}_2)}{d(\text{H}_2)}$

Т.к. $d(\text{H}_2) > d(\text{O}_2) + d(\text{Cl}_2)$, то весь CuSO_4 и KCl электролизован. Т.к. $m(\text{Cu}) = 9,6 \text{ г}$

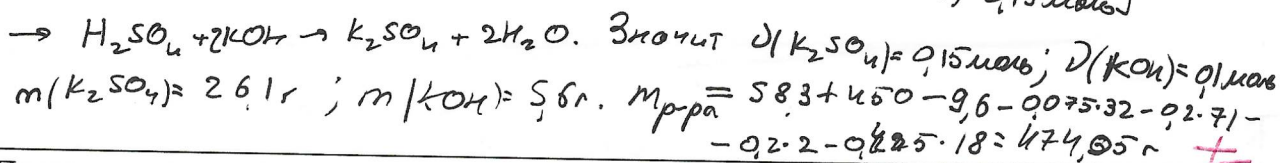
то $d(\text{Cu}) = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ моль}$. $\Rightarrow m(\text{CuSO}_4) = 0,15 \cdot 160 = 24 \text{ г}$. Тогда $m(\text{KCl}) = 53,8 - 24 = 29,8 \text{ г}$; $d(\text{KCl}) = \frac{29,8}{74,5} = 0,4 \text{ моль}$. +

От "4" CuSO_4 выделяется $0,075 \text{ моль O}_2$

От "4" KCl выделяется $0,2 \text{ моль Cl}_2$ и $0,2 \text{ моль H}_2$.

Тогда $\frac{z}{3} = \frac{0,2 + 0,075 + x}{0,2 + 2x}$, где $x = d(\text{H}_2\text{O})$; тогда $x = 0,425 \text{ моль}$.

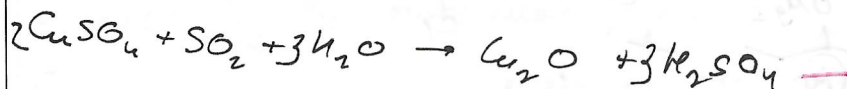
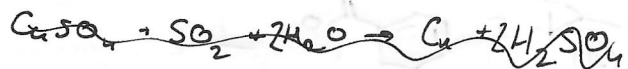
После электролиза р-р имеет такой состав: $d(\text{KOH}) = 0,4 \text{ моль}$; $d(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль}$ } →



$$\text{Тогда } \omega(K_2SO_4) = \frac{26,1}{474,05} = 0,0551 \text{ или } 5,51\%$$

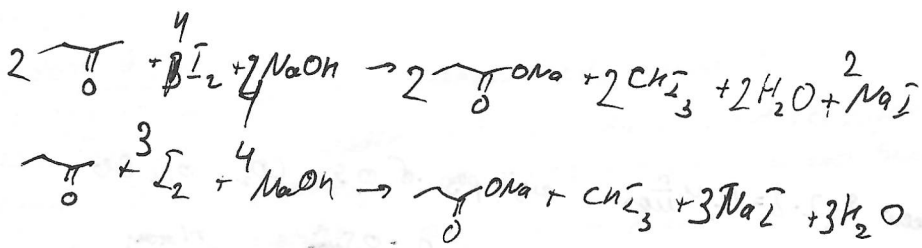
$$\omega(KOH) = \frac{5,6}{474,05} = 0,0118 \text{ или } 1,18\%$$

Если в р-р пропустить SO_2 , то выпадет осадок Cu_2O .

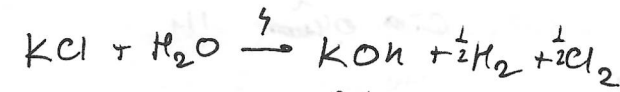


$$m(Cu_2O) = \frac{0,015}{2} \cdot 144 = 1,08 \text{ г.}$$

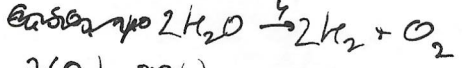
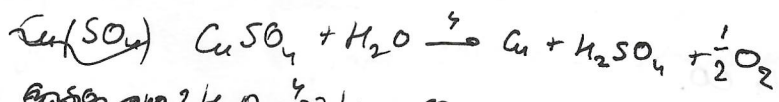
Черновик



рч.

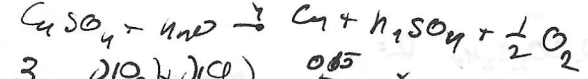
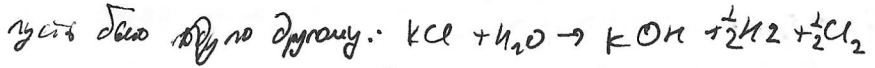


пусть $\nu(\text{KCl}) = x$; $\nu(\text{CuSO}_4) = y$; $x \cdot 74,5 + y \cdot 160 = 53,8 \text{ г.}$
после $\nu(\text{KCl})$ начале $\nu(\text{CuSO}_4)$.



$$\frac{\nu(\text{O}_2) + \nu(\text{Cl}_2)}{\nu(\text{H}_2)} = \frac{2}{3} \quad \frac{2}{3} = \frac{x + 0,075 + \frac{y}{2}}{x + y}$$

если $\nu(\text{Cu}) = \frac{96}{64} = 1,5 \text{ моль}$



$$\frac{3}{2} = \frac{\nu(\text{O}_2) + \nu(\text{Cl}_2)}{\nu(\text{H}_2)} = \frac{0,15 + x}{2 + x} \quad x = 0,15$$

$\nu(\text{Cl}_2) = 0,15 \Rightarrow \nu(\text{KOH}) = 0,3 \text{ моль}$; $\nu(\text{Cu}) = 0,15 \text{ моль}$

тогда $\frac{\nu(\text{KCl})}{\nu(\text{CuSO}_4)} = \frac{2}{1}$; $53,8 = 2x \cdot 74,5 + x \cdot 160$

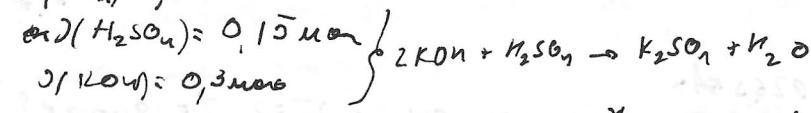
$x = 0,17411 \text{ моль}$

$\Rightarrow \omega(\text{CuSO}_4) = 51,78\%$
 $\omega(\text{KCl}) = 48,22\%$

Тогда после ν в р-не осталось:

$\nu(\text{CuSO}_4) = 0,02411 \text{ моль}$ $m = 3,8526 \text{ г}$

$\nu(\text{KOH}) = 0,04822 \text{ моль}$ $m = 7,7152 \text{ г}$



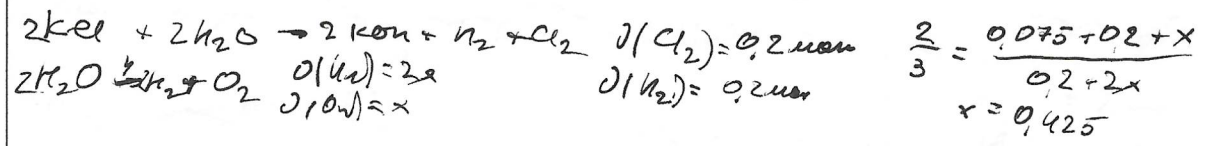
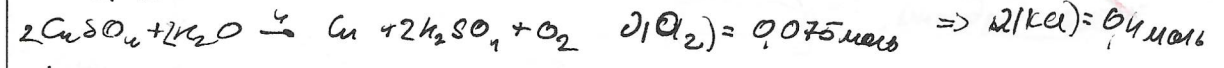
$\nu(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль}$ $m = 26,6 \text{ г}$

$m \text{ р-ра} = 450 + 53,8 \text{ г}$

~~$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 450 - 0,15 \cdot 18 = 427,3 \text{ г}$~~

На катоде выделяется водород, на аноде хлор и кислород.

$$\frac{\nu(\text{Cl}_2) + \nu(\text{O}_2)}{\nu(\text{H}_2)} = \frac{2}{3} \quad \text{если реакция была CuSO}_4 \text{ и KCl, то}$$



1.5.

1. Оланин
2. Глутаминовое иминон
3. Лизин

2. $D_{H_2} = 21,2 \Rightarrow M_{смеси} = 21,2 \cdot 2 = 42,4 \frac{г}{моль}$

еще раз: $0,9 \text{ л } CO_2 \quad 0,1 \text{ л } CO$
 $n = 0,5 \frac{моль}{л} \quad + 1 \text{ моль}$

$(CO_2) \cdot x \quad 42,4 = 44x + 28(1-x)$

Стан $0,4 \frac{моль}{л} \quad 1,1$

$(CO) = 1-x \quad x = 0,9$

пусть было 1 л смеси = $0,9 \text{ л } CO_2 \text{ и } 0,1 \text{ л } CO$

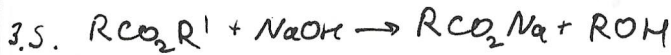
стало 1,5 л $1,5 = (0,9-x) + 2x + 0,1$



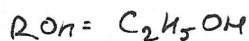
$0,9-x \quad 2x$

Тогда стало $0,4 \text{ моль } CO_2; 1,1 \text{ л } CO$

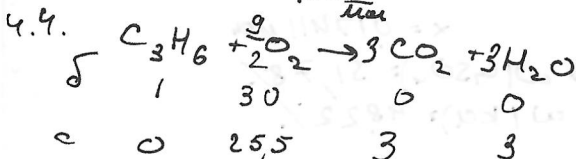
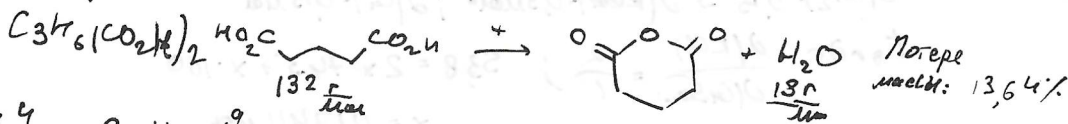
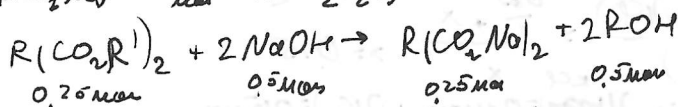
$M_{см} = \frac{0,4 \cdot 44 + 1,1 \cdot 28}{1,5} = 32,267 \Rightarrow D_{H_2} = 16,13$



$m(NaOH) = 20g \Rightarrow \nu(NaOH) = 0,5 \text{ моль}$



$M(RCO_2Na) = 94 \frac{г}{моль} \quad RCO_2C_2H_5 \quad R =$

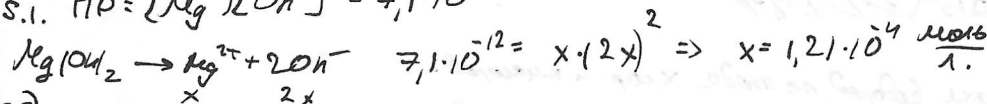


Ноч. темп = $25^\circ C \Rightarrow Q_{система} = (C_{C_3H_6} \cdot \nu \cdot T + C_{CO_2} \cdot \nu \cdot T) - 1 \cdot 298 + 142,7 + 30 \cdot 298 = 352742,6 \text{ Дж}$

$Q_{стол} = 19263 \frac{кДж}{моль} = 19263 \text{ кДж}$

$Q_{система} = 2279 \text{ кДж} = C_{CO_2} \cdot \nu \cdot T + C_{CO_2} \cdot \nu \cdot T + C_{H_2O} \cdot \nu \cdot T \Rightarrow T = 1940,7 \text{ К}?$

5.1. $pO = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$



$p(OH^-) = 2,42 \cdot 10^{-4} \quad pH = 10,38$

