



0 075919 980002

07-59-19-98

(56.1)



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

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Воскресенского Егора Юрьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«03» марта 2024 года

Подпись участника
[Подпись]

88

Чистовик ~~восемьдесят~~
восемь

$\sqrt{1.5}$

В банке 1 - аланин, т.к. рН ближе всего к нейтральной, в аланине нет функциональных групп, влияющих на рН, аланин - $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ \uparrow

В банке 2 - глутаминовая к-та, она имеет наиболее кислую среду за счёт второй карбоксильной группы (глут.к-та - $\text{H}_2\text{NCH}(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$) \uparrow

В банке 3 - лизин, среда более щелочная за счёт второй аминогруппы (лизин - $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$)

$\sqrt{2.1}$

Средняя $M_{\text{смеси}} = M_{(\text{H}_2)} \cdot 2,1 = 42,4$ (г/моль), значит

$$\frac{x \cdot M(\text{CO}) + y \cdot M(\text{CO}_2)}{x + y} = 42,4$$



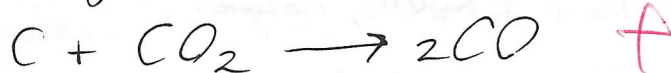
$$28x + 44y = 42,4x + 42,4y$$

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

$$y = 9x$$

Положим, что $x = 1$ моль, тогда $\nu_{\text{смеси}_1} = 10$ моль.

Пропускание над углем:



т.к. объёмов были измерены при одинаковых условиях, их отношение можно рассматривать как $\frac{\nu_{\text{смеси}_2}}{\nu_{\text{смеси}_1}} = 1,5$ \uparrow

$\nu_{\text{смеси}_2} = 15$ моль

$\Delta \nu = 5$ моль, значит (из ур-я реакции) пропущено 5 моль CO_2 :

$\nu(\text{CO}) = 1 + 2 \cdot 5 = 11$ (моль) $\nu(\text{CO}_2) = 9 - 5 = 4$ (моль)

$M_{\text{смеси}_2} = \frac{11 \cdot 28 + 4 \cdot 44}{15} = 32,27$ (г/моль) \uparrow

Плотность по водороду конечной смеси? -

1/2/5/4/5/6/7/8
 6/9/12/10/11/16/12/22
 Дюмин

Чистовик

$$\sqrt{3,5}$$

Обозначим кислоту как R_1-H , а спирт как R_2-OH , тогда $M_{эфирА} = M_{(R_1)} + M_{(R_2)}$

$$M_{сали} = M_{(R_1)} + M_{(Na)} ; M_{спирта} = M_{(R_2)} + M_{(OH)}$$



$$\sqrt{R_1-R_2} = \sqrt{NaOH} = \sqrt{R_1-Na} = \sqrt{R_2-OH}$$

$$M_{(R_1)} = x ; M_{(R_2)} = y$$

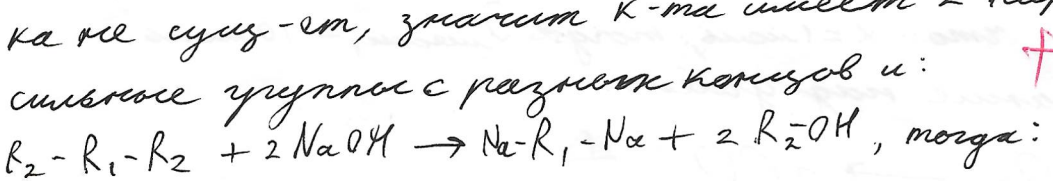
$$\frac{m_{эфирА}}{x+y} = \frac{m_{сали}}{x+23} = \frac{m_{спирта}}{y+17} \quad (1)$$

$$\frac{47}{x+y} = \frac{44}{x+23} = \frac{23}{y+17}$$

$$\begin{array}{l} 44y + 17 \cdot 44 = 23x + 23^2 \\ 44y + 219 = 23x \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} 47y + 17 \cdot 47 = 23x + 23y \\ 47y + 17 \cdot 47 = 67y + 219 \end{array} \right.$$

~~$$x = \frac{9,52 + 4,91y}{47} = \frac{23}{47}$$~~

$$\begin{array}{l} 20y = 580 \\ y = 29 \text{ (г/моль)} , R_1-OH = C_2H_5OH \\ x = \frac{44 \cdot 29 + 219}{23} = 65 \text{ (г/моль)} , \text{такого кислотного остатка не существует, значит к-та имеет 2 карбоксильные группы с разным концом и:} \end{array}$$

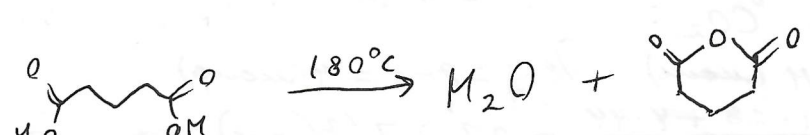


$$\frac{47}{\frac{x}{2} + y} = \frac{44}{\frac{x}{2} + 23} = \frac{23}{y + 17} \text{ и } \frac{x}{2} = 65 \text{ (г/моль)}$$

$x = 130$ (г/моль) - это остаток пропионовой к-ты, значит эфир А:



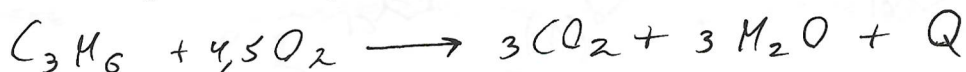
При нагревании к-ты:



$$\omega_{\text{потери}} = \frac{M_{(H_2O)}}{M_{(C_5H_8O_4)}} \cdot 100\% = 13,64\%$$

07-59-19-98
(56.1)

Чистовик $\sqrt{4.4}$



$$Q = 3 \cdot Q_{обр}(H_2O) + 3 \cdot Q_{обр}(CO_2) - Q_{обр}(C_3H_6) - 4,5 Q_{обр}(O_2) =$$

$$= 3 \cdot 241,8 + 3 \cdot 393,5 + 29,4 + 0 = 1926,3 \text{ кАЖ/моль} \quad +$$

Израсходовано 4,5 моль O_2 , $\nu_{O_2} = 25,5$ моль,
 $\nu_{H_2O} = 3$ моль, $\nu_{CO_2} = 3$ моль

и, если вся Q реакции пошла на нагревание смеси (так её T будет максимальна):

$$Q_{нагр} = \Delta T \cdot (\nu_{H_2O} \cdot C_{H_2O} + \nu_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + \nu_{O_2} \cdot C_{O_2}) = Q_{реакции}$$

$$\Delta T = \frac{1926,3 \cdot 10^3}{3 \cdot 43 + 3 \cdot 53,5 + 25,5 \cdot 34,7} = 1640,06 \text{ (K)}$$

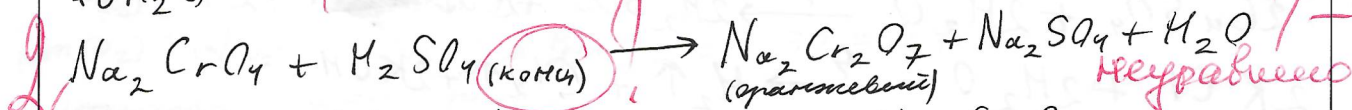
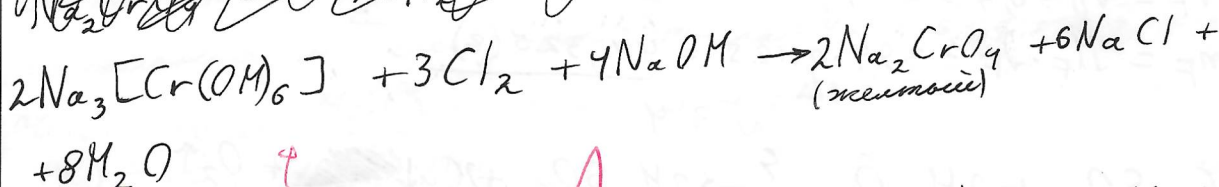
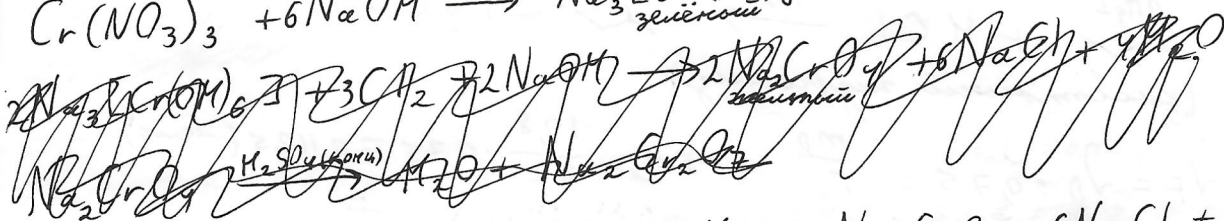
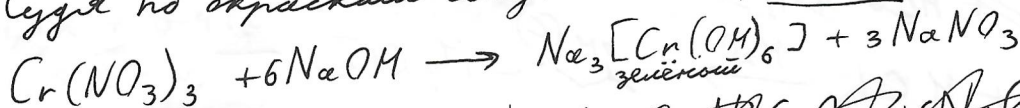
$$T_0 = 298 \text{ K}$$

$$T_{\text{макс}} = T_0 + \Delta T = 298 + 1640,06 = 1938,06 \text{ (K)}$$

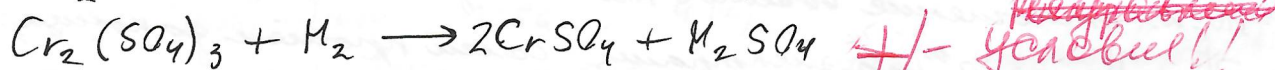
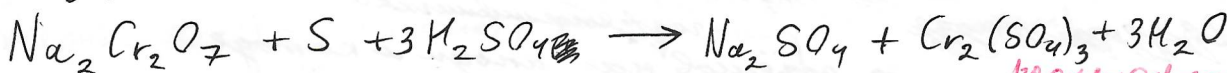
$$T_{\text{MAX}} = 1665,06 \text{ }^\circ\text{C} \quad +$$

$\sqrt{6.5}$ и степени окисления A в соединении

Судя по окраскам соединений A , $A = Cr$ +



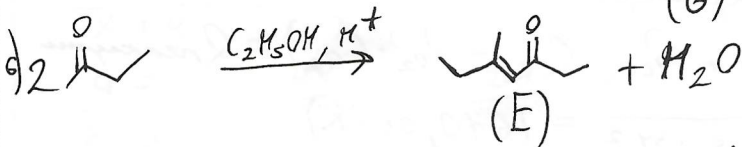
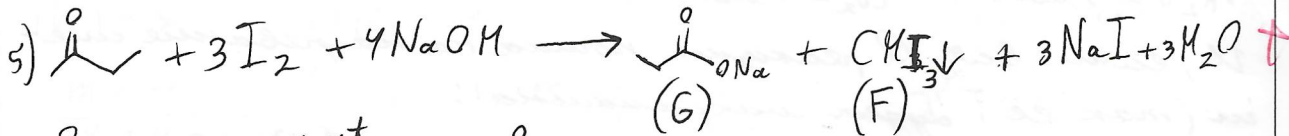
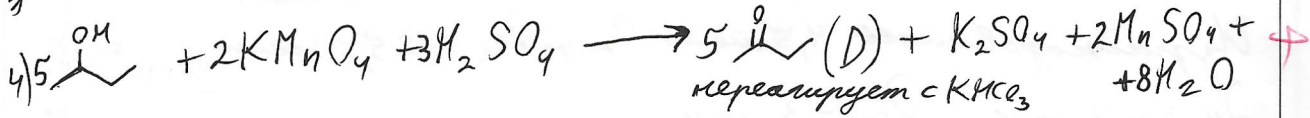
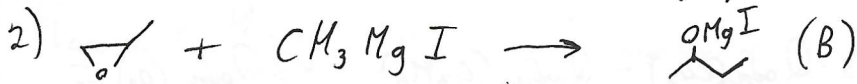
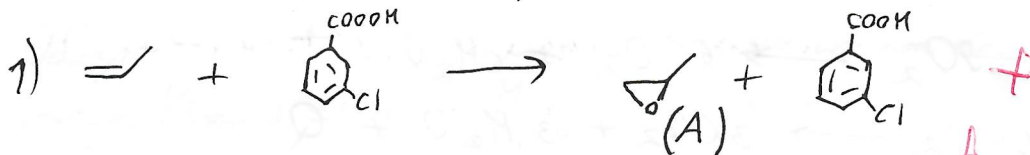
$$X_1 = Na_3[Cr(OH)_6]; X_2 = Na_2CrO_4; X_3 = Na_2Cr_2O_7$$



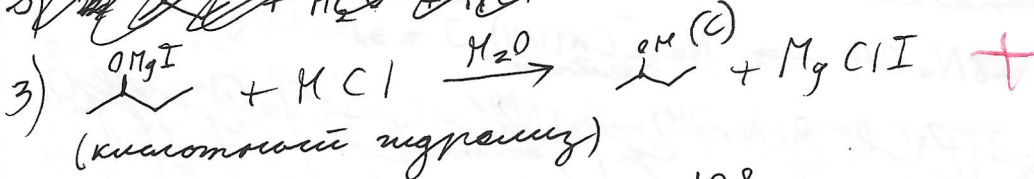
$CrSO_4$ - зелёной р-р CrS - черной осадок +

Условие

№ 7.1



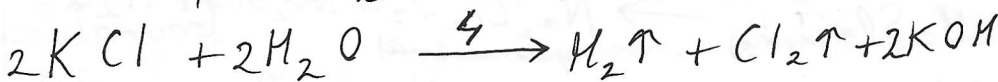
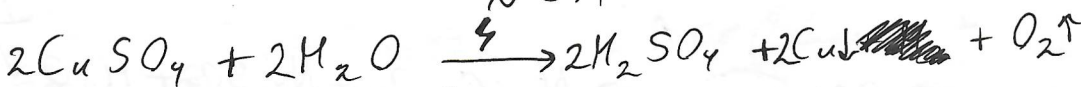
В получается таким, чтобы D не было кислотой и не реагировало с K₂CO₃, Очевидно всего в р-ции зрелая часть не Mg(OH)₂, а соль Mg и кислотное количество добавляет для катализа гидрирования:



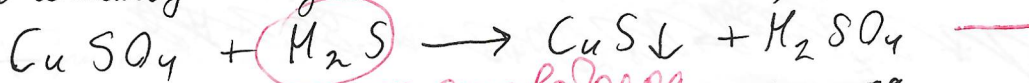
$$\nu_F = \nu_D \cdot 0,75 = \frac{m_D}{M_D} \cdot 0,75 = \frac{10,8}{72} \cdot 0,75 = 0,1125 \text{ (моль)}$$

$$m_F = M_F \cdot \nu_F = 394 \cdot 0,1125 = 44,325 \text{ (г)}$$

№ 8.4



На катоде выделялись Cu и H₂, на аноде Cl₂ и O₂



~~то сероводород~~ газы выделяющиеся

т.к. отношение объёмов на аноде и катоде:

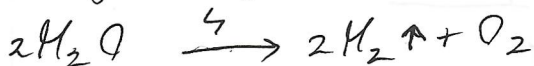
$V_A : V_K = 2 : 3$, то электролиз солей прощён до конца,

ведь при аж не полной электролизе на катоде выделялось бы меньше газа, т.к. там выделялись

Этот блок № 8.4 (продолжение)

только водород и в том же кол-ве, что и хлор.

Значит началась электролиз воды, в котором на катоде выделяется больше H_2 , чем O_2 на аноде.



$$\nu_{CuSO_4} = \nu_{Cu} = \frac{m_{Cu}}{M_{Cu}} = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ (моль)}$$

$$\nu_{O_2,1} = \frac{1}{2} \nu_{Cu} = 0,075 \text{ (моль)}$$

$$m_{KCl} = m_{\text{мел}} - m_{(CuSO_4)} = m_{\text{мел}} - M_{(CuSO_4)} \nu_{(CuSO_4)} = 53,8 - 0,15 \cdot 160 = 29,8 \text{ (г)}$$

$$\nu_{(H_2)_1} = \nu_{(Cl_2)} = \frac{\nu_{KCl}}{2} = \frac{m_{KCl}}{2M_{KCl}} = \frac{29,8}{2 \cdot 74,5} = 0,2 \text{ (моль)}$$

При электролизе воды выделилось $\nu_{(H_2)_2} = 2x = \nu_{(H_2O)}$ и

$$\nu_{(O_2)_2} = x$$

составим отношение:

$$\nu_A : \nu_K = 2 : 3 \text{ (т.к. } \nu \text{ измерены при одинаковом заряде)}$$

$$\nu_{(O_2)_1} + \nu_{(O_2)_2} + \nu_{(Cl_2)} = (\nu_{(H_2)_1} + \nu_{(H_2)_2}) \cdot \frac{2}{3}$$

$$0,075 + x + 0,2 = (0,2 + 2x) \cdot \frac{2}{3}$$

$$(x + 0,275) \cdot 1,5 = 2x + 0,2$$

$$1,5x + 0,4125 = 2x + 0,2$$

$$0,5x = 0,2125$$

$$x = 0,425$$

$$\nu_{(H_2O)} = 2x = 0,85 \text{ (моль)} ; \nu_{(H_2)_2} = 0,95 \text{ (моль)} ; \nu_{(O_2)_2} = 0,425 \text{ (моль)}$$

Начальная масса р-ра: $m_{p-ра} = 450 + 53,8 = 503,8 \text{ (г)}$

$$m_{(Cl_2)} = \nu_{(Cl_2)} \cdot M_{(Cl_2)} = 0,2 \cdot 71 = 14,2 \text{ (г)}$$

$$m_{(H_2)} = (\nu_{(H_2)_1} + \nu_{(H_2)_2}) \cdot M_{(H_2)} = 1,15 \cdot 2 = 2,3 \text{ (г)}$$

$$m_{(O_2)} = (\nu_{(O_2)_1} + \nu_{(O_2)_2}) \cdot M_{(O_2)} = 0,5 \cdot 32 = 16 \text{ (г)}$$

Конечная масса р-ра:

$$m_{p-ра,к} = m_{p-ра} - m_{(Cl_2)} - m_{(O_2)} - m_{(H_2)} - m_{(Cu)} = 503,8 - 14,2 - 16 - 2,3 - 9,6 = 461,7 \text{ (г)}$$

$$\nu_{(KOH)} = \nu_{(KCl)} = 0,4 \text{ (моль)} ; \nu_{(H_2SO_4)} = \nu_{(CuSO_4)} = 0,15 \text{ (моль)}$$

$$m_{(KOH)} = \nu_{(KOH)} \cdot M_{(KOH)} = 0,4 \cdot 56 = 22,4 \text{ (г)}$$

$$m_{(H_2SO_4)} = \nu_{(H_2SO_4)} \cdot M_{(H_2SO_4)} = 0,15 \cdot 98 = 14,7 \text{ (г)}$$

$$\omega_{(KOH)} = \frac{m_{(KOH)}}{m_{p-ра,к}} \cdot 100\% = \frac{22,4}{461,7} \cdot 100 = 4,85\%$$

$$\omega_{(CuSO_4)} = \frac{m_{(CuSO_4)}}{m_{p-ра,к}} \cdot 100\% = \frac{14,7}{461,7} = 3,18\%$$

*CuSO₄ в раствор
не остается*

Учитовик

№ 8.4

$$J(\text{CaS}) = J(\text{CaSO}_4) = 0,15 \text{ моля}$$

по не CaS!

$$m(\text{CaS}) = J(\text{CaS}) \cdot M(\text{CaS}) = 0,15 \cdot 96 = \underline{14,4(2)}$$

№ 5.1

$$PP = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

Растворимость - концентрация насыщенного р-ра,

$$\text{значит } S_{(Mg(OH)_2)} = [Mg^{2+}]$$

~~OH⁻~~ ~~Mg²⁺~~ Mg(OH)₂ сравнительно не много растворим в воде,

$$[OH^-] = 2[Mg^{2+}] \text{ (такое приближение возможно, двукратно больше воды вносит каждый вклад)}$$

$$PP = 4[Mg^{2+}]^3 = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$[Mg^{2+}] = \sqrt{\frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,21 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)$$

$$S = \underline{1,21 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)} +$$

$$pM = 14 - pOH$$

$$pOH = -\lg [OH^-] = -\lg 2[Mg^{2+}] = -\lg(2 \cdot 1,21 \cdot 10^{-4}) = 3,62$$

$$pM = 14 - 3,62 = \underline{10,38}$$

$$\text{Пусть } pM = 12,5 ; pOH = 1,5$$

$$-\lg [OH^-] = 1,5$$

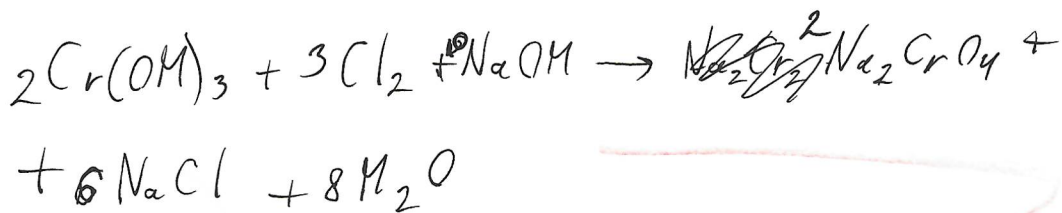
$$[OH^-] = 10^{-1,5} = 3,16 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)$$

$$[Mg^{2+}] = \frac{[OH^-]}{2}$$

$$PP = \frac{[OH^-]^2}{2} = \frac{3,16^3 \cdot 10^{-6}}{2} = \underline{1,58 \cdot 10^{-5}}$$

$$\frac{47}{\frac{x+47}{2}} = \frac{44}{\frac{x+43}{2}} = \frac{23}{y+17} \quad \text{Черновик}$$

~~17/24~~



$$2\text{Cu} - 1\text{O}_2 \quad 0,075$$

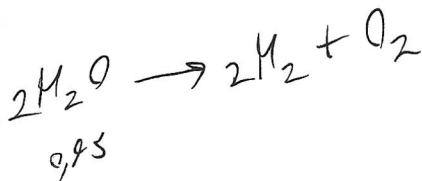
$$2\text{K} - 1\text{M}_2 + 1\text{Kl}_2 \quad 0,2 \quad 0,2$$

$$0,2 + 2x = (0,275 + x) \cdot \frac{3}{2}$$

$$0,2 + 2x = 0,4125 + 1,5x$$

$$0,5x = 0,2125$$

$$x = 0,425$$



$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 17,1$$