

# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

*Выход 15<sup>08</sup>  
вернулся 15<sup>14</sup> Галт*

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

ПО химии  
профиль олимпиады

Чуйко Алены Дмитровны  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
« 3 » марта 2024 года

Подпись участника  
*[Signature]*

05-52-29-27  
(56.13)

ЧИСТОВИК

звеньев один

ЗАДАЧА 2.1

$D_{\text{по } H_2} = 21,2$

$\frac{D_2}{D_1} = 1,5$

91

$M_{\text{смеси}} = 21,2 \cdot 2 = 42,4 \text{ г/моль} +$

$M_{\text{смеси}} = \frac{m(CO) + m(CO_2)}{\nu(CO) + \nu(CO_2)} =$   
 $= \frac{\nu(CO) \cdot M(CO) + \nu(CO_2) \cdot M(CO_2)}{\nu(CO) + \nu(CO_2)} \Rightarrow$

Пусть  $\nu(CO) = x$  моль ;  $\nu(CO_2) = y$  моль

$42,4 = \frac{x \cdot (12+16) + y(12+32)}{x + y}$

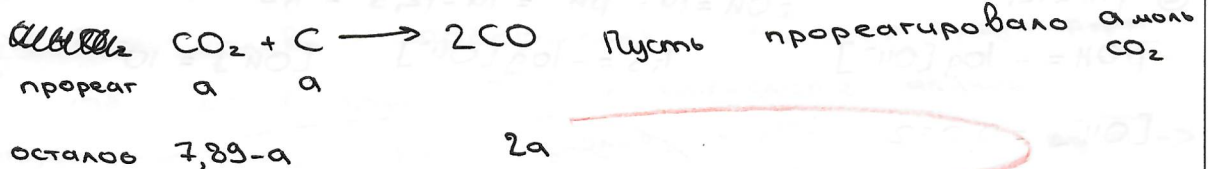
$42,4x + 42,4y = 28x + 44y$

$14,2x = 1,8y$

$\frac{x}{y} = \frac{1,8}{14,2} = \frac{1}{7,89} \Rightarrow \frac{\nu(CO)}{\nu(CO_2)} = \frac{1}{7,89}$

1:8

Пусть  $\nu(CO) = 1$  моль ;  $\nu(CO_2) = 7,89$  моль



$\frac{D_2}{D_1} = \frac{D_2(\text{общ})}{D_1(\text{общ})} = 1,5$

$\nu(CO)$  после реакции =  $1 + 2a$   $\nu(CO_2)$  после реакции =  $7,89 - a$

$D_{2, \text{общ}} = 1 + 2a + 7,89 - a = 8,89 + a$

$D_{1, \text{общ}} = 1 + 7,89 = 8,89$

$\frac{8,89 + a}{8,89} = 1,5$

$8,89 + a = 13,335$

$a = 4,445$

в конечной смеси:

$\nu(CO) = 1 + 8,89 = 9,89$  моль

$\nu(CO_2) = 7,89 - 4,445 = 3,445$  моль

$M_{\text{смеси}} \text{ после реакции} = \frac{9,89 \cdot 28 + 3,445 \cdot 44}{9,89 + 3,445} = \frac{428,5}{13,335} = 32,13 \text{ г/моль}$

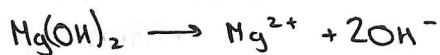
$D_{\text{по } H_2} \text{ конечной смеси} = \frac{32,13}{2} = 16,065$

Ответ: 16,065

1123456789  
6191214191415191

ЧИСТОВИК

ЗАДАЧА 5.1



PR =  $7,1 \cdot 10^{-12}$

① S-? pH-?

② pH=12,5 S-?

$$PR = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$$

① Пусть объем раствора равен 1л,

$$\partial(\text{Mg}(\text{OH})_2) = x \text{ моль} \Rightarrow \partial(\text{Mg}^{2+}) = x \text{ моль}$$

$$7,1 \cdot 10^{-12} = x \cdot (2x)^2 \quad \partial(\text{OH}^-) = 2x \text{ моль}$$

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

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

$$x = 1,21 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \partial(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$\partial(\text{Mg}^{2+}) = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$\partial(\text{OH}^-) = 2,42 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$S = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$pH + pOH = 14$$

$$pH = 14 - pOH$$

$$pOH = -\log_{10} [\text{OH}^-]$$

$$pH = 14 + \log [\text{OH}^-] = 14 + \log (2,42 \cdot 10^{-4}) = 14 - 3,62 = 10,38$$

② pH=12,5

$$pOH = 14 - pH = 14 - 12,5 = 1,5$$

$$pOH = -\log [\text{OH}^-]$$

$$1,5 = -\log [\text{OH}^-] \quad [\text{OH}^-] = 10^{-1,5}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,032$$

$$PR = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$$

$$7,1 \cdot 10^{-12} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot (0,032)^2$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{1024 \cdot 10^{-6}} = 6,93 \cdot 10^{-9}$$

$$S = 6,93 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

при pH=12,5

$M(\text{Mg}(\text{OH})_2)$

$$S = C_m \cdot \frac{M}{\rho} = 6,93 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л} \cdot (24 + 17 \cdot 2) \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 58 \cdot 6,93 \cdot 10^{-9} \frac{\text{г}}{\text{л}} = 4,02 \cdot 10^{-7} \frac{\text{г}}{\text{л}}$$

Ответ:  $S = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$  ; pH = 10,38

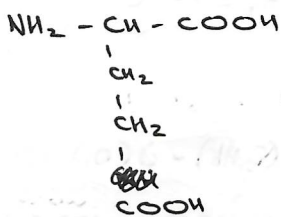
при pH=12,5 :  $S = 4,02 \cdot 10^{-7} \text{ г/л}$

05-52-29-27  
(56.13)

ЧИСТОВИК

ЗАДАЧА 1.5

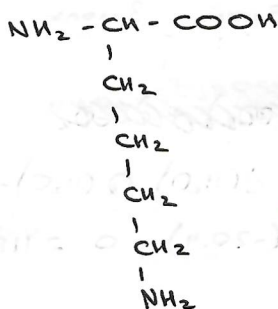
глутаминовая к-та



pH < 7

②

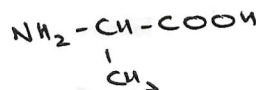
лизин



pH > 7

③

аланин



pH ≈ 7

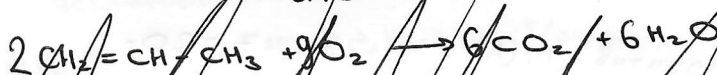
①

рН р-ра аминокислоты зависит от ее строения.

~~В аминокислоте глутаминовой аминокислоте кол-во~~  
~~аминогрупп превышает кол-во карбоксильных групп~~

В глутаминовой кислоте кол-во карбоксильных групп превышает кол-во аминогрупп => среда кислая pH < 7  
БАНКА №2. В аминокислоте лизин количество аминогрупп превышает кол-во карбоксильных групп => среда р-ра щелочная pH > 7 БАНКА №3. В аминокислоте аланин кол-во аминогрупп равно кол-ву карбоксильных групп => среда раствора нейтральная pH ≈ 7 БАНКА №1.

ЗАДАЧА 4.4



$\Delta(\text{C}_2\text{H}_6) = 1 \text{ моль}$   
 $\Delta(\text{O}_2) = 30 \text{ моль}$

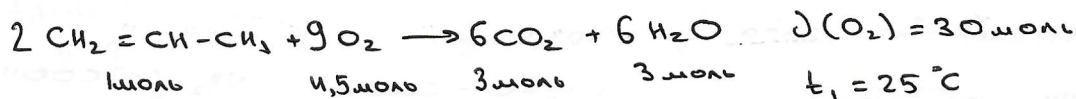
~~Средняя молярная масса~~

$$Q_{\text{обж}} = Q(\text{CO}_2) \cdot \Delta(\text{CO}_2) + \Delta(\text{H}_2\text{O}) \cdot Q(\text{H}_2\text{O}) - \Delta(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot Q(\text{C}_2\text{H}_6) - \Delta(\text{O}_2) \cdot Q(\text{O}_2)$$

$$= 6 \cdot 393,5 + 6 \cdot 241,8 - 2 \cdot (-20,4) - 0 = 2361 + 1450,8 + 40,8 = 3852,6 \text{ кДж} = 3852,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

ЧИСТОВИК

ЗАДАЧА 4.4



~~Q<sub>общ</sub> = \nu(\text{CO}\_2) \cdot Q(\text{CO}\_2) + \nu(\text{H}\_2\text{O}) \cdot Q(\text{H}\_2\text{O}) - \nu(\text{C}\_3\text{H}\_8) \cdot Q(\text{C}\_3\text{H}\_8) - \nu(\text{O}\_2) \cdot Q(\text{O}\_2)~~

$$Q_{\text{общ}} = \nu(\text{CO}_2) \cdot Q(\text{CO}_2) + \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot Q(\text{H}_2\text{O}) - \nu(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot Q(\text{C}_3\text{H}_8) - \nu(\text{O}_2) \cdot Q(\text{O}_2) =$$

$$= 3 \cdot 393,5 + 3 \cdot 241,8 - 1 \cdot (-20,4) - 0 = 1180,5 + 725,4 + 20,4 = 1926,3 \text{ кДж}$$

$$= 1926,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

ПОСЛЕ РЕАКЦИИ:

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = 0$$

$$\nu(\text{O}_2) = 30 - 4,5 = 25,5 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = 3 \text{ моль}$$

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

$$c \cdot \Delta = 25,5 \cdot 34,7 = 884,85$$

$$c \cdot \Delta = 3 \cdot 53,5 = 160,5$$

$$c \cdot \Delta = 3 \cdot 43 = 129$$

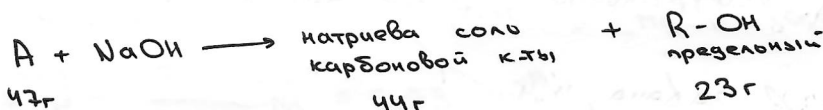
$$\left. \begin{array}{l} c \cdot \Delta = \\ \text{общ} = \\ = 1174,35 \frac{\text{Дж}}{\text{K}} \end{array} \right\}$$

$$\Delta t = \frac{Q}{c \cdot \Delta} = \frac{1926,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{1174,35 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{K}}} = \frac{1,6403}{1,6403} \cdot 10^3 \text{ K} = 1640,3 \text{ K} = 1640,3^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{max}} = t_1 + \Delta t = 25 + 1640,3 = 1665,3^\circ\text{C}$$

Ответ:  $1665,3^\circ\text{C}$

ЗАДАЧА 3.5



$$m(\text{NaOH}) = m \text{ продуктов} - m(\text{A}) = 44 + 23 - 47 = 20 \text{ г}$$

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

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

$$M(\text{R-OH}) = \frac{23}{0,5} = 46 \text{ г/моль}$$

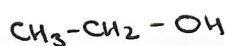
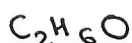
$$M(\text{натриевой соли карбоновой к-ты}) = \frac{44}{0,5} = 88 \text{ г/моль}$$

Т.к нам дано что получится предельный спирт  $\Rightarrow$  его формула  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$

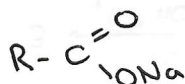
$$12n + 2n + 2 + 16 = 46$$

$$14n = 28$$

$$n = 2$$

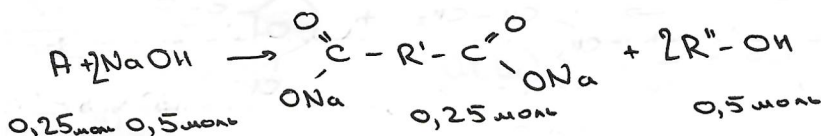


ЧИСТОВИК



$M(R) = 88 - 67 = 21$  - ~~ва~~ молярная масса радикала не может быть нечетной!

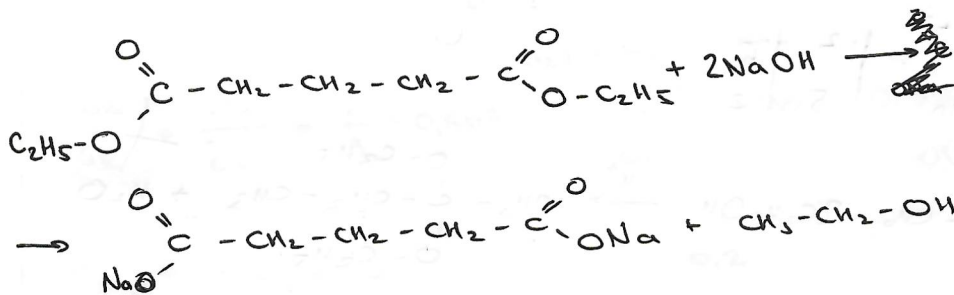
был взят эфир двухосновной к-ты



~~моль спирта~~  
моль спирта не изменилась => спирт будет (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-OH)  
сл. решение выше.

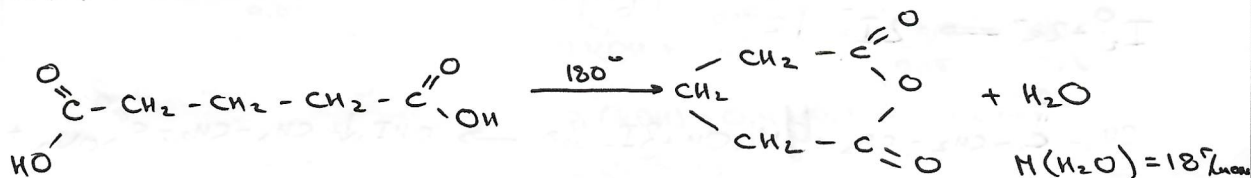
$$M \left( \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{ONa} - C - R' - C \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{ONa} \end{matrix} \right) = \frac{44}{0,25} = 176 \text{ г/моль}$$

$$M(-R') = 176 - 134 = 42 \text{ г/моль} \Rightarrow -R' - \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$$



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

$$M(A) = 12 \cdot 5 + 16 \cdot 4 + 12 \cdot 4 + 16 = 188 \text{ г/моль}$$



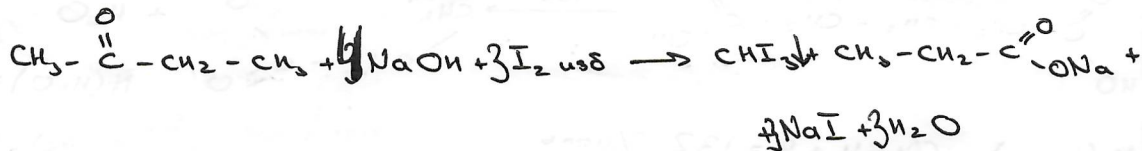
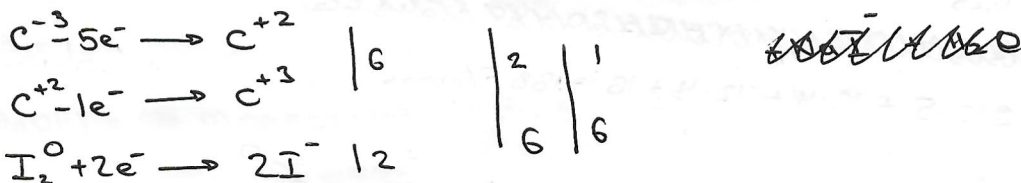
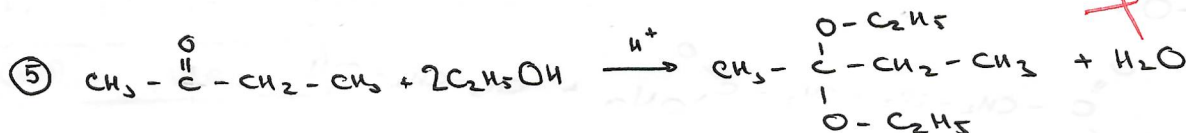
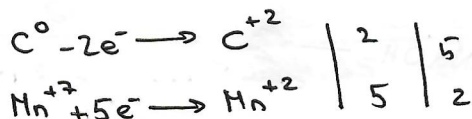
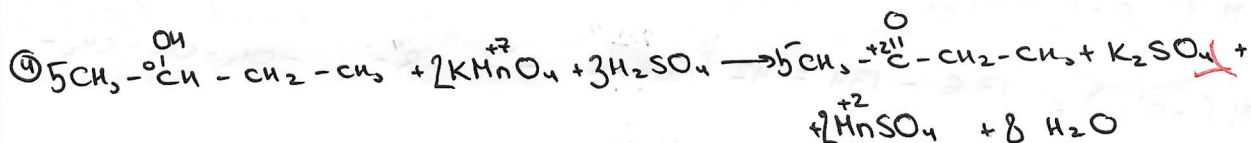
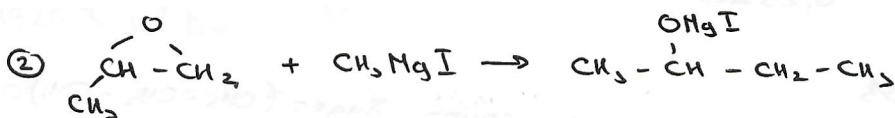
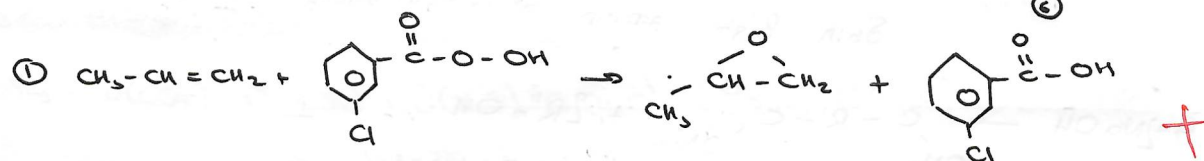
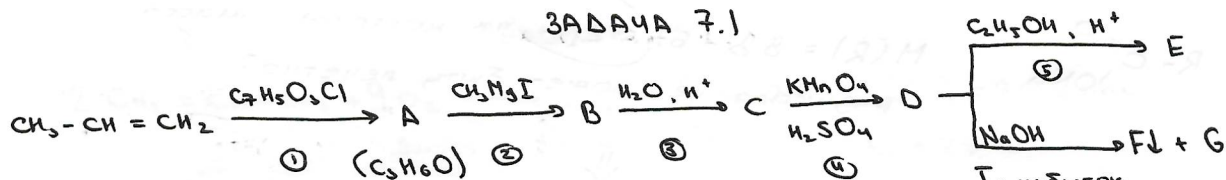
$$M(\text{к-ты}) = 60 + 64 + 8 = 132 \text{ г/моль}$$

$$\frac{18}{132} \cdot 100 = 13,64 \%$$

Ответ: 13,64 %

ЧИСТОВИК

ЗАДАЧА 7.1



$\nu(\text{D}) = \frac{10,8}{72} = 0,15 \text{ моль}$

$\nu(\text{F}) = 0,15 \text{ моль}$

$m(\text{F}) = 0,15 \cdot 394 = 59,1 \text{ г}$

Ответ: 59,1 г

без лишних выходов

+

Чистовик

ЗАДАЧА 8.4

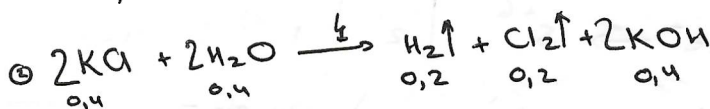
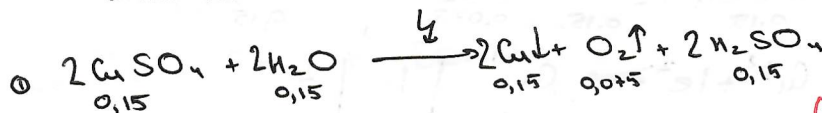
$m_{\text{меш}} = 53,8 \text{ г}$

$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,45 \text{ л}$

$m(\text{H}_2\text{O}) = 450 \text{ г}$

$\frac{\nu_a}{\nu_k} = \frac{2}{3}$

$m(\text{Cu}) = 9,6 \text{ г}$



Сте  
Р  
Т  
У  
С  
Е  
Н

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

$\nu(\text{O}_2) = 0,075 \text{ моль}$

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

$m(\text{CuSO}_4) = 0,15 \cdot (64 + 32 + 64) = 24 \text{ г}$

$m(\text{KCl}) = m_{\text{меш}} - m(\text{CuSO}_4) = 53,8 - 24 = 29,8 \text{ г}$

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

$\nu(\text{H}_2) = 0,2 \text{ моль}$

$\nu(\text{Cl}_2) = 0,2 \text{ моль}$

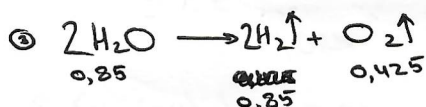
$\frac{\nu_a}{\nu_k} = \frac{\nu_a}{\nu_k} = \frac{2}{3} = 0,667$

$\frac{\nu_a}{\nu_k} = \frac{\nu(\text{O}_2) + \nu(\text{Cl}_2)}{\nu(\text{H}_2)} = \frac{0,075 + 0,2}{0,2} =$

$= \frac{0,275}{0,2} = 1,375 > 0,667$

⇓

электролиз подвергалась и вода

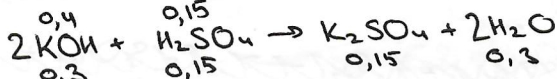


$\frac{0,275 + x}{0,2 + 2x} = \frac{2}{3}$

$0,825 + 3x = 4x + 0,4$

$x = 0,425$

Пусть электролиз подвергалась  
2x моль воды



$\nu(\text{KOH}) = 0,4 - 0,3 = 0,1 \text{ моль}$

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

$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{меш}} + m(\text{H}_2\text{O}) - \underbrace{m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2)}_{\text{① зр.}} - \underbrace{m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2)}_{\text{② зр.}} - \underbrace{m(\text{H}_2) - m(\text{O}_2)}_{\text{③ зр.}}$

$m_{\text{р-ра}} = 53,8 + 450 - 9,6 - 0,75 \cdot 32 - 0,2 \cdot 2 - 0,2 \cdot 71 - 0,25 \cdot 2 - 0,425 \cdot 32 =$   
 $= 494,2 - 24 - 0,4 - 14,2 - 1,7 - 13,6 = 440,3 \text{ г}$

$m(\text{KOH}) = 0,1 \cdot 56 = 5,6$

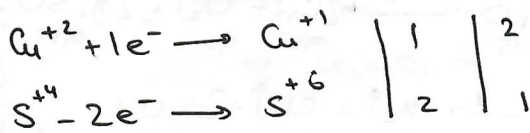
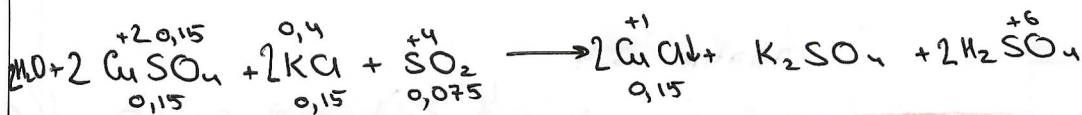
$w(\text{KOH}) = \frac{5,6 \cdot 100}{440,3} = 1,27\%$

$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15 \cdot 174 = 26,1$

$w(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{26,1 \cdot 100}{440,3} = 5,93\%$



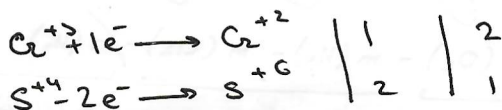
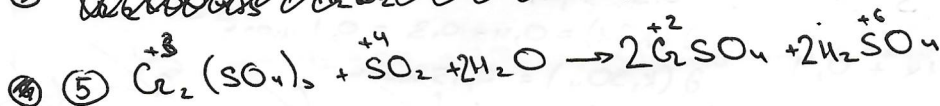
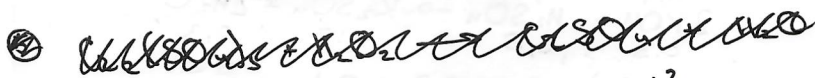
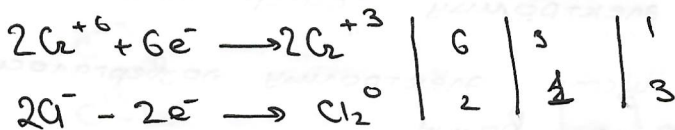
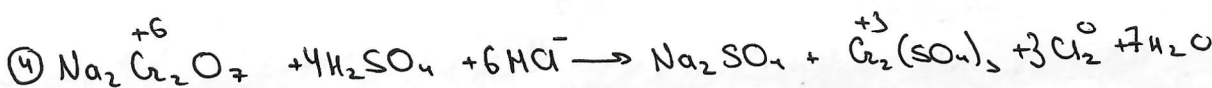
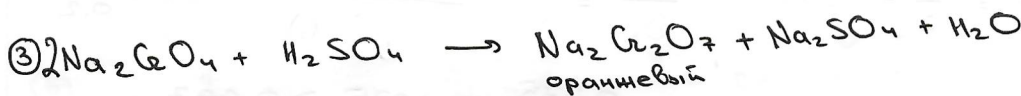
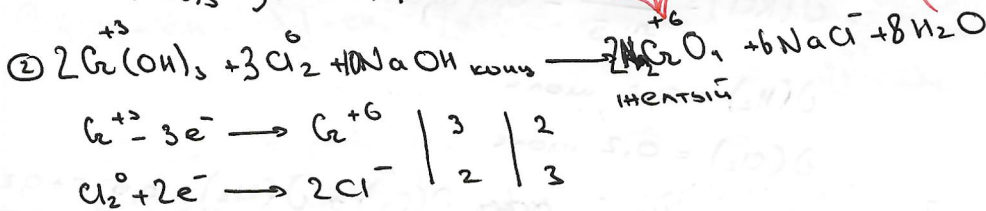
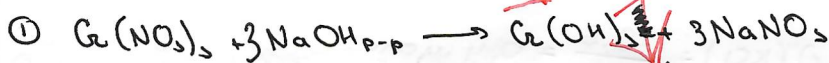
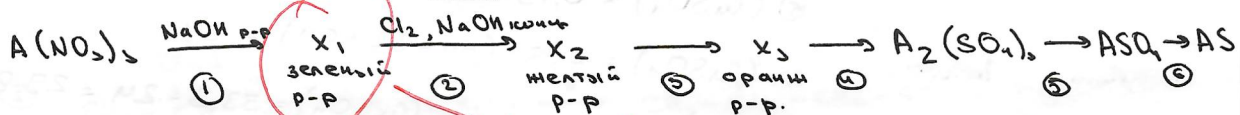
ЧИСТОВИК



$$m(\text{CuCl}) = 0,15 \cdot (64 + 35,5) = 14,925\text{r}$$

Объем:  $w(\text{KOH}) = \frac{1,27}{14,925} \% \quad w(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,93 \% \quad m(\text{CuCl}) = 14,925\text{r}$

ЗАДАЧА 6.5



ЧЕРНОВИК

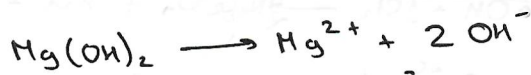
$t_{25} Mg(OH)_2$

$PP = 7,1 \cdot 10^{-12}$

S-?

pH-?

pH=12,5 S-?



$$① PP = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$$

Пусть  $\partial (Mg(OH)_2) = x \quad \sigma = 1n$

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

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

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

$$x = 1,21 \cdot 10^{-4}$$

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

~~pH~~ pH + pOH = 14

pH = 14 - pOH

pOH =  $-\log [OH^-]$

pH = 14 +  $\log [OH^-]$

$$pH = 14 + \log (2 \cdot 1,21 \cdot 10^{-4}) = 14 - 3,62 = 10,38$$

② pH=12,5

pOH = 14 - 12,5 = 1,5

pOH =  $-\log [OH^-]$

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

$[OH^-] = 10^{-1,5} = 0,032$

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

$$7,1 \cdot 10^{-12} = [Mg^{2+}] \cdot (0,032)^2$$

$$[Mg^{2+}] = \frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{1,024 \cdot 10^{-3}} = 6,93 \cdot 10^{-9}$$

$$S(Mg(OH)_2) = 6,93 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

$$S(Mg(OH)_2) = 6,93 \cdot 10^{-9} \cdot M = 6,93 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л} \cdot 58 = 4,02 \cdot 10^{-7} \text{ г/л}$$

~~1,5~~

~~2,1~~

~~3,5~~

~~4,4~~

~~5,1~~

6,5

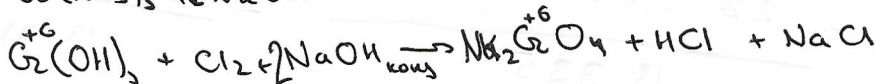
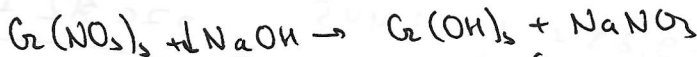
~~7,1~~

~~8,4~~

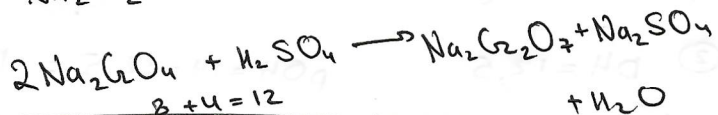
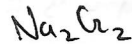
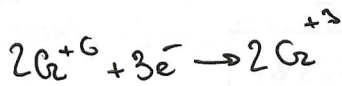
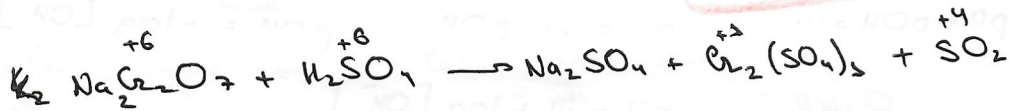
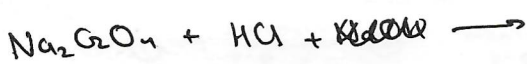
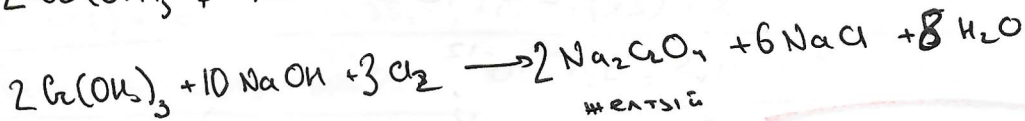
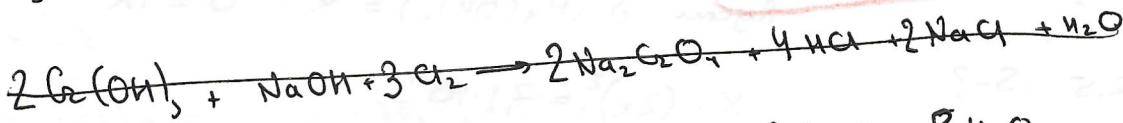
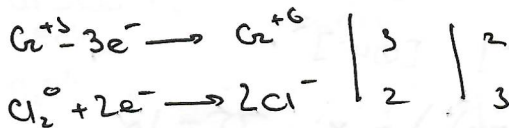
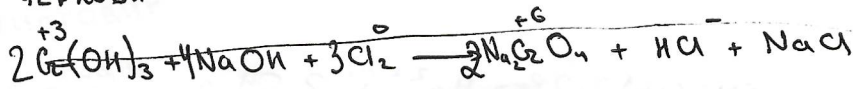
$K_2Cr_2O_7$  - окислитель  $H^+$

$K_2CrO_4$  - желт  $OH^-$

$Cr(OH)_3$  - серо-зел.



ЧЕРКОВИК



$$\frac{N2, 1}{42, 2}$$

$$\frac{28x + 44y}{x + y} = 42, 2$$

$$28x + 44y = 42, 2x + 42, 2y$$

$$1, 8y = 14, 2x$$

$$\frac{x}{y} = \frac{1, 8}{14, 2} = \frac{1}{7, 89}$$

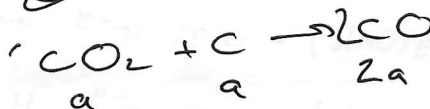
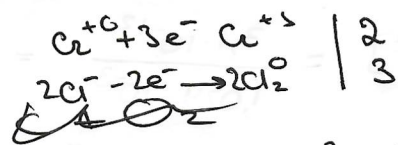
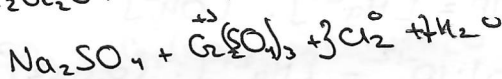
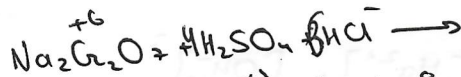
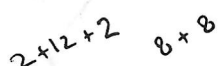
$$\frac{8, 89 + a}{8, 89} = 1, 5$$

$$8, 89 + a = 13, 335$$

$$a = 4, 445$$

$$M = \frac{28 \cdot 9, 89 + 44 \cdot 3, 445}{13, 335}$$

$$\frac{32, 13}{2} = 16, 065$$



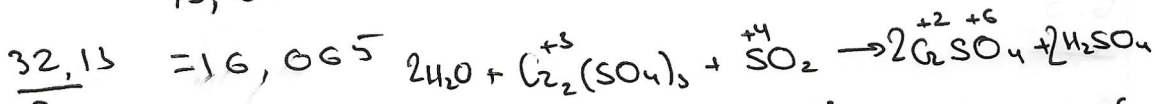
$$7, 89 - a$$

$$2a$$

$$D(\omega) = 1 + 8, 89 = 9, 89$$

$$D(\omega_1) = 3, 445$$

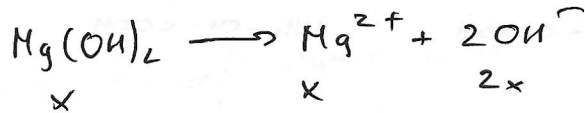
$$= \frac{276, 82 + 151, 58}{13, 335} = 32, 13$$



ЧЕРНОВИК

5,1

$$K_P = 7,1 \cdot 10^{-12}$$



$$x \cdot 4x^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

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

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

$$x = \boxed{1,21 \cdot 10^{-4}} = S$$

$$pH = 14 + \log \text{OH}^- = \boxed{10,38}$$

$$pH = 12,5$$

$$p\text{OH} = 1,5$$

$$-\log [\text{OH}^-] = 1,5$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-1,5} = 6,032$$

$$7,1 \cdot 10^{-12} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot 0,052^2$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{1024 \cdot 10^{-8}} = 6,93 \cdot 10^{-9}$$

$$S = K(\text{OH})_2 = 6,93 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

$$S = \text{OH} \cdot M = 6,93 \cdot 10^{-9} \cdot 58 = 401,94 \cdot 10^{-9} = \boxed{4,02 \cdot 10^{-7}}$$



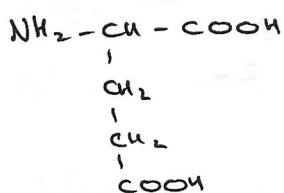
$$Q = 884,85 \cdot 1174,35$$

$$\Delta t = \frac{Q}{C} = \frac{1926,3 \cdot 10^3}{1174,35} = 1640,30 \text{ К/с}$$

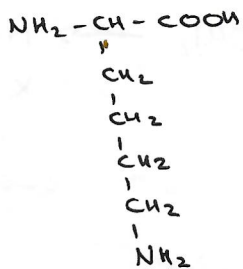
$$\boxed{1665,3}$$

Черновик

ГЛУ. К-ТА



ЛЮСИН



АЛАНИН

