



77-02-41-39  
(56.6)



## 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

Константиновой Екатерины Алексеевны  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
« 3 » марта 2024 года

Подпись участника

(Числовик)

96

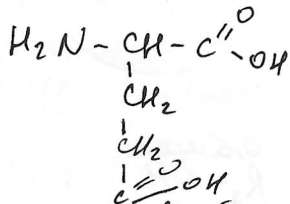
№ 5



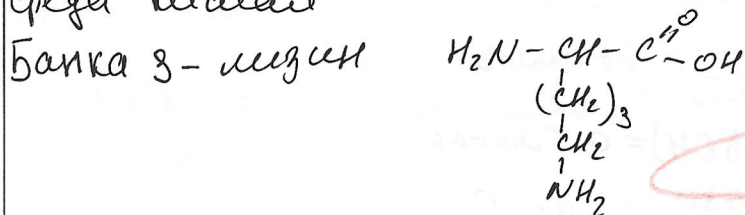
Такой выбор связан с тем, что на 1 аминокислотную группу приходится 1 карбоксильная группа, следовательно, среда нейтральная

девятого  
шесть

Банка 2 - мугланиновая кислота



Такой выбор связан с тем, что на 1 аминокислотную группу приходится 2 карбоксильные группы, следовательно, среда кислая



Такой выбор связан с тем, что на 1 карбоксильную группу приходится 2 аминокислотные группы, следовательно, среда щелочная

№ 2.1

Дано:

$$D_{H_2}(см.1) = 21,2$$

$$V_2 = 1,5V_1$$

Найти:

$$D_{H_2}(см.2)$$

Решение

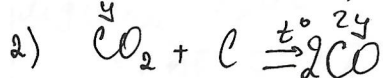
1) Берем 1 моль смеси, тогда, пусть  $D(CO) = x$  (моль),  $D(CO_2) = 1-x$  (моль)

$$M(см.1) = 2 \frac{g}{моль} \cdot 21,2 = 42,4 \frac{g}{моль}$$

$$M(см.1) = 28x + 44(1-x) = 28x + 44 - 44x = 42,4$$

$$1,6 = 16x \quad x = 0,1 \text{ (моль)}$$

$$D(CO) = 0,1 \text{ моль}, \quad D(CO_2) = 0,9 \text{ моль}$$



Пусть  $D(CO_2) = y$  (моль),  $D(CO) = 2y$  (моль)

$$\left. \begin{aligned} D_{одн.2}(CO) &= 0,1 + 2y \text{ (моль)} \\ D_{одн.2}(CO_2) &= 0,9 - y \text{ (моль)} \end{aligned} \right\} D_{одн.2} = 0,1 + 2y + 0,9 - y = 1 + y \text{ (моль)}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{D_{одн.2}}{D_{одн.1}} \quad \frac{1,5V_1}{V_1} = \frac{1+y}{1} \quad 1,5 = 1+y \quad y = 0,5 \text{ (моль)}$$

77-02-41-39  
(56.6)

Аланин

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  
6 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20

(числовик)

$$\nu_{\text{обз.2}}(\text{CO}) = 0,1 + 2 \cdot 0,5 = 1,1 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{обз.2}}(\text{CO}_2) = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ моль}$$

$$M(\text{см.2}) = \frac{28 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 1,1 \text{ моль} + 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 0,4 \text{ моль}}{1,5 \text{ моль}} = 32,27 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

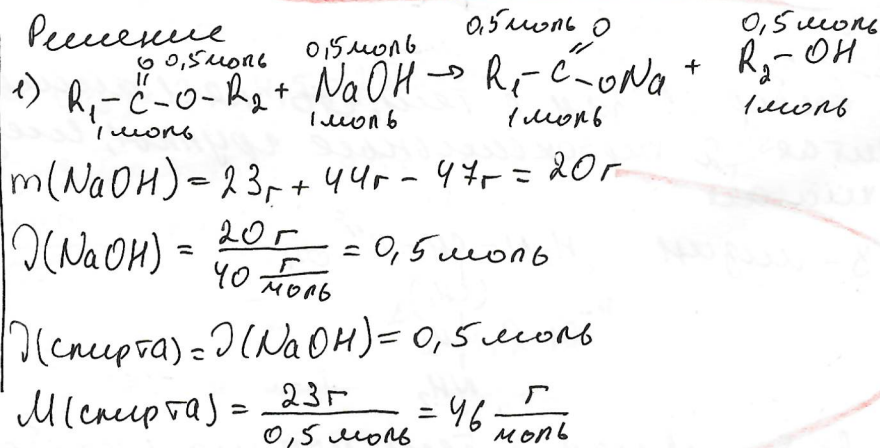
$$\nu_{\text{H}_2}(\text{см.2}) = \frac{32,27 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 16,14$$

Ответ:  $\nu_{\text{H}_2}(\text{см.2}) = 16,14$

№3.5

Дано:  
 $m(\text{эфир}) = 47 \text{ г}$   
 $m(\text{соли}) = 44 \text{ г}$   
 $m(\text{спирта}) = 23 \text{ г}$

Найти:  
 1) эфир А  
 2) потерю массы при  $t^\circ = 180^\circ \text{C}$



$$M(\text{R}_2) = 46 - 17 = 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

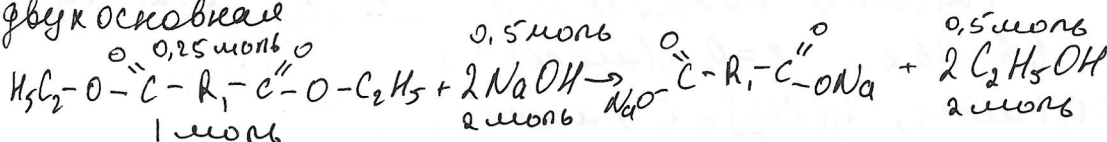
спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

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

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

$$M(\text{R}_1) = 94 - 44 - 29 = 21 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

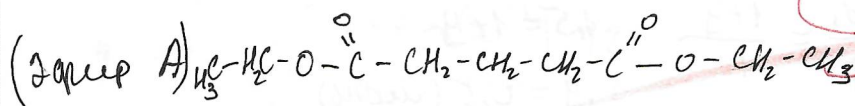
Такого радикала не существует. Раз не получилось с обычным эфиром, значит, кислота была двухосновная



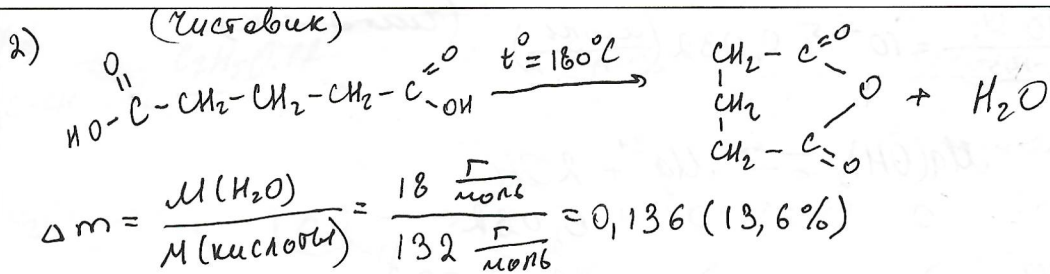
$$\nu(\text{эфир}) = \frac{1}{2} \nu(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ моль}$$

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

$$M(\text{R}_1) = 188 - 2 \cdot 29 - 2 \cdot 44 = 42 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$



77-02-41-39  
(56.6)



Ответ: эфир А  $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ ;  $\Delta m = 13,6\%$  (+)

н.ч.ч

Дано:

$\nu(\text{C}_3\text{H}_6) = 1 \text{ моль}$

$\nu(\text{O}_2) = 30 \text{ моль}$

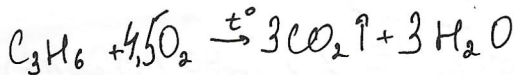
$T_{\text{нач.}} = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$

$T_{\text{одр.}} = 298\text{K}$

Найти:  $T_{\text{кон.}}$

Решение

Пропан полностью сгорает, за счет выделенной теплоты нагревается смесь газов и избыток кислорода



$Q_{\text{сгор.}} = 3 \cdot 393,5 + 3 \cdot 241,8 - (-20,4) = 1926,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} =$

$= 1926300 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

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

$Q = C_{\text{об.газ}} \Delta T$

$C_{\text{об.газ.}} = 3 \cdot 53,5 + 3 \cdot 43 + 25,5 \cdot 34,7 = 1174,35 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$

$\Delta T = \frac{1926300 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}}{1174,35 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}} = 1640,3 \text{ K}$

$T_{\text{кон.}} = 1640,3 \text{ K} + 298 \text{ K} = 1938,3 \text{ K}$  (+)

Ответ: 1938,3 K

н.б.1

Дано:

$\text{PR}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 7,1 \cdot 10^{-12}$

Найти:

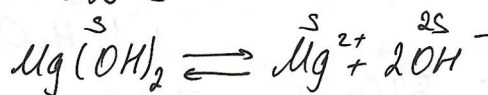
1) Растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  в чистой воде

2) pH р-ра

3) Растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  при pH = 12,5

Решение

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



Пусть растворимость  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  в чистой воде равна  $s \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)$

$\text{PR} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = s \cdot (2s)^2 = 4s^3$  +

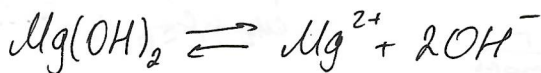
$s = \sqrt[3]{\frac{\text{PR}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)$  +

2)  $[\text{OH}^-] = 2s = 2,4 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)$

$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{2,4 \cdot 10^{-4}} = 0,42 \cdot 10^{-10} \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)$

$\text{pH} = -\lg(0,42 \cdot 10^{-10}) = -(-0,38 - 10) = 10,38$  +

3)  $[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12,5}} = 10^{-1,5} = 0,032 \left( \frac{\text{моль}}{\text{л}} \right)$  (Штоверек)



Исходно:	0	0	0,032
В равновесии:	S	S	2S+0,032

$$K_{sp} = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = S \cdot (2S+0,032)^2$$

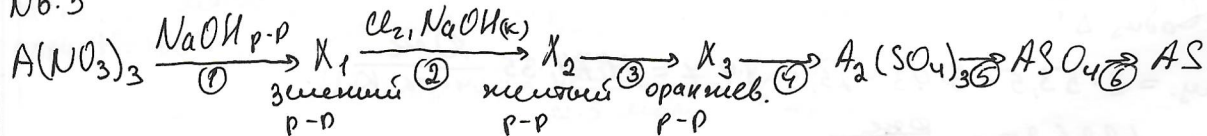
Поскольку  $2S \ll 0,032$ , то пренебрежем этой величиной

$$K_{sp} = S \cdot 0,032^2 = S \cdot 0,001 = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

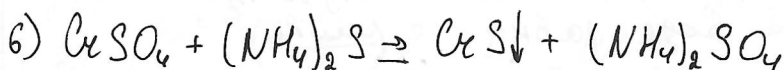
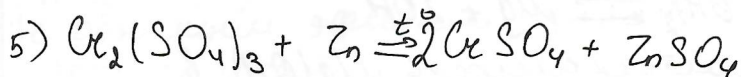
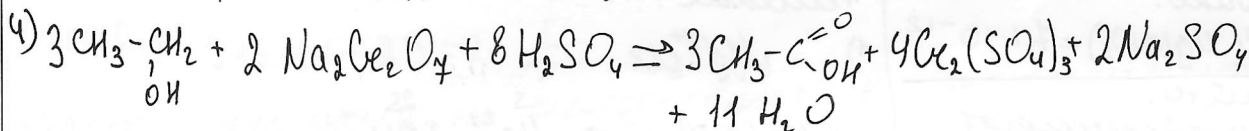
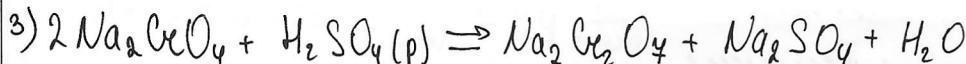
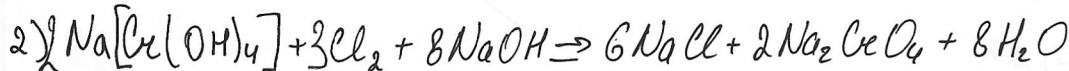
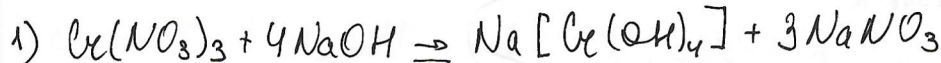
$$S = \frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{0,001} = 7100 \cdot 10^{-12} = 7,1 \cdot 10^{-9} \left( \frac{\text{моль}}{\text{л}} \right)$$

Отв.:  $S = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ ;  $pH = 10,38$ ;  $S = 7,1 \cdot 10^{-9} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

№6.5

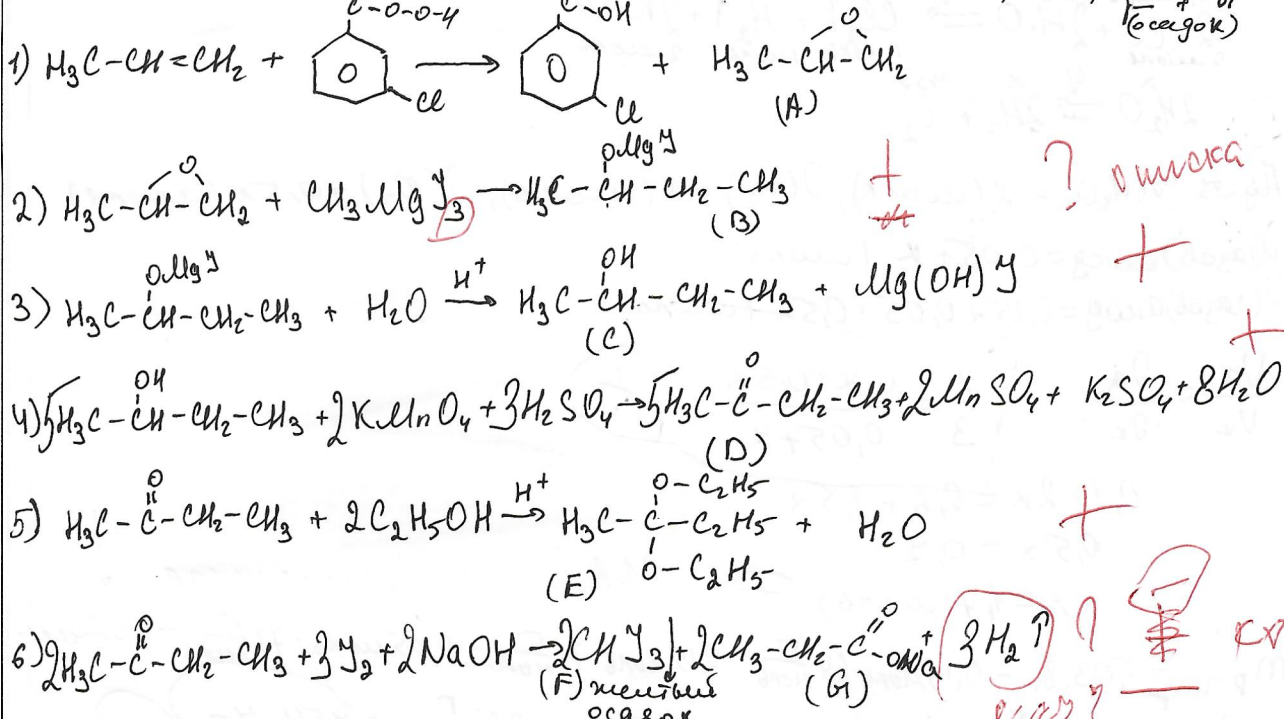
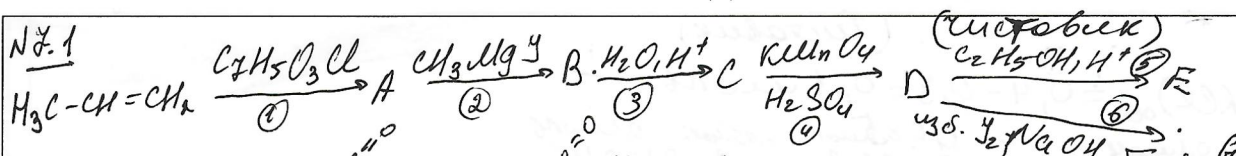


металл А - Сс



Отв.:  $K_1 - Na[Ce(OH)_4]$ ,  $K_2 - Na_2CeO_4$ ;  $K_3 - Na_2Ce_2O_4$ ; металл А - Сс;  $CeS$  - черной осадок;  $CeSO_4$  - розовой раствор

77-02-41-39  
(56.6)



Ответ: A -  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ; B -  $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}$ ; C -  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ; D -  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ ; E -  $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_2$ ; F -  $\text{CHI}_3$ ; G -  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$

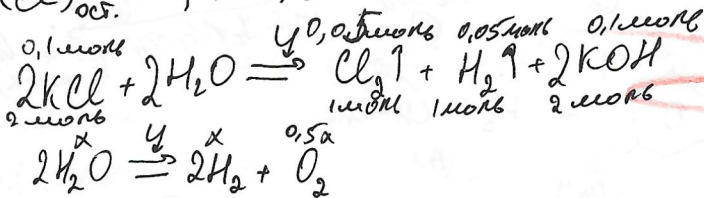
Дано:  $m(\text{D}) = 10,8\text{ г}$ ,  $\eta = 75\%$   
 Решение:  $\nu(\text{D}) = \frac{10,8\text{ г}}{72 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,15\text{ моль}$   
 $\nu(\text{F}) = 0,15\text{ моль} \cdot 0,75 = 0,1125\text{ моль}$   
 $m(\text{F}) = 0,1125\text{ моль} \cdot 394 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 44,3\text{ г}$

Ответ: A -  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ; B -  $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}$ ; C -  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ; D -  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ ; E -  $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_2$ ; F -  $\text{CHI}_3$ ; G -  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$ ;  $m(\text{F}) = 44,3\text{ г}$

N 8.4  
 Дано:  $m_{\text{см.}} = 53,8\text{ г}$ ,  $V(\text{H}_2\text{O}) = 0,45\text{ л}$ ,  $\frac{V_{\text{а}}}{V_{\text{к}}} = \frac{2}{3}$ ,  $m(\text{Cu}) = 9,6\text{ г}$   
 Решение: 1)  $m(\text{H}_2\text{O}) = 450\text{ мл} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{мл}} = 450\text{ г}$   
 $m_{\text{р-ра}} = 53,8\text{ г} + 450\text{ г} = 503,8\text{ г}$   
 $\nu(\text{Cu}) = \frac{9,6\text{ г}}{64 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,15\text{ моль}$   
 $\nu(\text{CuSO}_4) = \nu(\text{Cu}) = 0,15\text{ моль}$   
 $m(\text{CuSO}_4) = 0,15\text{ моль} \cdot 160 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 24\text{ г}$   
 $m(\text{KCl}) = 53,8\text{ г} - 24\text{ г} = 29,8\text{ г}$   
 $\nu(\text{KCl}) = \frac{29,8\text{ г}}{74,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,4\text{ моль}$   
 $\text{CuSO}_4 + 2\text{KCl} \rightarrow \text{CuI} + \text{Cl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$   
 0,15 моль    0,3 моль    0,15 моль    0,15 моль    0,15 моль  
 1 моль        2 моль        1 моль        1 моль        1 моль

(Чистовик)

$$\nu(\text{KCl})_{\text{ост.}} = 0,4 - 0,3 = 0,1 \text{ моль} \quad +$$



Пусть  $\nu(\text{H}_2\text{O}) = x$  (моль),  $\nu(\text{H}_2) = x$  (моль),  $\nu(\text{O}_2) = 0,5x$  (моль)

$\nu(\text{газов})_{\text{катода}} = 0,05 + x$  (моль)

$\nu(\text{газов})_{\text{анода}} = 0,15 + 0,05 + 0,5x$  (моль)

$$\frac{V_{\text{a}}}{V_{\text{к}}} = \frac{\nu_{\text{a}}}{\nu_{\text{к}}} \quad \left[ \frac{2}{3} = \frac{0,2 + 0,5x}{0,05 + x} \right] \quad \text{A}$$

$$0,1 + 2x = 0,6 + 1,5x$$

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

$$x = 1,0 \text{ (моль)}$$

*Неверное решение!*

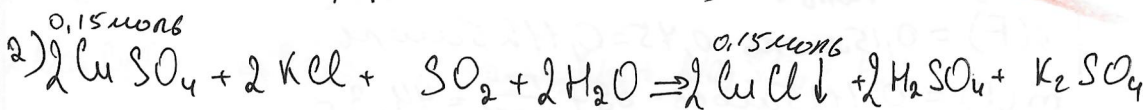
$$m_{\text{р-ра}} = 503,8 \text{ г} - 0,15 \text{ моль} \cdot 64 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 0,15 \text{ моль} \cdot 71 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 0,05 \text{ моль} \cdot 71 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 0,05 \text{ моль} \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 1,4 \text{ моль} - 0,5 \cdot 1,4 \text{ моль} \cdot 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 454,7 \text{ г}$$

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

$$\omega\%(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{26,1 \text{ г}}{454,7 \text{ г}} = 0,057 (5,7\%)$$

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

$$\omega\%(\text{KOH}) = \frac{5,6 \text{ г}}{454,7 \text{ г}} = 0,012 (1,2\%)$$



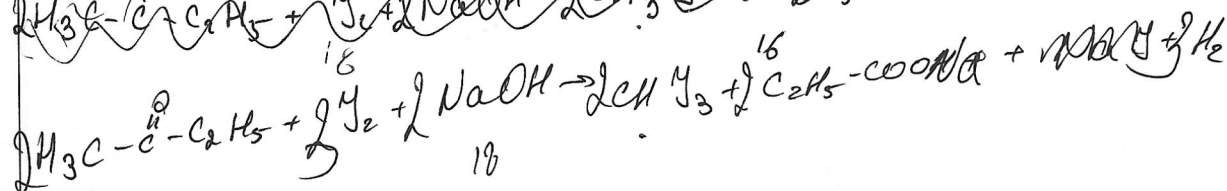
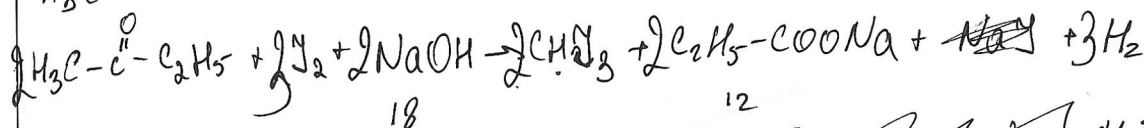
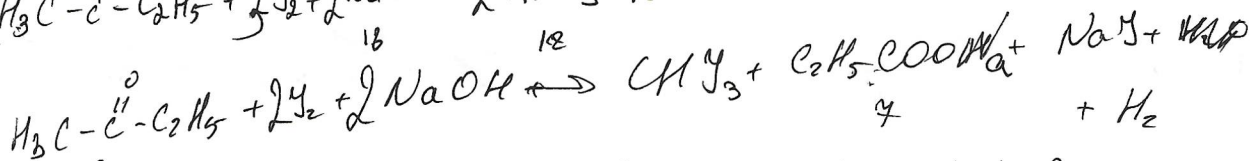
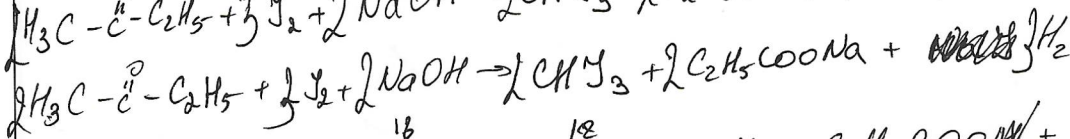
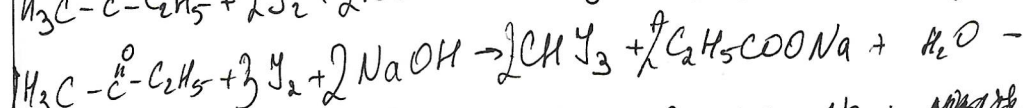
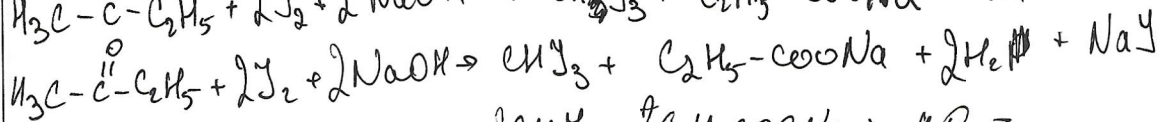
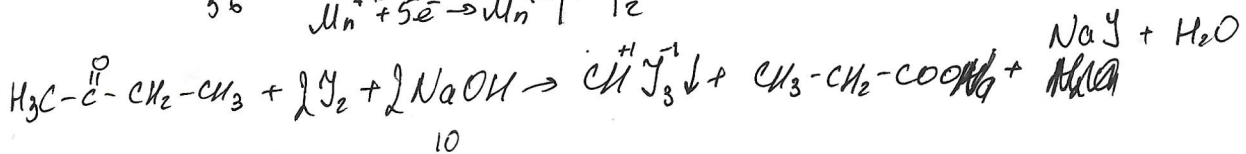
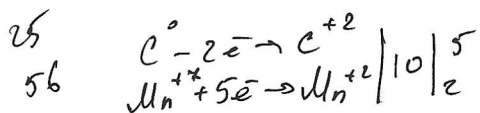
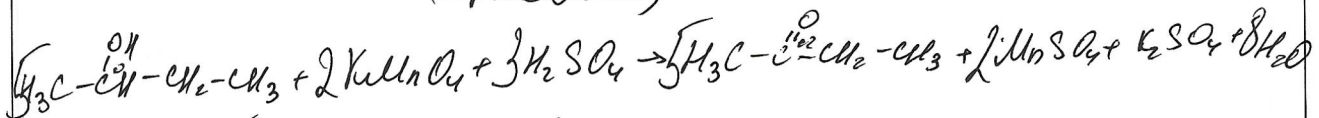
$$\nu(\text{Cu}) = \nu(\text{CuSO}_4) = \nu(\text{CuCl}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuCl}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 99,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 14,9 \text{ г}$$

Ответ:  $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,7\%$ ;  $\omega(\text{KOH}) = 1,2\%$ , осадок - CuCl;

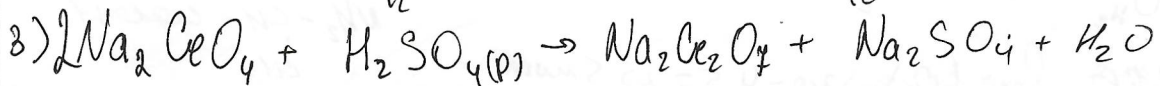
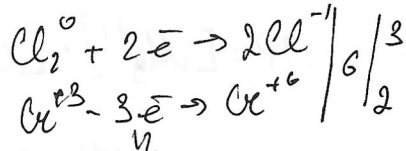
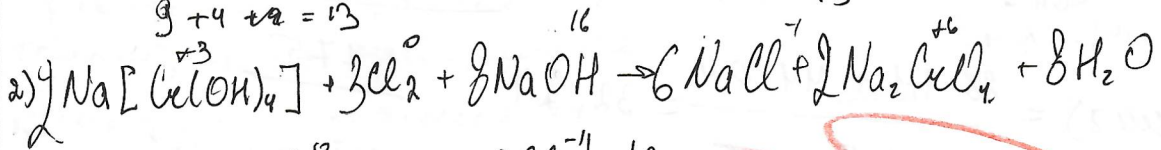
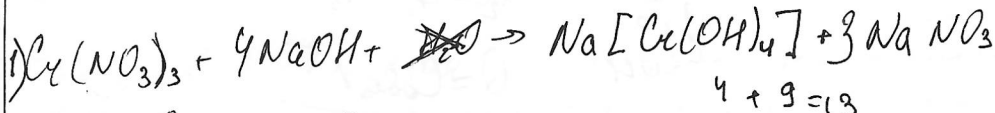
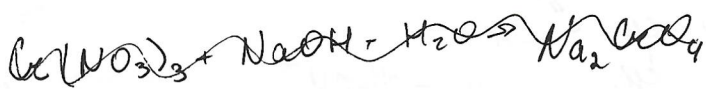
$$m(\text{CuCl}) = 14,9 \text{ г}$$

(Черковск)

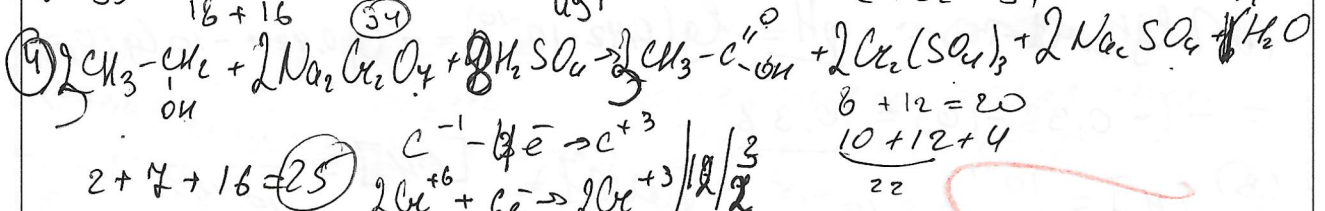
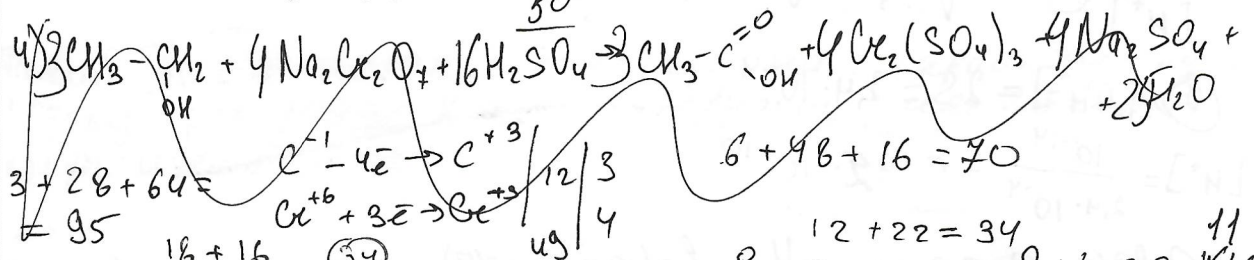
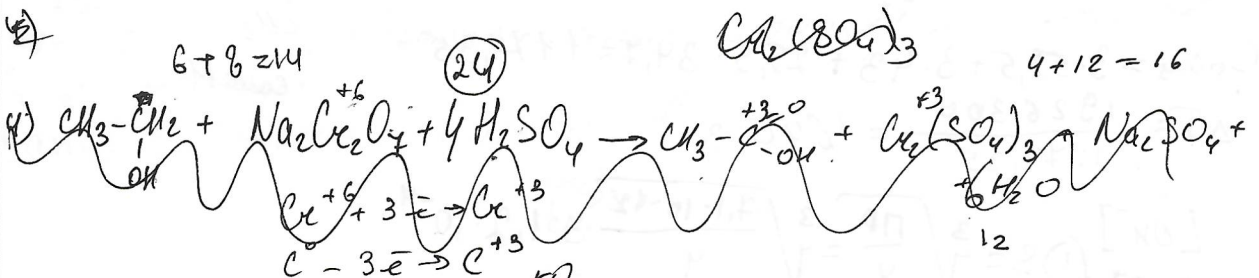




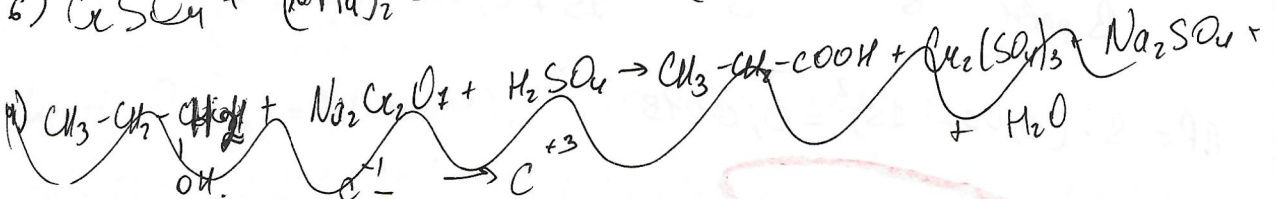
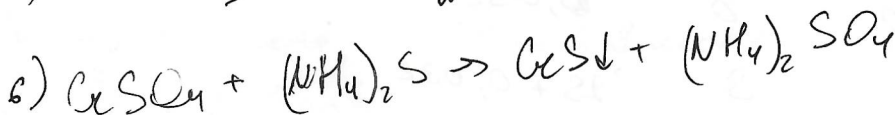
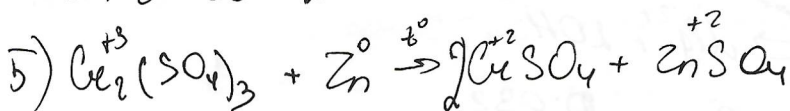
(Серпеев)



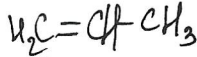
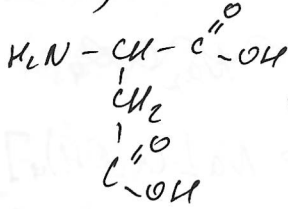
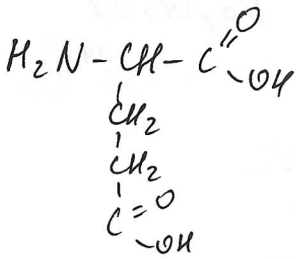
4)



$$12 + 8 = 20 \quad 2.$$



(Черковик)



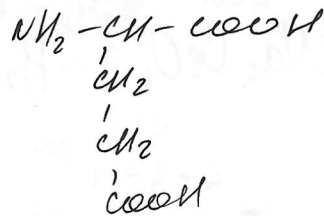
$$Q = C_{\text{обс}} \Delta T$$

$$M(\text{см. 2}) = \frac{28 \cdot 1,1 + 44 \cdot 0,4}{1,5} = 32,27 \quad \underline{1,775}$$

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

$$D_{H_2} (\text{см}^2) = \frac{32,27}{2} = 16,14$$

$$Q_{\text{обс}} \text{ (кДж)} = 30 - 4,5 = 25,5 \text{ моль}$$



$$C_{\text{обс}} = 3 \cdot 53,5 + 3 \cdot 43 + 25,5 \cdot 34,7 = 1174,35$$

$$\Delta T = \frac{1926300}{1174,35} = 1640,3$$

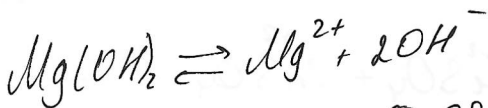
$$\begin{array}{l}
 [OH^-] \\
 [H^+] \text{ (1)}
 \end{array}
 S = \sqrt[3]{\frac{IP}{4}} = \sqrt[3]{\frac{7,1 \cdot 10^{-42}}{4}} = 1,2 \cdot 10^{-4}$$

$$(2) [OH^-] = 2S = 2,4 \cdot 10^{-4}$$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{2,4 \cdot 10^{-4}} = 0,42 \cdot 10^{-10}$$

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= -\lg(0,42 \cdot 10^{-10}) = \text{pH} = -\lg 0,42 + -10 \lg 10 = \\
 &= -(-0,38 - 10) = 10,38
 \end{aligned}$$

$$(3) [H^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-12,5}} = 10^{-1,5} = 0,032 \quad [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12,5}}$$



Уск 0 0 0,032

В равн. S S 2S + 0,032

$$IP = S \cdot (0,032 \cdot 2S)^2 = 0,0013$$

