



дешифр

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Бувко Константин Юрьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

« 2 » марта 2025 года

Подпись участника

[подпись]

лист 1 из 8 Чистовик
У1.4



$$n_e = 6a + b + 8c = 32$$

$$n_{in} = 6a + 0b + 8c = 28 \Rightarrow$$

$$\begin{cases} 6a + b + 8c = 32 \\ 6a + 8c = 28 \end{cases}$$

$$b = 32 - 28 = 4; 6a + 8c = 28 \Rightarrow c = \frac{28 - 6a}{8}$$

Решим перебором:
 $a, c \in \mathbb{Z}$

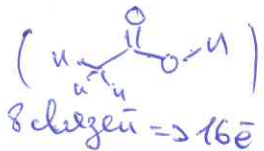
$$\begin{array}{c|c|c|c|c} a & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline c & 2,75 & 2 & 1,25 & 0,5 & -0,25 \end{array} \Rightarrow \text{единственное решение}$$

$$\text{ице: } a = 2; c = 2 \Rightarrow X = C_2 H_4 O_2 +$$

Один из возможных изомеров: этановая (уксусная) к-та +

Число $\bar{e}$, участвующих в образовании связей равно числу валентных e : $n_{\bar{e}eb} = 4a + b + 2c = 4 \cdot 2 + 4 + 2 \cdot 2$

$$n_{\bar{e}eb} = 16\bar{e} +$$

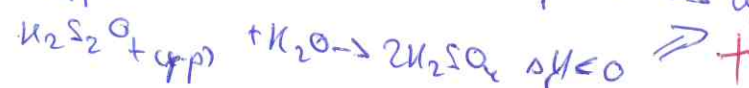
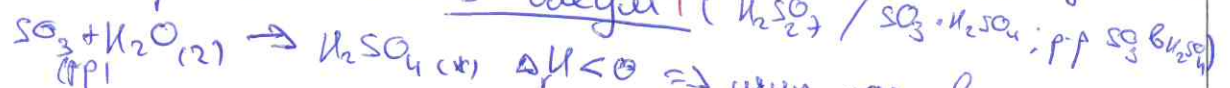


У2.3

Тупа ↓ если жидкость летучая и легко испаряется
 $\Rightarrow$ 1-хлороформ + (Т возвращается к комнатной после того как весь CSCl_3 испарился) +
(Охлаждение происходит т.к. $\text{CSCl}_3(l) \rightarrow \text{CSCl}_3(g) \Delta H > 0$

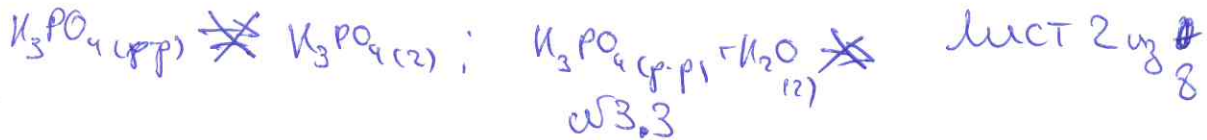
$\Rightarrow$ при протекании р-ции $\text{E}_{\text{CSCl}_3} \uparrow$, а тупа охлаждается)

Тупа ↑ если на него конденсируется влага воздуха (см. п.1) или на нем происходит экзотермическая реакция $\Rightarrow$ 3-олеум +



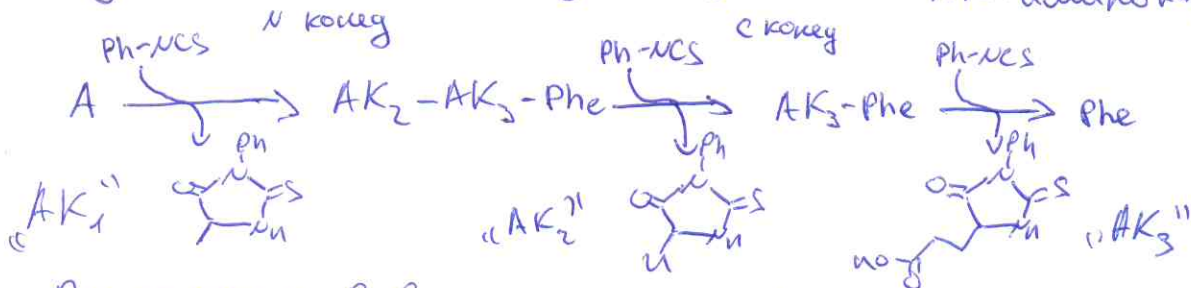
2-конц. р-р H_2PO_4 ; Т не уменьшается т.к. р-р не летучий и не поглощает влагу из воздуха (см. п.1 и 2) +

Вкладыш
Дополнительно



При обработке А карбоксипептидазой ~~⇒~~ -
 выделение Phe $\Rightarrow$ Phe - C концевая аминок-та

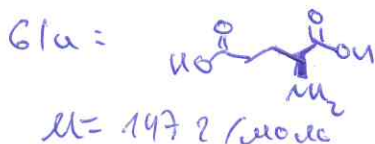
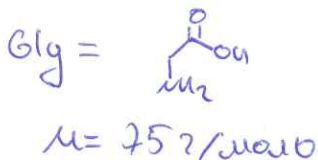
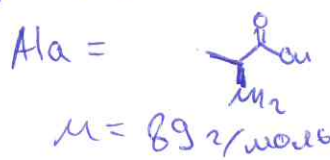
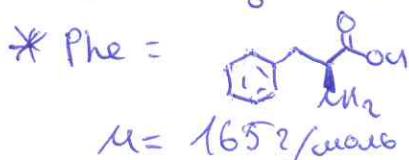
Пусть $A = AK_1 - AK_2 - AK_3 - Phe$ * АК-аминок-та



По структуре R в продуктах р-ции А с PhNCS определяем АК:

$R_1 = Me \Rightarrow AK_1 = Ala; R_2 = H \Rightarrow AK_2 = Gly$

$R_3 = \text{---}CH_2CH_2COOH \Rightarrow AK_3 = Glu$



$M_{об} = 551 \text{ г/моль}$

$M_{\Sigma} = 165 + 89 + 75 + 147 = 476 \text{ г/моль} < M_{об}$

$\Rightarrow$ пептид А содержит и другие АК. +

Пусть А состоит из 5 АК. и не является циклическим

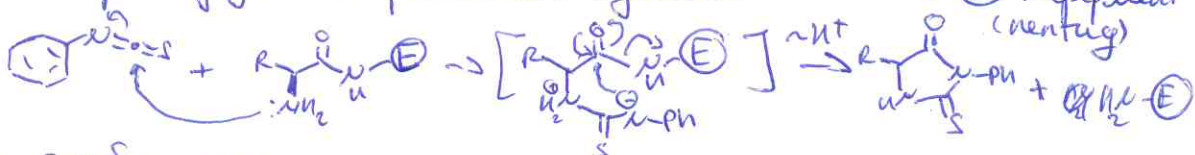
$\Rightarrow M_{АК} = M_{\Sigma} + M_{АК_n} - 4M_{H_2O} = 551 +$

$476 + M_{АК_n} - 4 \cdot 18 = 551$

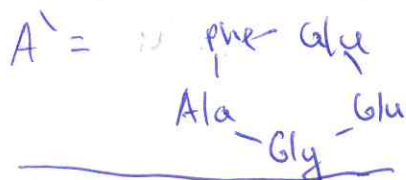
$\Rightarrow M_{АК_n} = 147 \text{ г/моль} +$

$\Rightarrow AK_n = Glu; A = Ala - Gly - Glu - Glu - Phe +$

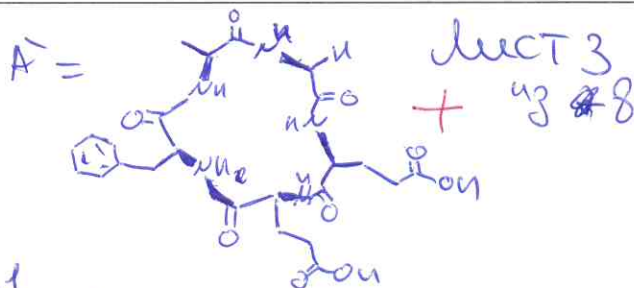
Рассмотрим р-цию с реактивом Эдмана:



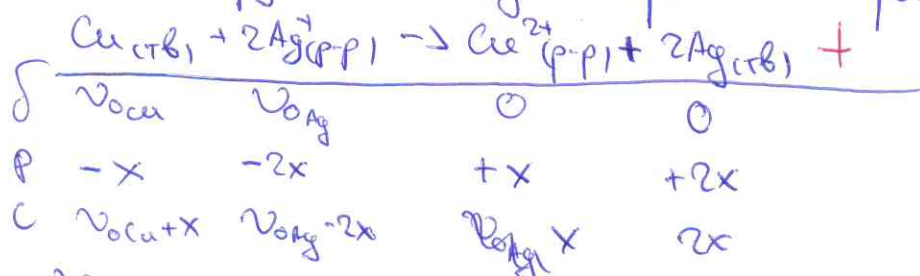
$\Rightarrow$ чтобы р-ция произошла ~~и~~ и концевой АК. должен быть нуклеофильным $\Rightarrow$ для избежания р-ции N должен быть менее нуклеофильным, например амидным $\Rightarrow$ циклические пептиды не будут реагировать с реактивом Эдмана



A' - не реагирует с pHMS



После погружение медной проволоки происходит р-ция:



$$V_{\text{Cu}} = \frac{m_{\text{пр}}}{M_{\text{Cu}}} = \frac{1002}{63,552/\text{моль}} = 1,573564123 \text{ моль} +$$

$$V_{\text{Ag}} = \frac{m}{M} = \frac{255 \cdot 0,2}{(107,87 + 14 + 16 \cdot 3)} = 0,3002295873 \text{ моль} +$$

После окончания р-ции:

$$\omega_{\text{AgNO}_3} = \frac{m_{\text{AgNO}_3}}{m_{\text{AgNO}_3} + m_{\text{р-ра}}} = \frac{M_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}}{m_0 + m_{\text{Cu}^{2+}} - m_{\text{Ag}^+ \text{реак}}} +$$

$$V_{\text{AgNO}_3} = V_{\text{Ag}} - 2x; m_{\text{р-ра}} = m_0 + xM_{\text{Cu}^{2+}} - 2xM_{\text{Ag}^+}$$

$$\omega_{\text{AgNO}_3} = \frac{M_{\text{AgNO}_3} \cdot (V_{\text{Ag}} - 2x)}{m_0 + xM_{\text{Cu}^{2+}} - 2xM_{\text{Ag}^+}} = \frac{169,87(V_{\text{Ag}} - 2x)}{255 + 63,55x - 215,74x} = 0,071 +$$

$$\Rightarrow x \leq 0,1006047091 \approx 0,1 \text{ моль} +$$

$$m_{\text{пр}} = m_0 - m_{\text{Cu}^+ \text{р-ра}} + m_{\text{Ag}^+ \text{р-ра}} = m_0 - xM_{\text{Cu}} + 2xM_{\text{Ag}}$$

$$m_{\text{пр}} = 100 - 63,55 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 107,87 = 115,2197167 \approx 115,222$$

$$\text{Ответ: } m_{\text{пр}} = 115,222 +$$

5.3

Пересчитаем плотности газов в $\bar{M}$:

$$pV = \nu RT; \nu = \frac{m}{M} \Rightarrow pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow p = \frac{m}{V} = \frac{p}{RT} M$$

$$\Rightarrow M = \frac{pRT}{p}$$

$$M_1 = 1,656 \frac{8,314 \cdot 298,15}{101,325} \approx 40,514706 \text{ г/моль}$$

$$M_2 = 1,634 \frac{8,314 \cdot 298,15}{101,325} \approx 39,97646715 \text{ г/моль} \approx M_{\text{Ar}} +$$

$$\Rightarrow \text{газ Б} = \text{Ar}; \varphi_{\text{Ar}} = 90\%; \varphi_{\text{A}} = 10\%$$

$$M_1 = M_{\text{A}} \cdot \varphi_{\text{A}} + M_{\text{Ar}} \cdot \varphi_{\text{Ar}} \Rightarrow 40,514706 = M_{\text{A}} \cdot 0,1 + 0,9 \cdot 39,95$$

$$\Rightarrow M_A = 45,59706 \text{ г/моль}$$

Лист 4 из 8

Т.к. А пощожаете р-ром KCl $\Rightarrow$ А - оскование; скорее всего содержит N: $M_A > M_{NH_3} \Rightarrow$ А - органический амин
* при использовании в расчетах $M_B = 39,976 \text{ г/моль}$, а не $M_{Ag} = 39,95 \text{ г/моль}$ M_A получается $\approx 45,15 \text{ г/моль}$ +

Пусть А = NC_nH_{2n+3} — предельный насыщенный р-р. амин
 $1n + 12n + (2n+3) = 45,59706 \Rightarrow n \approx 2,042647 \approx 2$

$\Rightarrow A = NC_2H_5$ т.е. либо NH_2 + либо $-NH_2$ +
* оба обладают нейтральными (этиламин) (диэтиламин)
рыбный запах

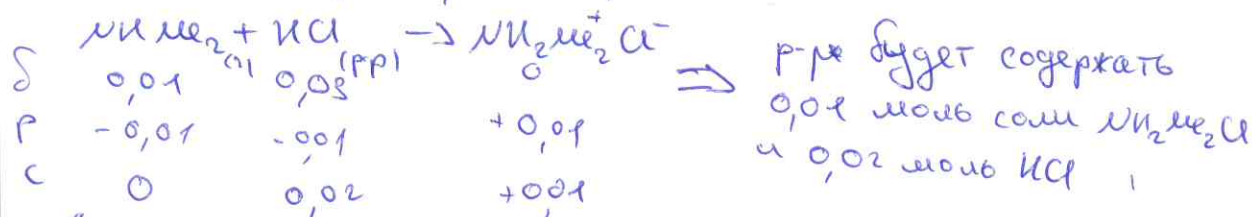
Условие задачи не позволяет определить конкретный изомер. Т.к. $T_{кип}(NH_2Me) < T_{кип}(NH_2Et)$ далее будем считать что $A = NH_2Me$ +

$$V_{смеси} = 2,445 \text{ л} \Rightarrow V_{об} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 2,445}{8,314 \cdot 298,15} \approx 0,0993704509 \text{ моль}$$

$$V_{об} \approx 0,1 \text{ моль}$$

$$\varphi_{NH_2Me} = 0,1 \Rightarrow V_{NH_2Me} = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01 \text{ моль} +$$

$$V_{KCl} = CV = 0,2 \cdot 0,15 \text{ М} = 0,03 \text{ моль} +$$



Ag не реагирует с р-ром KCl

* Далее для расчетов нужно сделать допущение, что $V_{р-ра}$ не меняется при р-ции NH_2Me в нем

$$\Rightarrow V_{об} = V_{KCl} = 0,2 \text{ л}$$

$$\Rightarrow C(NH_2Me^+) = \frac{0,01}{0,2} = 0,05 \text{ М}; C(KCl) = \frac{0,02}{0,2} = 0,1 \text{ М}$$

* KCl находится в избытке $\Rightarrow$ кислая среда в р-ре ($pH \approx 1$)
 $\Rightarrow$ можно пренебречь диссоциацией NH_2Me^+ :

$$NH_2Me^+ \rightleftharpoons NH_2Me + H^+ \quad K_a = \frac{K_a}{K_b}; K_b(NH_2Me) \leq K_b(NH_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

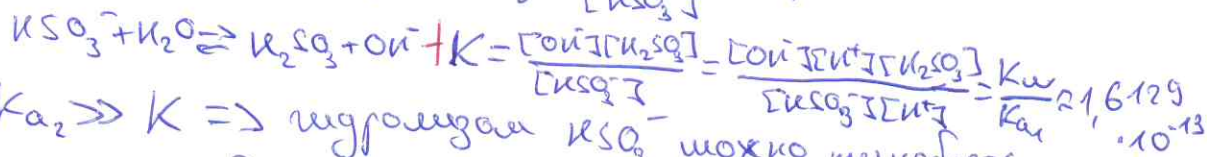
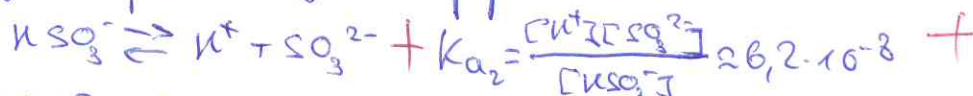
$$K_a \approx 5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{[H^+][NH_2Me]}{[NH_2Me^+]}; [H^+] \approx 0,1 \text{ М}; K_a = \frac{0,1 \cdot x}{0,05 - x}; x \approx 2,78 \cdot 10^{-10}$$

$$\Rightarrow [NH_2Me^+] \approx 0,05 - 2,78 \cdot 10^{-10} \approx 0,05 +$$

$$V_{\text{макс } \text{SO}_3} = \frac{m}{M} = \frac{2,084}{23+1+32+16 \cdot 3} \approx 0,02 \text{ моль}; V = 0,8 \text{ л}$$

$$\Rightarrow C_{\text{макс } \text{SO}_3} = \frac{0,02}{0,8} \approx 0,025 \text{ М} +$$

Р-ция, протекающие в р-ре: $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad K_w$



$K_{a2} \gg K \Rightarrow$ гидролизом HSO_3^- можно пренебречь

$\Rightarrow$ среда будет кислая +

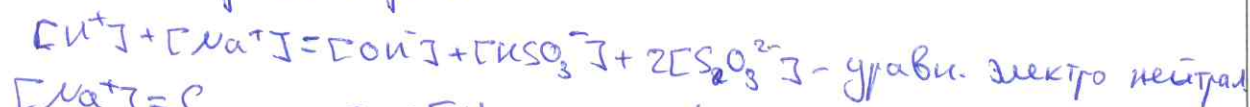
Оценка pH:

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} \approx 1; [\text{SO}_3^{2-}] \approx [\text{H}^+]; [\text{HSO}_3^-] \approx C_0 - [\text{H}^+] +$$

$$K_{a2} \approx \frac{[\text{H}^+]^2}{C_0 - [\text{H}^+]} \Rightarrow \frac{[\text{H}^+]^2}{0,025 - [\text{H}^+]} = 6,2 \cdot 10^{-8} \Rightarrow [\text{H}^+] \approx 3,9339051 \cdot 10^{-5} \text{ М}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \approx 4,405176115 \approx 4,405 +$$

Точный расчет pH:



$$[\text{Na}^+] = C_{\text{макс } \text{SO}_3} = 0,025 \text{ М}; [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]}$$

$$[\text{HSO}_3^-] = \alpha_{\text{HSO}_3^-} \cdot C_{\text{макс } \text{SO}_3} = \frac{1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{a2}K_{a1}}}{\frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{a2}K_{a1}}} \cdot C_{\text{макс } \text{SO}_3}$$

$$[\text{HSO}_3^-] = \alpha_{\text{HSO}_3^-} \cdot C_{\text{макс } \text{SO}_3} = \frac{\frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}}}{1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{a2}K_{a1}}} \cdot C_{\text{макс } \text{SO}_3}$$

$$[\text{H}^+] + 0,025 = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} + \left(\frac{\frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} + 2}{1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_{a2}} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{a2}K_{a1}}} \right) \cdot 0,025 +$$

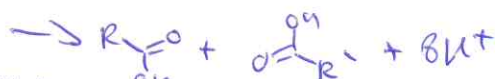
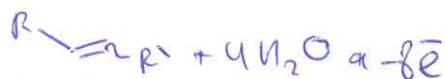
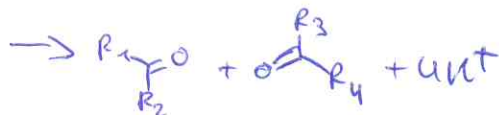
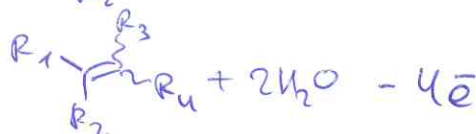
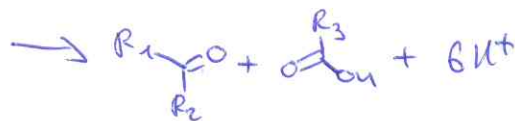
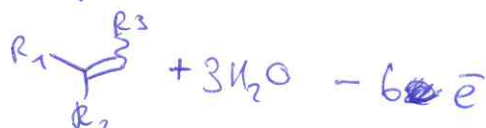
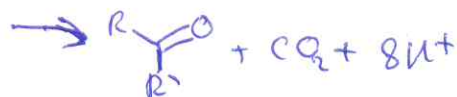
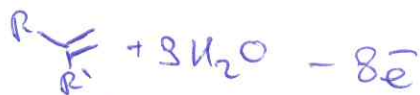
$$K_{a2} = 6,2 \cdot 10^{-8}; K_{a1} = 1,4 \cdot 10^{-2}; K_w = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [\text{H}^+] \approx 3,357 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \text{pH} \approx 4,627637$$

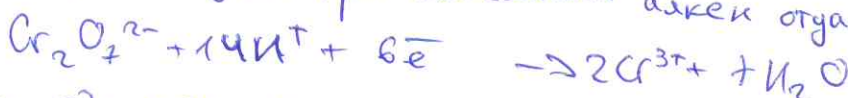
Ответ: pH = 4,405 (при пренебрежении гидролизом HSO_3^-) или 4,627637 (при точном расчете с учетом всех равновесий)

$$V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = C \cdot V = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ моль}$$

Рассмотрим все варианты окисления алкенов с ир:



В общем случае при окислении алкена отщепляет n e^- ($n=4, 6, 8, 10$)



$$\Rightarrow \frac{V_{Cr_2O_7^{2-}}}{V_{алк}} = \frac{n}{6} \Rightarrow V_{алк} = \frac{6}{n} V_{Cr_2O_7^{2-}} = \frac{m_{алк}}{M_{алк}}$$

$$\Rightarrow M_{алк} = \frac{n}{6} \frac{m_{алк}}{V_{Cr_2O_7^{2-}}} = \frac{n}{6} \frac{2,46}{0,04}$$

$$M_{алк} (n=4) = 41,2 / \text{моль}; M_{алк} (n=6) = 61,52 / \text{моль}$$

$$M_{алк} (n=8) = 82,7 / \text{моль}; M_{алк} (n=10) = 102,5 / \text{моль}$$

Единственный возможный вариант: $n=8$; $M=82,7 / \text{моль}$
(при $n=4$ и $n=10$ нецелая M ; при $n=6$ нечетная M ,
это невозможно для углеводорода)

$$\bullet \text{ Пусть алкен } C_nH_m; 12n+m=82$$

$$\Rightarrow m = 82 - 12n$$

$$\Rightarrow C, D = C_6H_{10}$$

n	1	2	3	4	5	6	7
m	70	58	46	34	22	10	-2

слишком много H

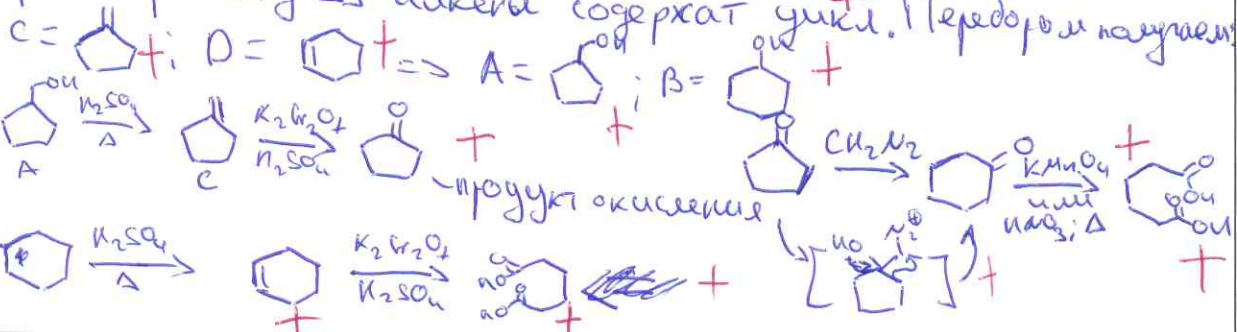
отриц. число H

~~нельзя уравнять реакцию, так как~~
~~сбалансировать~~

$$C.H = \frac{6 \cdot 2 + 2 - 10}{2} = 2 \Rightarrow \text{алкены либо содержат}$$

2 двойные связи, либо циклы. Две двойные связи противостоят расчету $\Rightarrow$ алкены содержат циклы.

Передбором получаем:



Л8.2

Лист 7 из 8

Из формулы алюмосиликатов $XAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$ находим степень окисления X : $n = 10 \cdot 2 + 2 - 3 \cdot 4 - 3 \cdot 3 = +1$ $\Rightarrow X$ - щелочной металлИз формулы и ω_x и ω_{Mg} в двойном хлориде найдем X :

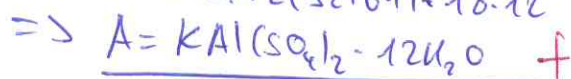
$$\omega_x = \frac{nM_x}{M_{об}}; \omega_{Mg} = \frac{M_{Mg}}{M_{об}}; \frac{\omega_x}{\omega_{Mg}} = 1,625 \Rightarrow \frac{nM_x}{M_{Mg}} = 1,625$$

$$M_x = \frac{1,625 M_{Mg}}{n}$$

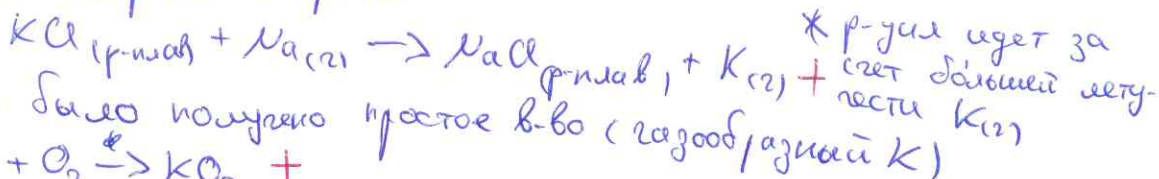
n	1	2	3	4	5	6
M_x	39,5	19,75	13,17	9,87	7,9	6,584

при $n=1$ $M_x \approx M_K \Rightarrow X = K^+$. $B = KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ +А - алюмокалевые квасцы (почетно по способу получения и очень низкой ω_K). Проверим: $A = KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

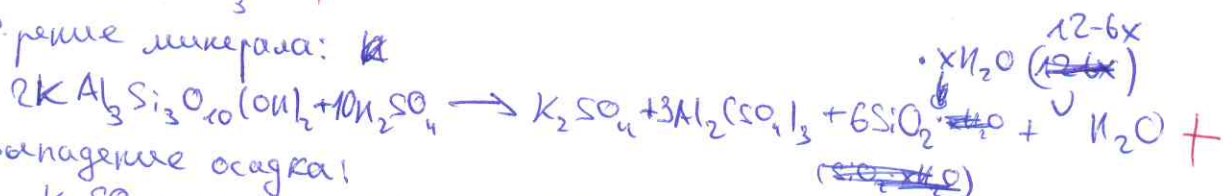
$$\omega_K = \frac{39}{39 + 27 + 2(32 + 64 + 18 \cdot 12)} = 0,08227 \approx 8,22\%$$



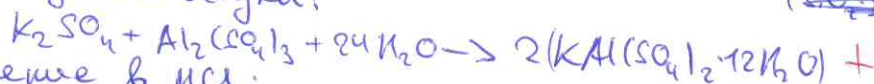
Р-ция с парами натрия:

 $\Rightarrow$ было получено простое в-во (газообразный K)

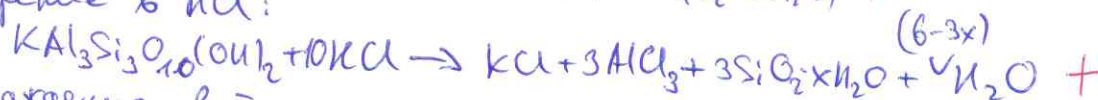
Р-ция микерала:



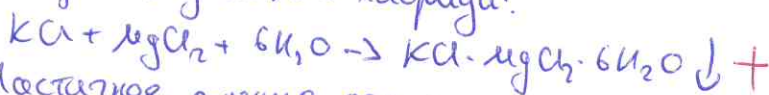
Выпадение осадка:



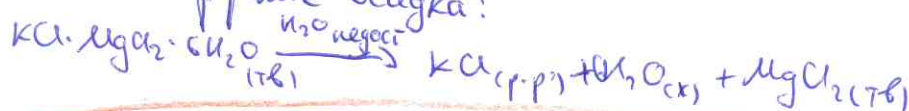
Р-ция в HCl:



Осаждение двойного хлорида:



Частичное р-шение осадка:



Доп. к задаче №7.4

лист 8 из 8

Уравнение р-ций

