

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

Вариант 1

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Шавелькиной Екатерины Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
« 12 » марта 2023 года

Подпись участника
[подпись]

70-16-65-28
(63.17)

1.6.

$n = 4m$

n - число пар спаренных e^- в атоме X

m - число неспаренных e^- в атоме X

N - общее число e^- в атоме X , $N = 2n + m$

если в атоме X 1 неспаренный e^- , $\Rightarrow m = 1$ $n = 4$

$N = 8 + 1 = 9$

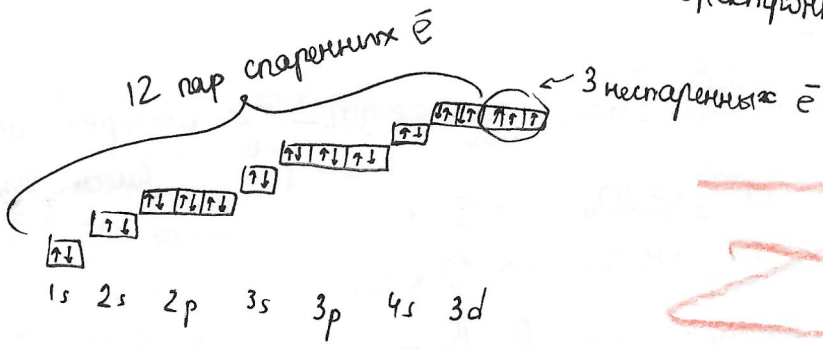
т.к. X имеет четный номер, то общее число e^- в X тоже четное, $\Rightarrow m$ - нечетное число (т.к. $N = 2n + m$, и $2n$ всегда четное)

т.к. ион X^{2+} существует, то $m = 1$, не подходит, т.к. при $m = 1$ $X = F$, а у фтора нет иона F^{2+}

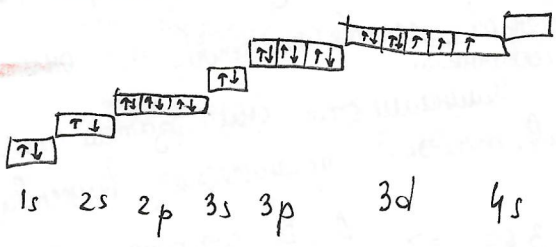
$m = 3$ $n = 4 \cdot 3 = 12$ $N = 12 \cdot 2 + 3 = 24 + 3 = 27$

$X = Co$ (кобальт)

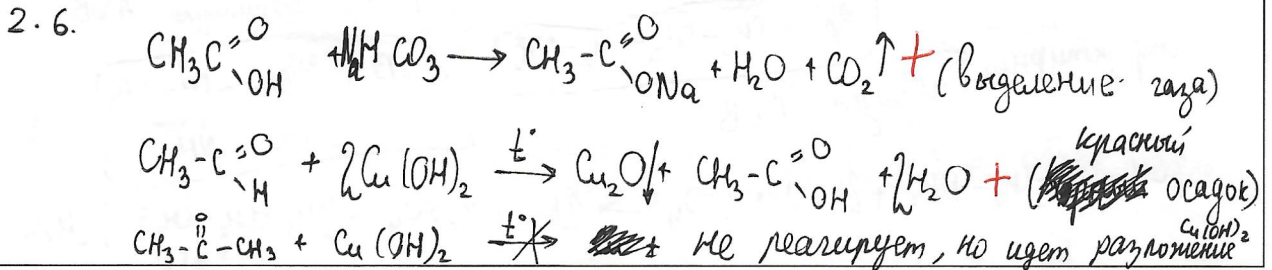
^{27}Co $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$ ← электронная конфигурация атома X



Co^{2+} $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^0$ ← электронная конфигурация иона X^{2+}



Ответ: $X = Co$

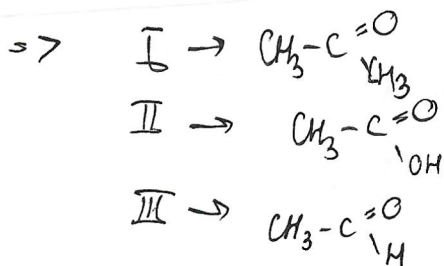
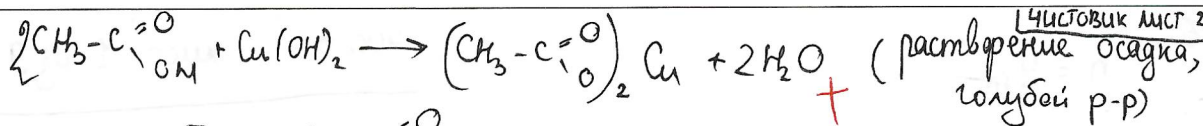


Берковец
Зяряков

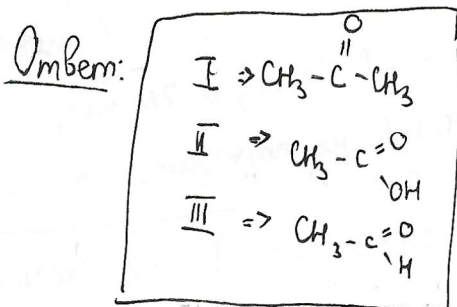
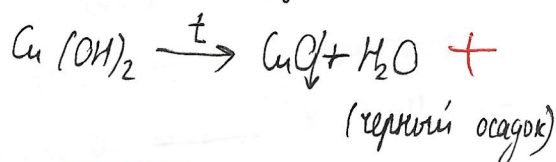
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	8	10	12	14	14	18	18	100

100.

COO

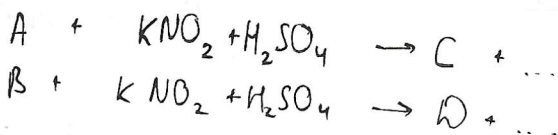


но при нагревании $\text{Cu}(\text{OH})_2$ в ацетоне идет реакция разложения $\text{Cu}(\text{OH})_2$:



3. 2. $D_{N_2} = 2,107$

$$M_{см} = 2,107 \cdot M(N_2) = 2,107 \cdot 28 \frac{2}{\text{моль}} = 58,996 \frac{2}{\text{моль}} \leftarrow \begin{array}{l} \text{молярная масса} \\ \text{смеси газов.} \end{array}$$



т.к. C и D изомеры, то A и B тоже изомеры, \Rightarrow

они имеют одинаковую молярную массу \Rightarrow молярная масса смеси равна молярной массе каждого из газов.

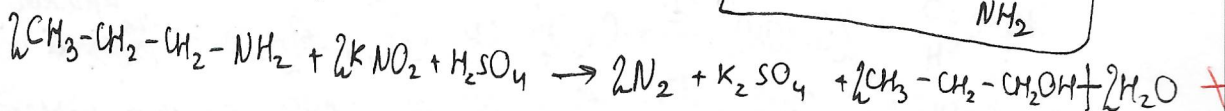
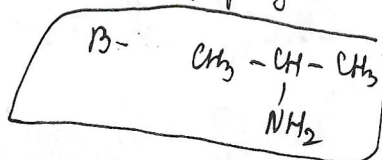
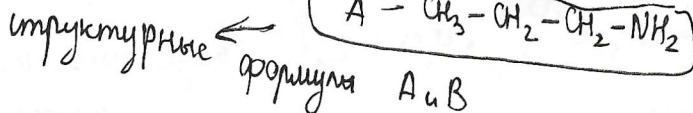
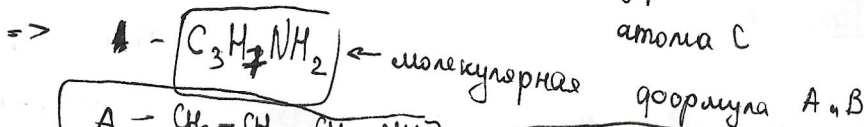
$\Rightarrow M(A) = M(B) = 59 \frac{2}{\text{моль}}$, т.к. они вступают в реакцию с

нитритом калия и разбавленной серной кислотой, то они являются первичными аминами (т.к. они затем окисляются дихроматом до разных классов, то это органические вещества)

$$59 - 14 - 2 = 43$$

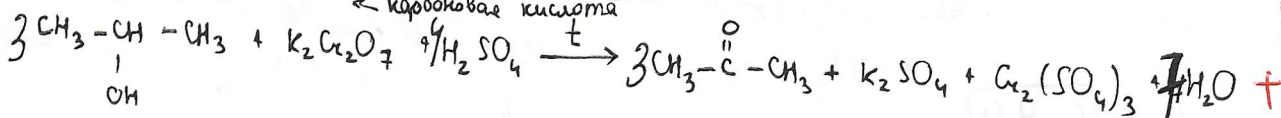
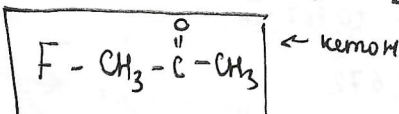
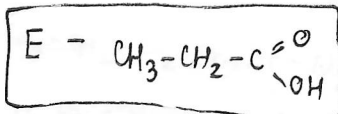
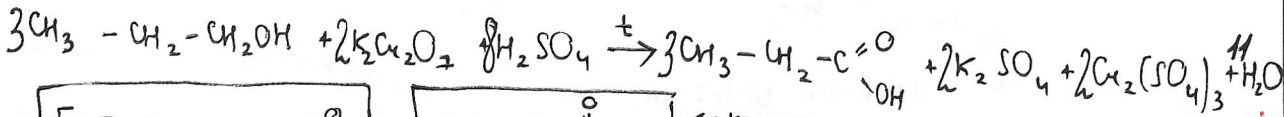
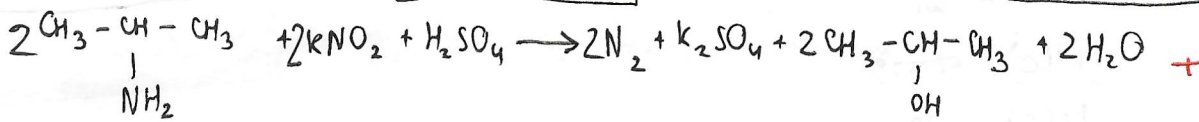
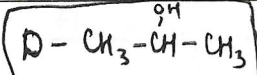
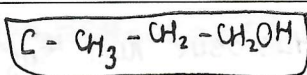
$$\frac{43}{12} = 3,58 \Rightarrow A \text{ и } B \text{ содержат по } 3 \text{ атома C}$$

$$43 - 36 = 7$$



70-16-65-28
(63.17)

Чистовик лист 3 из 9



Ответ: A → $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{NH}_2$ C → $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ E → $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}$
 B → $\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ D → $\text{CH}_3-\overset{\text{OH}}{\text{C}}-\text{CH}_3$ F → ~~$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_3$~~ $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_3$

4.5. $T = 30,0^\circ\text{C} = 303\text{K}$

$P = 710 \text{ мм рт.ст}$

$760 \text{ мм рт.ст} - 101,325 \text{ кПа}$

$710 \text{ мм рт.ст} - P \text{ кПа}$

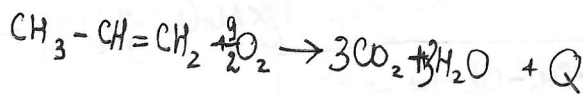
$P = \frac{710 \cdot 101,325}{760} = 94,659 \text{ кПа}$

$c = 75,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$

$t_1 = 23^\circ\text{C} = (23 + 273) \text{K}$

$t_2 = 92^\circ\text{C} = (92 + 273) \text{K}$

$\Delta t = t_2 - t_1 = (92 + 273 - 23 - 273) \text{K} = 69 \text{K}$



$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{3,276 \cdot 10^3}{18} = 182 \text{ моль}$

Q_0 - теплота необходимая на нагрев воды

$Q_0 = \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta t \cdot c = 182 \cdot 69 \cdot 75,31 = 945742,98 \text{ Дж} = 945,74298 \text{ кДж}$



Q - теплота выделяющаяся при сгорании 1 моль пропена

$Q = 3 Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) + 3 Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6) = 3 \cdot 285,8 + 3 \cdot 393,5 + 20,4 = 2058,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

$Q_0 = \nu Q$, где ν - моль пропена, который нужно сжечь, чтобы выделиться Q_0 теплоты

$\nu = \frac{Q_0}{Q} = \frac{945,74298 \text{ кДж}}{2058,3 \text{ кДж}} \cdot \text{моль} = 0,459 \text{ моль}$

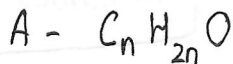
$\rho V = \nu RT$

$V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{0,459 \cdot 8,314 \cdot 303}{94,659} = 12,228 \text{ л}$

Ответ: $V = 12,228 \text{ л}$

← объем пропена который нужно сжечь

5.1.



W(C) = 66,67%

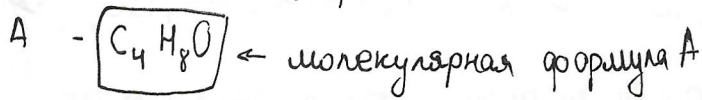
W(C) = $\frac{12n}{14n+16} = 0,667$

12n = 0,667 · 14n + 0,667 · 16

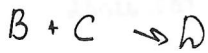
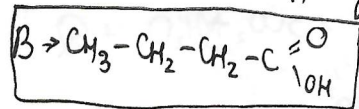
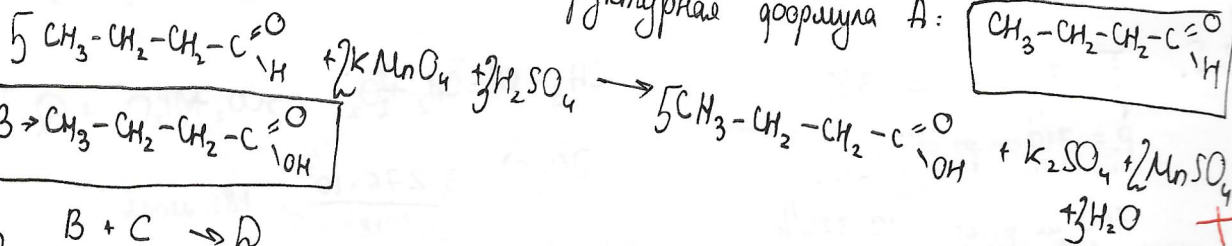
(12 - 9,338)n = 10,672

2,662 n = 10,672

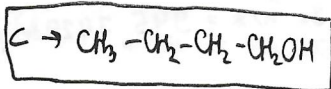
n = 4



т.к. D не содержит разветвленных углеводородных радикалов, то и A не содержит их ⇒ структурная формула A:



B → кислота, C → спирт ⇒ D - сложный эфир, т.к. в A - 1 кислород, а в D - 2 кислорода, и массовые доли элементов в A, то ~~массовые доли~~ массовые доли элементов в D равны



W(O)_{BA} = $\frac{16}{4 \cdot 14 + 16}$

W(O)_{BD} = $\frac{2 \cdot 16}{y + x \cdot 12 + 2 \cdot 16}$

W(O)_{BA} = W(O)_{BD}

$\frac{16}{14 \cdot 4 + 16} = \frac{16 \cdot 2}{x \cdot 12 + y + 32}$

x + 12y + 32 = 32 + 8 · 14

x + 12y = 8 · 14

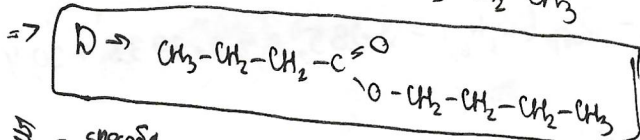
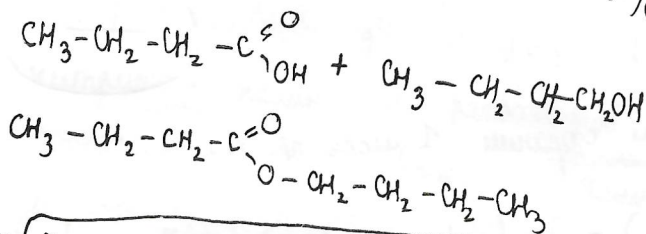
т.к. W(H)_{BA} = W(H)_{BD}

то x = 2y

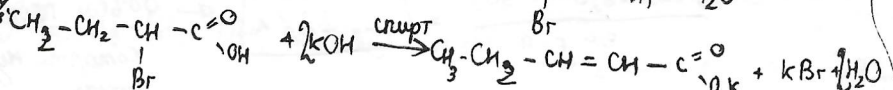
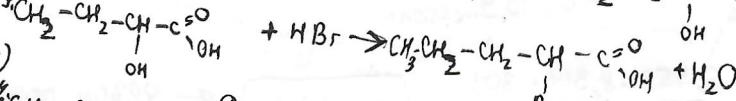
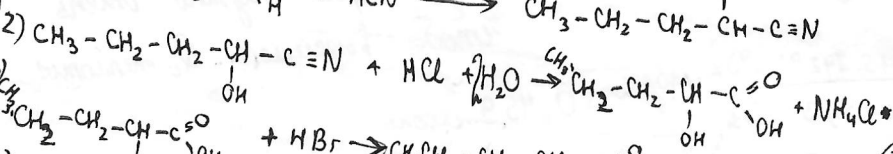
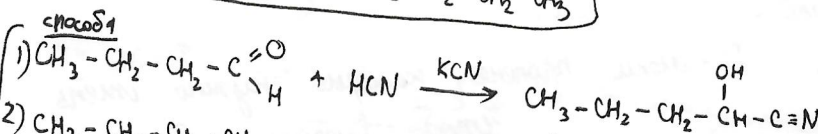
14y = 8 · 14

y = 8

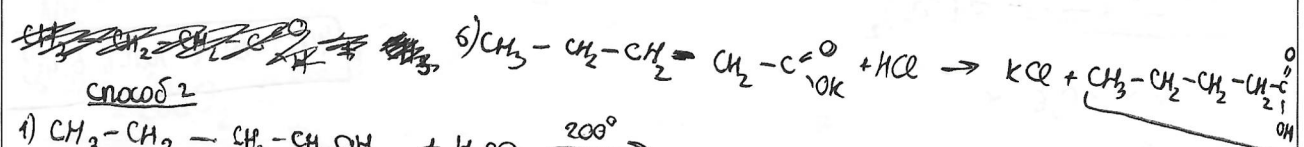
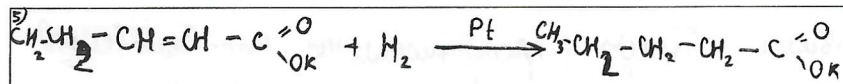
⇒ молекулярная формула D: C₈H₁₆O₂



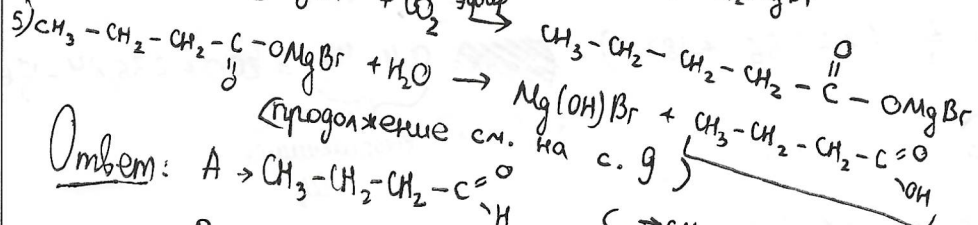
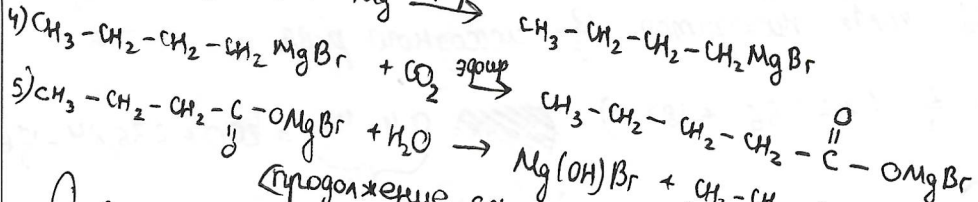
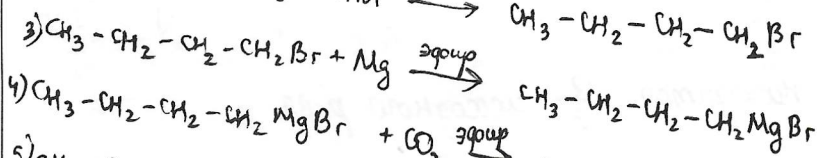
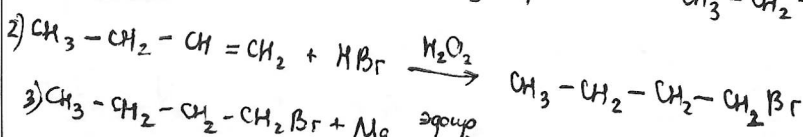
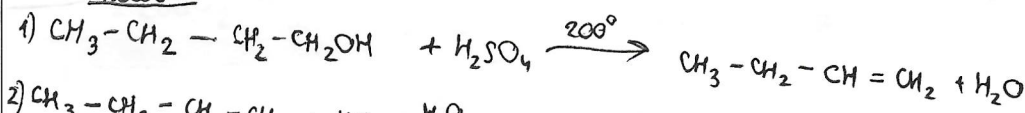
путем перемещения катиона



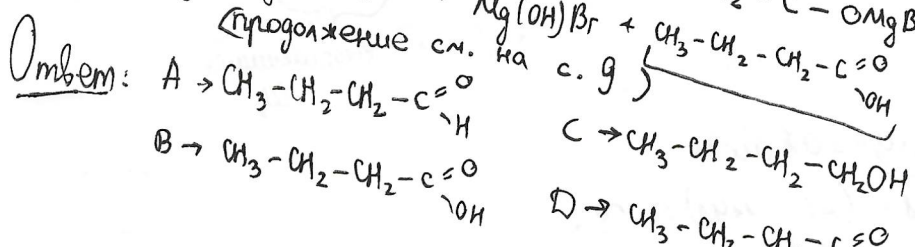
Чистовик лист 5 из 9



способ 2



получение пентамовой кислоты из С



6.1.

$M(\text{H}_2\text{O}) = 183,7 \text{ мл}$

$m(\text{H}_2\text{O}) = 183,7 \text{ мл} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{мл}} = 183,7 \text{ г}$

$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$	m_{r}
21,82	121,82
$x \cdot 0,3706$	$x + 183,7$

$\frac{46 + 12 + 48}{46 + 12 + 48 + 10 \cdot 18} = \frac{106}{106 + 180} = \frac{106}{286} = 37,06\%$

x - масса $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

$\frac{x \cdot 0,3706}{21,8} = \frac{x + 183,7}{121,8}$

$121,8 \cdot x \cdot 0,3706 = 21,8x + 183,7 \cdot 21,8$

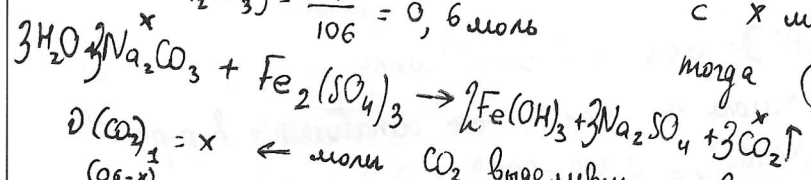
$45,142657x - 21,8x = 183,7 \cdot 21,8$

$x = \frac{183,7 \cdot 21,8}{23,34} = 171,562$

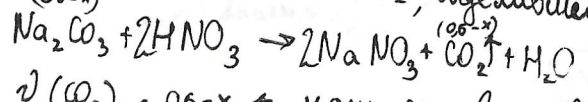
$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 63,582$

$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m}{106} = 0,6 \text{ моль}$

пусть в 1 колбу отлили р-р с x моль Na_2CO_3 , а во вторую тогда (0,6-x) моль Na_2CO_3 .



$\nu(\text{CO}_2)_1 = x$ ← моль CO_2 , выделившиеся в 1 колбе



$\nu(\text{CO}_2)_2 = 0,6 - x$ ← моль CO_2 , выделившиеся во 2 колбе

При одинаковых условиях объемы пропорциональны кол-вам вещ-в.

$$\Rightarrow 2 \nu(\text{CO}_2)_1 = \nu(\text{CO}_2)_2$$

ЧИСТОВИК ЛИСТ 6 ЧЗ9

$$2x = 0,6 - x$$

$$3x = 0,6$$

$$x = 0,2 \text{ моль}$$

\Rightarrow во второй колбе находится $\frac{2}{3}$ исходного р-ра

$$m_{p2} = 200 + \frac{2}{3} \cdot (171,56 + 183,7) - \underbrace{0,4 \cdot 44}_{\text{выделившийся CO}_2} = 200 + 236,84 - 17,6 = 419,24 \text{ г}$$

$$\nu(\text{NaNO}_3) = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ моль}$$

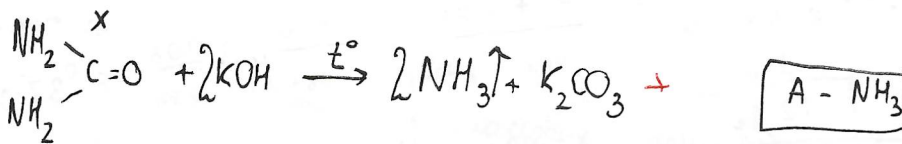
$$m(\text{NaNO}_3) = 0,8 \cdot (23 + 14 + 48) = 68 \text{ г}$$

$$w(\text{NaNO}_3) = \frac{68}{419,24} = 16,22\%$$

← массовая доля нитрата натрия в конечном растворе во второй колбе

Ответ: $w(\text{NaNO}_3) = 16,22\%$ +

7.2.



Пусть в 1 части $\overset{p-p^a}{\text{мочевины}}$ x моль $\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$, а во второй части раствора — y моль мочевины.

$$\nu(\text{HBr}) = 0,3 \text{ л} \cdot 1,03 \frac{\text{моль}}{\text{л}} = 0,309 \text{ моль}$$

~~$$\nu(\text{NH}_3) = 0,309 \text{ моль}$$~~

~~$$\nu(\text{NH}_4\text{Br}) = \frac{0,309}{2} = 0,1545 \text{ моль}$$~~

$\text{HBr} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Br}^-$ ← HBr — сильная кислота, поэтому она диссоциирует кацело.

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,52} = 0,03 \frac{\text{моль}}{\text{л}} +$$

т.к. $V = 0,3 \text{ л}$, то $\nu[\text{H}^+] = 0,03 \cdot 0,3 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$

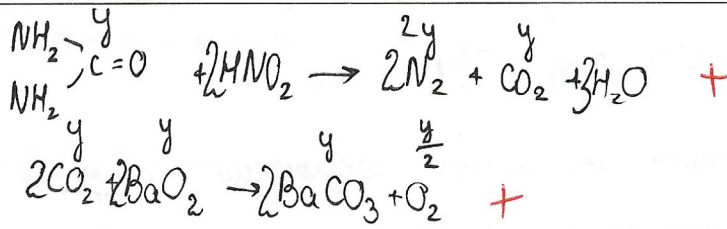
$$\nu(\text{HBr})_1 = \nu(\text{H}^+) = 0,009 \text{ моль} \leftarrow \text{кол-во оставшегося в р-ре HBr}$$

$$\Rightarrow \nu(\text{NH}_3) = \nu(\text{HBr}) - \nu(\text{HBr})_1 = 0,309 - 0,009 = 0,3 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow \nu(\text{NH}_2\text{CONH}_2)_1 = \frac{\nu(\text{NH}_3)}{2} = 0,15 \text{ моль} +$$

$$x = 0,15 \text{ моль}$$

листочки
лист 7 чз



$$V_2 = V_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2} \quad \nu_2 = \nu_{\text{N}_2} + \nu_{\text{O}_2}$$

$$2V_2 = V_A \Rightarrow 2\nu_2 = \nu_A \Rightarrow \nu_2 = \frac{\nu_A}{2} = \frac{\nu(\text{NH}_3)}{2} = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{N}_2) = 2y$$

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{y}{2} \Rightarrow \nu_2 = 2y + \frac{y}{2} = \frac{5}{2}y = 0,15$$

$$\Rightarrow y = \frac{0,15 \cdot 2}{5} = 0,06 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow \nu(\text{N}_2) = 0,12 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 0,03 \text{ моль}$$

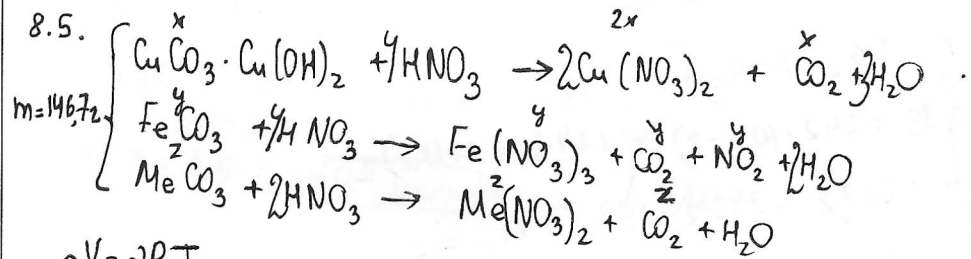
$$\nu(\text{NH}_2\text{CONH}_2)_2 = 0,06 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{об}}(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = y + x = 0,06 + 0,15 = 0,21 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow c(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{0,21}{0,2} = 1,05 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

← молярная концентрация мочевины в исходном р-ре

Ответ: $c(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = 1,05 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$



$$pV = \nu RT$$

$$p \frac{m}{\rho} = \frac{m}{M} RT$$

$$pM = \rho RT$$

$$M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1,816 \cdot 8,314 \cdot 298}{101,325} = 44,4 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

← средняя молярная масса смеси

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 30,56}{8,314 \cdot 298} = 1,25 \text{ моль}$$

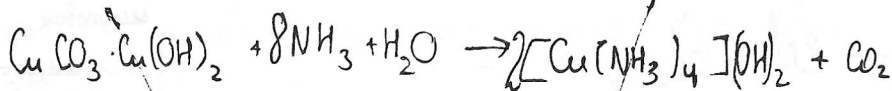
← кол-во вещ-во смеси газов

Пусть $\nu(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2) = x$
 $\nu(\text{FeCO}_3) = y$
 $\nu(\text{MeCO}_3) = z$

$$(2) \quad 55,5 = 376x + 242y + (124 + M(\text{Me}))z$$

$$(1) \quad 1,25 = x + y + z$$

$$(2) \quad 44,4 = 1,25 = (64 + 2 \cdot (14 + 48))x + y \cdot (56 + 3 \cdot (14 + 48)) + z \cdot (M(\text{Me}) + 2 \cdot (14 + 48))$$



1) В NH_3 (водн) р-ре растворимы из данных соединений малахит (т.к. образует аммиачный комплекс) и ~~карбонат щелочного Me~~, ~~(т.к. карбонаты~~ карбонат щелочноземельного Me^{2+} и Fe^{2+} нерастворимы,

т.е. $69 = y \cdot (56 + 12 + 48) + z \cdot (M(\text{Me}) + 12 + 48)$

(3) $69 = 116y + (60 + M(\text{Me}))z$

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ - растворим в воде

CuSO_4 - растворим в воде

=> выпадает

=> $m(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2) = 146,7 - 69 = 77,7 \text{ г}$

$\nu(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2) = x = \frac{77,7}{64 \cdot 2 + 60 + 34} = 0,35 \text{ моль}$ ← моль малахита в смеси

=> $y + z = 1,25 - 0,35 = 0,9 \text{ моль}$

$y = 0,9 - z$

$69 = 116(0,9 - z) + 60z + M(\text{Me})z$

$69 = 104,4 - 116z + 60z + M(\text{Me})z$

(4) $35,4 = 56z - M(\text{Me})z$

$55,5 = 376 \cdot 0,35 + 242 \cdot (0,9 - z) + 124z + M(\text{Me})z$

$55,5 = 131,6 + 217,8 - 242z + 124z + M(\text{Me})z$

(5) $293,9 = 349,4 - M(\text{Me})z$

(5-4): $258,5 = 62z$

$z = \frac{258,5}{62} = 4,17 > 1,25$; неверно, значит MeCO_3

р-рит в водном аммиачном р-ре

2)

=> $69 = y \cdot 116$ ← осадок состоит только из карбоната железа

$y = 0,595 \text{ моль}$

тогда

(1) $1,25 = x + 2y + z$

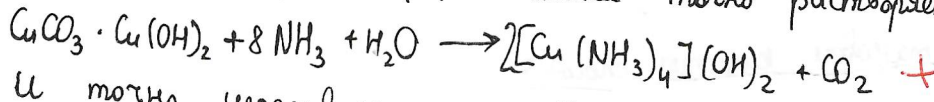
$44,4 \cdot 1,25 = (x+y+z) \cdot 44 + y \cdot (46)$

(2) $55,5 = 44x + 90y + 44z$

$146,7 = x \cdot (64 \cdot 2 + 60 + 34) + y \cdot (56 + 60) + z \cdot (M(Me) + 60)$

(3) $146,7 = 222x + 116y + (M(Me) + 60)z$

В избытке водного р-ра аммиака точно растворяется $Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3$



и точно не растворяется карбонат железа.

Если $MeCO_3$ не растворяется в $NH_3(водн.)$

то $69 = y \cdot 116 + z \cdot (M(Me) + 60)$

$\Rightarrow 146,7 = 222x + 69$

$77,7 = 222x$

$x = 0,35 \text{ моль} \leftarrow \text{моли малахита}$

$55,5 = 15,4 + 90y + 44z$

$1,25 = 0,35 + 2y + z$

$40,1 = 90y + 44 \cdot 0,9 - 88y$

$0,9 = 2y + z$

$40,1 = 2y + 39,6$

$z = 0,9 - 2y$

$0,5 = 2y$

$y = 0,25 \text{ моль} \leftarrow \text{моли } FeCO_3$

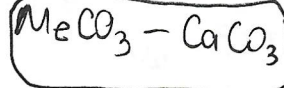
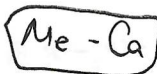
$\Rightarrow z = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ моль} \leftarrow \text{моли } MeCO_3$

$69 = 116 \cdot 0,25 + 0,4 \cdot M(Me) + 0,4 \cdot 60$

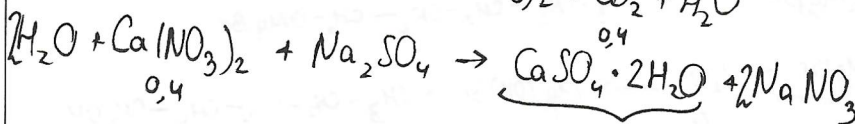
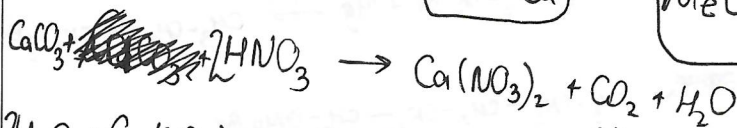
$69 = 29 + 24 + 0,4 M(Me)$

$16 = 0,4 M(Me)$

$M(Me) = 40$



состав неизвестного минерала

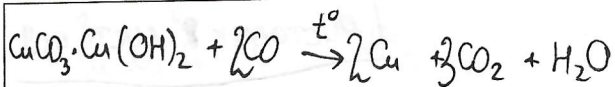


$m = 68,82$

$n = 0,4 \text{ моль}$

$M = 172 \frac{2}{\text{моль}} \leftarrow \text{соответствует } CaSO_4 \cdot 2H_2O$

знают это и есть осадок



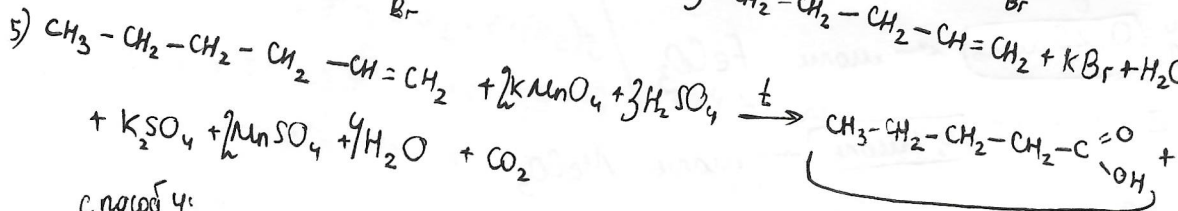
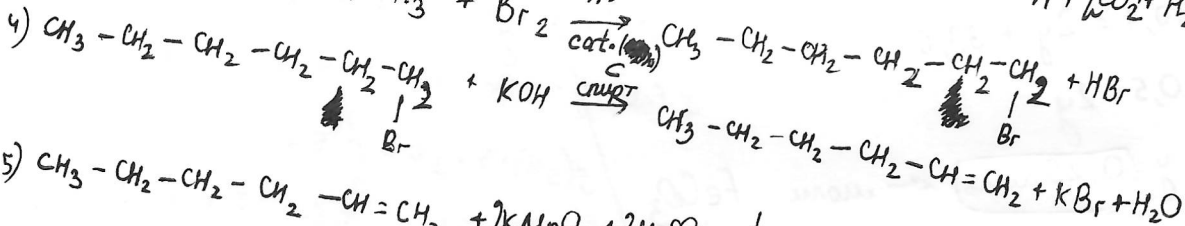
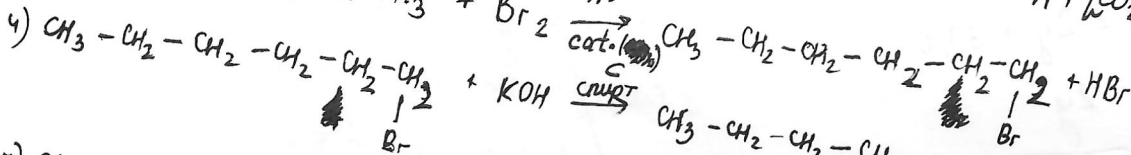
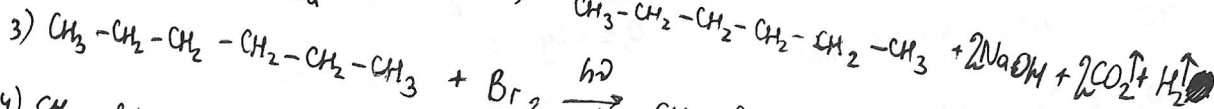
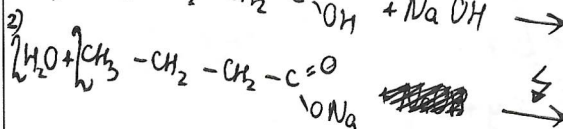
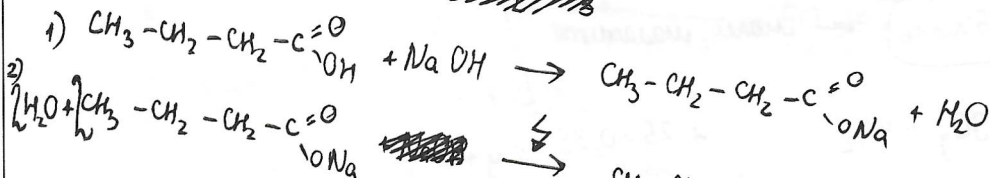
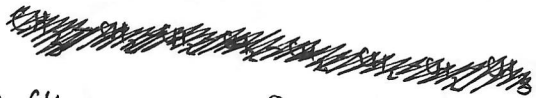
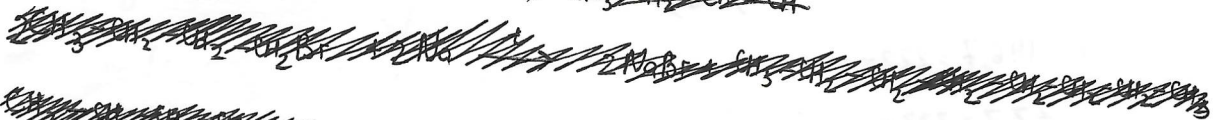
$$v(\text{Cu}) = 2v(\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 2 \cdot x = 2 \cdot 0,35 = 0,7 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = 0,7 \cdot 64 = \boxed{44,82} \leftarrow \text{масса чистой меди.}$$

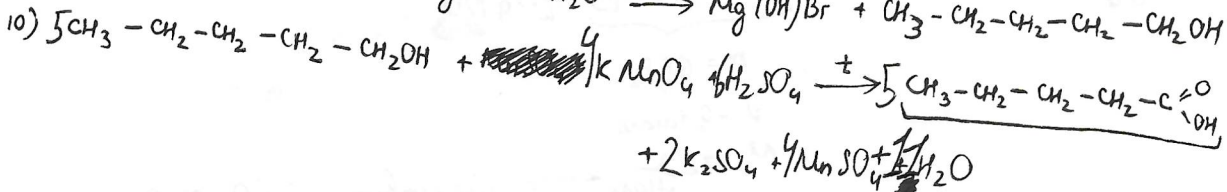
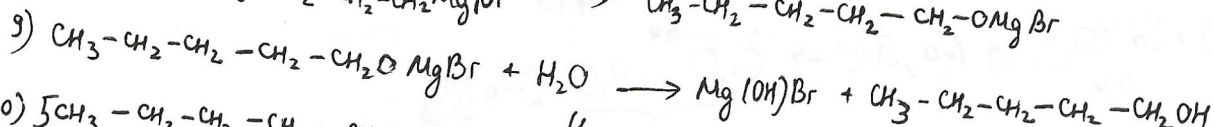
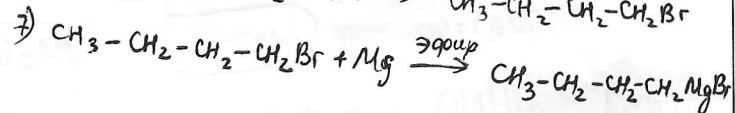
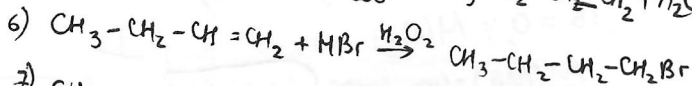
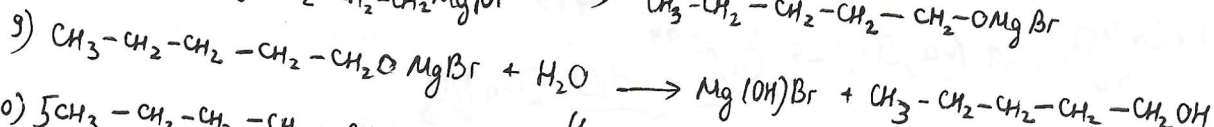
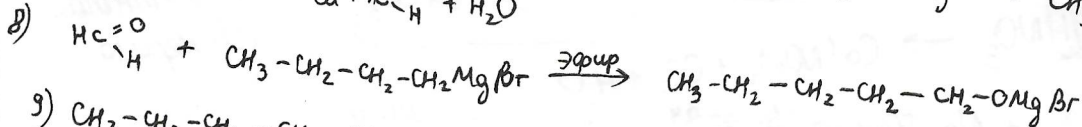
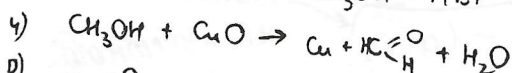
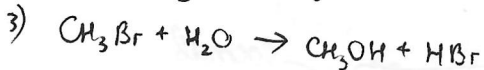
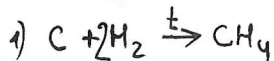
Ответ: $m(\text{Cu}) = 44,82$; минерал CaCO_3 . +

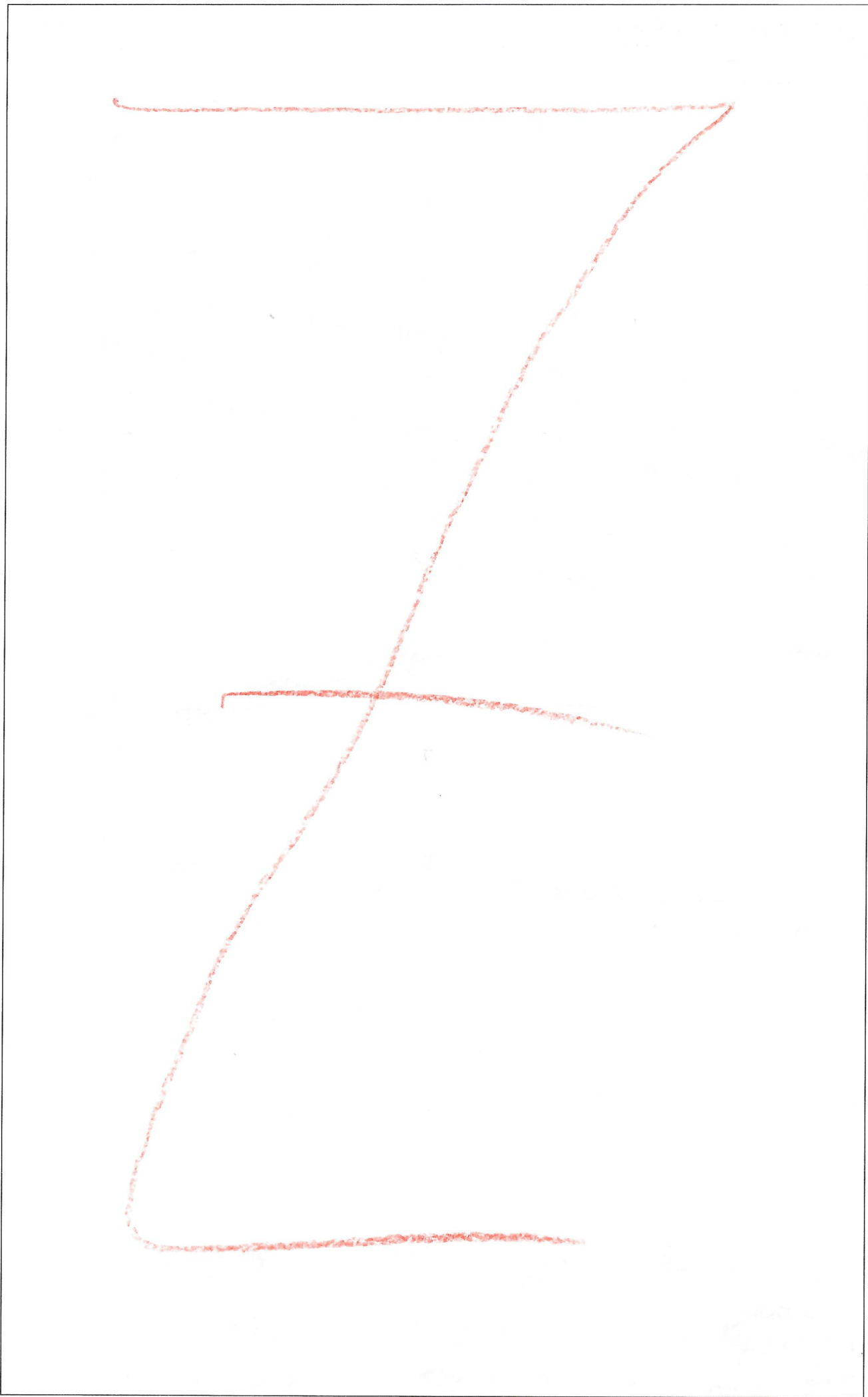
5.1. (продолжение, начало см. на с. 5)

получение пентаковой кислоты: способ 3



способ 4:





Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

