



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Кашниковской Виктории Дмитриевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышла: 14-34 ЖВ
Принята: 14-37 ЖВ

Дата

«02» марта 2025 года

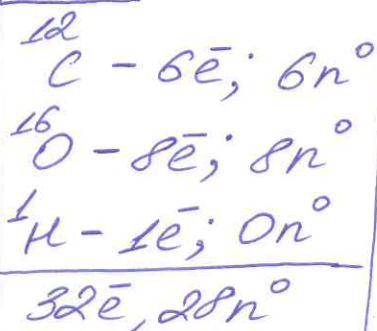
Подпись участника

ЖВ

14-10-10-09
(45.3)

Гистовик (все гистовики, кроме стр 11 (зернов)).

N 1.4.



Пусть формула соединения x имеет вид: $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

$y = 32 - 28 = 4 \Rightarrow \text{C}_x\text{H}_4\text{O}_z$.

Пусть $z = 1$, тогда

$\bar{e}(\text{C}) = 32 - 4 - 8 = 20$

кол-во атомов C тогда равно

$\frac{20}{6} = 3,33$ - не подходит.

Пусть $z = 2$, тогда $\bar{e}(\text{C}) = 32 - 4 - 16 = 12$

кол-во атомов C тогда равно:

$\frac{12}{6} = 2$.

Формула искомого органического вещества



$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ - уксусная кислота (этановая)

В молекуле 8 химических связей (ковалентных), в каждой из которых принимают участие $2\bar{e}$
 $8 \cdot 2 = 16$ - столько $\bar{e}$ участвуют в образовании хим. связей в молекуле x .

N 2.3.

Олеум
(SO_3 в конц. H_2SO_4)

хлороформ

фосфорная кислота (85%)

1) В 1 склянке находились хлороформ, так как это легколетучее вещество, молекулы которого при контакте с воздухом стали покидать поверхность воды, поглощая тепло (эндотермический процесс), в результате чего температура скачком быстро упала на несколько градусов, а затем вернулась к комнатной.

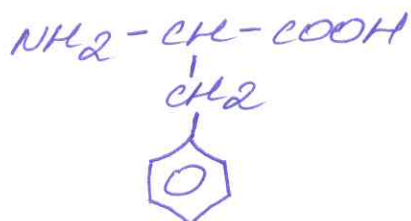
гистовик

2) Во 2 склянке находилась фосфорная кислота, так как вне зависимости от концентрации она не является летучим в-вом и не взаимодействует с молекулами воды из воздуха.

3) В 3 склянке находилась олеум, так как в его состав входит концентрированная серная кислота, которая поглощает влагу из воздуха, при этом происходит нагревание.

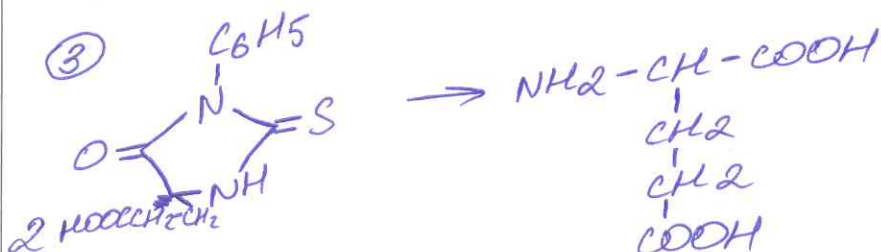
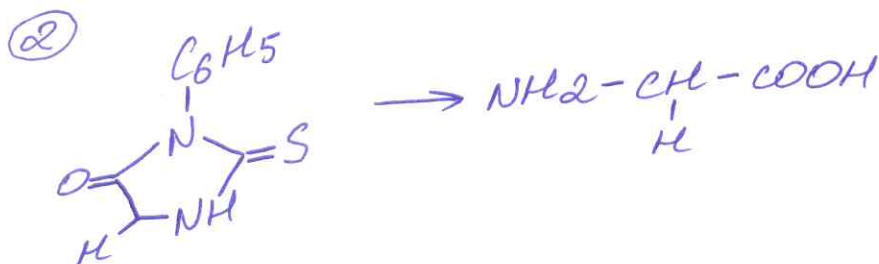
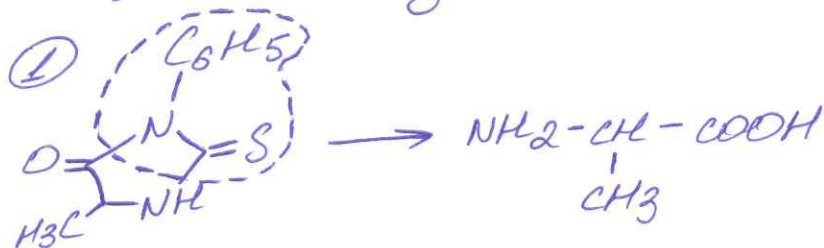
№3.3

По условию задачи обработка пептида А карбоксипептидазой приводит к образованию фенилаланина. Значит, фенилаланин — это С-концевая аминокислота в пептиде. Формула:

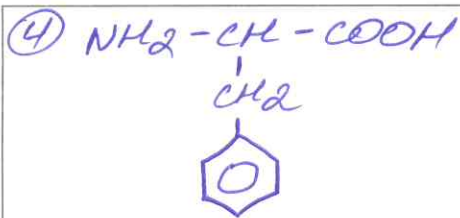


Проанализировав предложенные последовательно в реакции пептида А с фенилизотиоцианатом тиогидантоины, определим последовательность аминокислот в пептиде А.

Реактив Эдмана: $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{N} = \text{C} = \text{S}$.

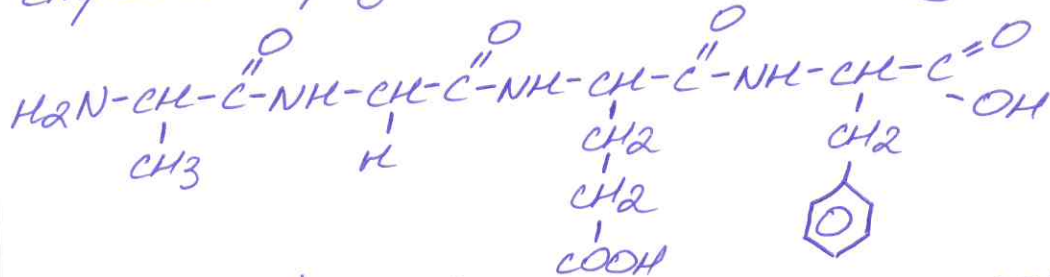


14-10-10-09
(45.3)



гистовилк.

строение предполагаемого пептида А:



$$M(\text{пептида}) = 19 \cdot 12 + 4 \cdot 14 + 7 \cdot 16 + 26 \cdot 1 = 422 \text{ г/моль.}$$

$$\text{По условию задачи } M(\text{пептида}) = 551 \text{ г/моль.}$$

$\Rightarrow$ в состав А входит ещё одна аминокислота.
 Пусть её строение $\text{NH}_2-\text{CH}-\text{COOH}$

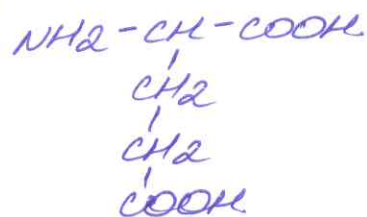
В молекуле пептида будет фрагмент

$-\underset{\text{R}}{\text{NH}}-\underset{\text{R}}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-$, так как местонахождение групп

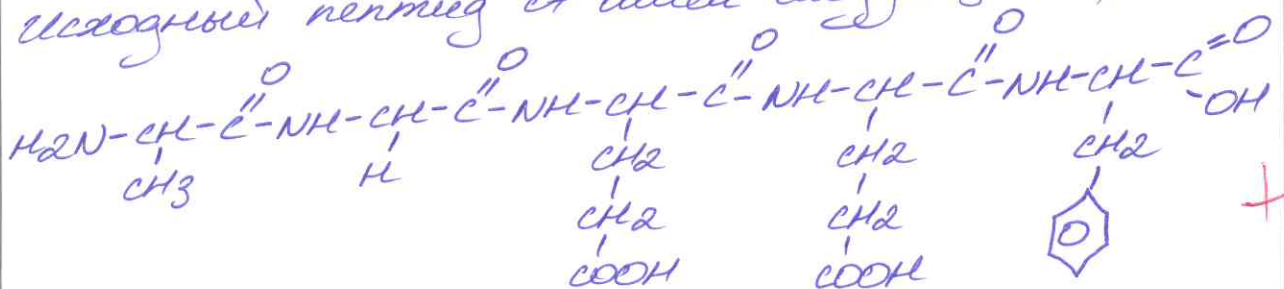
аминокислотных остатков строго определено.
 $M(-\underset{\text{R}}{\text{NH}}-\underset{\text{R}}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-) = 56 \text{ г/моль}$

$$M(\text{R}) = 551 - 422 - 56 = 73 \text{ г/моль, что соответствует фрагменту } -\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}.$$

Недостающая аминокислота:

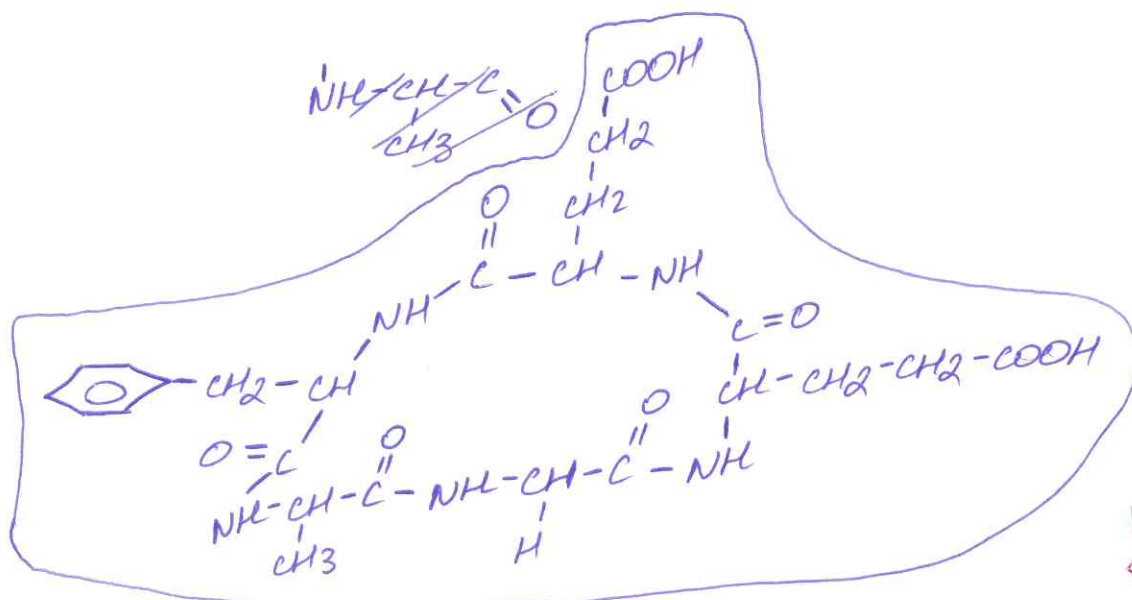


исходный пептид А имеет следующее строение:



Чтобы пептид имел такой же аминокислотный состав, но не реагировал с фенилизотиоуреа-натом, он не должен содержать N-концевую аминокислоту, что возможно при циклическом строении пептида.

Зистовик



№ 4.1.

Дано:

$$\begin{aligned} m(\text{Cu}) &= 100\text{г} \\ m_{\text{р-ра}}(\text{AgNO}_3) &= 255\text{г} \\ \omega(\text{AgNO}_3) &= 20\% \\ \omega_2(\text{AgNO}_3) &= 7,1\% \end{aligned}$$

Найти:

$$m(\text{провода после р-ции}) = ?$$

Решение:

$$\begin{aligned} \text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 &= \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag} \downarrow \\ n(\text{Cu}) &= \frac{m}{M} = \frac{100}{64} = 1,5625 \text{ моль} \\ m_{\text{в-ва}}(\text{AgNO}_3) &= 255 \cdot 0,2 = 51\text{г} \\ n(\text{AgNO}_3) &= \frac{m}{M} = \frac{51}{170} = 0,3 \text{ моль} \end{aligned}$$

Пусть в реакцию вступило x моль Cu, тогда

$$\begin{aligned} n(\text{AgNO}_3) &= 2n(\text{Cu}) = (2x) \text{ моль}; \quad n(\text{Ag}) = n(\text{AgNO}_3) = (2x) \text{ моль} \\ \text{Отсюда } m(\text{Cu}) &= (64x) \text{г}; \quad m(\text{AgNO}_3) = 2x \cdot 170 = (340x) \text{г}; \\ &\quad \text{прог.} \quad \text{прог.} \\ m(\text{Ag}) &= 2x \cdot 108 = (216x) \text{г}. \end{aligned}$$

$$\omega_2(\text{AgNO}_3) = \frac{m_{\text{ост.}}(\text{AgNO}_3)}{m(\text{конечн. р-ра})} = 0,071$$

$$m_{\text{ост.}}(\text{AgNO}_3) = m(\text{AgNO}_3)_{\text{в-ва}} - m(\text{AgNO}_3)_{\text{прог.}} = (51 - 340x) \text{г}$$

$$m(\text{конечн. р-ра}) = 255 + m(\text{Cu})_{\text{прог.}} - m(\text{Ag})_{\text{прог.}} = 255 + 64x - 216x = (255 - 152x) \text{г}$$

$$\frac{51 - 340x}{255 - 152x} = 0,071$$

4

Задачник.

$$51 - 340x = 0,071(255 - 152x)$$

$$51 - 340x = 18,105 - 10,792x$$

$$329,208x = 32,895$$

$$x = 0,1$$

$$n(\text{Cu}) = 0,1 \text{ моль}; m(\text{Cu})_{\text{прореаг}} = nM = 0,1 \cdot 64 = 6,42$$

$$m(\text{Cu})_{\text{ост.}} = 100 - 6,4 = 93,62$$

$$n(\text{Ag}) = 2n(\text{Cu}) = 0,2 \text{ моль}; m(\text{Ag})_{\text{ост.}} = nM = 0,2 \cdot 108 = 21,62$$

$$m(\text{провода после реакции}) = 100 - m(\text{Cu})_{\text{ост.}} + m(\text{Ag})_{\text{ост.}} = 93,6 + 21,6 = 115,22$$

Ответ: $m(\text{провода после реакции}) = 115,22$.

№5.3

Выведем формулу расчёта молярной массы через данные задачи:

$$n = \frac{pV}{RT}; n = \frac{m}{M} \Rightarrow \frac{m}{M} = \frac{pV}{RT} \Rightarrow M = \frac{mRT}{pV}$$

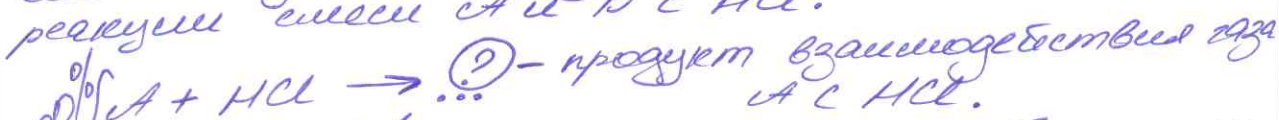
Так как $\frac{m}{V} = \rho$, то формула примет вид:

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

$$M(\text{смеси А и Б}) = \frac{1,656 \cdot 8,314 \cdot (273 + 25)^{\circ\text{C}}}{101,325} = 40,492 \text{ г/моль.}$$

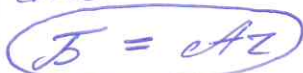
Так как создавали инертную атмосферу, газ Б - инертный, в реакцию с HCl он вступать не будет.

Согласно условию задачи напишем схему реакции смеси А и Б с HCl:



$B + HCl$ не реагируют $\Rightarrow$ газ Б остался в смеси, и на его долю приходится: $100 - 10 = 90\%$.
Значит, доля газа А в исходной смеси составляет 10% ($\frac{1}{10}$).

$$M(\text{газа Б}) = \frac{1,634 \cdot 8,314 \cdot 298}{101,325} = 39,954 \approx 40 \text{ г/моль, что соответствует аргону.}$$



Задача

Зная $M(\text{смеси})$, $M(\text{Аз})$ и тот факт, что на А приходится $\frac{1}{10}$ часть исходной смеси, найдем $M(\text{А})$:

$$M(\text{смеси А и Аз}) = \frac{m(\text{А}) + m(\text{Аз})}{n(\text{А}) + n(\text{Аз})} = \frac{1M(\text{А}) + 9M(\text{Аз})}{1 + 9} =$$

$$= \frac{M(\text{А}) + 360}{10} = 40,492 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{А}) + 360 = 404,92$$

$$M(\text{А}) = 44,92 \approx 45 \text{ г/моль.}$$

Рассмотрим возможные варианты газа А в низших углеводородах (~~алканы~~ алкены, алкины).
(непредельных)

$$M(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \cdot 12 + 6 = 30 \text{ г/моль}$$

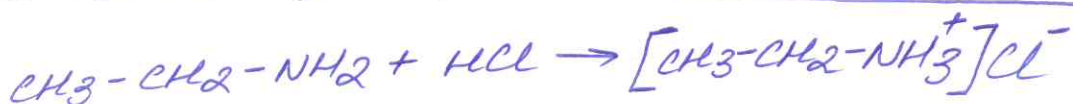
$$M(\text{C}_3\text{H}_8) = 36 + 8 = 44 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_4) = 36 + 4 = 40 \text{ г/моль.}$$

Ни один из вариантов не подходит. Тогда предположим, что А — амин, так как амины реагируют с HCl.

$$M(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 31 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2) = 45 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{А} = \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$$



$$n(\text{HCl}) = C_m \cdot V = 0,15 \cdot 0,2 = 0,03 \text{ моль}$$

$$n(\text{исх. смеси}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 2,445}{8,314 \cdot 298} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2) = \frac{1}{10} n(\text{исх. смеси}) = \frac{0,1}{10} = 0,01 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2) = 0,01 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl})_{\text{ост.}} = 0,03 - 0,01 = 0,02 \text{ моль.}$$

$$n([\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_3^+]\text{Cl}^-) = n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2) = 0,01 \text{ моль.}$$

$$V(\text{конечн. р-ра}) = V(\text{HCl}), \text{ т.к. } V(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2) \text{ очень мал}$$

$$V(\text{р-ра}) = V(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2) + V(\text{HCl}) = \frac{2,445}{10} + 0,2 = 0,24445 + 0,2 = 0,44445 \text{ л}$$

$$C_m(\text{этанол HCl}) = \frac{n}{V} = \frac{0,02}{0,44445} = 0,04 \text{ моль/л}$$

$$C_m([\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_3^+]\text{Cl}^-) = \frac{0,01}{0,44445} = 0,02 \text{ моль/л.}$$

Задача

Ответ: А - $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$; Б - CH_2 ; $C_m(\text{HCl}) = 0,04 \text{ моль/л}$
 $C_m([\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_3^+]\text{Cl}^-) = 0,02 \text{ моль/л}$

№6.1.

Дано:

$$m(\text{NaHSO}_3) = 2,08 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 800 \text{ мл}$$

$$K_{\text{дисс. I}} = 1,4 \cdot 10^{-2}$$

$$K_{\text{дисс. II}} = 6,2 \cdot 10^{-8}$$

Найти

$$\text{pH р-ра} = ?$$

Решение:



далее возможно протекание двух процессов:



Проведем расчет по гидролизу:

$$K_{\text{г}} = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_2\text{SO}_3]}{[\text{HSO}_3^-]} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_2\text{SO}_3]}{[\text{H}^+] \cdot [\text{HSO}_3^-]} = \frac{10^{-14}}{K_{\text{дисс. I}}} =$$

$$= \frac{10^{-14}}{1,4 \cdot 10^{-2}} = 7,14 \cdot 10^{-13}$$

$$K_{\text{г}} \ll K_{\text{дисс. II}} (7,14 \cdot 10^{-13} \ll 6,2 \cdot 10^{-8})$$

Среда раствора определяется диссоциацией по II ступени $\Rightarrow$ среда кислая, $\text{pH} < 7$.

$$n(\text{NaHSO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{2,08}{104} = 0,02 \text{ моль}$$

$$C_m(\text{NaHSO}_3) = \frac{n}{V} = \frac{0,02}{0,8} = 0,025 \text{ моль/л}$$



Пусть продиссоциировало x моль HSO_3^- , тогда

$$[\text{HSO}_3^-] = [0,025 - x] \text{ моль/л}; [\text{H}^+] = [\text{SO}_3^{2-}] = [x] \text{ моль/л}$$

$$K_{\text{дисс. II}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} = \frac{x^2}{0,025 - x} = 6,2 \cdot 10^{-8}$$

Так как $K_{\text{дисс. II}}$ - очень маленькое значение, $x \ll 0,025$. Уравнение примет вид:

$$\frac{x^2}{0,025} = 6,2 \cdot 10^{-8}$$

$$x^2 = 0,025 \cdot 6,2 \cdot 10^{-8}$$

$$x^2 = 0,155 \cdot 10^{-8}$$

$$x = 3,94 \cdot 10^{-5}$$

Задача 1.

$$[H^+] = 3,94 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

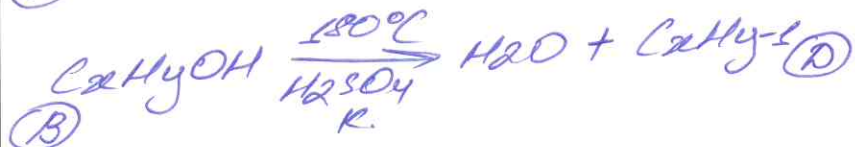
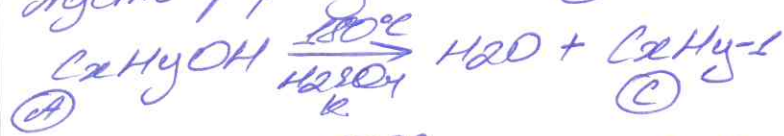
$$pH_{р-ра} = -\lg[H^+] = -\lg(3,94 \cdot 10^{-5}) = 4,4.$$

Ответ: $pH = 4,4$.

X

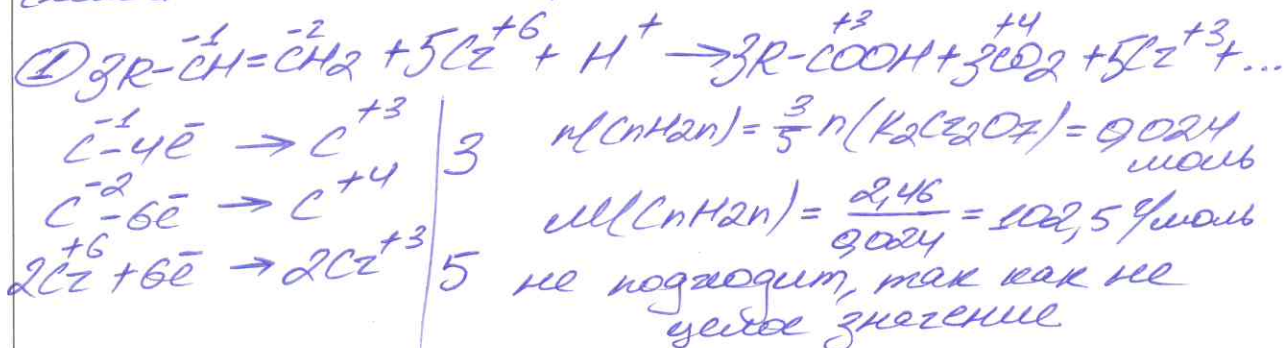
Задача 2.

Пусть формула исходных спиртов: $C_nH_{2n}OH$.



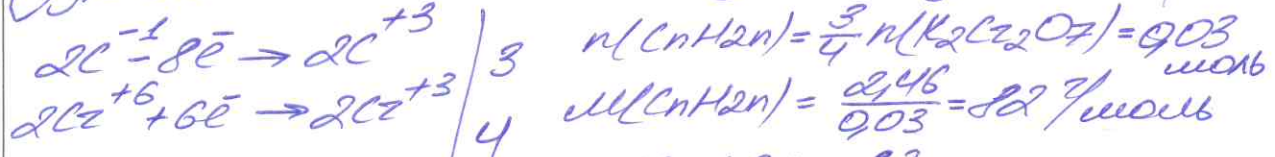
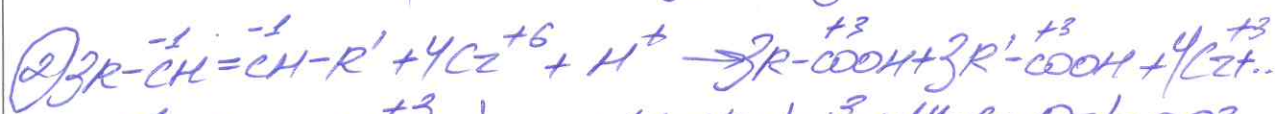
$$n(K_2Cr_2O_7) = C_m \cdot V = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ моль.}$$

В зависимости от строения алкена, возможны разные протекания реакции с дихроматом калия и серной кислотой. Изобразим схематично эти варианты:



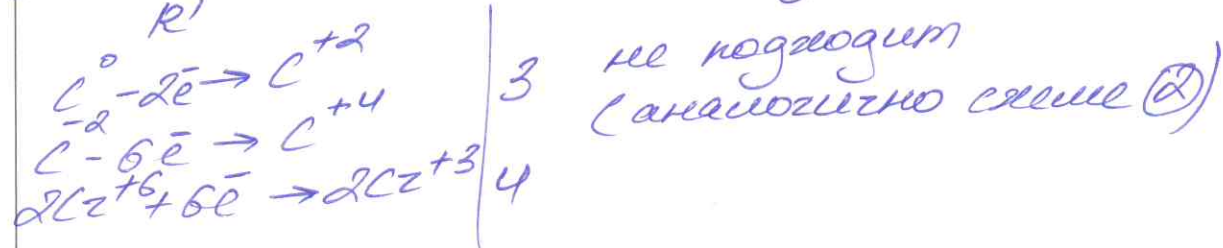
$$\begin{aligned} n(C_nH_{2n}) &= \frac{3}{5} n(K_2Cr_2O_7) = 0,024 \text{ моль} \\ M(C_nH_{2n}) &= \frac{2,46}{0,024} = 102,5 \text{ г/моль} \end{aligned}$$

не подходит, так как не целое значение

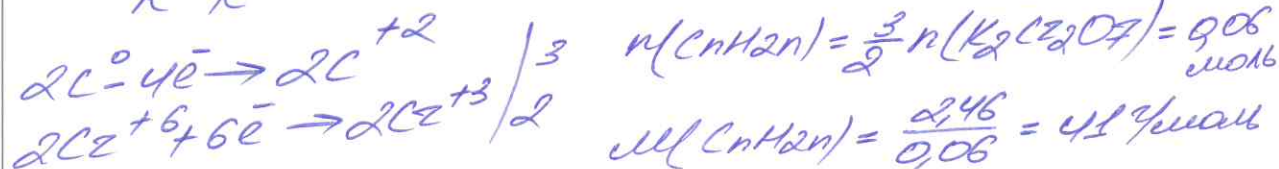
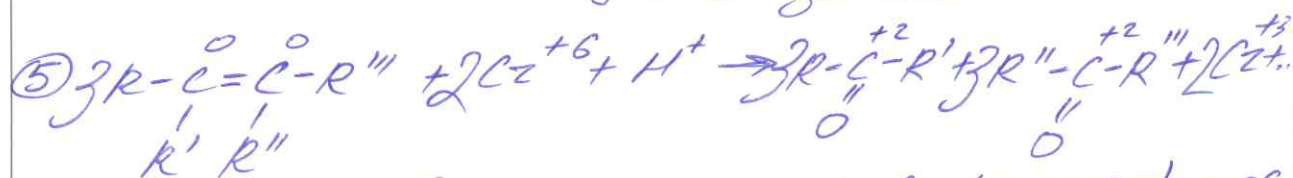
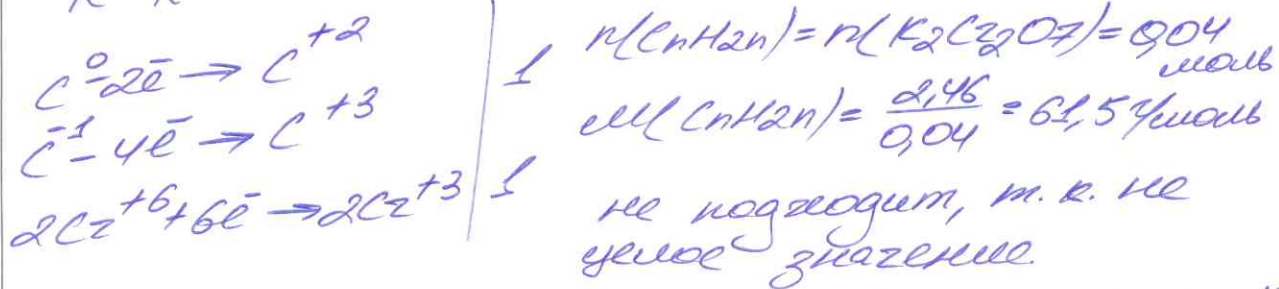
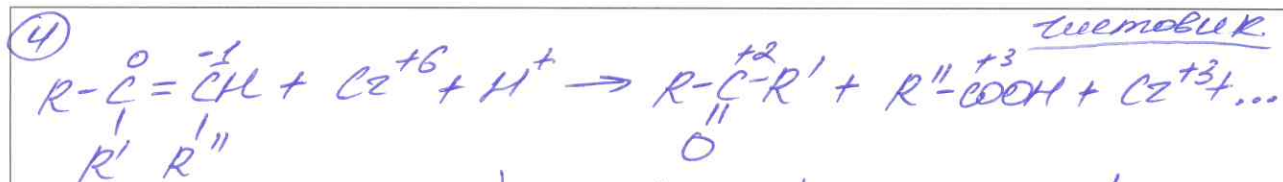


$$\begin{aligned} n(C_nH_{2n}) &= \frac{3}{4} n(K_2Cr_2O_7) = 0,03 \text{ моль} \\ M(C_nH_{2n}) &= \frac{2,46}{0,03} = 82 \text{ г/моль} \\ 12n + 2n &= 82 \\ 14n &= 82 \\ n &= 5,857 \neq \text{целое} \end{aligned}$$

⇒ не подходит.



не подходит (аналогично схеме (2))



$$14n = 41$$

$$n = 2,93 \notin \mathbb{Z} \text{ (не целое)}$$

⇒ не подходит.

Рассмотрев все варианты, приходим к выводу, что ни один из типов строения ациклического алкена не удовлетворяет условию задачи. Тогда предположим, что алкены C и D содержат в своем составе цикл. Общая формула циклоалкенов: C_nH_{2n-2} .
 Данное значение молярной массы алкена получено при соотношении коэффициентов 3:4 и 3:2.

Если $n(C_nH_{2n-2}) = \frac{3}{4} n(K_2C_2O_7)$, то
 $m(C_nH_{2n-2}) = 82 \text{ г/моль (схема 2)}$

$$14n - 2 = 82$$

$$14n = 84$$

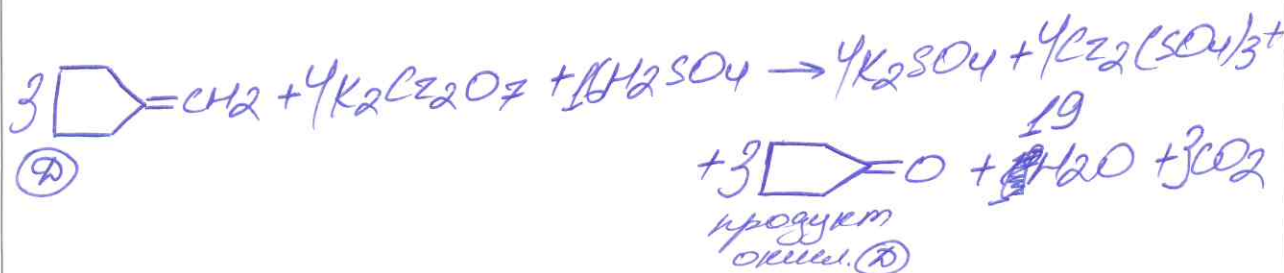
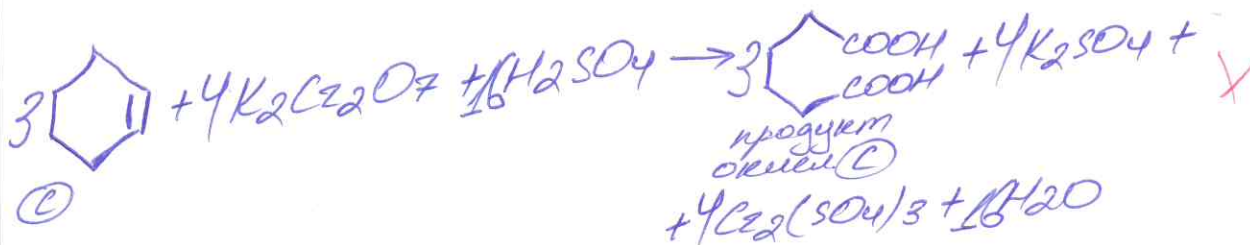
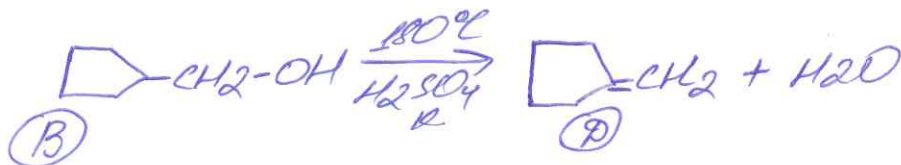
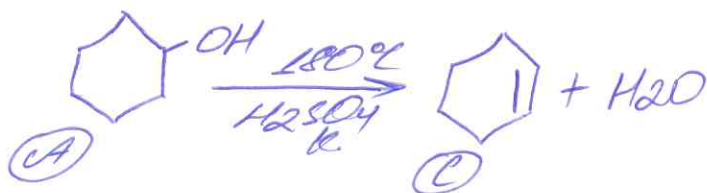
$n = 6 \Rightarrow$ формула алкенов C и D: C_6H_{10} .

Тогда формулы A и B: $C_6H_{10}OH$ - спирты, содержащие цикл.

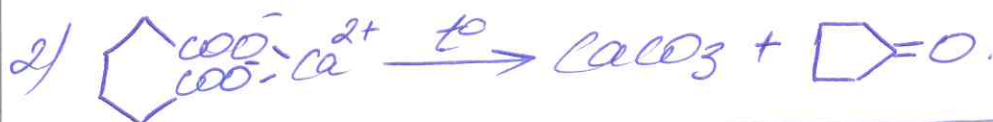
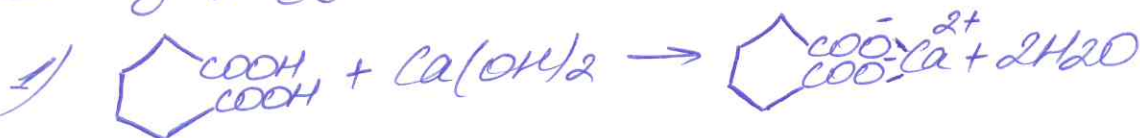
Предположим, что A:  ;

B:  .

гистовик:



Получение в 2 стадии продукта окисления (D) из продукта окисления (C)



№8.2.



H_2SO_4 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ входят в состав соли А.

$\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ - кристаллы соли А.

По условию $w(\text{Al}) = 8,22\%$

10 Продолжение на стр. 12

$$\frac{m(x)}{M(A)} = \frac{x}{x+435} = 0,0822$$

устовик

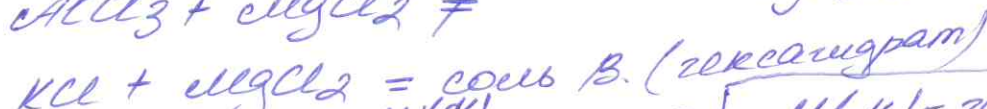
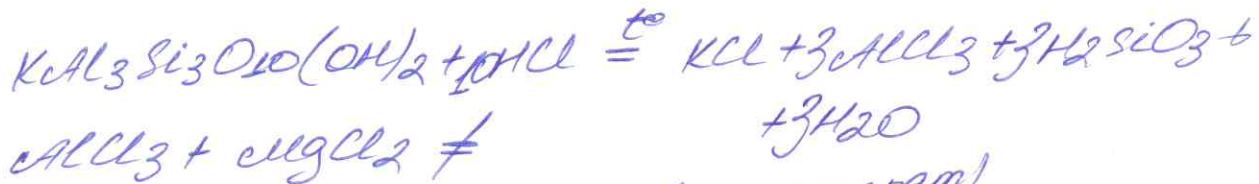
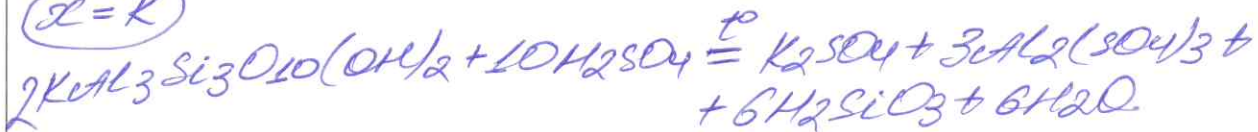
$$x = 0,0822(x+435)$$

$$x = 0,0822x + 35,757$$

$$0,9178x = 35,757$$

$x = 38,96 \approx 39$, что соответствует калию

$$(x = K)$$

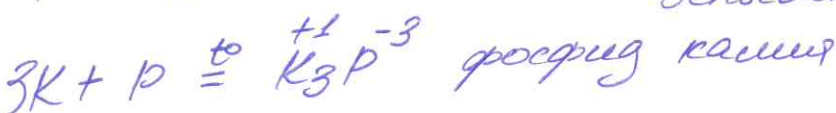
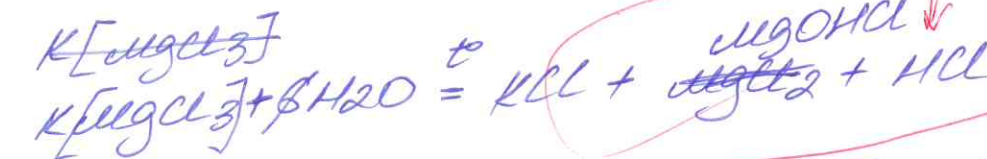
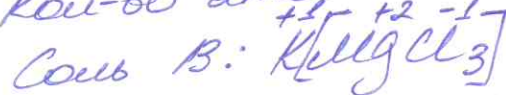


по условию $\frac{m(K)}{m(Mg)} = 1,625$

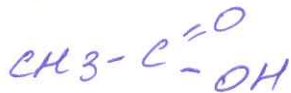
$$\left[\begin{array}{l} M(K) = 39 \text{ г/моль} \\ M(Mg) = 24 \text{ г/моль} \end{array} \right]$$

Пусть в В входит 1 атом Mg, тогда $\frac{m(K)}{24} = 1,625 \Rightarrow m(K) = 39$

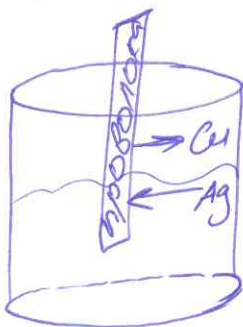
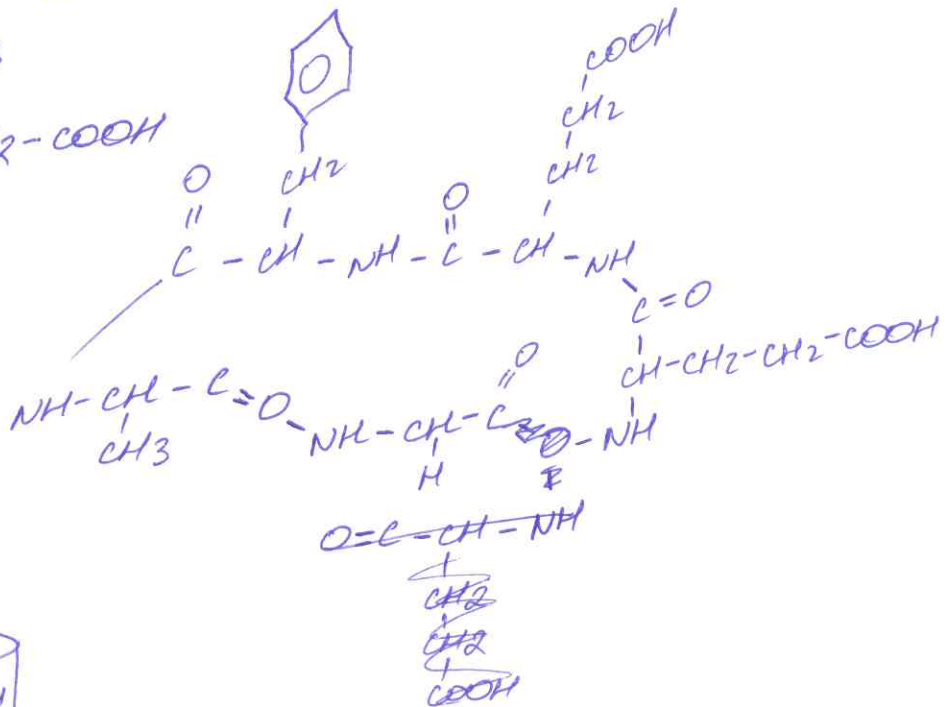
Количество атомов K в В: $\frac{39}{39} = 1$



герновик



73 Чума



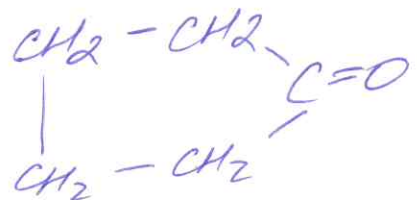
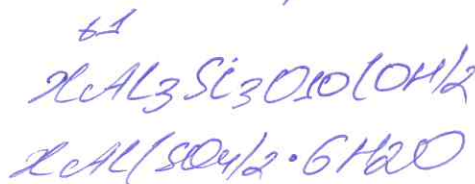
$$n = \frac{pV}{RT}$$

$$pV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{p}$$

моль. ... К
КПа

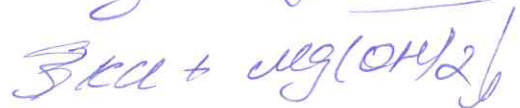
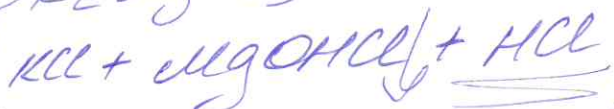
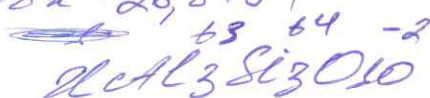
0 56
28 48
64 3
?



$$6H_2SiO_3 + 6H_2O \rightarrow 2 \frac{x}{x+327} = 0.0822$$

$$x = 0.082222 + 26.8794$$

$$0.082222 = 26.8794$$



0,4445