



дешифр

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников " ЛОМОНОСОВ "
наименование олимпиады

по Химии
профиль олимпиады

Зелцера Константина Николаевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«02» марта 2025 года

Подпись участника
Зелцера

19-14-70-49
(44.10)

Чистовик.

1	2	3	4	5	6	7	8
6	6	7	10	14	18	18	14
1.5.							
$\Sigma = 93$							

Задача

В молекуле ^{12}C - 6е и 6п, в ^{16}O - 8е и 8п, в ^1H - 1е и 0п

Пусть $n(\text{C}) = x$, $n(\text{O}) = y$, $n(\text{H}) = z$.

$$\begin{cases} 6x + 8y = 34 \\ 6x + 8y + z = 40 \end{cases}$$

Вычитая из 2-го уравнения первое получаем:
 $z = 6 \Rightarrow n(\text{H}) = 6$

$$6x + 8y = 34$$

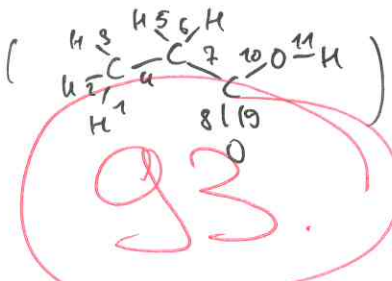
$$y = \frac{34 - 6x}{8}$$

Составим таблицу

x	1	2	3	4	5
y	3,5	2,75	2	1,25	0,5

данные перебрать не имеет смысла, т.к. кол-во атомов не может быть меньше 1.

Из таблицы единственно возможный вариант при $x=3$, $y=2$.
т.е. $\text{X} = \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ - это может быть



- 11 связей, в каждой $2e^- \Rightarrow$ всего $11 \cdot 2 = 22e^-$ участвующих в образовании связей.
пропановая кислота

Задача 2.4

Скелет 1 - бензол. Температура кипения из-за испарения бензола (бензол летуч, а испарение - процесс эндотермический (затрат с поглощением тепла))

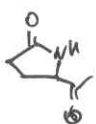
Скелет 2 - вазелиновое масло. При нагревании ред испарения Т (вазелиновое масло при нагревании не испаряется, и не реагирует с компонентами воздуха)

Скелет 3 - конц. серная кислота. Т кипения высокая, т.к. конц. H_2SO_4 поглощает воду из воздуха, а процесс разбавления H_2SO_4 экзотермический (идёт с выделением тепла)

Задача 3.2.

Вопрос 1.
 $\text{H}_2\text{N}-\text{Phe}-\text{Glu}-\text{Ala}-\text{Ala}-\text{Ser}-\text{COOH}$ (т.к. если в пептиде только 1 Phe, 1 Glu, 1 Ala и 1 Ser, то его $M = 452$ $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$, что отличается от 523 на 71 $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$ что соответствует 1 молекуле H_2O (выделяется при образовании пептидной связи).

Вопрос 2.
Нужно закрыть H_2N -группу $\Rightarrow$ пептид должен быть циклическим
и этого можно добиться за счёт Glu, т.е. он должен быть на N-конце.



предельная форма - ?

или любые другие варианты, главное - отщипнуть Glu на N-конце.
Phe - фенилаланин Glu - глютаминовая кислота Ala - аланин Ser - серин

Чистовик.

Задача 4.6.



Пусть прореагировало n_p CuSO_4 . Тогда масса р-ра увеличится на $n_p(M_{\text{Cu}} - M_{\text{Fe}}) = n_p \cdot (64 - 56) = 8 \cdot n_p$ г

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{было} \quad \frac{280 - 0,2}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{56}{160} = 0,35 \text{ моля } \text{CuSO}_4$$

$$\text{Тогда } m_2 = \frac{(0,35 - n_p) \cdot M_{\text{CuSO}_4}}{280 - 8 \cdot n_p} = \frac{(0,35 - n_p) \cdot 160}{280 - 8 \cdot n_p} = 0,069$$

$$56 - 160 n_p = 19,37 - 0,552 n_p$$

$$159,448 n_p = 36,68 \quad n_p = \frac{36,68}{159,448} = 0,23 \text{ моля } \text{CuSO}_4 \text{ прореагировало}$$

Масса взвеса увеличивается на $n_p(M_{\text{Cu}} - M_{\text{Fe}}) = n_p(64 - 56) = 8 n_p$ г

$$\Rightarrow m_{\text{веса}} = 20 + 8 \cdot n_p = 20 + 8 \cdot 0,23 = 21,84 \text{ г.}$$

Ответ: 21,84 г. +

Задача 3.1.

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT \quad p = \frac{m}{V} \Rightarrow M = \frac{pRT}{p} \quad 1 \text{ атм} = 101,325 \text{ кПа} \quad 30^\circ\text{C} = 273 + 30 = 303 \text{ K}$$

$$M_1 = \frac{1,536 \cdot 8,314 \cdot 303}{101,325} = 38,2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \quad M_2 = \frac{1,609 \cdot 8,314 \cdot 303}{101,325} = 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M_1 = M(A) \cdot \chi_A + M(B) \cdot \chi_B = M(A) \cdot \chi_A + M(B) \cdot (1 - \chi_A) \quad \chi - \text{мольная доля.}$$

Взвешивая компоненты смеси, мы можем найти A или B по известной массе смеси. Это не работает, так как A и B имеют одинаковую молярную массу, поэтому не различаются.

Если вес A известен, то $M_2 = M(B) = 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ - это Ar (действительно создает инертную атмосферу).

Итак $A - \text{CH}_3\text{NH}_2$, $B - \text{Ar}$.

$$\text{Проверка: } M(\text{CH}_3\text{NH}_2) \cdot \chi(\text{CH}_3\text{NH}_2) + M(\text{Ar}) \cdot \chi(\text{Ar}) = 17 \cdot 0,2 + 40 \cdot 0,8 = 38,2$$

$$\text{Найдём } M(A): M(A) = \frac{38,2 - M(B) \cdot \chi_B}{\chi_A} = \frac{38,2 - 40 \cdot 0,8}{0,2} = 37 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - \text{т.е. } A \text{ имеет}$$

$\text{NH}_2 \Rightarrow$ обладает основными свойствами. Учитывая это A - метиламин CH_3NH_2 .

$$pV = nRT \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1,743}{8,314 \cdot 303} = 0,05 \text{ моля.} \Rightarrow n(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 0,05 \cdot 0,2 = 0,01 \text{ моля.} \quad n(\text{HCl}) = V_{\text{HCl}} \cdot C_{\text{HCl}} =$$

$= 0,15 \cdot 0,12 = 0,03$ - она в избытке вес CH_3NH_2 определяем ($\text{HCl} + \text{CH}_3\text{NH}_2 = \text{CH}_3\text{NH}_3^+\text{Cl}^-$) и останется

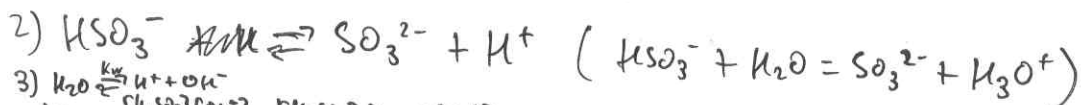
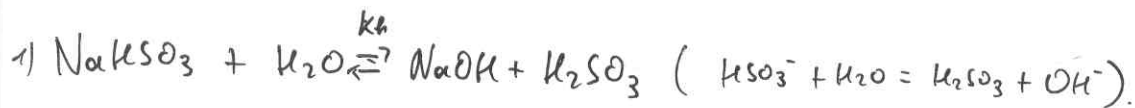
$$0,03 - 0,01 = 0,02 \text{ моля } \text{HCl.} \quad C = \frac{n}{V}. \quad \text{Тогда } C(\text{CH}_3\text{NH}_3^+\text{Cl}^-) = \frac{0,01}{0,25} = 0,04 \text{ M} \quad C(\text{HCl}) = \frac{0,02}{0,25} = 0,08 \text{ M.}$$

$A - \text{CH}_3\text{NH}_2$ $B - \text{Ar}$.

+

Частовит
Задача 6.4.

$$K_{g1} = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{[H_2SO_3]} \quad K_{g2} = \frac{[H^+][SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]} \quad K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$



3) $H_2O \xrightleftharpoons{K_h} H^+ + OH^-$
 $K_h = \frac{[H_2SO_3][OH^-]}{[HSO_3^-]} = \frac{[H_2SO_3][OH^-][H^+]}{[HSO_3^-][H^+]} = \frac{K_w}{K_{g1}} = \frac{10^{-14}}{1,4 \cdot 10^{-2}} = 7,14 \cdot 10^{-13}$

Т.к. $K_{g2} = 6,2 \cdot 10^{-8} > K_h = 7,14 \cdot 10^{-13} \Rightarrow K_{g2} > K_h$ и $[H^+] > [OH^-] \Rightarrow$ среда кислая.

Конечно, можно предположить, что реакция № 1 практически не протекает, и считать $[H^+] \Rightarrow$ и pH только р-ни 2 и K_{g2} .

Но можно сделать и более точно.

В этом случае $K_{g2} = \frac{[H^+][SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]} = \frac{[H^+]^2}{[HSO_3^-]_0 - [H^+]} \approx \frac{[H^+]^2}{[HSO_3^-]_0}$
 $[HSO_3^-]_0 = n_{NaHSO_3} = \frac{m}{M} = \frac{3,12}{104,1} = 0,03 \text{ M}$
 Тогда $pH = -\lg[H^+] = -\lg(\sqrt{K_{g2} \cdot [HSO_3^-]_0}) = -\lg(\sqrt{6,2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,03}) \approx 4,4$ +

Но можно произвести более точный расчет. Пусть C_0 — начальная концентрация $NaHSO_3$.
 Тогда можно составить уравнение материального баланса и электронейтральности:

$$C_0 = [H_2SO_3] + [HSO_3^-] + [SO_3^{2-}] = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{K_{g1}} + [HSO_3^-] + \frac{K_{g2}[HSO_3^-]}{[H^+]} = [HSO_3^-] \cdot \left(\frac{[H^+]}{K_{g1}} + 1 + \frac{K_{g2}}{[H^+]} \right) = [HSO_3^-] \cdot \left(\frac{[H^+]^2 + K_{g1}[H^+] + K_{g1}K_{g2}}{K_{g1}[H^+]} \right)$$

$$[OH^-] + [HSO_3^-] + 2[SO_3^{2-}] = [H^+] + [Na^+]$$

$$\frac{K_w}{[H^+]} + [HSO_3^-] + 2 \cdot \frac{K_{g2}[HSO_3^-]}{[H^+]} = [H^+] + C_0$$

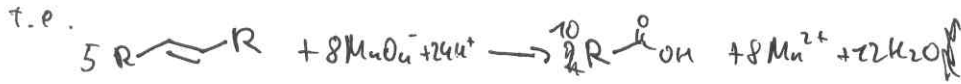
$$[HSO_3^-] = \frac{[H^+] + C_0 - \frac{K_w}{[H^+]}}{1 + \frac{2K_{g2}}{[H^+]}} = \frac{[H^+] + C_0 - \frac{K_w}{[H^+]}}{\frac{[H^+] + 2K_{g2}}{[H^+]}} = \frac{[H^+]^2 + C_0[H^+] - K_w}{[H^+] + 2K_{g2}}$$

Совместив эти два выражения получаем: $C_0 = \frac{[H^+]^2 + C_0[H^+] - K_w}{[H^+] + 2K_{g2}} \cdot \left(\frac{[H^+]^2 + K_{g1}[H^+] + K_{g1}K_{g2}}{K_{g1}[H^+]} \right)$

Подставив $C_0 = 0,03$, $K_{g1} = 1,4 \cdot 10^{-2}$ и $K_{g2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$ и решив полученное уравнение найдем:
 $[H^+] = 2,4311 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ $pH = -\lg(2,4311 \cdot 10^{-5}) \approx 4,6$ — это довольно слабо отклоненный от заданного значения.

Задача 7.3

Докажем, что оба атома C при двойной связи окисляются до углекислоты. (Также этой подгруппе соответствует, если один атом до карбоновой, а второй до CO_2).

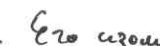
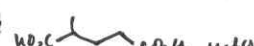
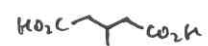


Тогда $n_{\text{окислен}} = \frac{5}{8} \cdot n_{\text{кислор}} = \frac{5}{8} \cdot V \cdot C = \frac{5}{8} \cdot 0,2 \cdot 0,16 = 0,02 \text{ моль}$.

Тогда $M_{\text{алкена}} = \frac{m}{n} = \frac{7,64}{0,02} = 82$. - но алкена с такой M и общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

(т.к. $\frac{82}{14} = 5,85$, а значит не целое), но $\frac{84}{14} = 6$ - т.е. алкен формулы C_6H_{10} , но

т.к. двойная связь одна, второй степень неэквивалентности $\Rightarrow$ в цикле 5 или 6 атомов.

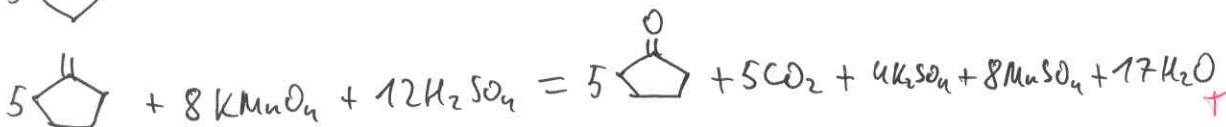
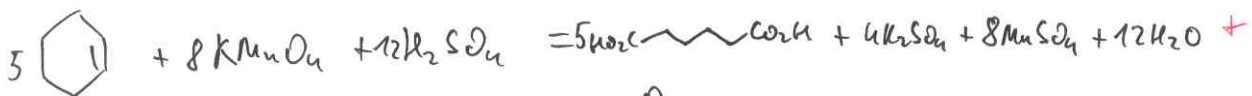
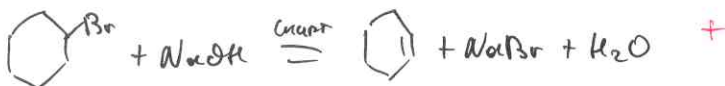
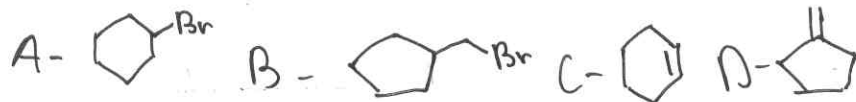
т.к. формула алкена C_6H_{10} , то есть 1 вариант 6-членного цикла -  и при окислении получается . Это изомер - 5-чл. цикл, то есть несколько вариантов:  продукт окисления -   если двойная связь не у метильной группы, то  или .

Но для всех этих 3-х соединений трудно представить 2-хэтапное превращение в  или наоборот.

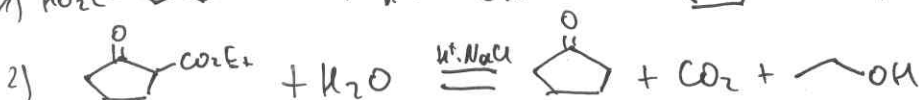
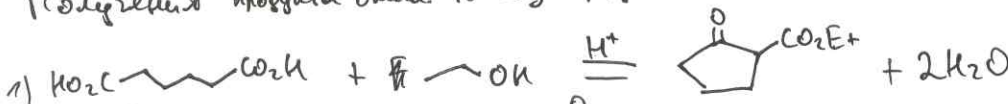
Но ещё остаётся вариант  и продукт окисл.  и CO_2 .

Итого его действительно можно получить из  в 2 стадии.

Тогда в итоге:



Получения продукта окисл D из продукта ок. C:



Итоговик Задача 8.5.

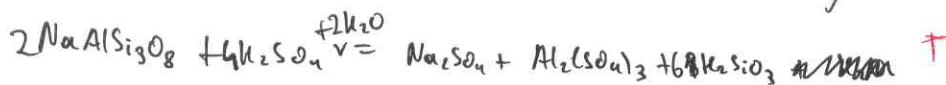
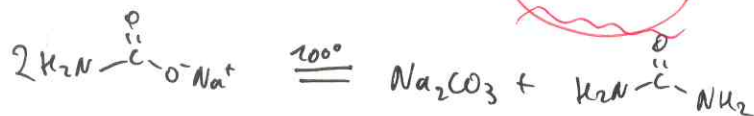
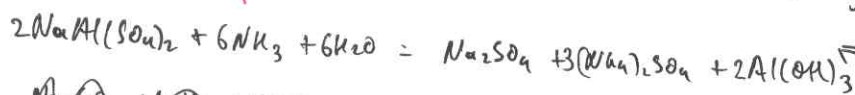
Найдем количество атомов. $X: n(O) \cdot 2 - n(Si) \cdot 4 - n(Al) \cdot 3 = 8 \cdot 2 - 3 \cdot 4 - 3 \cdot 1 = 1$.

Допустим в B 1 атом Al. Тогда $M(X) = \frac{27 \cdot 2,555}{n} = 69n$, где n - кол-во X в B.
При $n=3$, $M(X) = 207$ - это Na, что сходится со степенью окисления.

Тогда B - $Na_3[AlF_6]$

Тогда $M(A) = \frac{m(MNa)}{m(Mn)} = \frac{23}{0,0502} = 458$, что соответствует $NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

Итого: X - Na A - $NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ B - $Na_3[AlF_6]$.

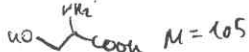
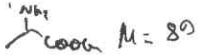
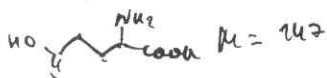


19-14-70-49
(44.10)

Черновик

генипп

74



506

$$C_{H_2O_3} = \frac{[H^+][C_{H_2O_3}]}{K_{a1}} + \frac{K_{a2}[C_{H_2O_3}]}{[H^+]} = [H_2O_3] + [H_2O_3] + \frac{K_{a2}}{[H^+]} - [H^+]$$

$$\frac{K_{a1}}{[H^+]} + [H_2O_3] + 2[H_2O_3] = \frac{C}{[H^+]} + [H^+]$$

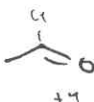
или $K_{a1}C_{H_2O_3}$

$$[H_2O_3] = \frac{C + [H^+] \frac{K_{a2}}{[H^+]}}{1 + 2 \frac{K_{a2}}{[H^+]}}$$

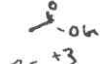
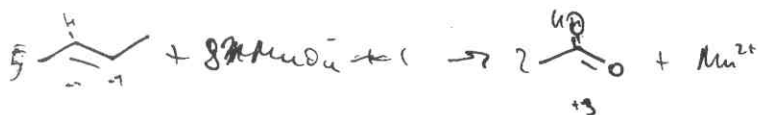
$$\frac{[H^+] + 2K_{a2}}{[H^+]} = \frac{[H^+] + 2K_{a2}}{[H^+]}$$

$$C = [H_2O_3] \left(\frac{[H^+]}{K_{a1}} + \frac{K_{a2}}{[H^+]} + 1 \right)$$

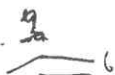
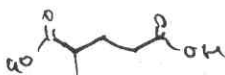
$$= \frac{K_{a1}K_{a2}}{([H^+])^2 + K_{a1}[H^+] + K_{a1}K_{a2}}$$



C



5 6



6

