



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Химии
профиль олимпиады

Ставских Вероники Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

« 2 » марта 2025 года

Подпись участника

Встаф

56-82-76-73

(45.2)

Черновик

79

1.4. X C, H, O

32 e и 28 on

C - 6n, 6e

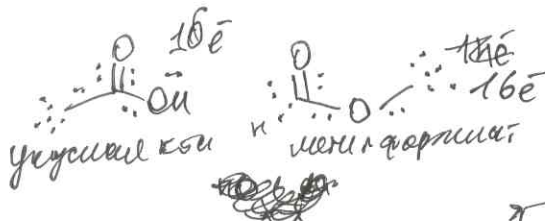
H - 1n, 1e

O - 8n - 8e

C₂O₂ - 28n

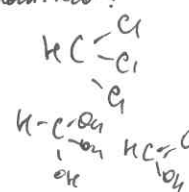
C₂H₄O₂ - 32e

C₂H₄O₂

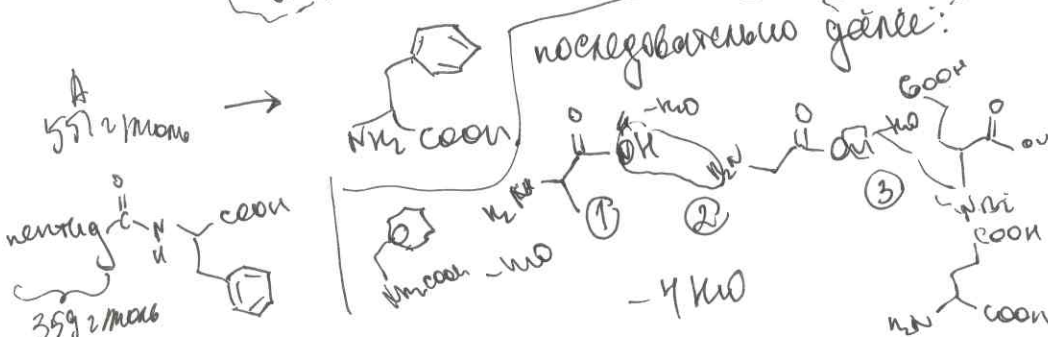
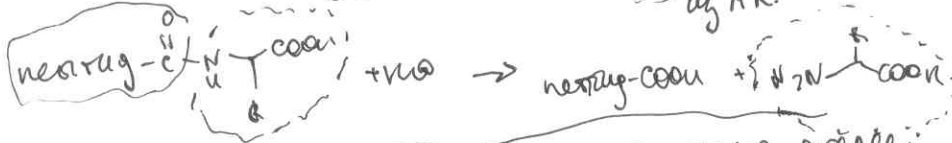
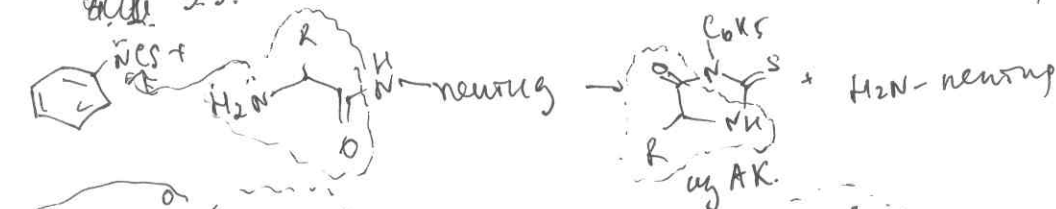


2.3. олеум SO₃·H₂SO₄; SiCl₄; H₃PO₄(a.)

1. ~~поднимают~~ ушла SO₃·H₂SO₄ (+O₂+H₂O) ... H₃PO₄ лог. мо?
2. не ут. SiCl₄
3. поднимаются SO₃·H₂SO₄ (+O₂+H₂O) *



3.3.



4.1. 100 ~ 255 ~ 20% AgNO₃ ω₂ = 7,1%

SiO₂ 1,5628 моль 512; D = 0,3 моль 0,3

м. формулы: - m(Cu) реаг + m(Ag) ↓

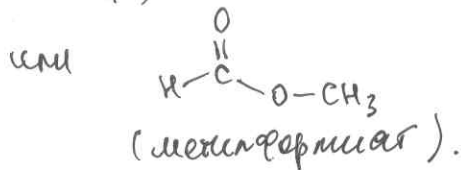
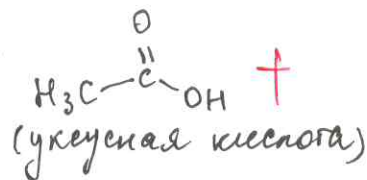


м.пра. пов = 2552 - m(Ag) ↓ + m(Cu) из про. волокна

Чистовик

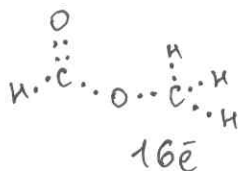
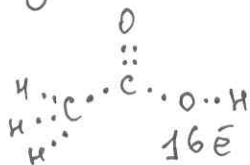
Задача 1.4.

$X = C_2H_4O_2$ $\dagger$ Возможные формулы:
(28 э.м., 32 э.е.)



Число электронов, участвующих

в образовании связей равно 16. $\dagger$



Задача 4.1



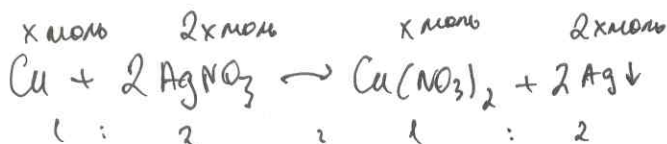
$$m_{\text{ра}} AgNO_3 = 255 \text{ г}, \quad m(AgNO_3) = m \cdot \omega = 255 \cdot 0,2 = 51 \text{ г.}$$

$$\nu_0(AgNO_3) = \frac{m}{M} = \frac{51 \text{ г}}{170 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль} \quad \dagger$$

$$m_{\text{прореагировавшего}} = m_0(Cu) - m_{\text{реагировавшего}}(Cu^{2+}) + m(Ag \downarrow)$$

$$m_{\text{1 пр}} = m_{\text{ра}} AgNO_3 - m(Ag \downarrow) + m_{\text{реагировавшего}}(Cu^{2+})$$

Пусть прореагировало x моль Cu . $\nu_0(Cu) = \frac{100}{64} = 1,5625$ моль
медь сильно окислится.



тогда в растворе осталось $(0,3 - 2x)$ моль $AgNO_3$
Запишем выражение для массовой доли $AgNO_3$ в кон. пр.

$$\frac{(0,3 - 2x) \cdot 170}{255 + 64 \cdot x - 108 \cdot 2x} = 0,071 \quad \frac{m_{AgNO_3}}{m_{\text{ра}}} = \omega$$

$$\Rightarrow x = 0,1 \text{ моль} \quad \dagger$$

Чистовик.

Задача 4.1. (продолжение).

тогда вошло в реакцию 0,1 моль Cu ,
выпало в осадок 0,2 моль Ag .

$$m_{\text{провода}} = 100 \text{ г} - (0,1 \cdot 64) \text{ г} + (2 \cdot 108) \text{ г} = 115,2 \text{ г}.$$

Ответ: $m_{\text{провода}} = 115,2 \text{ г}$. +

Задача 5.3

$$p = \frac{p \cdot M}{RT}. \text{ Найдём } M \text{ смеси. } \frac{pRT}{p} = M. M = \frac{1,656 \cdot 8,314 \cdot 298}{101,325} =$$

$$= 40,49 \text{ г/моль. } (\approx 40,5 \text{ г/моль})$$

газ Б - создаёт инертную атмосферу и не реак. с HCl .
тогда после пропускания через HCl ост. только газ Б, а
его объём составил 90% от первоначального.

$\chi_{\text{газ А}} = \chi_{\text{газ Б}}$. Тогда газ А доли 10%, а Б 90%.

$$\chi(\text{Б}) = \frac{p \cdot M(\text{Б})}{R \cdot T} \quad M(\text{Б}) = \frac{p(\text{Б}) \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1,634 \cdot 8,314 \cdot 298}{101,325} = 39,95 \text{ г/моль} +$$

это соответствует аргону. Б = Аг. + $(M(\text{Б}) \approx 40 \text{ г/моль})$

$$\chi_{\text{А}} \cdot M(\text{А}) + \chi_{\text{Б}} \cdot M(\text{Б}) = M(\text{смеси}) \quad \begin{matrix} \chi_{\text{А}} = 0,1 \\ \chi_{\text{Б}} = 0,9 \end{matrix}$$

$$0,1 \cdot M(\text{А}) + 0,9 \cdot 40 = 40,5$$

$$\Rightarrow M(\text{А}) = 45 \text{ г/моль. Газ А обладает основными}$$

свойствами т.к. поглощается соляной кислотой.

можно предположить, что это амин. $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$

$(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \text{ — } \text{NH}_2 \text{ этиламин или } (\text{CH}_3)_2\text{NH} \text{ — } \text{NH} \text{ диметиламин}).$

А = $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$

Б = Аг.

$$V_{\text{смеси}} = 2,445 \text{ л } (T = 298) \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \begin{matrix} T_1 = 298 \text{ К} \\ T_2 = 273 \text{ К} \end{matrix}$$

$$V_1 = 2,445 \text{ л}, V_2 = ?$$

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{2,445 \cdot 273}{298} = 2,24 \text{ л. } V_{\text{смеси}} = \frac{V}{V_m} = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 0,1$$

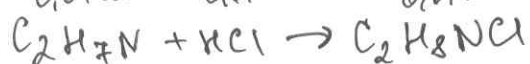
$$\text{Значит } V(\text{C}_2\text{H}_7\text{N}) = 0,1 \cdot 0,1 = \chi(\text{C}_2\text{H}_7\text{N}) \cdot V_{\text{смеси}} = 0,01 \text{ моль} +$$

Задача 5.3. продолжение

Чистовик

$$V(\text{HCl}) = cV = 0,15 \text{ М} \cdot 0,2 \text{ л} = 0,03 \text{ моль.}$$

0,01 моль 0,01 моль 0,01 моль.



$$c(\text{HCl}) = \frac{V_{\text{ост. HCl}}}{V_{\text{ра}}} = \frac{(0,03 - 0,01) \text{ моль}}{0,2 \text{ л}} = 0,1 \text{ М} \quad +$$

$$c(\text{C}_2\text{H}_8\text{NCl}) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_8\text{NCl})}{V_{\text{ра}}} = \frac{0,01 \text{ моль}}{0,2 \text{ л}} = 0,05 \text{ М.} \quad +$$

Ответ: $A = \text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ $B = A$

$$c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ М}$$

$$c(\text{C}_2\text{H}_8\text{NCl}) = 0,05 \text{ М.}$$

Задача 6.1.

$$V(\text{NaHSO}_3) = \frac{2,082}{1042 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль. } c(\text{NaHSO}_3) = \frac{0,02 \text{ моль}}{0,8 \text{ л}} = 0,025 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \quad +$$



Среда - кислая, слабощелоч.

$$K_1 = \frac{[\text{HSO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{SO}_3]} \quad \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} \quad \text{HSO}_3^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-} \quad K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$$

Диссоциация HSO_3^- будет происходить очень слабо:

$$\begin{aligned} \text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} &\rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{OH}^- \quad K_{\text{шлр}} = \frac{[\text{OH}^-][\text{H}_2\text{SO}_3]}{[\text{HSO}_3^-]} = \\ &= \frac{K_w}{K_1} = \frac{[\text{OH}^-][\text{H}^+][\text{H}_2\text{SO}_3]}{[\text{HSO}_3^-][\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{1,4 \cdot 10^{-2}} = 7,1 \cdot 10^{-13} = K_{\text{шлр}}. \quad + \end{aligned}$$

$K_{\text{шлр}} \ll K_2$, значит диссоциация предлагает над гидромизом, среда будет кислая. $+$

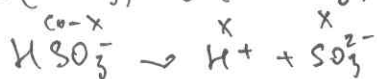
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Задача 6.1. продолжение

Чистовик

$$K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8} = \frac{[H^+][SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]}$$

$$C_0(HSO_3^-) = C(NaHSO_3) = 0,025 \text{ M}; [H^+] = [SO_3^{2-}] = x$$



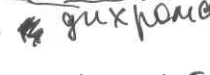
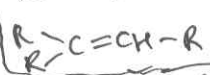
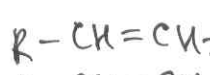
$$\frac{x^2}{0,025 - x} = 6,2 \cdot 10^{-8} \Rightarrow x = 3,94 \cdot 10^{-5}, [H^+] = 3,94 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(3,94 \cdot 10^{-5}) = 4,405 < 7.$$

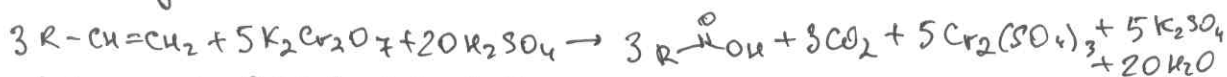
Ответ: кислая среда, pH = 4,405. +

Задача 7.4.

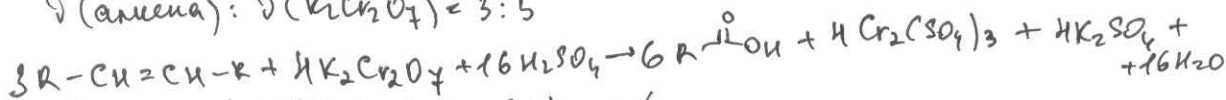
возможные структуры алкенов:



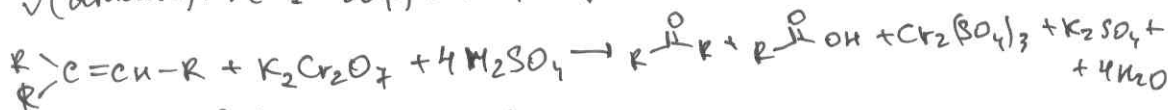
Запишем у-е реакций окисления и выйдем на соотношение алкена и дихромата



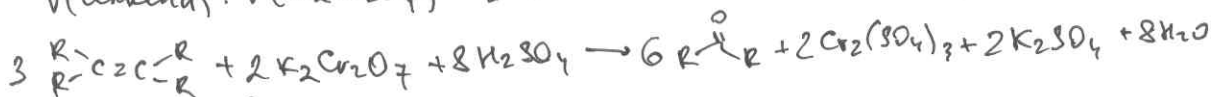
$$\nu(\text{алкена}) : \nu(K_2Cr_2O_7) = 3:5$$



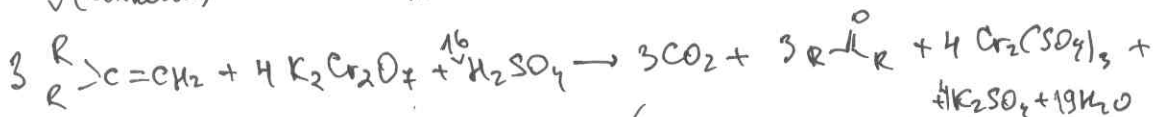
$$\nu(\text{алкена}) : \nu(K_2Cr_2O_7) = 3:4 \quad \checkmark$$



$$\nu(\text{алкена}) : \nu(K_2Cr_2O_7) = 1:1$$



$$\nu(\text{алкена}) : \nu(K_2Cr_2O_7) = 3:2$$



$$\nu(\text{алкена}) : \nu(K_2Cr_2O_7) = 3:4 \quad \checkmark$$

тогда структуры алкенов $R-CH=CH-R$ и $R_2C=CH_2$.

$$M(\text{алкена}) : 14 \quad (12x + 2x = 14x \text{ где } x \text{ число атомов C})$$

$$\nu(K_2Cr_2O_7) = 0,4 \cdot 0,1 = 0,04 \text{ моль} \Rightarrow \nu(\text{алкена}) = 0,03 \text{ моль}$$

$$M(\text{алкена}) = \frac{2,46}{0,03} = 82 \text{ г/моль} \quad 82 : 14 = 5,857 \text{ (округляем до целого)} \Rightarrow 84 \text{ г/моль}$$

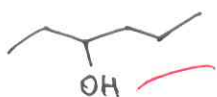
предположить, что $K_2Cr_2O_7$ в избытке и $M(\text{алкена}) = 84 \text{ г/моль}$.

Чистовик

Задача 7.4. продолжение.

Тогда алкен: C_6H_{12} —Чтобы получался один продукт при ~~окислении~~ окислении
 $R_1-CH=CH-R_2$, то $R_1=R_2=C_2H_5$ алкен С: $C_2H_5-CH=CH-C_2H_5$ —алкен D: $\begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix} \text{---} C=CH_2$ —

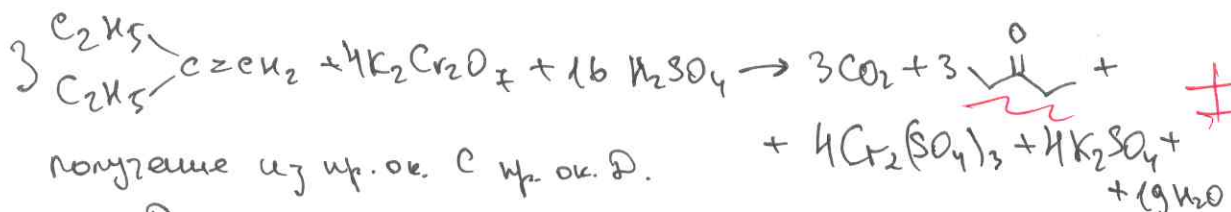
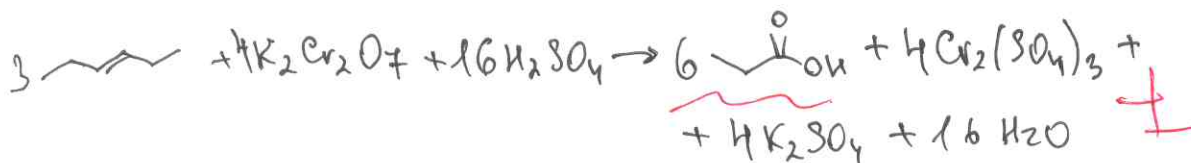
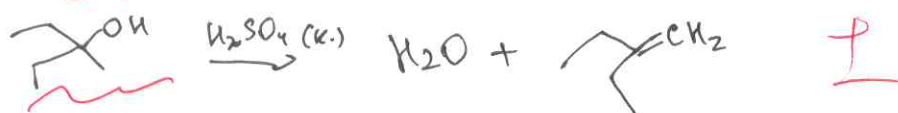
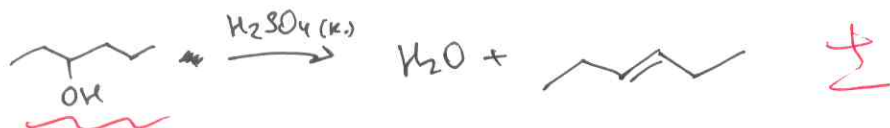
спирт А:



спирт В:



Реакции:



получение из пр. ок. С пр. ок. D.



Задача 8.2.

 $X = K$, $A = KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ + $B = KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ +

Задача 8.2 - продолжение

Условие

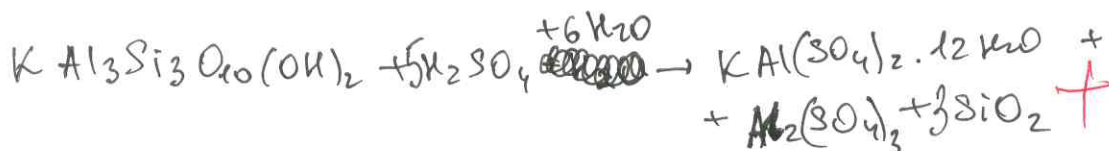
~~По заданию~~ по данным зарядов, X в исх. минерале имеет с.о. $+1$ $+3$ $+4$ -2
 $X Al_3 Si_3 O_{10} (OH)_2$.

Пусть в В 1 а.т. X и 1 а.т. Mg. $\omega(X) = \frac{m_X}{m_B}$, $\omega(Mg) = \frac{m_{Mg}}{m(B)}$

$\omega(X) : \omega(Mg) = m(X) : m(Mg)$. $24 \cdot 1,625 = 39$ X = K. $+$

А-квасца, т.к. есть алюминий в смеси.

$A = KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ $\omega(K) = \frac{39}{471} = 0,0822$



6-во, сог. X



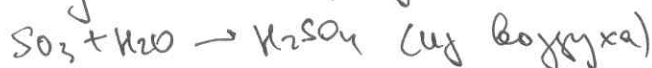
Задача 2.3.

1 - H_3PO_4 (конц) $-$

2 - $CHCl_3$ $-$

3 - $H_2SO_4 \cdot SO_3$ (олеум). $+$

с олеумом температура поднималась из-за реакции



$CHCl_3$ - неполярный растворитель, не взаимодействует с воздухом; H_3PO_4 - водоотнимающий агент, при поглощении воды температура опускалась, потом возвращалась к норм. сос.

Чистовик

Задача 3.3.

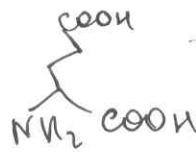
В пептиде

содержались

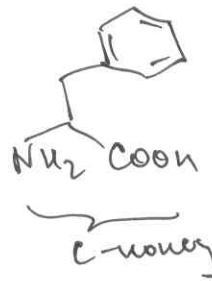


1 N-конец

и

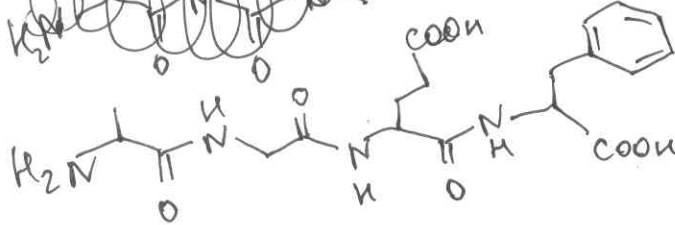


3 N-конца



C-конец

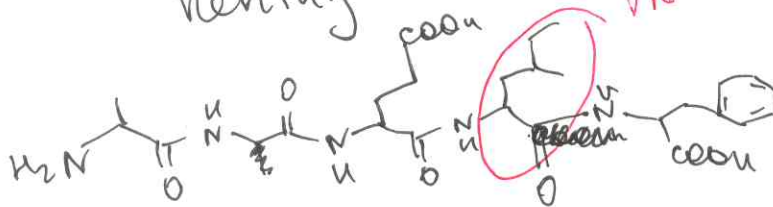
2 N-конца

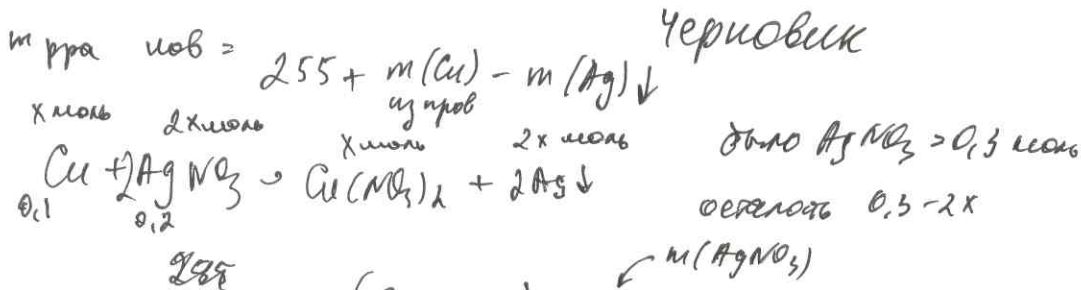


m = 422

пептид

Это что? Раствор?





$$\frac{(0,3 - 2x) \cdot 170}{255 - 2x \cdot 108 + x \cdot 64} = 0,071$$

$x = 0,0999$
 $x \approx 0,1$ моль

$\text{Ag} \downarrow$ $m(\text{Cu}^{2+})$ } м прр

тогда проволоки будет $100 \text{ г} - m(\text{Cu}) + m(\text{Ag}) \downarrow$

$m(\text{Cu})_{\text{реаг}} = 0,1 \cdot 64 = 6,4 \text{ г}$ $m(\text{Ag}) \downarrow = 2 \cdot 0,1 \cdot 108 = 21,6 \text{ г}$

$m_{\text{пров}} = 100 - 6,4 + 21,6 = 115,2 \text{ г}$

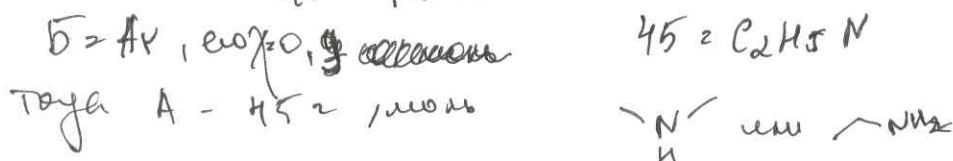
5.3. А (непрят. газ.) + Б $\rightarrow$ смесь $\rho = 1,656 \text{ г/л}$ $T = 298 \text{ К}$

$\rho = \frac{PM}{RT} \Rightarrow M = 1,656 \cdot \frac{101,325 \cdot x}{8,314 \cdot 298}$ $M = 40,4921$ г/моль $\approx 40,5$

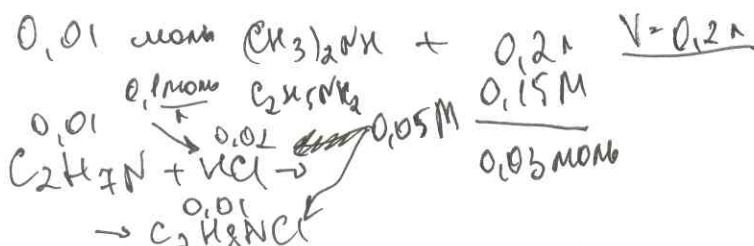
$x \text{ А} + (1-x) \cdot \text{Б} = 40,4921$ г/моль $\Rightarrow \text{АВ}$

исл $\Rightarrow$ был NH_3 ? $1,634 \text{ г/л}$ по $\frac{PM}{RT} = \rho \Rightarrow M = 39,95$ (40 г/моль)

тогда Б $0,1$ 45 г/моль $45,37$
 $0,9$ 40 г/моль $45 - \text{РН?}$



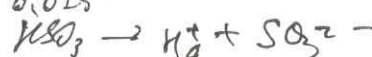
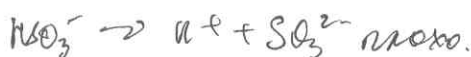
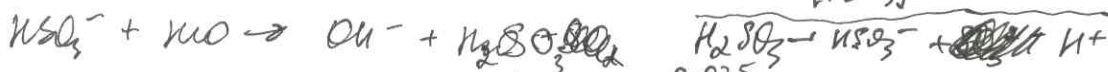
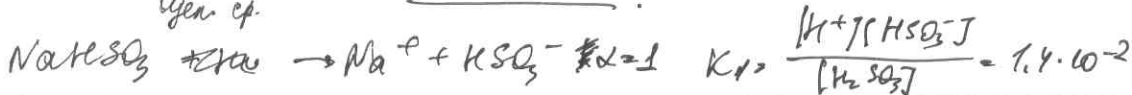
$\frac{2,445}{298} = \frac{x}{273}$ $V_{\text{н.г}} = 2,2399 \text{ л}$ (2,24 л, что соотв. 0,1 моль)



56-82-76-73
(45.2)

Черновик

6.1. NaHSO_3 2,08 г 0,02 моль ($M = 104 \text{ г/моль}$)
800 мл H_2O , что 0,8 л H_2O ! $C = 0,025 \text{ M}$
цел. ср.



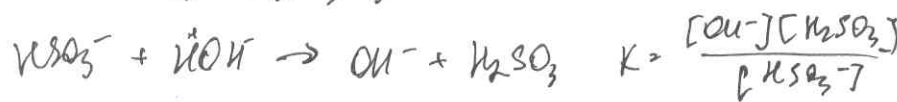
$$6,2 \cdot 10^{-8} > \frac{K_w}{K_1}$$

$$\frac{[\text{OH}^-][\text{H}_2\text{SO}_3]}{[\text{HSO}_3^-]} = K_1 = \frac{K_w}{K_2}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} = 6,2 \cdot 10^{-8}$$

$$\frac{[\text{OH}^-][\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]}{[\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]} = K_1 = \frac{K_w}{K_2}$$

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



$$x = 3,934 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pH} = 4,405$$



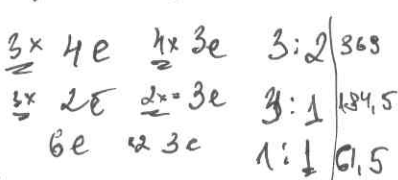
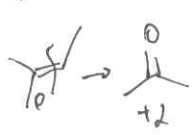
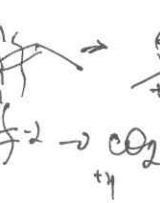
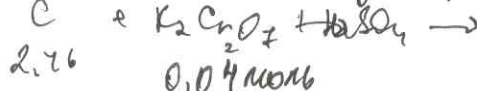
$$\frac{[\text{OH}^-][\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]}{[\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}]} = \frac{K_w}{K_1}$$

$$3,934 \cdot 10^{-5}; -\lg \text{H}^+ = 4,405$$



7.4 А, В - изомеры; гидратация

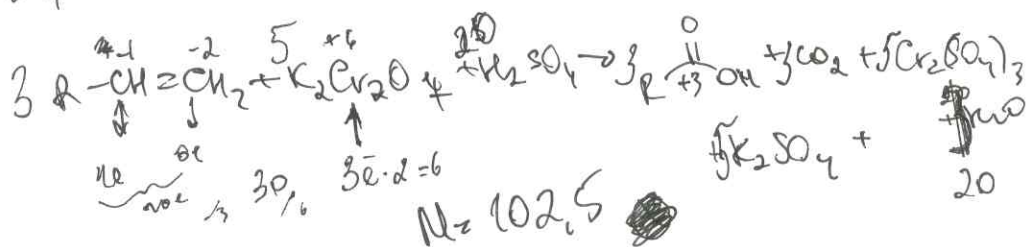
-но С, Д - изомерные алкены



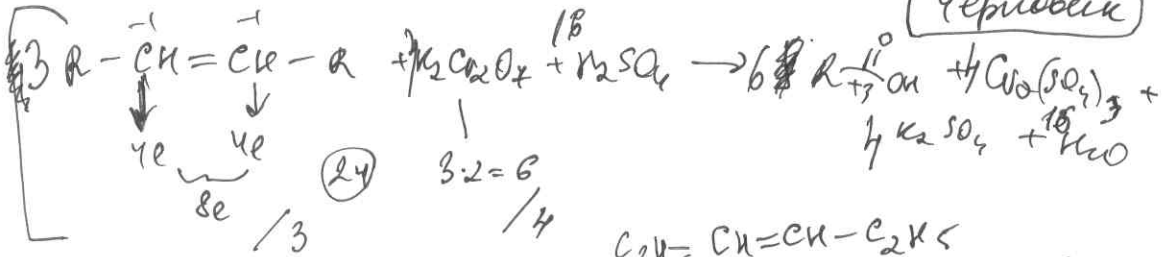
$$M = 369 \text{ г/моль}$$

$$246?$$

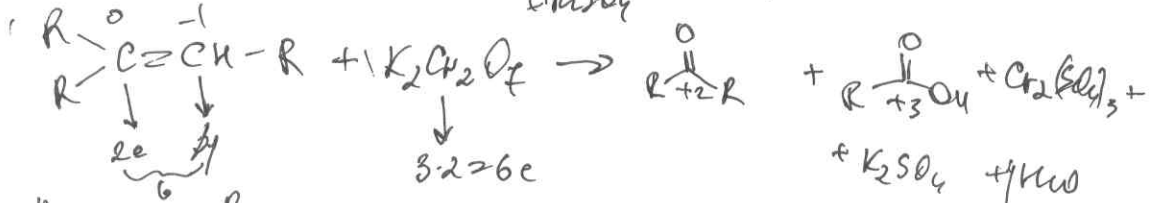
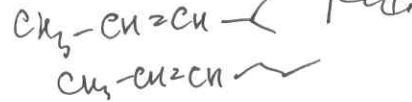
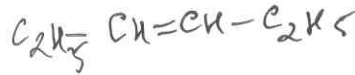
$$14,61,5,7$$



Черновик



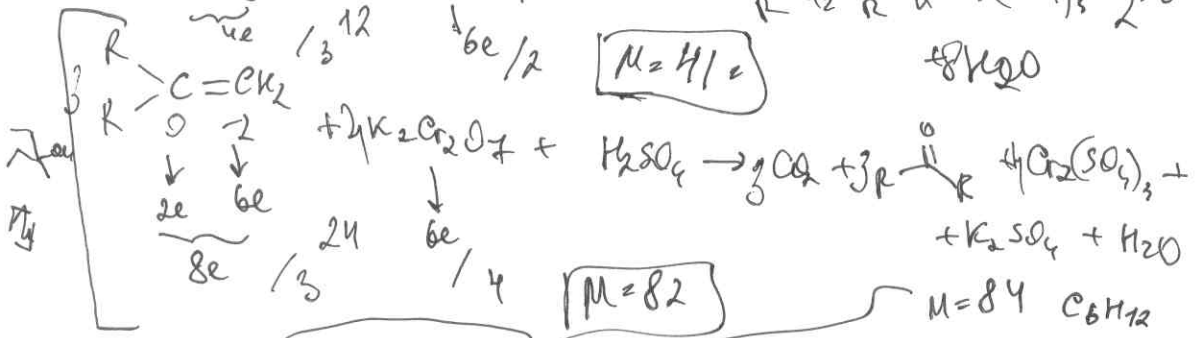
$M = 82$



$M = 61,5$ - mean value



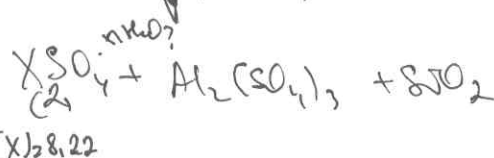
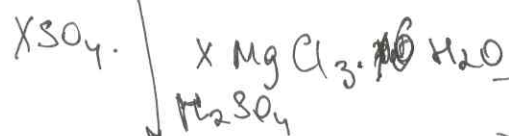
$M = 41$



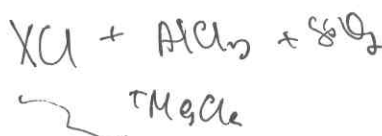
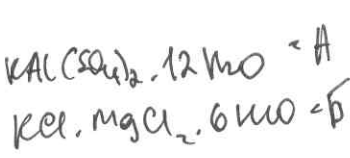
$M = 82$

$M = 84 \text{ C}_6\text{H}_{12}$

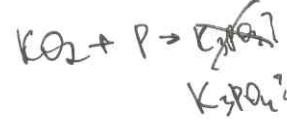
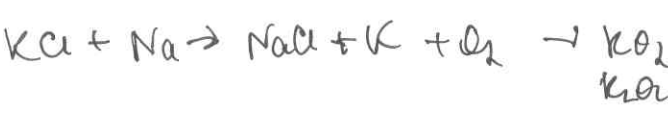
28



Li-?

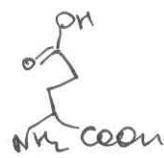


KCl

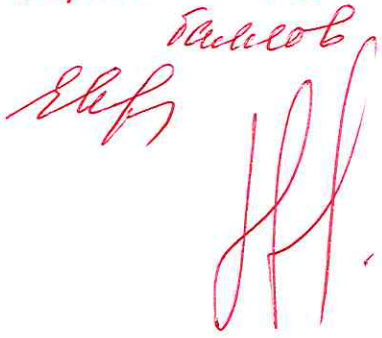


56-82-76-73
(45.2)

Черновик



*В повышенный уровень
откачал.*

*Итоговая оценка 79
баллов*


Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по
профилю «химия» *Ставских Вероники
Сергеевны*

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 79 баллов, поскольку считаю, что в задачах 7.4 и 8.2 присутствуют верные реакции.

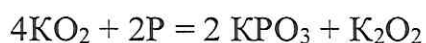
Задача 7.4:

В условии задачи необходимо написать реакции, как можно из продукта окисления алкена **C** в две стадии получить продукт окисления **D**. Мною описано верное получение углекислого газа из пропановой кислоты (получение соли (первая стадия) и электролиз по Кольбе (вторая стадия)), но, исходя из полученных мною алкенов, этот способ получения был единственно возможным вариантом ответа. Мои соединения незначительно отличаются от верных и имеют незначительные несоответствия с решением в критериях (то есть мои соединения также можно получить добавлением 400 мл раствора 0,1 М дихромата калия, подкисленного серной кислотой (0,04 моль $K_2Cr_2O_7$), однако вступит в реакцию $0,1 \cdot 0,3905 = 0,03905$ моль $K_2Cr_2O_7$). Тем не менее способ получения из одного продукта окисления другого продукта окисления является верным, поэтому прошу добавить 1 балл из 2 возможных за этот вопрос.

Задача 8.2:

В условии задачи описывается: «К осадку **B** добавили горячую воду в количестве, недостаточном для полного растворения, при этом в осадке остался только хлорид элемента **X**. Расплав его был приведен во взаимодействие с парами натрия. Какое вещество, содержащее **X**, при этом было получено? Что наблюдается при контакте этого вещества с кислородом? Какой продукт образуется при его нагревании с фосфором в инертной атмосфере? Напишите уравнения всех упомянутых реакций.»

Последний вопрос, а именно о продукте реакции с фосфором не конкретизирует, какое конкретно вещество вступает в реакцию: вещество, содержащее X, полученное при реакции с натрием или следующее вещество, получающееся уже при взаимодействии с кислородом. При последовательном прочтении и работе с условием, можно сделать вывод, что с фосфором реагирует уже продукт реакции с кислородом, а не вещество, содержащее X, полученное при реакции с натрием. В вопросе задачи также не детализируются и не приводятся никакие признаки реагирующего вещества, не уточняется, что реагирует именно не предшествующее второму вопросу (Какой продукт образуется при его нагревании с фосфором в инертной атмосфере?) вещество, а вещество, к которому был задан первый вопрос (Что наблюдается при контакте этого вещества с кислородом?). Поэтому можно подумать, что с фосфором реагирует именно надпероксид калия. Мною приведено верное уравнение протекающей реакции. Докажем это с помощью расчета энергии Гиббса при $T = 298 \text{ K}$ и при нагревании.



$$\Delta_r G^0 = \Delta_r H^0 - T\Delta_r S^0$$

$$\begin{aligned}\Delta_r H^0_{298} &= \Delta_r H^0_{298}(\text{KPO}_3) \cdot 2 + \Delta_r H^0_{298}(\text{K}_2\text{O}_2) - \Delta_r H^0_{298}(\text{KO}_2) \cdot 4 = \\ &= -1245,995 \cdot 2 + -443,504 - -283,256 \cdot 4 = -1802,47 \text{ кДж/моль}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_r S^0_{298} &= S^0_{298}(\text{KPO}_3) \cdot 2 + S^0_{298}(\text{K}_2\text{O}_2) - S^0_{298}(\text{KO}_2) \cdot 4 - S^0_{298}(\text{P}) \cdot 2 = \\ &= 108,072 \cdot 2 + 117,152 - 2 \cdot 41,086 - 4 \cdot 116,733 = -215,808 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}\end{aligned}$$

$\Delta_r G^0_{298} = \Delta_r H^0_{298} - T\Delta_r S^0_{298} = -1802,47 - 298 \cdot 0,2158 = -1738,16 \text{ кДж/моль}$, $\Delta_r G^0_{298} < 0$, то есть реакция при $T = 298 \text{ K}$ протекает самопроизвольно. Будем считать, что зависимостью энтальпии и энтропии от температуры можно пренебречь, тогда реакция протекает при $T < 8352,5 \text{ K}$ ($\Delta_r G^0 < 0$), однако такое сильное нагревание не требуется, реакция при разумном нагревании будет так же протекать самопроизвольно, несмотря на то что изменение энтропии в реакции отрицательное. Поэтому прошу зачесть 1 или 2 балла за эту реакцию, как за верную.

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

Дата 20.03.2025



Ставских В. С. (подпись)