

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

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Лукошиковой Полины Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

1544 - 1549

1 место

Дата

«03» марта 2024 года

Подпись участника

[Signature]

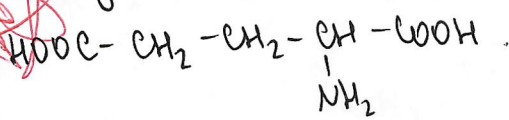
87

39-66-10-13
(56.14)

Чистовик.

Задача 1.5.

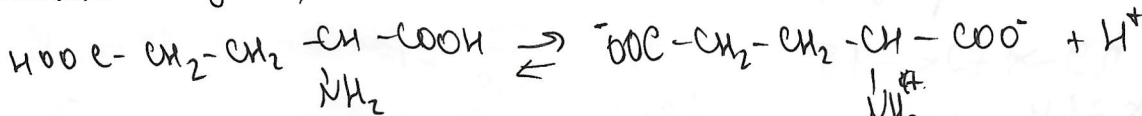
Глутаминовая кислота:



всегда есть

Глутаминовая кислота содержит

две $-COOH$ группы, поэтому он будет иметь широкую среду. П.к. будет диссоциировать, а поскольку $-NH_2$ группа только одна, то:

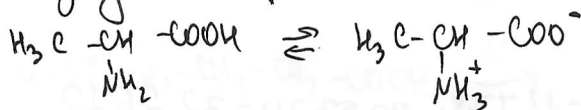


П.к. среда кислая, то $pH < 7$, значит банка номер 2.

Алакин:

$H_2C-\underset{\substack{| \\ NH_2}}{CH}-COOH$. Алакин имеет одну $-NH_2$ группу и одну $-COOH$ группу, следовательно он будет иметь среду

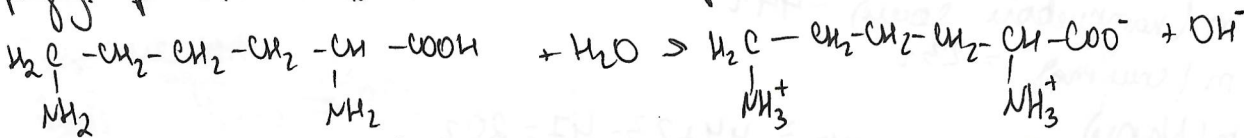
близкую к $pH = 7$. Значит это банка номер 1.



Лизин:

$H_2C-\underset{\substack{| \\ NH_2}}{CH}-CH_2-CH_2-\underset{\substack{| \\ NH_2}}{CH}-COOH$. Содержит две $-NH_2$ группы,

следовательно будет иметь слабощелочную (щелочную) среду. $pH > 7$. Это банка номер 3.



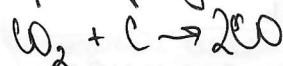
Ответ: глутаминовая - 2, алакин - 1, лизин - 3.

Задача 2.1.

Дно $H_2 = 21,2$.

Мер. = $21,2 \cdot 2 = 42,4$

при пропускании над раскалённым углем идёт реакция:



Первоначальная смесь: Пусть x - объёмная доля CO , а $(1-x)$ - CO_2

$$28x + 44(1-x) = 42,4$$

$$-16x = -1,6$$

$$x = 0,1 - CO, \text{ а } CO_2 = 0,9$$

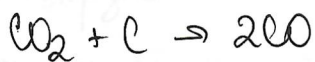
87
 5
 16
 12
 14
 12
 12
 10
 6

Пусть первоначальной смеси у нас было 1 л.

Тогда

$$V(\text{CO}) = 0,1 \text{ л}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0,9 \text{ л}$$



Пусть на р-цию пошло $x \text{ г см}^3 \text{ CO}_2$, значит образовалось $2x \text{ CO}$.

$$V_{\text{смеси после р-ции}} = 1,5 \text{ л}$$

$$0,1 + 0,9 - x + 2x = 1,5$$

$$0,9 + x = 1,4$$

$$x = 0,5$$

В смеси после реакции

$$V(\text{CO}) = 0,1 + 0,5 \cdot 2 = 1,1 \text{ л}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ л}$$

x -мольная доля, она равна и объёмной.

$$x(\text{CO}) = \frac{1,1}{1,5} \approx 0,7333$$

$$x(\text{CO}_2) = \frac{0,4}{1,5} = 0,2667$$

$$M_{\text{р.}} = 44 \cdot 0,2667 + 28 \cdot 0,7333 = 11,7348 + 20,5324 = 32,2672$$

$$D_{\text{по H}_2} = \frac{32,2672}{2} = 16,1336$$

Ответ: 16,1336

Задача 3.5

$$m(\text{A}) = 47 \text{ г}$$

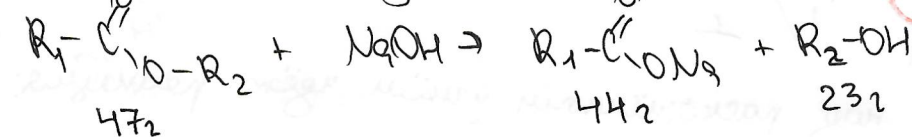
$$m(\text{катриевой соли}) = 44 \text{ г}$$

$$m(\text{серной}) = 23 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH})_{\text{пош. на р-цию}} = 44 + 23 - 47 = 20 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль}$$

Если кислота одноосновная, то:



$$47 \text{ г}$$

$$44 \text{ г}$$

$$23 \text{ г}$$

$$M = 94 \text{ г/моль}$$

$$88 \text{ г/моль}$$

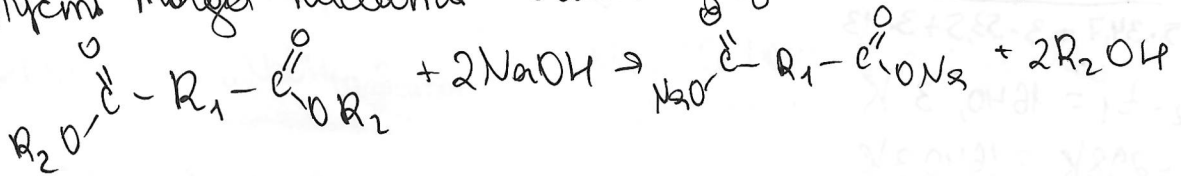
$$46 \text{ г/моль}$$

т.к. это предельный спирт, то $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$
 $12n + 2n + 1 + 17 = 46$
 $n = 2$, это $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

39-66-10-13
(56.14)

Если известно значение молярной массы R_1 , то получится $R_1 = 88 - 23 - 12 - 32 = 21$, такую сумму не имеет.

Тогда тогда известно была формулой:

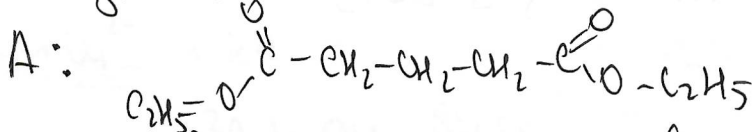


Молярная масса R_2OH не указывается, это остается C_2H_5OH .

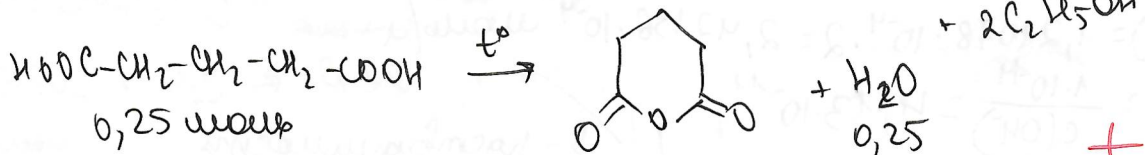
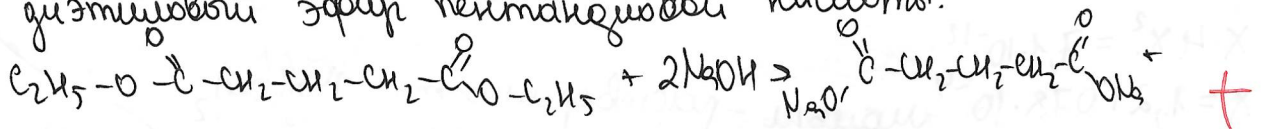
$$M(NaOOC-R_1-COONa) = \frac{44}{0,25} = 176$$

$$R_1 = 176 - 23 \cdot 2 - 12 \cdot 2 - 32 \cdot 2 = 42 \text{ г/моль}$$

Тогда R_1 - это C_3H_6



диэтиловый эфир пентадиновой кислоты.



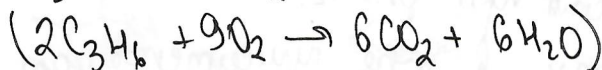
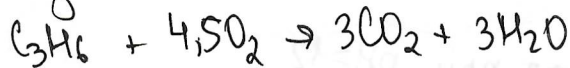
масса = 332

m(H₂O) = 4,52

$$\frac{4,5}{33} \cdot 100\% = 13,64\% \quad \text{либо} \quad \frac{18}{132} \cdot 100\% = 13,64\%$$

Ответ: 13,64%

Задача 4.4.



n(C₃H₆) = 1 моль

n(CO₂) = 3 моль

n(H₂O) = 3 моль

$$Q_{р-цм} = 3 \cdot 241,8 + 3 \cdot 393,5 - (-20,4) = 1926,3 \text{ кДж} = 1926,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

~~c(горючей смеси) = 43 \cdot 3 +~~

c(H₂O) = 43 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ c(O₂) = 34,7 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

c(CO₂) = 53,5 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$$Q = c \cdot n \cdot \Delta t$$

$$t_1 = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$$

$$Q = 1926,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$\frac{c \cdot n \cdot \Delta t}{25,5 \cdot 34,7 + 3 \cdot 53,5 + 3 \cdot 43} = t_2 - t_1 \quad \checkmark$$

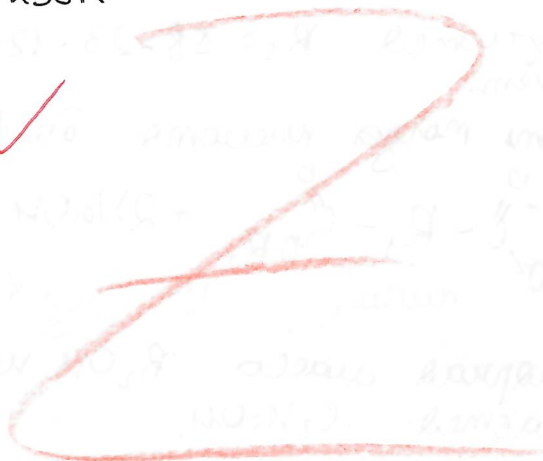
$$t_2 - t_1 = 1640,3 \text{ K}$$

$$t_2 - 298\text{K} = 1640,3\text{K}$$

$$t_2 = 1938,3 \text{ K}$$

$$t_2 = 1665^\circ\text{C} \quad \times$$

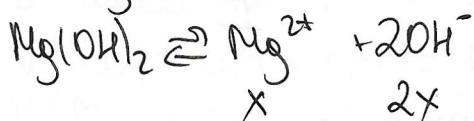
Ответ: 1665°C ($1938,3\text{K}$)



Задача 5.1.

$$K_P(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$K_P = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 \quad \checkmark$$



$$x \cdot 4x^2 = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$x = 1,21078 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л} \text{ — растворимость } \text{Mg}(\text{OH})_2 \quad \checkmark$$

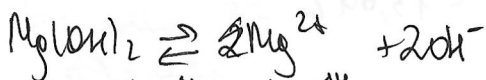
$$c(\text{OH}^-) = 1,21078 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 2,42156 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$c(\text{H}^+) = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{c(\text{OH}^-)} = 4,13 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 10,3841 \quad \checkmark$$

ξ — растворимость

$$\text{pH} = 12,5:$$



$$[\text{OH}^-] = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{3,1623 \cdot 10^{-13}} = 0,031623 \text{ моль/л} \quad \checkmark$$

$$7,1 \cdot 10^{-12} = x \cdot (0,031623)^2$$

$$x \approx 7,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л} \text{ — растворимость при } \text{pH} = 12.$$

Растворимость уменьшается, т.к. в р-ре присутствуют ионы OH^- и они смещают равновесие влево (к $\text{Mg}(\text{OH})_2$).

Ответ: $S_1 = 1,21078 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$, $\text{pH} = 10,3841$, $S_2 = 7,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$

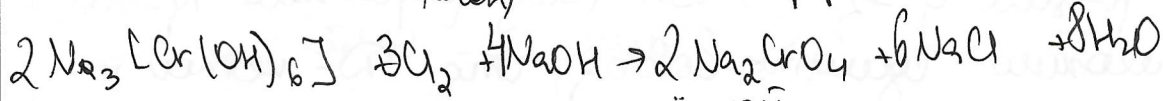
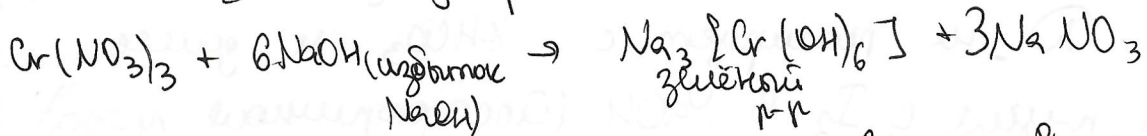
Задача 6.5.

Судя по окраске соединения x_1, x_2, x_3 можно сделать вывод, что А — это уран.

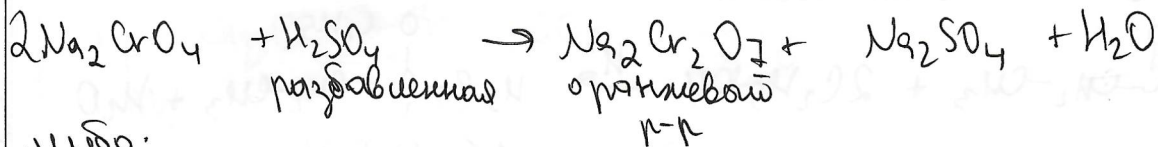
X1 - $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ - гексогидрохромат (III) натрия

X2 - Na_2CrO_4 - хромат натрия

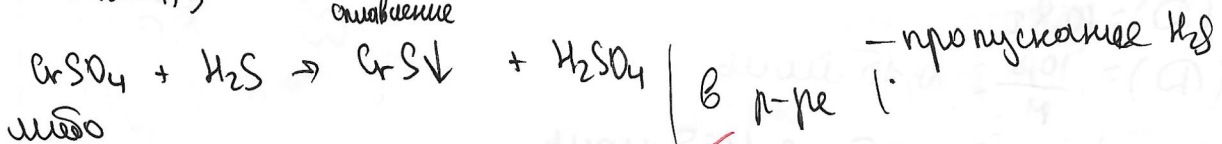
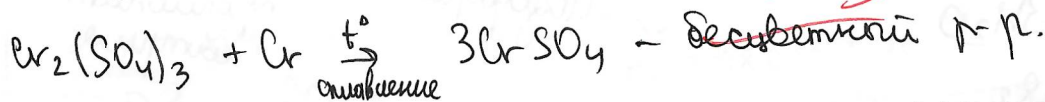
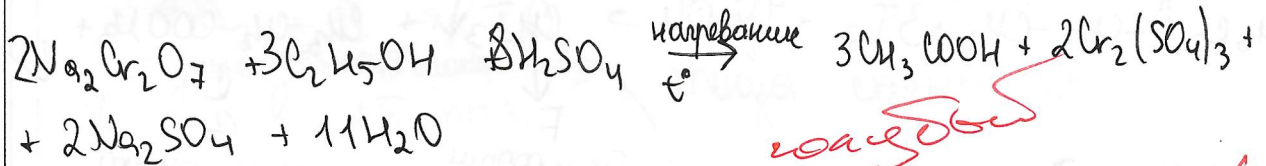
X3 - $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ - дихромат натрия



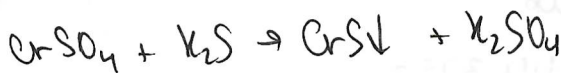
(пропускание Cl_2 в р-р NaOH с $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$.)



либо:

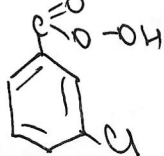
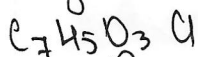


либо

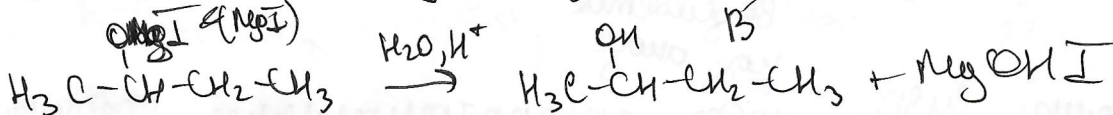
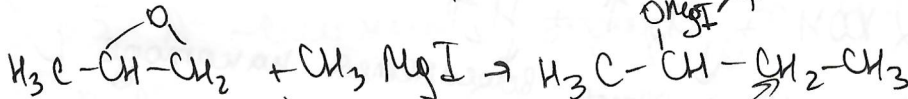
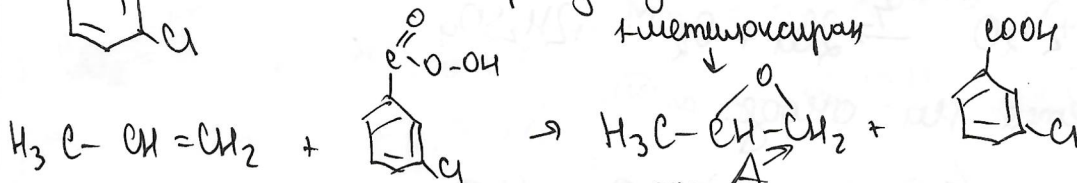


CrS - чёрный.

Задача 7.1.



- мета-хлорбензойная кислота



2-гидроксибутан
 бутанол - 2

Задача 8.4. продолжение.

$$m(\text{Cu}) = 9,6$$

$$n(\text{Cu}) = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,075 \text{ моль}$$

Пусть $2x$ моль KCl подверглась электролизу.

Значит

$$n(\text{Cl}_2) = x \text{ моль} - \text{на аноде}$$

$$n(\text{H}_2) = x \text{ моль} - \text{на катоде}$$

$$\frac{x}{x + 0,075} = \frac{2}{3}$$

$$x = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) \text{ в смеси} = 0,15 \cdot 160 = 24,2$$

$$m(\text{KCl}) \text{ в смеси} = 53,8 - 24,2 = 29,6$$

$$n(\text{KCl}) \text{ в смеси} = \frac{29,6}{74,5} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{KCl}) \text{ остав. в р-ре} = 0,4 - 0,3 = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{KCl}) \text{ в р-ре} = 0,1 \cdot 74,5 = 7,45$$

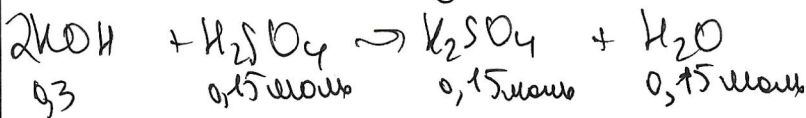
$$m \text{ р-ра после электролиза} = 53,8 + 450 - 9,6 - 32 \cdot 0,075 -$$

$$- 0,15 \cdot 71 - 0,15 \cdot 2 = 480,85$$

$$\begin{matrix} m(\text{H}_2\text{O}) \\ \text{н.к. } \rho = 1 \text{ г/см}^3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} m(\text{O}_2) \\ 24,2 \end{matrix}$$

В р-ре также будет присутствовать H_2SO_4 :



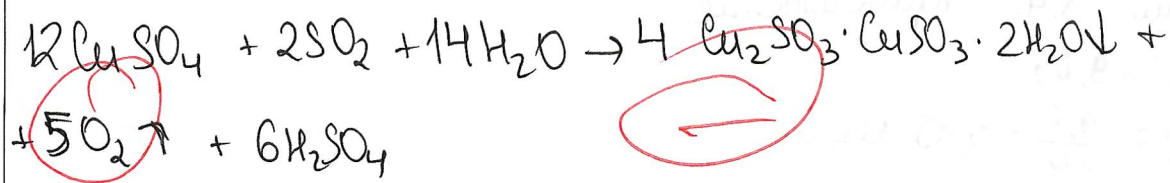
~~$m(\text{KCl})$~~

$$w(\text{KCl}) = \frac{7,45}{480,85} = 0,0155 \cdot 100\% = 1,55\%$$

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,15 \cdot 174}{480,85} = \frac{26,1}{480,85} = 0,0543 \cdot 100\% = 5,43\%$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{447,3}{480,85} \cdot 100\% = 93,023\%$$

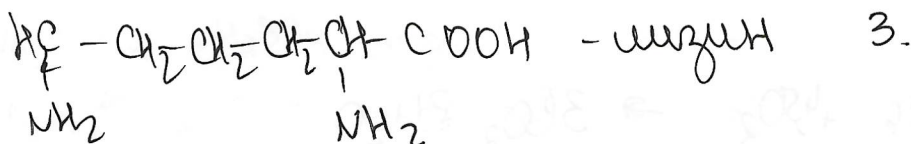
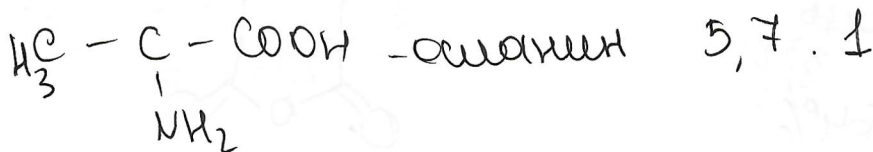
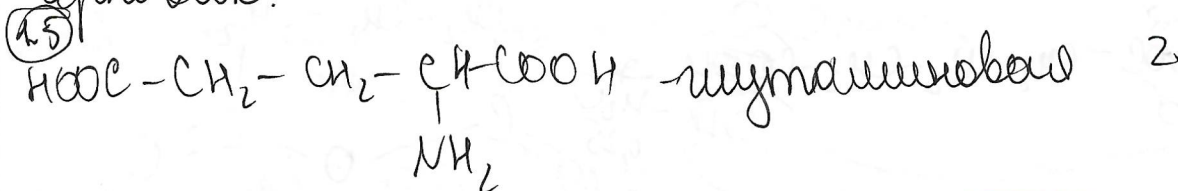
При пропускании SO_2 в исходной р-ре в осадок выпадает соль Шлеибера:



$$n(\text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot \text{CuSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot \text{CuSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 388 \cdot 0,05 = 19,42$$

Черновик.



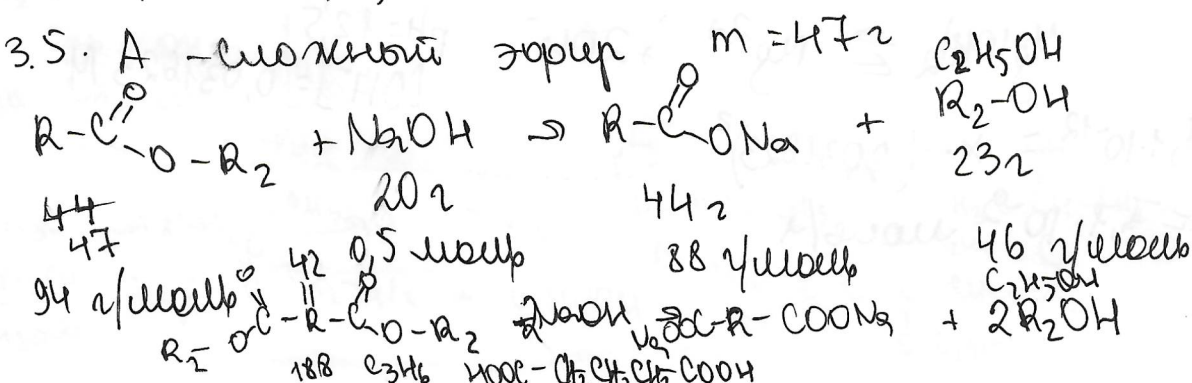
2.1. CO и CO₂ 21,2 по H₂
 Пусть V бон 1ч.
 тогда масса 1,5

$28x + 44 - 44x = 42,4$
 $x = 0,1$ - CO
 $n = 0,04017857143 \text{ моль}$
 $n = 0,08035714286 \text{ моль}$

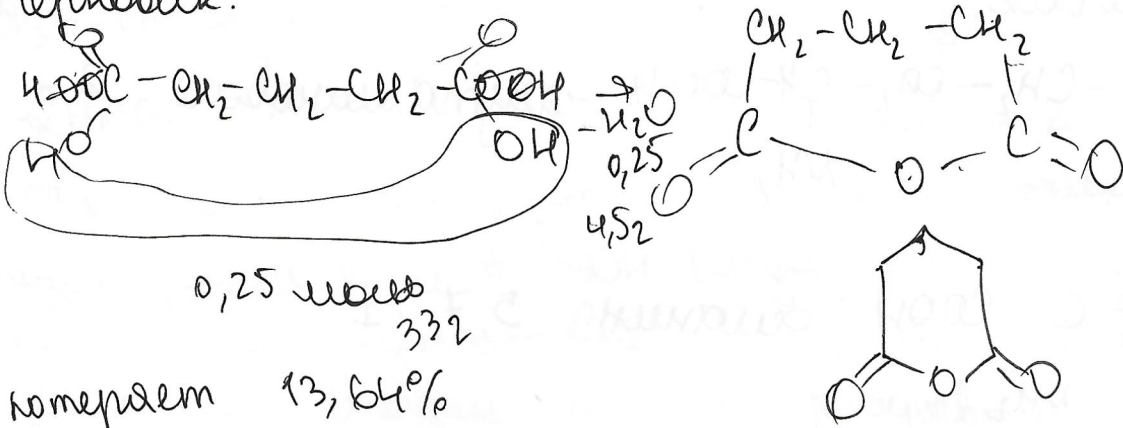
$\text{CO}_2 = 0,9$
 $0,1 + x = 1,5$
 $x = 1,4 \text{ м}$ $\text{CO}_2 = 0,0625 \text{ моль} = 1,8 - x + 2x = 2,8$
 $x = 1$

это CO₂ и CO
 $0,9 - x + 2x = 1,4$
 $0,9 + x = 1,4$
 $x = 0,5$
 $\text{CO}_2 = 0,8$
 $\text{CO} = 2,2$

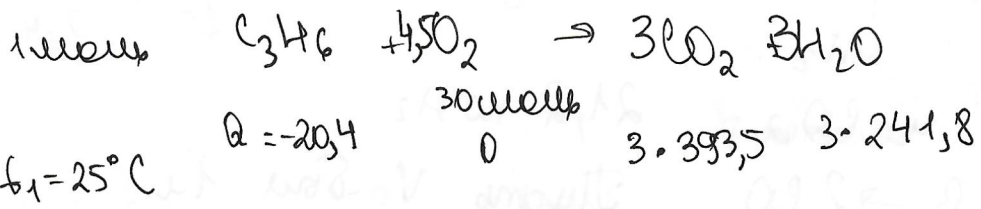
$x = 0,5$
 $\text{CO}_2 \approx 0,4 \text{ м}$ 26,67%
 $\text{CO} = 1,1 \text{ м}$ 73,33%
 M_{cp.} = 32,26813
 $\rho_{\text{по H}_2} = 16,134$



Черновик.



4.4.



$$Q = 3 \cdot 241,8 + 3 \cdot 393,5 - (-20,4) = 1926,3 \text{ кДж} \quad (1926,3 \cdot 10^3 \text{ Дж})$$

$$Q = c m \Delta t$$

$$C = 1174,35$$

$$1926,3 \cdot 10^3 = 1174,35 \cdot m \cdot (t_2 - 298)$$

$$52,0734 = t_2 - 298$$

$$t_2 = 350,0734 \text{ K} \quad (77,07^\circ \text{C})$$

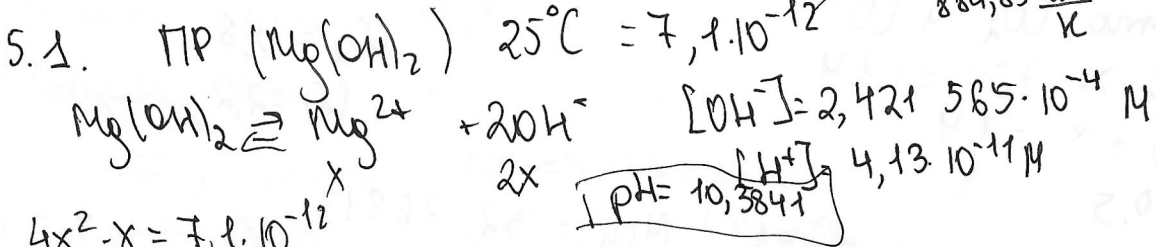
$$t_2 - 298 = 1640,312 \text{ Дж} \cdot \text{K}$$

$$t_2 = 1938,3 \text{ K}$$

$$34,7 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 25,5 \text{ моль} = 884,85 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}$$

$$53,5 \quad 160,5 \quad 43 \quad 14,09524$$

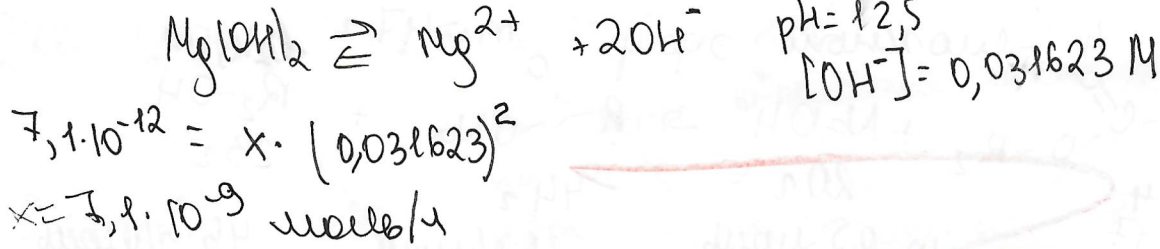
$$5,09534 \quad 129 = \text{Дж} = 1174,35 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}$$

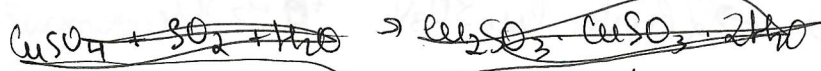


$$4x^2 - x = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

$$4x^3$$

$$x = 1,210782455 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$





Соль Швермана



160x - 0,15 · 160

160x - 24 + 53,8 - 160x - 22,352 =

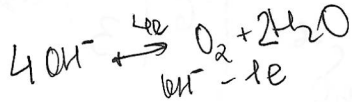
160x + 74,5y = 53,8

160x - 24 + 74,5y - 22,35

Cu : $\frac{0,15}{0,15} = \frac{201}{0,3}$

$\frac{I \cdot t \cdot M}{F \cdot n}$

$I \cdot t = \frac{F \cdot n \cdot m}{M} = \frac{96500 \cdot 2 \cdot 26}{64} = 28950$



$F \cdot n \cdot \nu = I \cdot t$

$\nu = \frac{I \cdot t}{F \cdot n}$

или больше n, тем меньше ν

$\frac{I \cdot t \cdot 74,5}{96500 \cdot 1} = 22,35$

Cu : $\frac{0,15}{0,3}$ моль

160x + 74,5 · 2x = 53,8

160x + 149x = 53,8

309x = 53,8

x = 1 моль

x = 0,17411 моль

CuSO₄ : K₂SO₄ : 2 моль

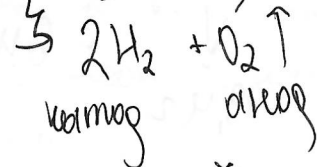
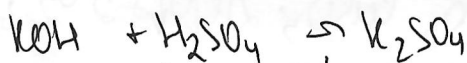
$\frac{0,17411}{27,862}$

0,34822 моль

$\frac{262}{25,94}$

0,4 моль KCl

0,15 моль CuSO₄ = 2H₂

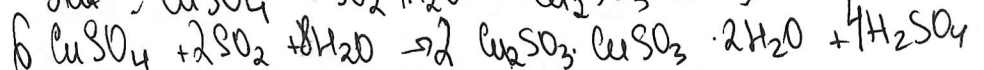
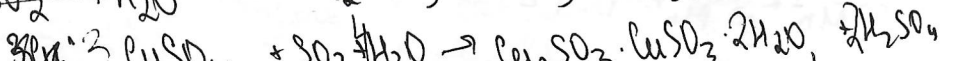
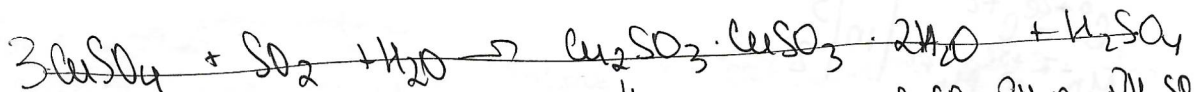
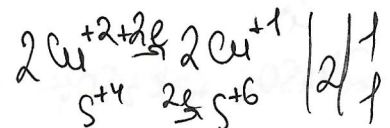
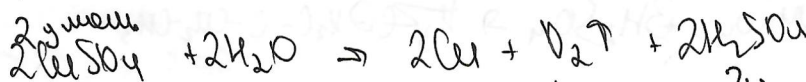
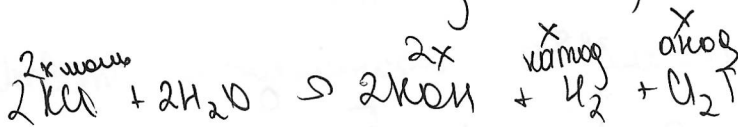


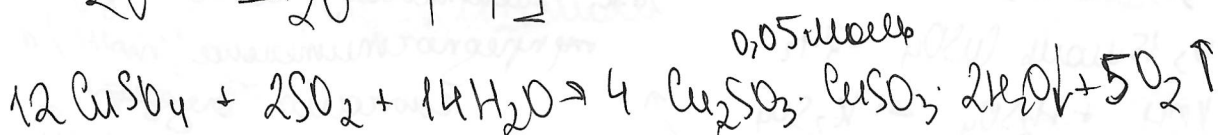
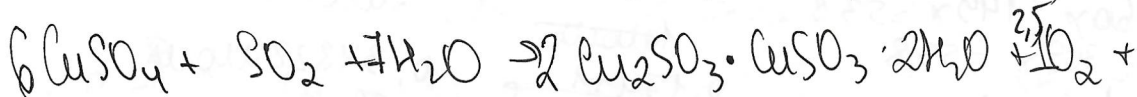
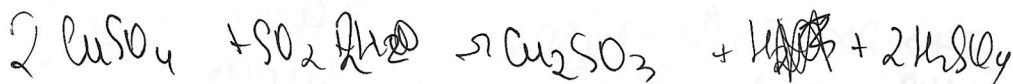
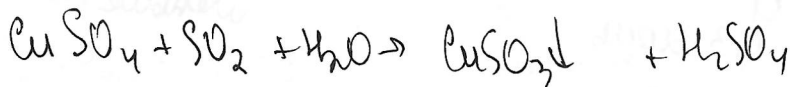
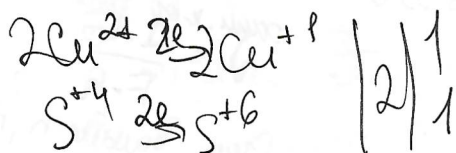
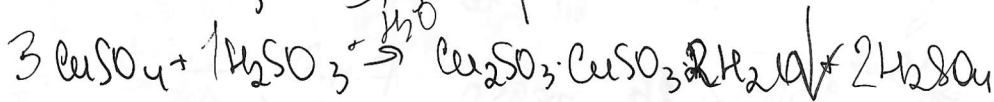
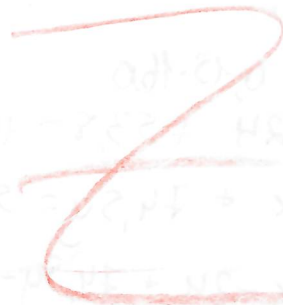
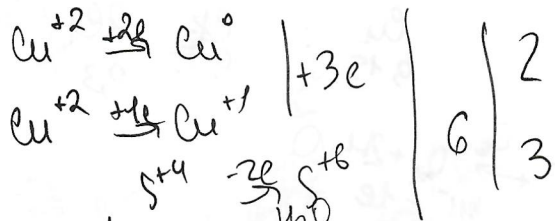
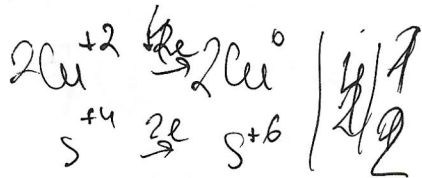
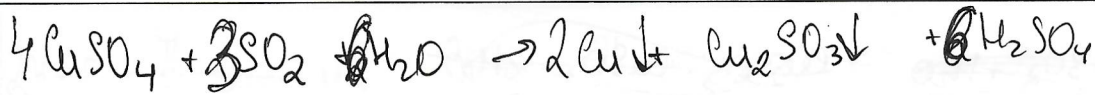
П.к. электролиз CuSO₄ идет

преимущественно, но

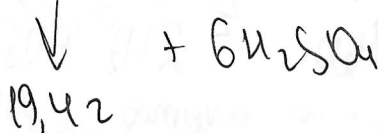
сначала будет

идти он, а потом KCl.

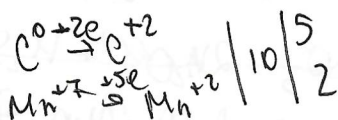
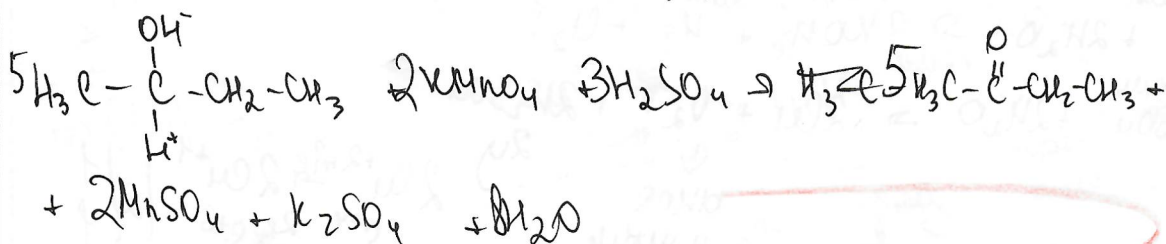




0,15



388



В повышенном размере
откажать.

Оценка 87 баллов.

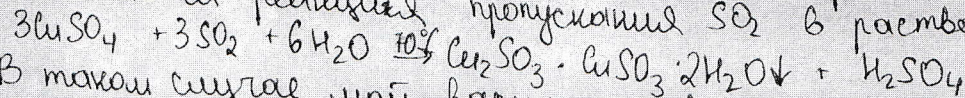
Лев
Филип

Председателю апелляционной
комиссии олимпиады школь-
ников "Ломоносов"
Ректору МГУ имени М.В.
Ломоносова академику
В.Я. Садовниченко
от участника заочного
этапа по пред-
мету "Химия"
Лукашковой Полины Сергеевны

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный
результат заочного этапа, а именно 87 баллов,
поскольку считаю, что в 8 задаче, где просят рассчитать
массу осадка, образовавшегося при пропускании SO_2 в раствор
с CuSO_4 может быть два варианта ответа. У меня напи-
сано, что в осадок выпадает соль Шверера. Однако в отве-
тах указан Cu и из-за этого мой ответ не засчитан.

Но основным способом получения соли Шверера как раз так
и является реакция пропускания SO_2 в раствор с CuSO_4 :



В таком случае мой вариант ответа имеет смысл и
должен быть засчитан, так как осадок и его масса рас-
считаны верно.

Подтверждаю, что я ознакомлена с Положением об апел-
ляциях на результаты олимпиады школьников "Ломоносов"
и осознаю, что мой индивидуальный предварительный резуль-
тат может быть изменен, в том числе в сторону умень-
шения количества баллов.

23.03.2024

Лев