



05-95-45-09
(44.15)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по ХИМИИ
профиль олимпиады

Рашиной Екатерины Николаевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Выход 13:26 — 13:35

Дата
«02» марта 2025 года

Подпись участника
Рашиной

05-95-45-09
(44.15)

Чистовик

№1 Составим систему уравнений: Углерода нет нейтронов, поэтому можно сразу сказать, что кол-во атомов H = 40 - 34 = 6 штук, тогда

$$34 = 6x + 8y, \text{ где } 6 - \text{кол-во нейтронов углерода,}$$

$$\text{а } x - \text{их количество (атомов C)}$$

$$8 - \text{кол-во нейтронов кислорода,}$$

$$y - \text{кол-во атомов O.}$$

$$\text{Откуда } \begin{cases} x = 3 \\ y = 2 \end{cases}$$

Значит соединение имеет брутто-формулу $C_3H_6O_2$, что соответствует структуре $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

Это пропановая кислота +

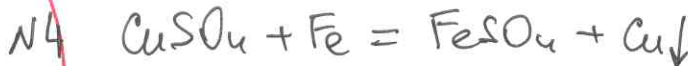
Число электронов равно 22. +

№2

① Бензол, т.к. он испаряется, поэтому падает температура ^(и не взаимодействует с водой) _{скакала.} +

② Вазелиновое ^{масло} масло, т.к. оно не испаряется и не взаимодействует ^(например) с H_2O . +

③ H_2SO_4 , т.к. оно взаимодействует с водой ^{воздуха} +

$$H_2SO_4 + H_2O = 2H^+ + SO_4^{2-} + OH^- + Q \text{ (экзот. р-ция)}$$


$$n_{CuSO_4} = \frac{280 \text{ г} \cdot 0,12}{160 \text{ г/моль}} = 0,35 \text{ моль} +$$

$$n_{Fe} = \frac{20 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,357 \text{ моль}$$

⇒ откуда $x = 0,23 \text{ моль}$

2) Найдем массу гвоздя, она теперь складывается из остаточн. m_{Fe} и m_{Cu} _{новое}:

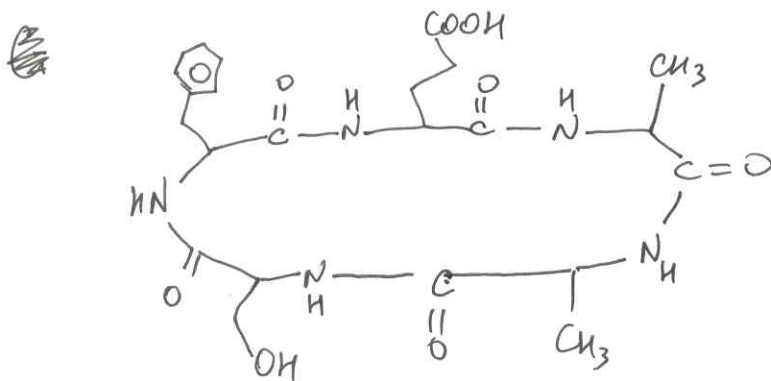
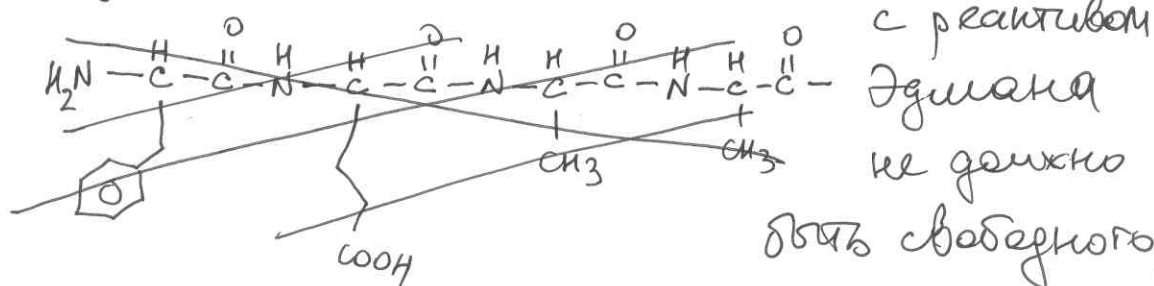
$$m_{\text{гвоздь}} = 0,23 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} + 56 \text{ г/моль} (0,357 \text{ моль} - 0,23 \text{ моль}) = 21,83 \text{ г}$$

ответ: 21,83 г +

N3 Последовательность аминокислот: Чистовик

Генипанин - Глутамин^{иновая кислота} - Аланин - ~~Валин~~ Аланин - Серин^(с-концу)
(N-концу)

Структура пептида чтобы не было взаимодействия



N5

Найдем молярную массу смеси через уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT \Rightarrow 101,325 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ л} = X \text{ моль} \cdot 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 303 \text{ К}, \text{ отсюда}$$

$$X = \frac{0,0402 \text{ моль}}{\cancel{0,0402 \text{ моль}}}, \quad M_{\text{смеси}} = \frac{1,536 \text{ г}}{0,0402 \text{ моль}} = 38,2 \text{ г/моль}. \text{ Исходя из}$$

условия про инертную атмосферу можно предположить, что газ Б - инерт. газ ("благородный газ"), смотря на молярн.

массу смеси (38,2 г/моль), можно предположить, что Б - Ar (Аргон).

Проверим гипотезу и найдем газ А; пусть X - мольн. доля аргона:

$$38,2 \text{ г/моль} = 40 \text{ г/моль} \cdot X + M_A \cdot (1-X)$$

$$38,2 \text{ г/моль} = 40 \text{ г/моль} \cdot X + 31 \text{ г/моль} (1-X)$$

откуда $X = 0,2$

← CH_3NH_2

Б - Ar (Аргон)

Из условия про
основные свойства
и запах возможно, что
А - Амин, проверим
простейший амин
 CH_3NH_2 (метил-амин)

Н5 Продолжение: $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HCl} = [\text{CH}_3\text{NH}_3^+]\text{Cl}^-$, ^{чистовски} по условию объем (а значит и моль) газов уменьшается на 20%, ^(сходится с $\kappa = 0,2$) проверим гипотезу с А- CH_3NH_2 по новым данным ^{среды} молярной массы:

$$\frac{1,609 \text{ г}}{\left(\frac{101,325 \text{ кПа} \cdot \text{л}}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 303 \text{ К}}\right)} = \frac{1,609 \text{ г}}{0,0402 \text{ моль}} = 40 \text{ г/моль}, \text{ значит смесь}$$

теперь состоит только из аргона. Это сходится с тем условием, что $x_{\text{CH}_3\text{NH}_2} = 0,2$ и моль смеси уменьшился на 20%. Изначально аргон я предполагал именно из-за полученной смеси = 40 г/моль (т.е. весь газ А прореагировал с ~~НХС~~, а в смеси остался Б).

$$n_{\text{HCl}} = 0,25 \text{ л} \cdot 0,12 \text{ М} = 0,03 \text{ моль}$$

$$n_{\text{смеси}} = \frac{101,325 \text{ кПа} \cdot 1,243 \text{ л}}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 303 \text{ К}} = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow n_{\text{CH}_3\text{NH}_2} = 0,05 \text{ моль} \cdot 0,2 = 0,01 \text{ моль}$$

CH_3NH_2 реагирует с HCl 1:1, поэтому $n_{\text{HCl}} = n_{\text{CH}_3\text{NH}_2}$ прореагир.
Найдем молярные концентрации:

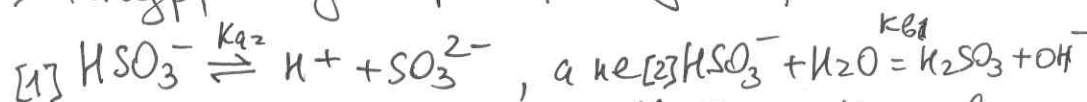
$$C_{\text{HCl}} = \frac{0,03 \text{ моль} - 0,01 \text{ моль}}{0,25 \text{ л}} = 0,08 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \quad +$$

$$C_{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+]\text{Cl}^-} = \frac{0,01 \text{ моль}}{0,25 \text{ л}} = 0,04 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \quad +$$

Н6 Реакции, протекающие в растворе это гидролиз ^(р-ция [2]) и диссоциация ^(реакция [1]), чтобы понять какой процесс преобладает, сравним константы:

$$K_{\text{дисс}}(\text{HSO}_3^-) = 6,2 \cdot 10^{-8} \quad K_{\text{гидр.}} = \frac{K_{\text{w}}}{K_{\text{a1}}} = \frac{10^{-14}}{1,4 \cdot 10^{-2}} = 7,1 \cdot 10^{-13}$$

$K_{\text{дисс}} > K_{\text{гидр.}}$, тогда преобладает р-ция:



А значит среда будет кислая. Найдем pH раствора:

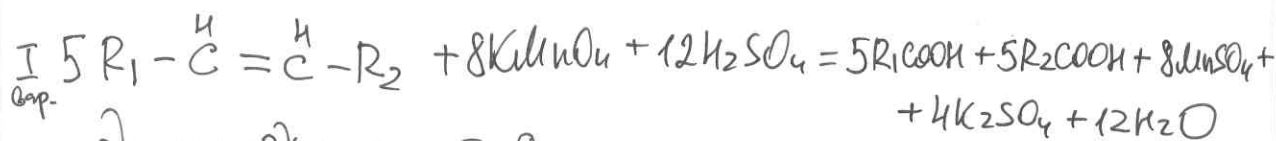
$$K_{\text{дисс}}(\text{HSO}_3^-) = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,03 \text{ М} - [\text{H}^+]} \quad \text{откуда } [\text{H}^+] = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ М}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{SO}_3^{2-}] \text{ (электронейтральность); Матер. баланс: } C_{\text{HSO}_3^-} = 0,03 \text{ М} = [\text{SO}_3^{2-}] + [\text{HSO}_3^-]$$

№6 Продолжение $C_{NaHSO_3} = \frac{3,12г}{104г/моль} = 0,03 моль$ (в 1л) Чистовик
по условию.

$pH = -\log_{10}[H^+] = -\log_{10}(4,3 \cdot 10^{-5}) = 4,366$ ✓

№7 Рассмотрим 2 варианта Алкенов $C_n D$:



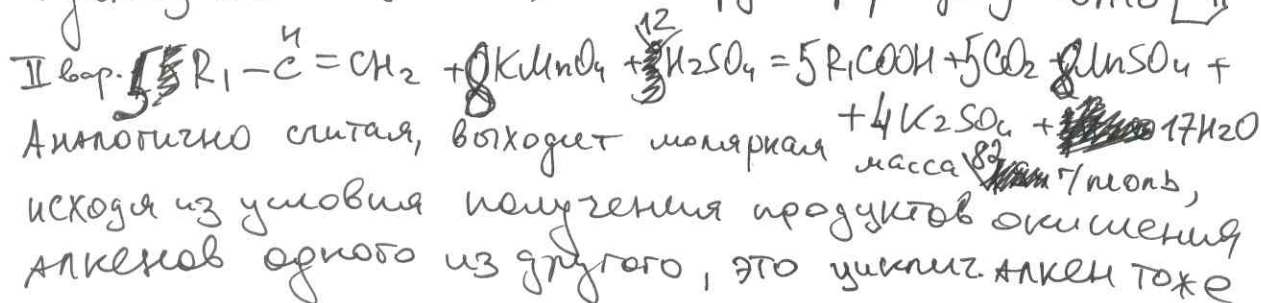
$\nu_{алкена} : \nu_{KMnO_4} = 5 : 8$

$\nu_{KMnO_4} = 0,2 \cdot 0,16 M = 0,032 моль \Rightarrow \nu_{алкена} = \frac{0,032 моль \cdot 5}{8} = 0,02 моль$

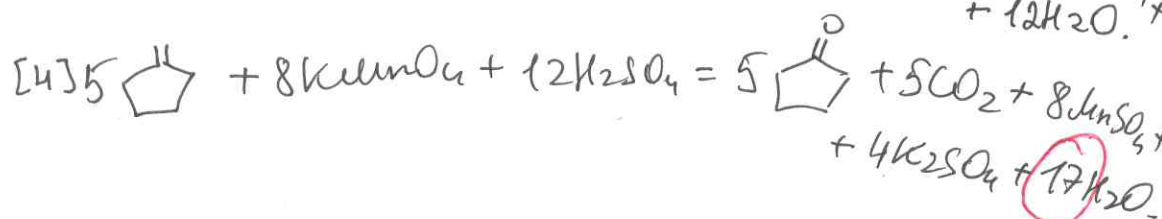
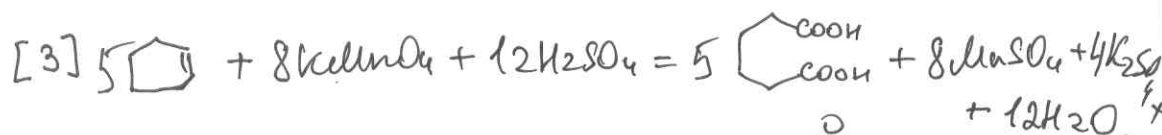
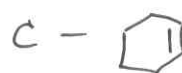
$M_{алкена} = \frac{1,64г}{0,02 моль} = 82 г/моль$; $C_n H_{2n} = 82 г/моль$ не дает адекватных структур,

А вот $C_n H_{2n-2} = 82 г/моль = 12 г/моль \cdot n + 2 г/моль - 2 \Rightarrow n = 6$

Один из алкенов ($C_n H_{2n-2}$) имеет другую формулу $C_6 H_{10}$ 

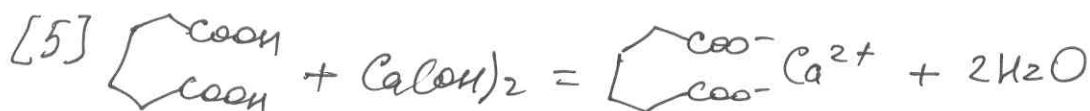


 с другой формулой $C_6 H_{10}$, тогда D - 



№7 продолжение

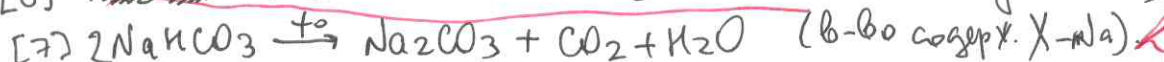
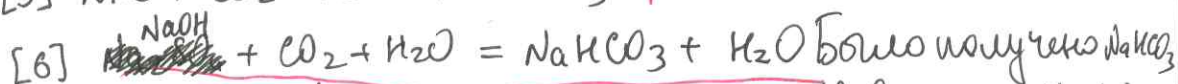
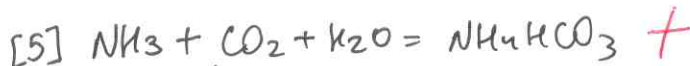
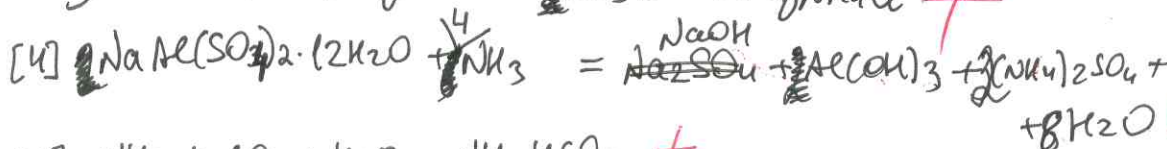
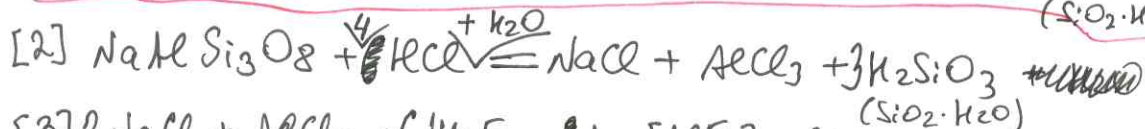
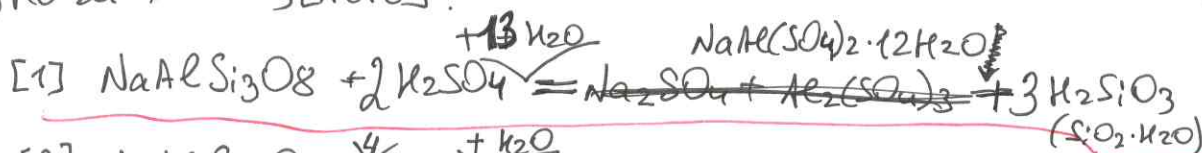
Листовик



№8 При обработке амомосиликатов серной кислотой с последующей кристаллизацией находят на практике, что А-квасцы с общей формулой $\text{XAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, проверим эту гипотезу: Если $w(\text{X}) = 0,0502$, то $w(\text{Al(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 0,9498 \Rightarrow M_A = \frac{435 \text{ г/моль} \rightarrow \text{Масса А без X}}{0,9498} = 458 \text{ г/моль}$
 $M_{\text{Al(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}} = 435 \text{ г/моль}$

$M_X = 458 \text{ г/моль} - 435 \text{ г/моль} = 23 \text{ г/моль}$, что соответствует Na.
 Значит X-Na, А - $\text{NaAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, осадок Al с F - кристалл $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$, проверим по данным массовых долей $w(\text{Al}) = \frac{27 \text{ г/моль}}{210 \text{ г/моль}} = 0,1286$
 $w(\text{Na}) = \frac{3 \cdot 23 \text{ г/моль}}{210 \text{ г/моль}} = 0,3286 \Rightarrow w(\text{Al}) \cdot 2,555 = w(\text{Na})$

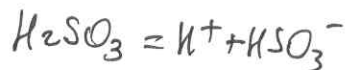
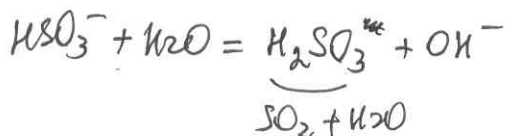
Значит В - $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$. $0,1286 \cdot 2,555 = 0,3286$ (сходится)



Черновик

$$[Na^+] = 0,03 \text{ моль}$$

~~Ионная~~
Щелочная



$$K_{a1} = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{[H_2SO_3]} = \frac{K_w}{K_b}$$

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

$$\frac{10^{-14}}{1,4 \cdot 10^{-2}} = \frac{[H_2SO_3][OH^-]}{[HSO_3^-]}$$

$$1,1 \cdot 10^{-2} = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{[H_2SO_3]}$$

$$[Na^+] + [H^+] = 2[SO_3^{2-}] + [HSO_3^-] + [H_2SO_3] + [OH^-]$$

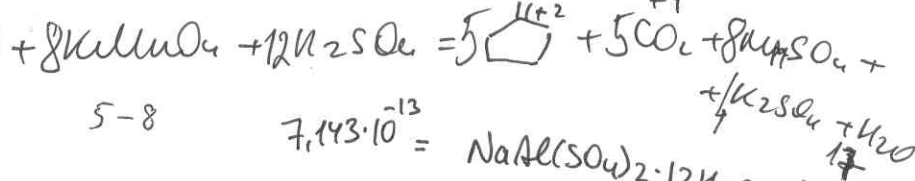
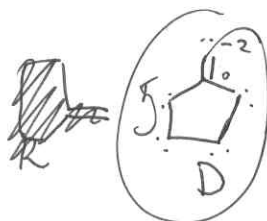
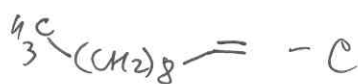
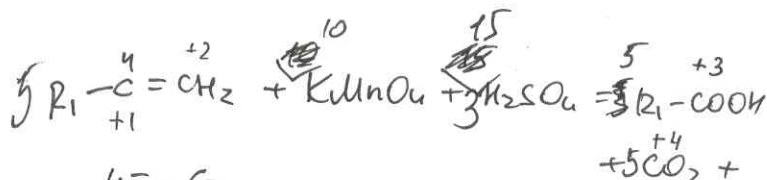
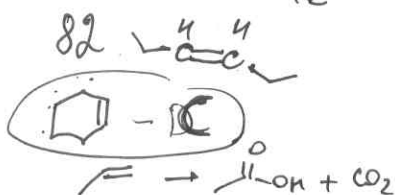
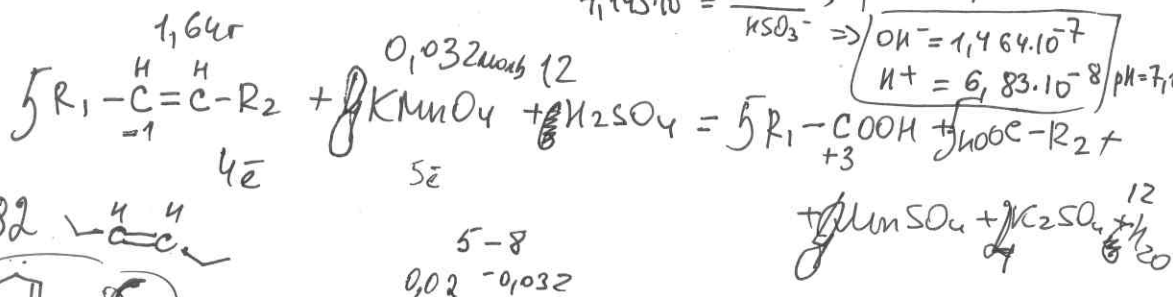
0,03

$$C_{HSO_3^-} = 0,03 = [SO_3^{2-}] + [HSO_3^-] + [H_2SO_3]$$

$$① pH = pK_{a1} + \log \frac{HA}{A^-} = 1,854 + \log \frac{H_2SO_3}{HSO_3^-} = -\log_{10}(X)$$

$$② \frac{7,143 \cdot 10^{-13}}{\frac{10^{-14}}{[H^+]}} = \frac{[H_2SO_3]}{HSO_3^-} = \frac{7,143 \cdot 10^{-13} \cdot [H^+]}{10^{-14}} \Rightarrow X = 0,014 M$$

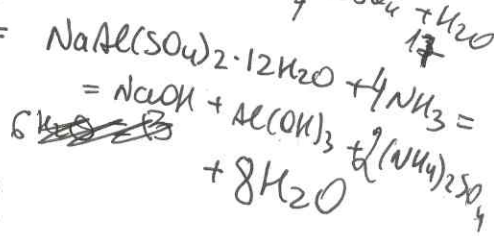
$$7,143 \cdot 10^{-13} = \frac{OH^- \cdot H_2SO_3}{HSO_3^-} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} OH^- = 1,464 \cdot 10^{-7} \\ H^+ = 6,83 \cdot 10^{-8} \end{array} \right] pH = 7,165$$



$$\frac{W_K}{W_{Al}} = 2,555 \Rightarrow 2,555 \cdot W_{Al} = W_K$$

$$0,032$$

$$\frac{96 + 18 \cdot X}{1 - 0,0507} = 96 + 18 \cdot X + X$$

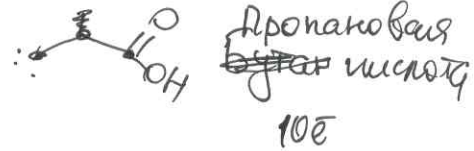


Черновик

1.5

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

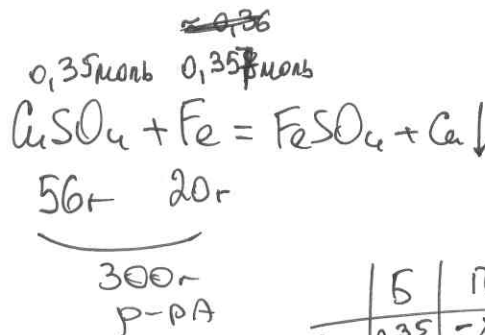
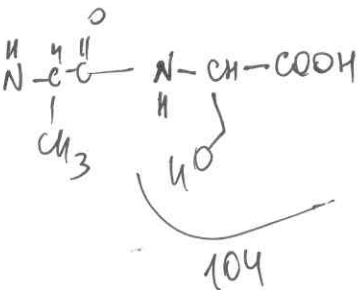
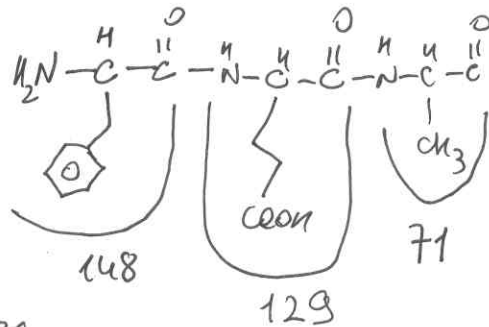
$C_3H_6O_2$



2^4 не мене
 H_2SO_4 нагрев
 Реакт. масса ушла.



3.2 PheAla-Gly-Ala-Ser



	Б	П	С
$CuSO_4$	0,35	-X	0,35X
Fe	0,357	-X	0,357-X
$FeSO_4$			+X
Cu			+X

$(0,35-X)160 = 0,069$

$280 - 64X + 56X$

280

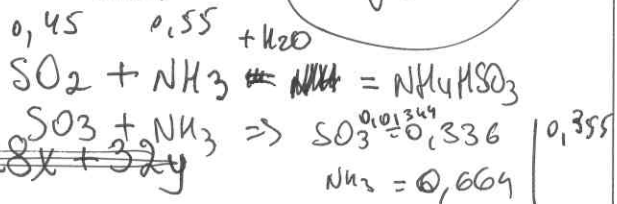
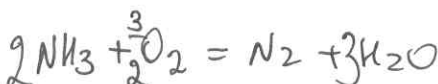
откуда $X = 0,236$ моль

отделим Fe

6,776

вместе с Cu

21,884



$38,188 = 15 \cdot (1-X) + 17 \cdot X$

$X(SO_2) = 0,475$

$39,343 = 15 \cdot (1-X) + 17 \cdot (X-0,2)$

$X(NH_3) = 0,525$

$38,188 = Y - XY + 17X$

$39,343 = 1,2Y - XY + 17X - 34$

$1,155 = 0,2Y - 3,4$ | $Y = 22,775$