

Эмблема



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

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Буллого Ростиславна Юревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«12» марта 2023 года

Подпись участника
[Signature]

Чистовик
 Пусть x - соль железа, а кристаллогидрат
 $x \cdot nH_2O$ и $x \cdot mH_2O$; $\omega_1(H_2O) = 45,3\%$; $\omega_2(H_2O) = 32,1\%$
 Тогда $\omega_1 = \frac{n \cdot M(H_2O)}{M(x) + n \cdot M(H_2O)}$; $\omega_2 = \frac{m \cdot M(H_2O)}{M(x) + m \cdot M(H_2O)}$

$$1) \frac{18n}{M_x + 18n} = 0,453 \quad 2) \frac{18m}{M_x + 18m} = 32,1\% = 0,321$$

$$1) 18n = 0,453 M_x + 8,154n \Rightarrow 0,453 M_x = 9,846n$$

$$M_x \approx 21,735n$$

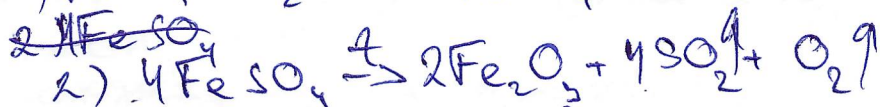
$$2) 18m = 0,321 M_x + 5,778m \Rightarrow 0,321 M_x = 12,222n$$

$$M_x \approx 38,075m$$

$$\text{Тогда } 21,735n = 38,075m \Rightarrow \frac{18n}{m} \approx 1,75$$

Наименьшие значения m и n при которых выполняется данное условие это $m=4$; $n=7$. Из массовой доли воды найдем M_x :

$M_x = 38,075m = 38,075 \cdot 4 \approx 152,3$ (г/моль). Т.к. соль содержит Fe, то $M_x = 152,3 - M_{Fe} \approx 96$ - такой молярной массе соответствует анион SO_4^{2-} , значит, исходные соли это $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 4H_2O$. При разложении сначала будет отщепляться вода, а потом начнет разлагаться сама соль:

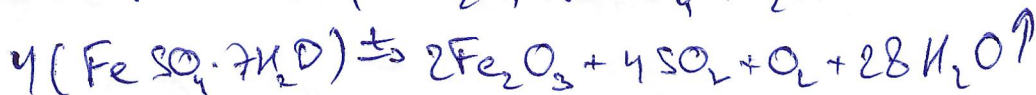


или суммарное уравнение:



(на примере гексагидрата)

Ответ: $FeSO_4 \cdot 4H_2O$; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$



числовик

√2

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = 12,42 \Rightarrow V(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{12,4}{62} = 0,2 \text{ моль}$$

Допуская что в ходе реакции получается единственный продукт, получаем:

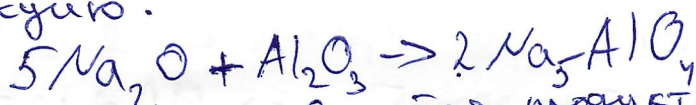
$$\text{По закону сохранения масс: } m_{\text{пр}} = m_{\text{Na}_2\text{O}} + m_{\text{Al}_2\text{O}_3}$$

$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = m_{\text{пр}} - m_{\text{Na}_2\text{O}} = 16,982 - 12,42 = 4,082 \Rightarrow$$

$$V(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{m_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{M} = \frac{4,082}{1022 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль}$$

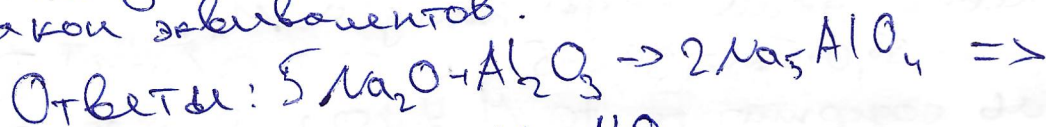
$$\frac{V(\text{Na}_2\text{O})}{V(\text{Al}_2\text{O}_3)} = \frac{0,2}{0,04} = 5. \text{ Исходя из этого составим}$$

реакцию:

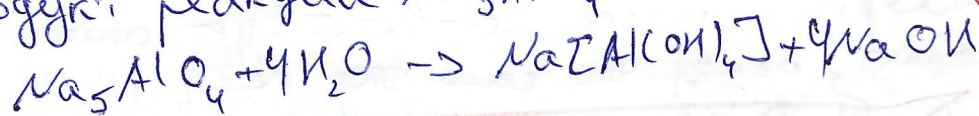


значит, полученный продукт имеет формулу Na_5AlO_4 .

К тому же выводу можно прийти используя закон эквивалентов.



продукт реакции Na_5AlO_4



+

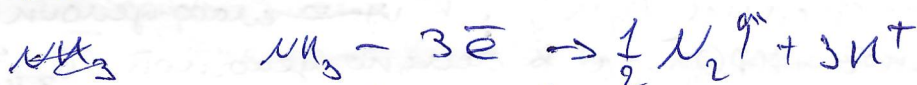
Чистовик

№3

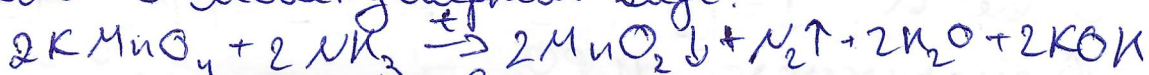
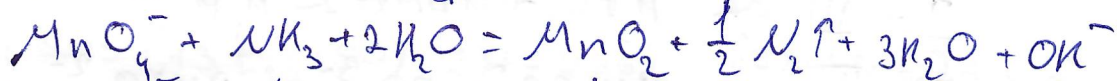
По условию газ X реагирует с горячим водным раствором $KMnO_4$ в соотношении 1:1. Предполагая, что ~~т.к. раствор водный~~ восстановление $KMnO_4$ происходит в нейтральной среде. Тогда продуктом восстановления является MnO_2 :



Тогда один из элементов, входящих в состав X должен иметь своего со кна 3. При этом молярная масса этого элемента должна быть небольшой; т.к. по условию X легче воздуха $\Rightarrow M_X < M_B$; $M_X < 29$. Под эти условия хорошо подходит N и NH_3 ; т.к. $M_{NH_3} = 17$, $17 < 29$ и



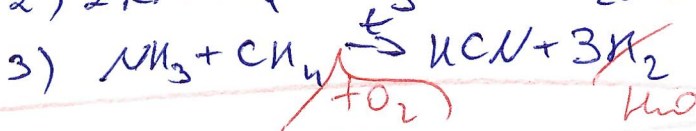
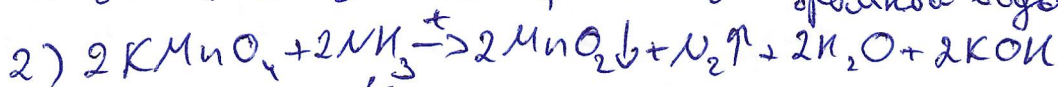
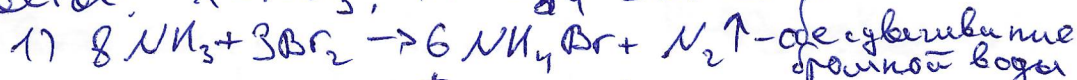
Тогда суммарное уравнение реакции:



Эта реакция действительно протекает при нагревании.

По условию газ Z используется в производстве некоторых полимеров. Можно предположить, что Z либо является органическим либо хотя бы содержит углерод. Т.е. газ Y тоже содержит углерод. Также известно, что Y легче X, т.е. NH_3 . Значит, $M(Y) < 17$. Под эти условия подходит только $Y = CH_4$ ($M(Y) = 16$). Тогда между газами протекает реакция: $NH_3 + CH_4 \rightarrow HCN + 3H_2$. По условию Z - газодный газ $\Rightarrow Z = HCN$ - циановодород.

Ответы: X = NH_3 ; Y = CH_4 ; Z = HCN



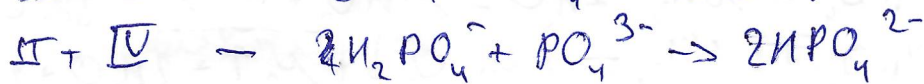
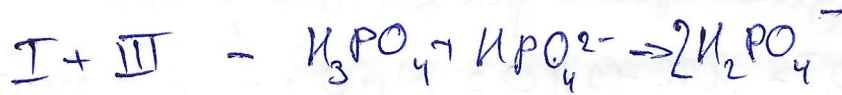
Чистовик

и₄

Каждая из форм образуется в результате диссоциации H_3PO_4 , а их концентрации зависят от констант кислотности H_3PO_4 на различных ступенях. Т.к. в константу кислотности входит концентрация ионов водорода ($[H^+]$); т.е. $[H^+] = 10^{-pH}$, то в более кислых средах будут существовать наименее диссоциировавшие формы и наоборот.

Тогда I = H_3PO_4 ; II = $H_2PO_4^-$; III = HPO_4^{2-} ; IV = PO_4^{3-}

Т.е. при $pH < 2$ преобладает H_3PO_4 ; при $pH = 2-8$ преобладает $H_2PO_4^-$; $pH = 7-13$ HPO_4^{2-} ; а при $pH > 13$ PO_4^{3-} . Или в сильно кислых средах H_3PO_4 ; в слабых $H_2PO_4^-$; в умеренно слабощелочной и щелочной HPO_4^{2-} , а в сильнощелочной PO_4^{3-}



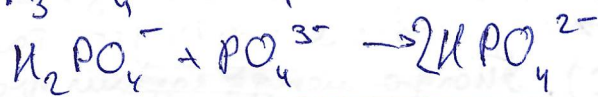
Ответы: I = H_3PO_4 ; II = $H_2PO_4^-$; III = HPO_4^{2-} ; IV = PO_4^{3-}

В сильнокислой H_3PO_4

В слабокислой $H_2PO_4^-$

В слабощелочной и щелочной HPO_4^{2-}

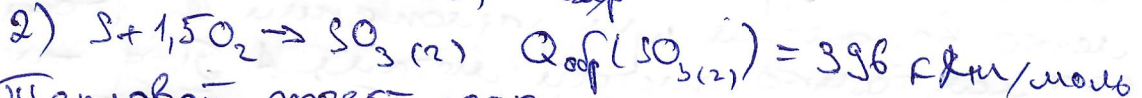
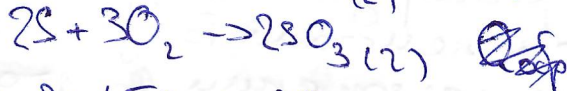
В сильнощелочной PO_4^{3-}



Чистовик

По условию энергии связи $S=O$ в SO_2 больше чем в SO_3 на 13%, т.е. $E_{SO_2}(S=O) = 1,13 E_{SO_3}(S=O)$

Реакции образования оксидов серы из простых в-в:



Тепловой эффект реакции можно найти как

$$Q_p = \sum E_{с оф} - \sum E_{с разорв}. \text{ Тогда для этих реакций:}$$

$$1) Q_1 = Q_{оф}(SO_2(г)) = 2 E_{SO_2}(S=O) - E(O=O) - E_S$$

$$2) Q_2 = Q_{оф}(SO_3(г)) = 3 E_{SO_3}(S=O) - 1,5 E(O=O) - E_S$$

где E_S - энергия связей в сере, как в простой в-ве

$$297 = 2 E_{SO_2}(S=O) - E(O=O) - E_S \text{ или, т.к.}$$

$$E_{SO_2}(S=O) = 1,13 E_{SO_3}(S=O) \quad 297 = 2,26 E_{SO_3}(S=O) - E(O=O) - E_S \quad (1)$$

$$396 = 3 E_{SO_3}(S=O) - 1,5 E(O=O) - E_S \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) составим систему:

$$\begin{cases} 297 = 2,26 E_{SO_3}(S=O) - E(O=O) - E_S & (1) \\ 396 = 3 E_{SO_3}(S=O) - 1,5 E(O=O) - E_S & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 297 = 2,26 E_{SO_3}(S=O) - E(O=O) - E_S & (1) \\ 396 = 3 E_{SO_3}(S=O) - 1,5 E(O=O) - E_S & (2) \end{cases}$$

Вычтем из уравнения (2) уравнение (1)

$$(2) \quad 396 = 3 E_{SO_3}(S=O) - 1,5 E(O=O) - E_S$$

$$- (1) \quad 297 = 2,26 E_{SO_3}(S=O) - E(O=O) - E_S$$

$$\hline 99 = 0,74 E_{SO_3}(S=O) - 0,5 E(O=O) \quad (\text{но у нас } \downarrow)$$

$$E_{SO_3}(S=O) = \frac{99 + 0,5 E(O=O)}{0,74}; \quad E(O=O) = 498 \text{ кДж/моль}$$

$$E_{SO_3}(S=O) = \frac{99 + 0,5 \cdot 498}{0,74} \approx 470,27 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{Тогда } E_{SO_2}(S=O) = 1,13 \cdot E_{SO_3}(S=O) = 1,13 \cdot 470,27 \approx 531,4 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Ответ: энергия связи $S=O$ в SO_3 равна 470,27 кДж/моль, а в SO_2 531,4 кДж/моль



Чистовик №6

По условию $Q_{\text{огр}}(Q) = 498,7 \text{ Дж}$, а выделено 45058 Дж теплоты. Тогда $m \cdot \rho_1 = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{огр}}} = \frac{45058}{498,7} \approx 90,351 \text{ (г)}$. По условию переог-

ный металл А реагирует с летучим металлом Б. При этом металл Б должен легко возгораться при разложении I_2 , чтобы остался только металл А. След от условия хорошо подходит $\text{I}_2 \Rightarrow \text{B} = \text{I}_2$.

Тогда для реакции $\text{A} + n\text{I}_2 \rightarrow \text{D}$ применим закон эквивалентов для веществ А и ~~А~~ Д

$$\frac{m_A}{x} = \frac{m_A}{x+127} ; \text{ где } x - \text{масса эквивалента А}$$

$$m_g x = m_A x + 127 m_A \quad \text{т.к. в А содержится примесь, то } m_A = \omega m_0;$$

$$x(m_g - m_A) = 127 m_A \quad \omega_A = 1 - \omega; \quad m_0 = 8,5 \text{ г}$$

$$x = \frac{127 m_A}{m_g - m_A} \quad m_g = 90,351 \text{ г}$$

Рассмотрим 2 крайних случая: 1) $\omega_n = 5\%$, т.е. $\omega_A = 0,95$ 2) $\omega_n = 10\%$, т.е. $\omega_A = 0,9$

$$1) \quad x = \frac{127 \cdot 0,95 \cdot 8,5}{90,351 - 0,95 \cdot 8,5} \approx 12,46 \text{ г/экв}$$

$$2) \quad x \approx 11,75 \text{ г/экв}$$

$11,75 \leq x \leq 12,46$ при $z = 4 \quad 47 \leq M \leq 49,86$
В эти границы попадает Ti ; $M = 47,9 \text{ г/моль}$

Найдём $\omega_{\text{пр}}$: $x_{\text{Ti}} = \frac{M}{4} = \frac{47,9}{4} = 11,975$

$$x = \frac{127 \cdot \omega_{\text{Ti}} \cdot 8,5}{90,351 - \omega_{\text{Ti}} \cdot 8,5} \quad x = \frac{127 m_{\text{Ti}}}{m_g - m_{\text{Ti}}} \Rightarrow m_{\text{Ti}} = \frac{90,351 x}{127 + x}$$

$$= \frac{1081,95}{138,375} \approx 7,79 \text{ г} \Rightarrow \omega_{\text{Ti}} = \frac{m_{\text{Ti}}}{m_0} = \frac{7,79}{8,5} \approx 0,916$$

$$\omega_{\text{пр}} = 1 - \omega_{\text{Ti}} = 1 - 0,916 = 0,084 \text{ или } 8,4\%$$

Ответы: $\text{A} = \text{Ti}$; $\text{B} = \text{I}_2$; $\text{D} = \text{TiI}_4$; $\omega_{\text{пр}} \approx 8,4\%$.



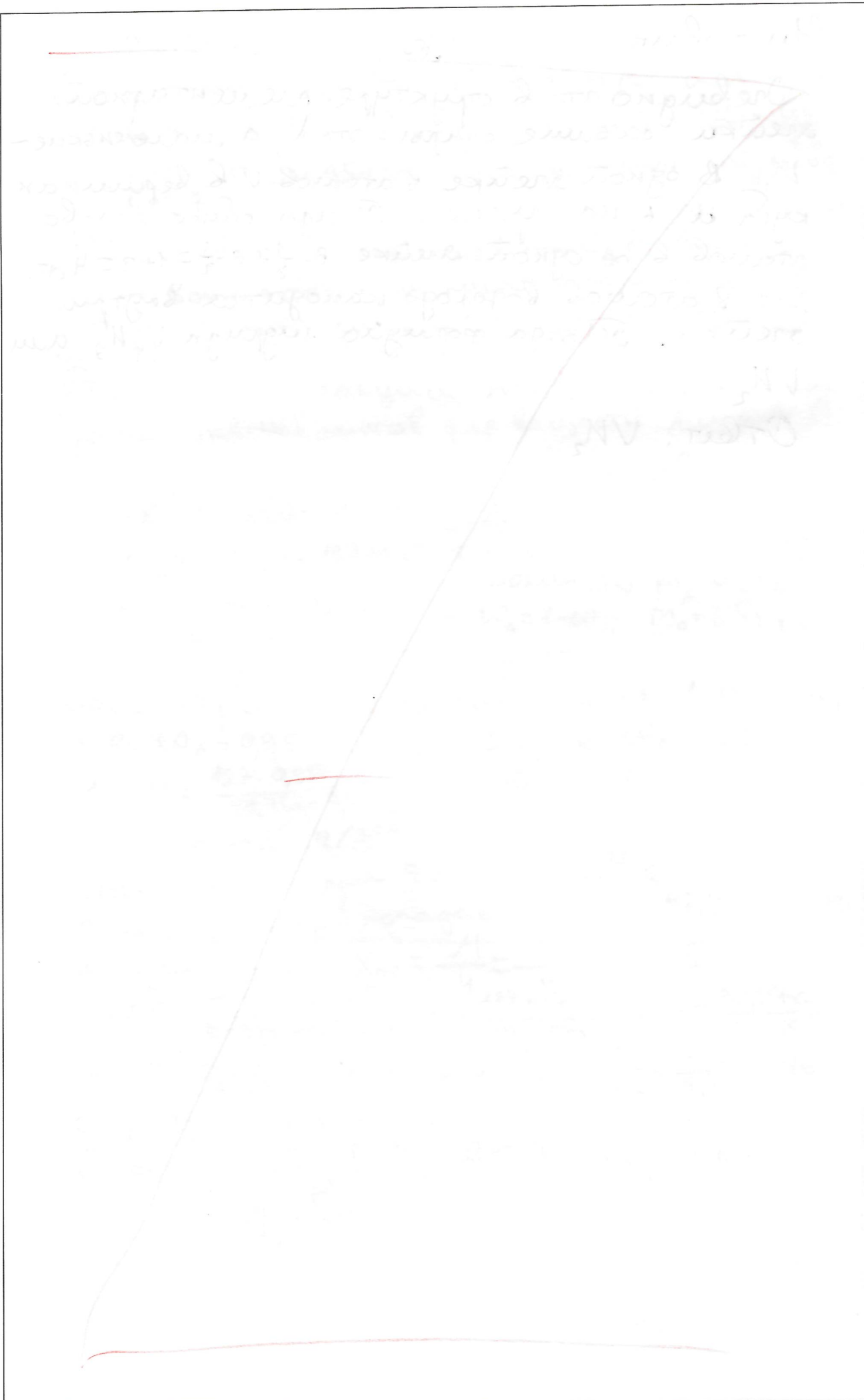
Чистовик

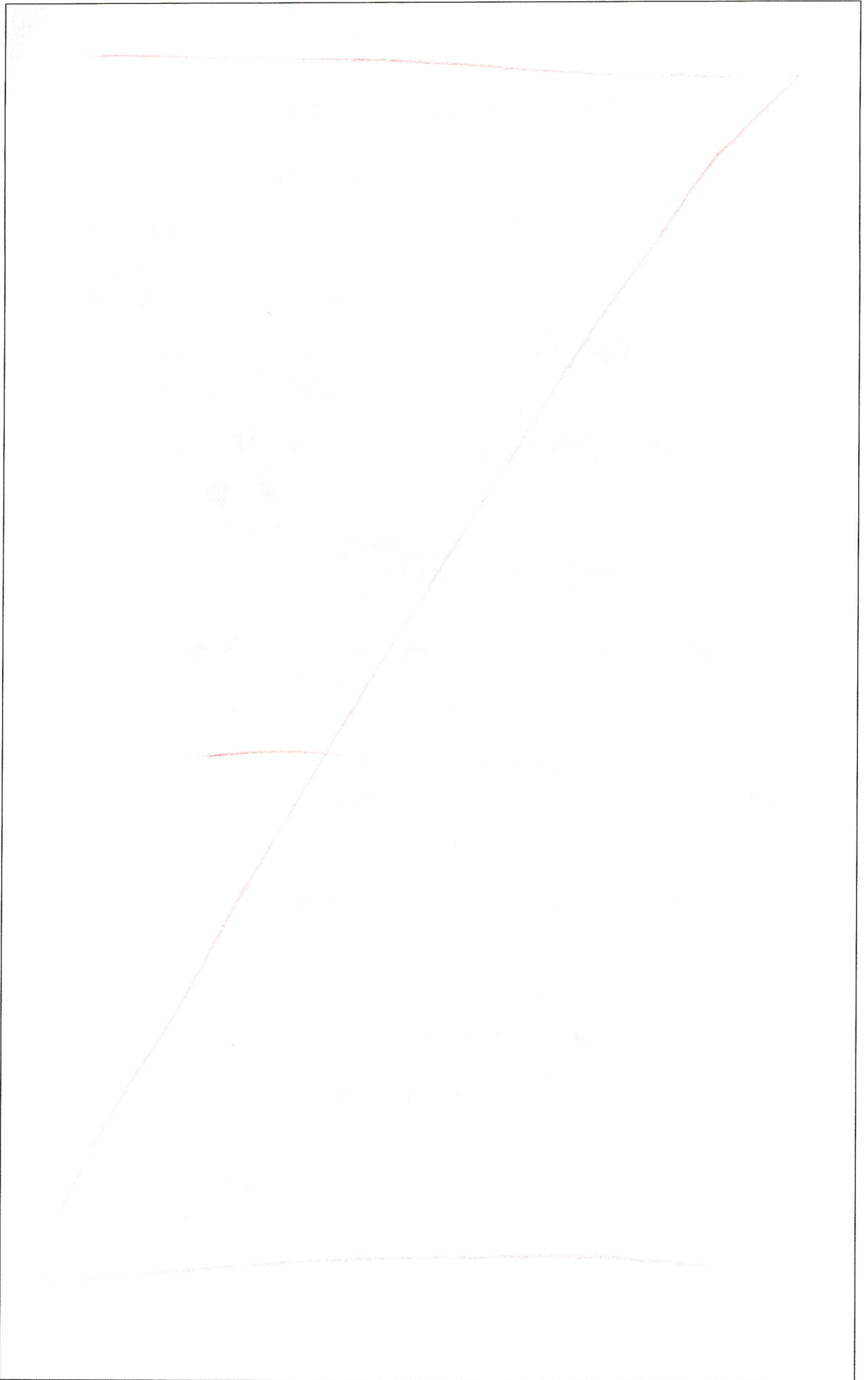
07

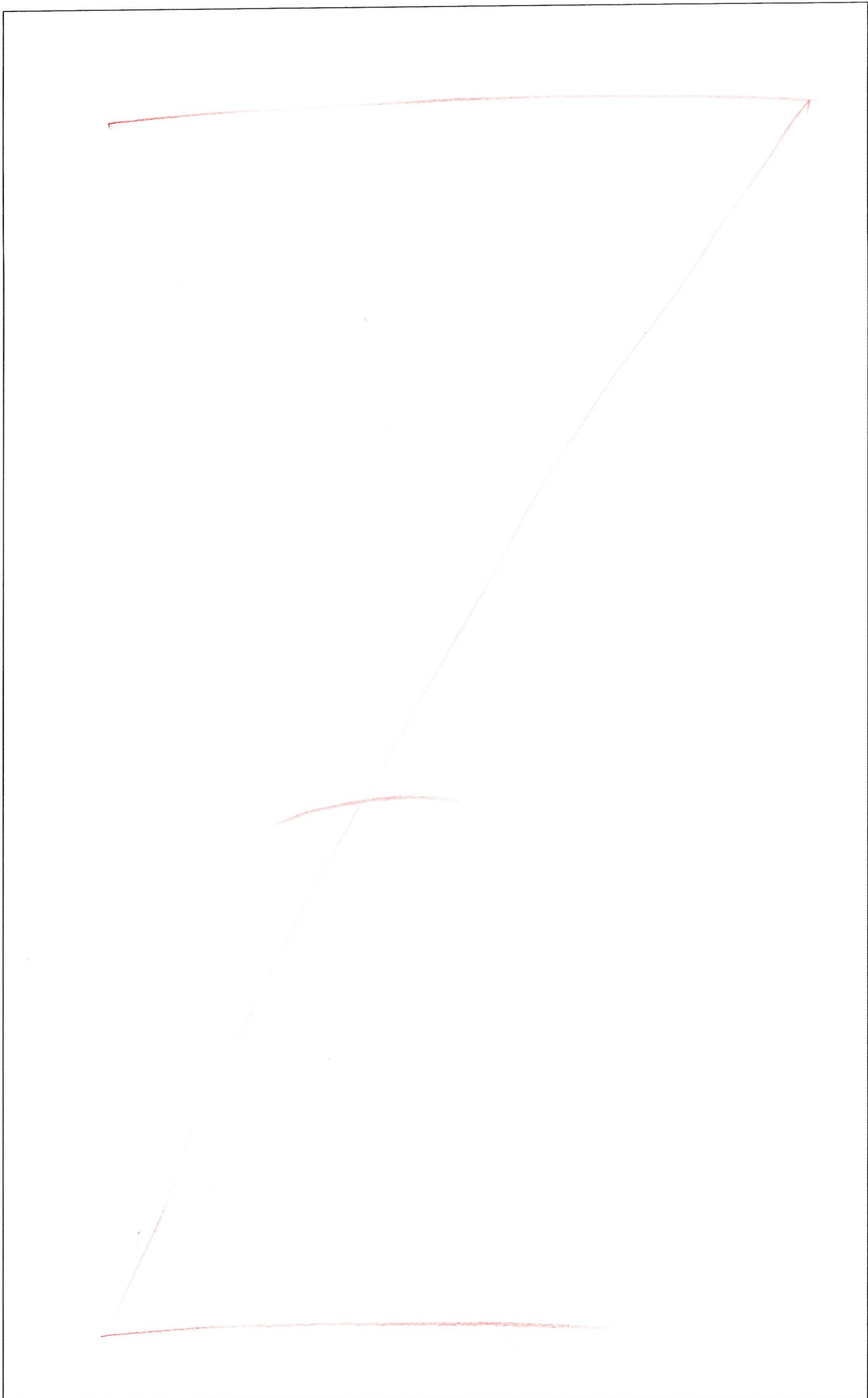
Очевидно что в структуре элементарной ячейки большие сферы - это V, а маленькие - H. В одной ячейке в атомов V в вершинах куба и 6 на гранях. Тогда общее кол-во атомов в одной ячейке $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 1 + 3 = 4$ ат. Все 8 атомов водорода находятся внутри ячейки. Тогда формула нитрида V_4H_8 или VH_2

Ответ: VH_2









Черновик



$Q = 45058 \text{ Дж}$

$\approx 90,3572 \text{ А обр}$

$B = S$
предположим
что



$\omega = 0,95 - 0,9$

$\frac{8,5\omega}{A} = \frac{90,35}{A+16}$

$8,5\omega = 90,35$ $\omega = 0,95$ $z = 1$ $12,46 \leftarrow x \leq 11,75$

$\frac{8,5\omega}{M(\frac{1}{2}A)} = \frac{90,35}{M(\frac{1}{2}A)+16}$

$z = 4$ $M \leq 23,5$

1) $\omega = 0,95$

$\frac{8,075}{x} = \frac{90,35}{x+16}$

2 $11,75 \leq x \leq 12,46$

2 $22,5 \leq M \leq 24,92$

3 $35,25 \leq M \leq 37,98$

4 $47 \leq M \leq 49,84$

$8,075x + 129,2 = 90,35x$

$129,2 = 82,276x$ $52,15$ $0,3$

$\frac{8,075}{x} = \frac{90,35}{x+127}$

$8,075x + 1025,525 = 90,35x$

$82,275x = 1025,525$

$\frac{7,65}{x} = \frac{90,35}{x+127}$

$12,4601$

$7,65x + 971,55 = 971,55$



$x = 11,75$



Черновик Fe... 45,3% 32,1%

$\frac{M_x}{100}$

X - соль железа

$M_0 = 29$



62 [S]

$$\frac{12,4}{23+8} = \frac{16,48}{23+X}$$

$$\frac{27+16n}{2n-3} = 18,2$$

0,2 моль



$$285,2 + 12,4x = 379,04 + 510,88$$

$$12,4x = 225,68$$

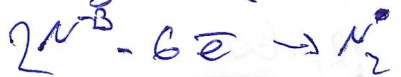
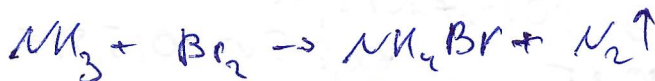
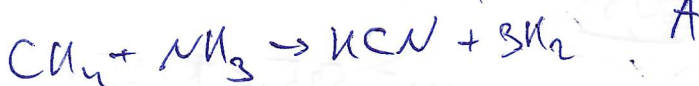
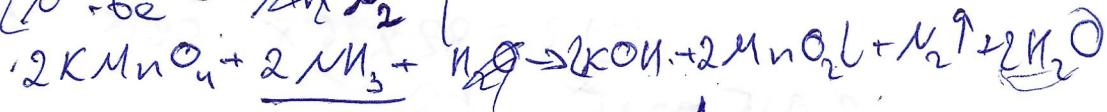
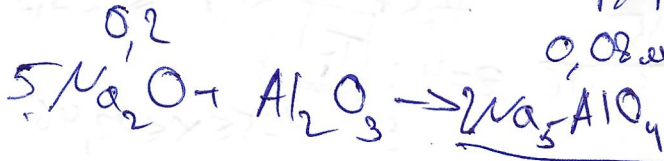
$$x = 18,2 \text{ 2/3 моль}$$

$$z = 2 \Rightarrow M = 36,4$$

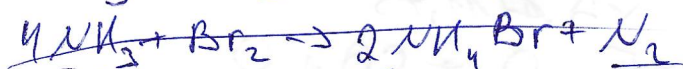
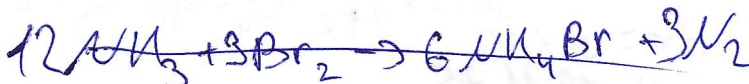
$$27 + 16n = 36,4n - 54,6$$

$$81,6 = 26,4n$$

$$n = 4$$



99
986 822
82,2565



267,81

$$X = \frac{127m}{30,351 - m}$$

$\Rightarrow 271,55$

$$30,351x - xm = 127m$$

$$m(127 + x) = \frac{30,351x}{127 + x}$$