



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Пизин Максим Михайлович**

Технический балл: **96**

Дата: **12 мая 2020 года**

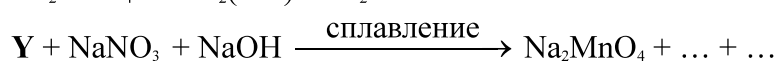
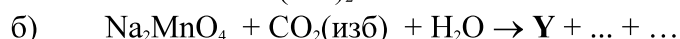
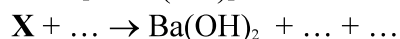
**Олимпиада «Ломоносов»
5-9 классы**

1. Бинарное вещество имеет ионное строение. Общее число электронов во всех положительных ионах в 4 раза меньше общего числа электронов во всех отрицательных ионах. Предложите возможную формулу вещества и докажите, что она соответствует условию. Напишите электронную конфигурацию отрицательного иона в основном состоянии и положительного иона в первом возбужденном состоянии. **(10 баллов)**

2. Навеску кристаллогидрата гидрофосфата натрия массой 10.00 г выдержали в течение длительного времени при 300 °С. Масса полученного твердого вещества составила 7.47 г. Определите формулы исходного и конечного веществ. Ответ подтвердите расчетом. **(10 баллов)**

3. Аммиак объемом 200 литров (н.у.) растворили в одном литре воды. Полученный раствор охладили до –60 °С, в результате чего из раствора выпал осадок – чистый лед. Рассчитайте массовую долю аммиака в исходном растворе и найдите массу выпавшего осадка, если известно, что массовая доля аммиака в насыщенном при –60 °С водном растворе равна 27%. **(12 баллов)**

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам превращений:



Определите неизвестные вещества.

(12 баллов)

5. Навеску металла массой 8.96 г полностью растворили в 200 г 35%-ной азотной кислоты, при этом выделилось 5.376 л (н. у.) смеси двух газов, по плотности равной фтору. Найдите состав смеси (в об.%). Определите металл и напишите суммарное уравнение его растворения в этих условиях. Рассчитайте массовую долю нитрата металла в полученном растворе.

(16 баллов)

6. Теплоты сгорания аммиака и газообразного гидразина (N_2H_4) равны 317 и 534 кДж/моль соответственно. В обоих случаях продукты сгорания – азот и пары воды. Определите энергию связи N–N в гидразине, если энергия связи $\text{N}\equiv\text{N}$ составляет 945 кДж/моль. Примите, что энергия связи N–H одинакова в аммиаке и гидразине. **(20 баллов)**

7. Шпиль Главного здания МГУ имеет красивую желто-золотистую окраску, однако в нем нет ни грамма золота. Покрытие шпиля состоит из широко распространенного хрупкого, прозрачного, бесцветного материала **X**, в который для придания окраски добавлены оксиды **Y** и **Z**. В обоих оксидах элементы четырехвалентны. В оксиде **Y** масса элемента в 4.375 раза больше массы кислорода. Оксид **Z** получают из хлорида металла двумя способами: гидролизом с парами воды и прокаливанием в атмосфере кислорода. В первой реакции степени окисления элементов не изменяются, вторая является реакцией замещения. Для получения 100 г **Z** требуется минимально 237.5 г хлорида.

Назовите вещество **X** и перечислите 4 основных элемента, которые входят в его состав. Определите формулы веществ **Y** и **Z** (подтвердите расчетом). Напишите уравнения реакций получения **Z**. **(20 баллов)**

Максим Михайлович Пизин

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 12

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 20

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 20

Задача 1.

CaBr_2 .

$$N(e^-)_{\text{Ca}^{2+}} = 18$$

(т.к. Ca , то $20e^- - 2e^- = 18e^-$)

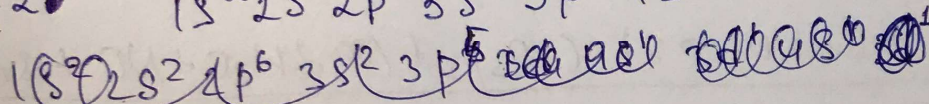
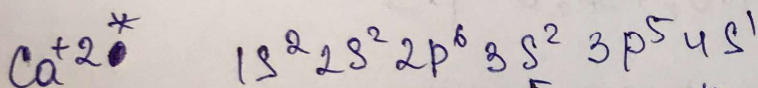
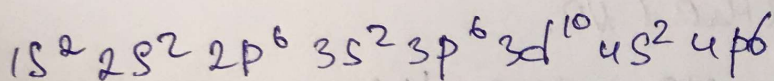
$$N(e^-)_{\text{Br}^-} = 36$$

(т.к. Br , то $35e^- + 1e^- = 36e^-$)

т.к. Br^- , то $36e^- \cdot 2 = 72e^-$.

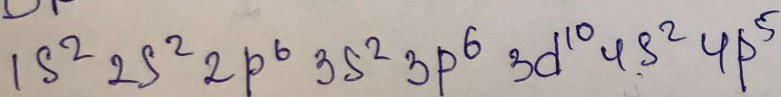
$$\frac{N(e^-)_{\text{Br}^-} \cdot 2}{N(e^-)_{\text{Ca}^{2+}}} = \frac{36 \cdot 2}{18} = 4.$$

Br^-



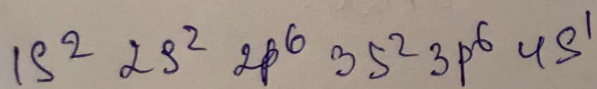
основн. сост.

Br^0



неп. базис. сост.

Ca^{+1}

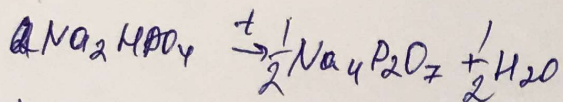
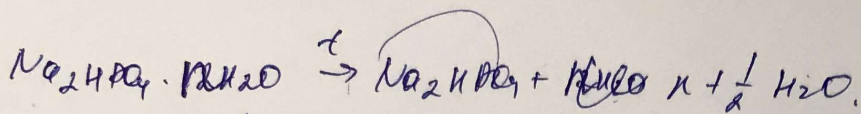


Задача 2.

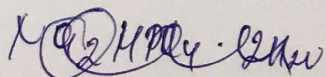
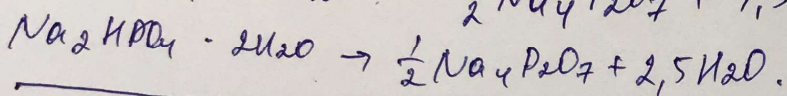
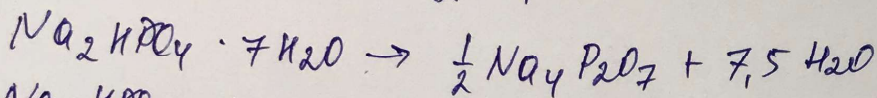
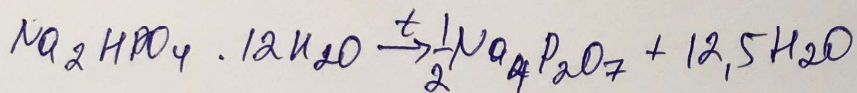
1001

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 10\text{г} - 7,47\text{г} = 2,53\text{г}.$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,141 \text{ моль}$$



$$x = 12.$$



$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,141 \Rightarrow n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \frac{0,141}{2,5} = 0,056 \text{ моль}.$$

$$M(\text{укт.}) = \frac{10\text{г}}{0,056 \text{ моль}} = 178 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}.$$

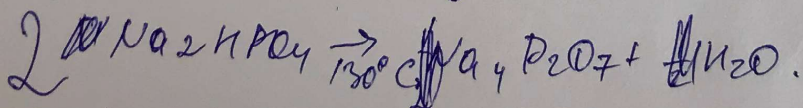
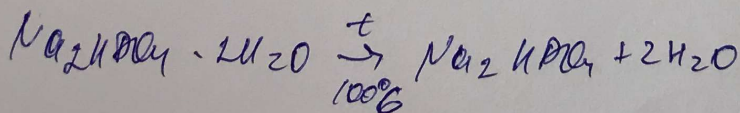
$$M(\text{соли}) = 7,47\text{г}$$

$$n(\text{соли}) = \frac{0,141 \text{ моль}}{5} = 0,028 \text{ моль}$$

$$M(\text{соли}) = \frac{7,47\text{г}}{0,028 \text{ моль}} = 266 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \Rightarrow$$

$\Rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — укс. в-во.

$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ — основн. в-во.



Задача 3.

$$n(\text{NH}_3) = 8,929 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = 151,793 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ г} \cdot 17\% = 170 \text{ г}$$

$$m_{\text{т-ра}}(\text{NH}_3) = \cancel{151,793 \text{ г}} + 170 \text{ г} = 321,793 \text{ г}$$

$$w_{\text{о}}(\text{NH}_3) = \frac{\cancel{151,793 \text{ г}}}{1151,793 \text{ г}} = \cancel{0,1318} = 0,1318 \text{ или } 13,18\%$$

$$w_{(-60^\circ\text{C})}(\text{NH}_3) = 0,27 = \frac{\cancel{151,793 \text{ г}}}{x}$$

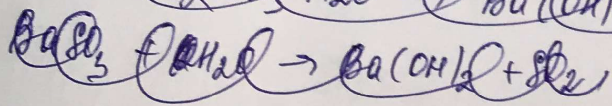
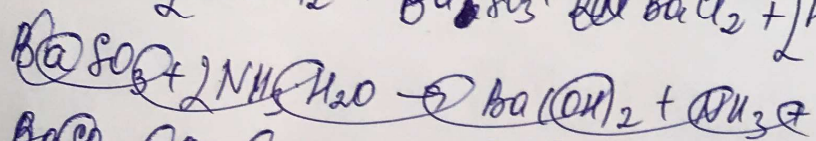
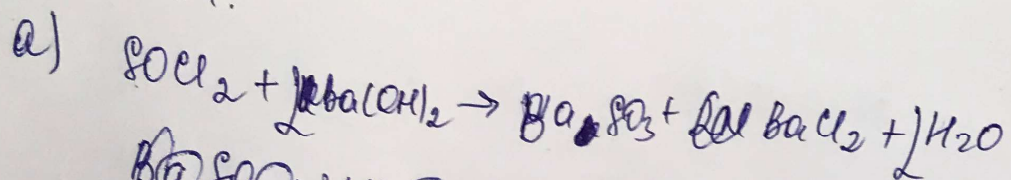
$$x = m_{\text{т-ра}}$$

$$m_{\text{т-ра}} = \frac{151,793 \text{ г}}{0,27} = 562,26 \text{ г}$$

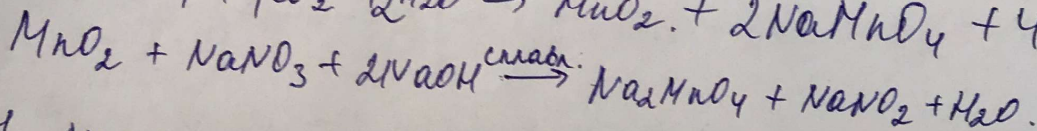
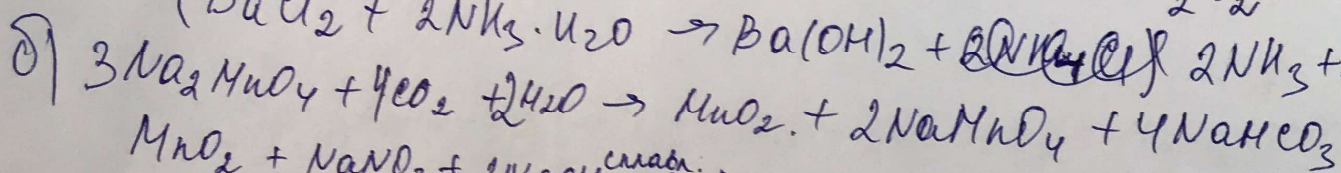
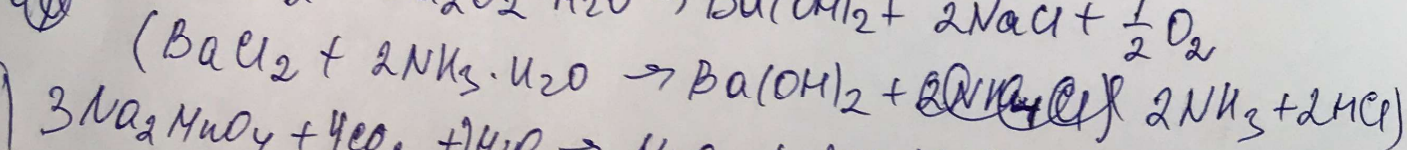
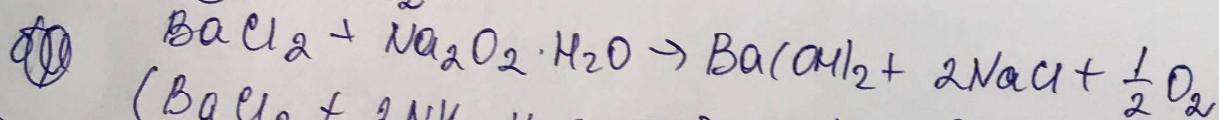
$$m_{\text{т-ра}} = 562,26 \text{ г}$$

$$m_{\text{льда}} = \cancel{151,793 \text{ г}} + 170 \text{ г} - 562,26 \text{ г} = 589,5 \text{ г}$$

Задача 4.



X - ~~BaCl_2~~



Y - MnO_2

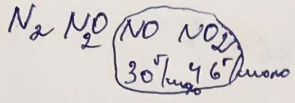
Задача 5.

$n(\text{HNO}_3) = \frac{200 \cdot 0,935}{63} = 1,111 \text{ моль}$

$n(\text{раств}) = 0,24 \text{ моль}$

$m(\text{раств}) = 0,24 \text{ моль} \cdot 38 \text{ г/моль} = 9,12 \text{ г}$

$M(\text{F}_2) = 38 \text{ г/моль} = M_{\text{cp}}(\text{раств})$

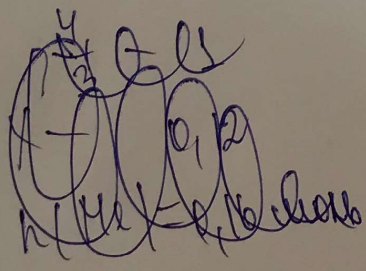
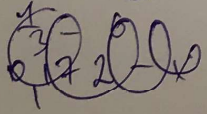
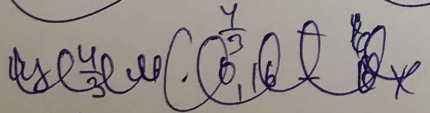
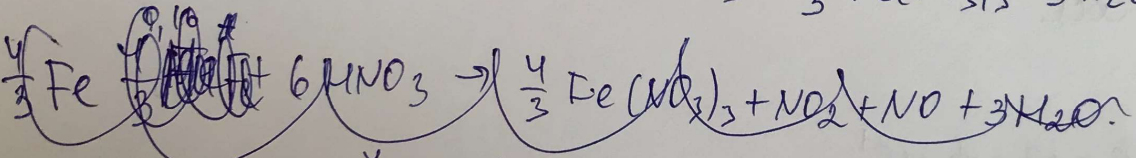
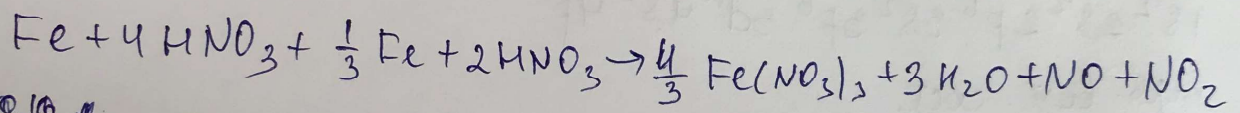
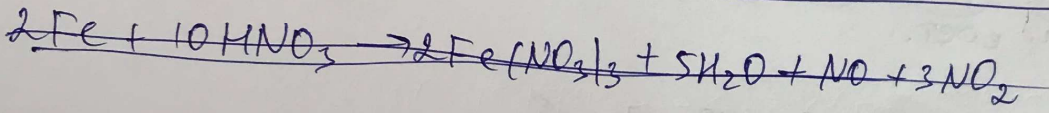
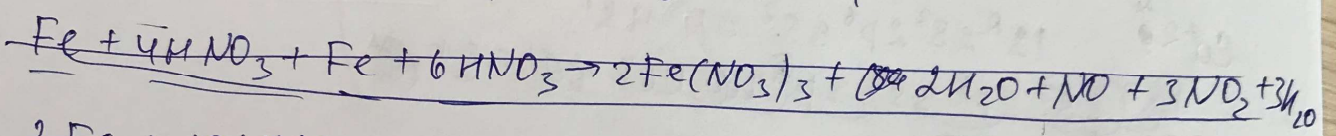
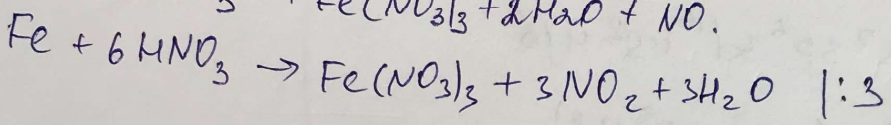
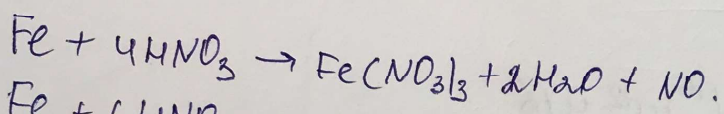


$46x + 30(1-x) = 38$

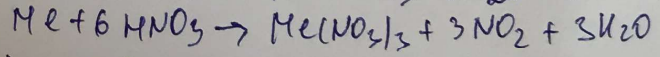
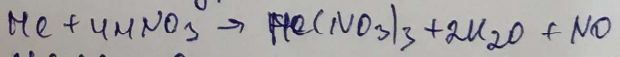
$x = 0,5$

$U(\text{NO}) = U(\text{NO}_2) = 0,5 \text{ или } 50\%$

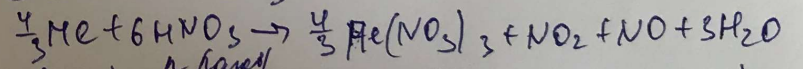
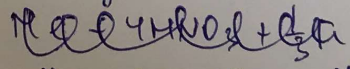
$X(\text{NO}) = X(\text{NO}_2) = 0,5 \text{ или } 50\%$



Учитывая предположение, что металл образует Fe^{3+} или Fe^{2+} ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$) \Rightarrow ищем 2-й



Складываем их и получаем:

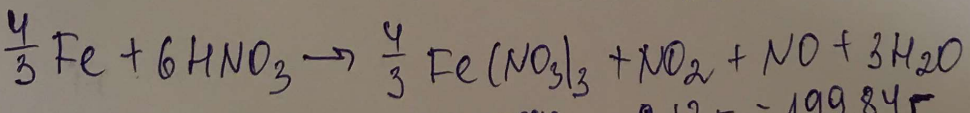


$n(\text{NO}_2) = \frac{n(\text{раств})}{2} = 0,24 \text{ моль} = 0,12 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{Fe}) =$

$= 0,12 \cdot \frac{4}{3} = 0,16 \text{ моль}$

$M(\text{Fe}) = \frac{8,96 \text{ г}}{0,16 \text{ моль}} = 56 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Fe}$

$\Rightarrow \text{Fe} - \text{Fe}$

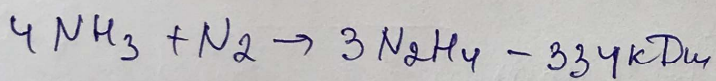
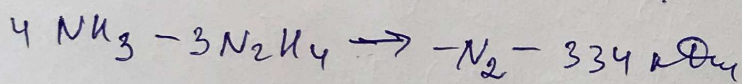
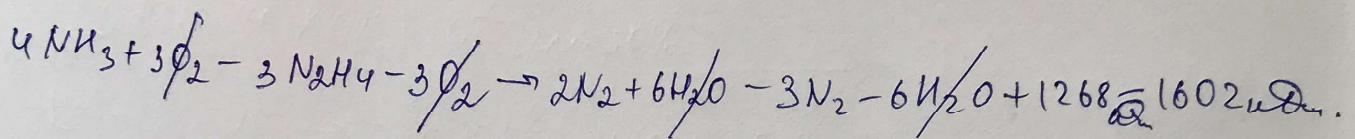
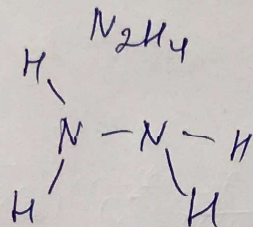
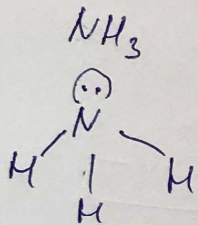
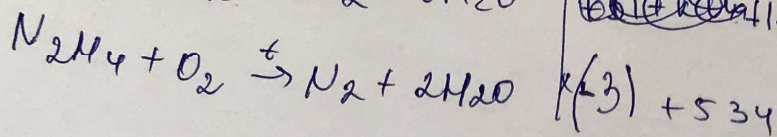
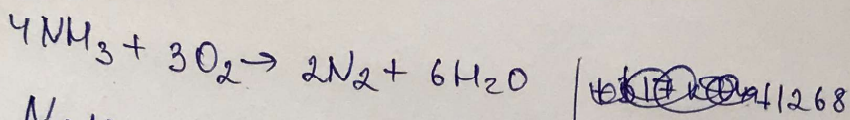


$m_{\text{р-ра}} = 8,96 \text{ г} + 200 \text{ г} - 9,12 \text{ г} = 199,84 \text{ г}$

$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = n(\text{Fe}) = n(\text{NO}_2) \cdot \frac{4}{3} = 0,12 \cdot \frac{4}{3} = 0,16 \text{ моль}$

$M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 387,2 \text{ г} \quad W(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{387,2 \text{ г}}{199,84 \text{ г}} = 0,194 \text{ или } 19,4\%$

Задача 6.



$$-334 \text{ кДж} = 3(4E_{\text{cb}}(\text{N-H}) - E_{\text{cb}}(\text{N-N})) -$$

$$- 4(3 \cdot E_{\text{cb}}(\text{N-H}) - E_{\text{cb}}(\text{N}\equiv\text{N}))$$

$$-334 = \cancel{12 E_{\text{cb}}(\text{N-H})} + 3 E_{\text{cb}}(\text{N-N}) - \cancel{12 E_{\text{cb}}(\text{N-H})} - E_{\text{cb}}(\text{N}\equiv\text{N})$$

$$-334 = 3 E_{\text{cb}}(\text{N-N}) - E_{\text{cb}}(\text{N}\equiv\text{N})$$

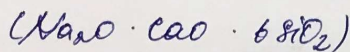
$$-334 = 3x - 945$$

$$x = 203,667$$

$$E_{\text{cb}}(\text{N-N}) = 203,667 \text{ кДж}$$

Задача 7.

X - стекло

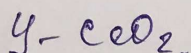
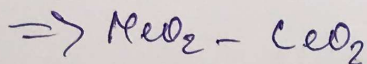


Na, Ca, Si, O

натрий, кальций, кремний, шлофосф.

Y - SiO_2
Пусть формула оксида MeO_2 (т.е. Me четвертвал.) \Rightarrow

$$\Rightarrow M(MeO_2) = \frac{107,2}{100} \cdot 4,375 = 4,69 \text{ г/моль} \Rightarrow \frac{Me}{MeO_2} = \frac{4,69}{107,2} \approx 0,04375$$



Матрица Z:

Предположим, что формула MeO_2 , MeCl₄.

$$M(Me) = x.$$

$$\frac{100}{x+32} = \frac{237,5}{x+35,5 \cdot 4}$$

$$x = 48 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(Me) = 48 \text{ г/моль} \Rightarrow Me - Ti$$

