



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Прутян Ольга Игоревна**

Технический балл: **91**

Дата: **12 мая 2020 года**

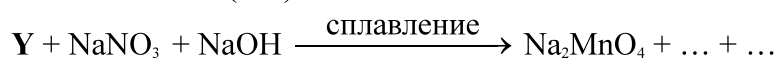
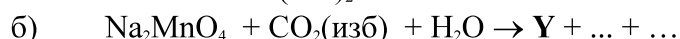
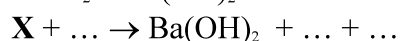
**Олимпиада «Ломоносов»**  
**5-9 классы**

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 ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) 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)**

Ольга Игоревна Прутян

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

**Задача: 1**

Ответ: -

Балл: 7

**Задача: 2**

Ответ: -

Балл: 10

**Задача: 3**

Ответ: -

Балл: 12

**Задача: 4**

Ответ: а)  $\text{SOCl}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{SO}_2 + \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$   $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}$  или же электролиз  $\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$  б)  $3\text{Na}_2\text{MnO}_4 + 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaMnO}_4 + \text{MnO}_2 + 4\text{NaHCO}_3$   
 $\text{MnO}_2 + \text{NaNO}_3 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{MnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  X -  $\text{BaCl}_2$ , Y -  $\text{MnO}_2$

Балл: 12

**Задача: 5**

Ответ: -

Балл: 16

**Задача: 6**

Ответ: -

Балл: 14

**Задача: 7**

Ответ: Решение в файле Реакции получения Z  $\text{TiCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{HCl}$   $\text{TiCl}_4 + \text{O}_2 = \text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2$

Балл: 20

51

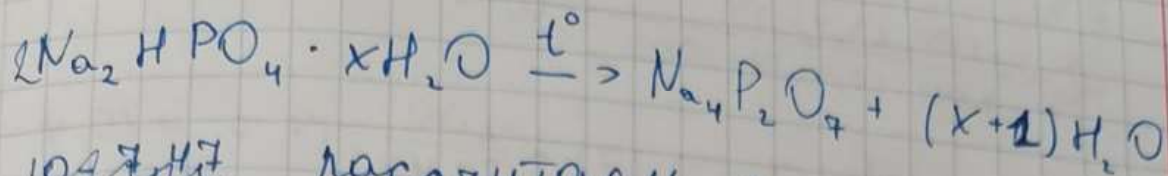
Методом подбора получается, что  
это  $\nu$ -во  $\text{CaBr}_2$  :  $(20-2) \cdot 4 = 72$

$Zr : 2 = 36$ , такое число  
электронов соответствует  $\text{Br}^+$

$\text{Br}^+ : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$

$\text{Ca}^{2+} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^1$

S 2



10,47 г рассчитаем, сколько молекул воды выделяется

$$\frac{18n}{266+18n} = \frac{10-7,47}{10}$$

$$18n = 67,298 + 4,554n$$

$$n = 5$$

$$x = n - 1$$

$x = 4$ , но это число приходится на 2 молекулы  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

~~Следует~~ Ответ: исходное в-во -  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
конечное в-во -  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

§ 3

$$w_{\text{NH}_3} = \frac{(200 : 22,4) \cdot 17}{200 : 22,4 \cdot 17 + 1000} = 0,131783$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{(ж)} = \left( \frac{200}{22,4} \cdot 17 : 0,27 \right) - \frac{200}{22,4} \cdot 17 = 410,4$$

масса жидкой фазы

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{(ж)} = 100 - 410,4 = 589,6 \text{ (г)}$$

$$\text{Ответ: } m_{\text{H}_2\text{O}}^{(ж)} = 589,6 ; w_{\text{NH}_3} = 13,1783 \%$$

55

Наиболее вероятны газы NO и NO<sub>2</sub>

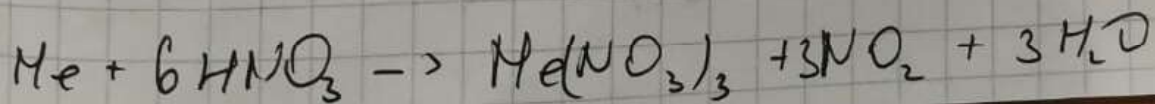
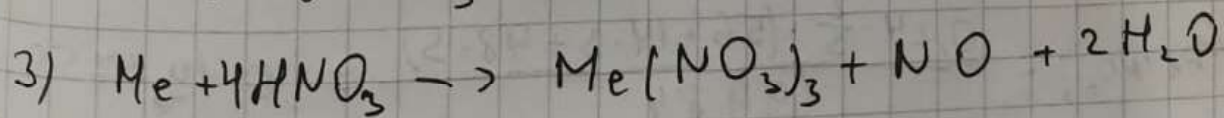
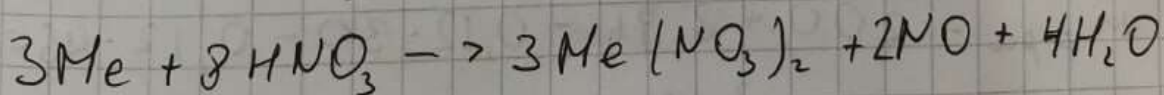
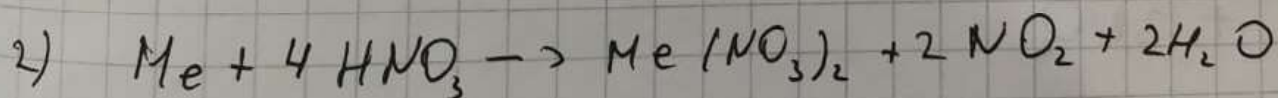
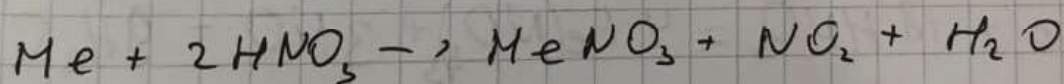
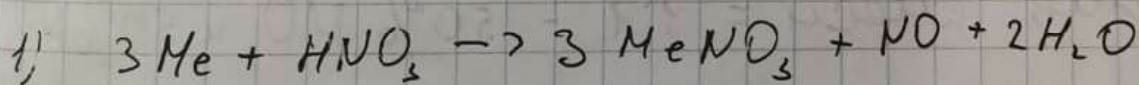
$$I_{\text{HNO}_3} = \frac{200 \cdot 0,35}{1+14+48} = 1,11$$

$$38 = 48x + 30(1-x)$$

$$38 = 48x + 30 - 30x$$

$$16 + 4x = 8$$

$$x = 0,5$$





$$\sqrt{\text{см. газы}} = 0,24$$

$$\sqrt{NO_2} = \sqrt{NO} = 0,12$$

$$1) \frac{8,96}{M_{\text{Fe}}} = \frac{0,24}{2}$$

$$\frac{8,96}{M_{\text{Fe}}} = 0,12$$

$$M \approx 29,86$$

$$2) \frac{8,96}{M} = 0,24$$

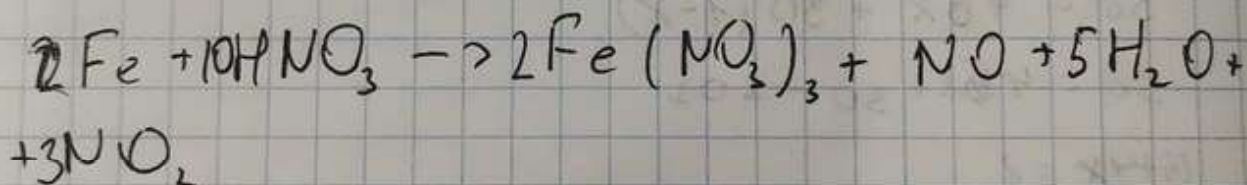
$$M \approx 37,3$$

$$3) \frac{8,96}{M} = 0,24 \cdot \frac{2}{3}$$

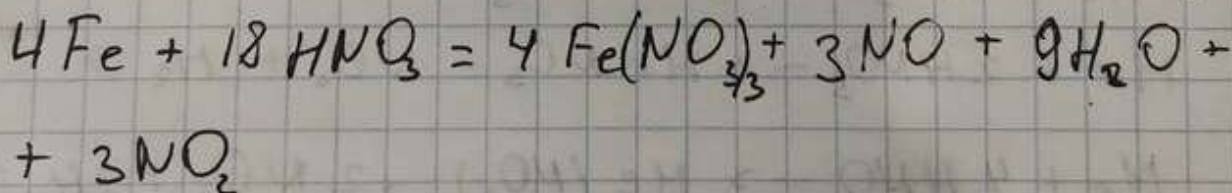
$$M = 56, \text{ что}$$

соответствует Fe

Металл - Fe



Состав смеси = 1:1 - 50% NO и 50% NO<sub>2</sub>



$$m_{\text{p-ра}} = 200 + 8,96 - 0,12 \cdot 30 - 0,12 \cdot 46 = 199,84$$

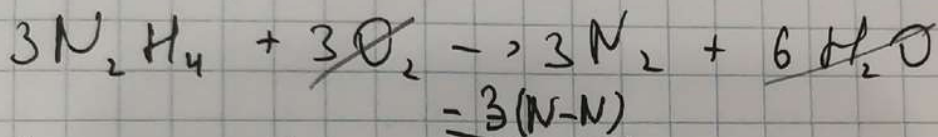
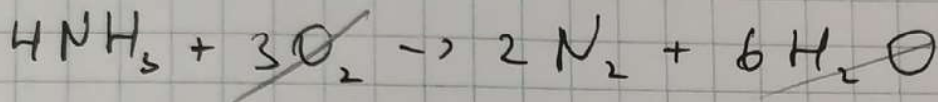
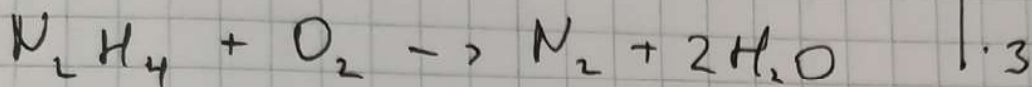
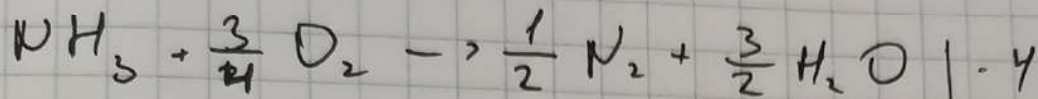
$$\sqrt{Fe(\text{NO}_3)_3} = \frac{0,24 \cdot \frac{2}{3} \cdot (56 + 14 \cdot 3 + 48 \cdot 3)}{199,84} = 0,193755$$



Ответ: Fe; 0,12 моль NO; 0,12 моль NO<sub>2</sub>;

$$w_{\text{Fe}(\text{NO}_2)_3} = 19,3755\%$$

S6



$$-\cancel{(4 \cdot 3 \text{ N-H})} + \underbrace{(4 \cdot 3 \text{ N-H})}_{-3(\text{N-N})} + 2 \text{N} \equiv \text{N} - 3 \text{N} \equiv \text{N} = 317 \cdot 4 - 534 \cdot 3$$

$$-3 \text{N-N} = -334 + 945$$

$$\text{N-N} = -203,67$$

$$E_{\text{N-N}} = -Q$$

$$E_{\text{N-N}} = 203,67$$

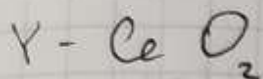
57

$$M(Y) = 32 \cdot 4,375 + 32 = 172$$

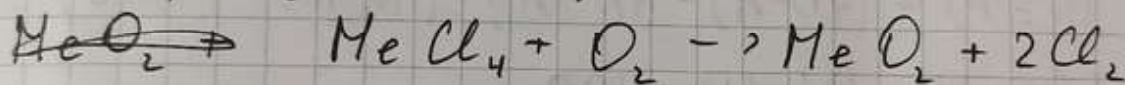
$$M \text{ металла в } Y = 172 - 32 = 140$$

32 - масса 2-ух кислорода, т.к. металл  
4-валентны

$M = 140$  соответствует Ce (церий)

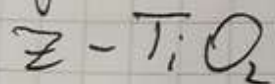


Из описания получения Z можно  
сделать вывод что Z -  $\text{TiO}_2$ , что  
подтверждается расчетами



$$M(\text{Me}) = 100 \cdot \frac{137,5}{2 \cdot 35,5 - 32} - 32 = 48, \text{ что соответствует}$$

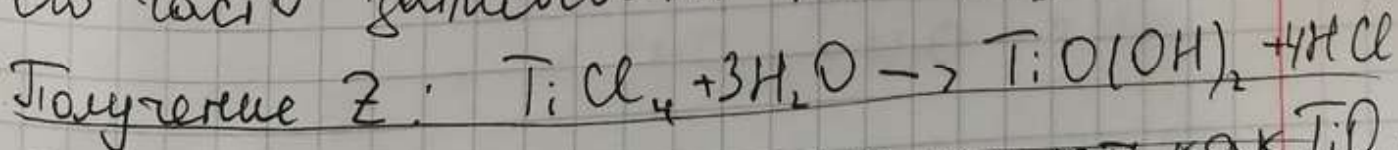
бует Ti



X, скорее всего, стекло, в состав которого  
входит: кремний (Si), кислород, натрий, кальций,

а во ~~форму~~ в реакциях (например, с HF)

его часто записывают как  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$



~~$\text{TiO(OH)}_2$~~  часто ~~зато~~ можно записать как  $\text{TiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$