



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Бакулев Никита Олегович**

Технический балл: **97**

Дата: **12 мая 2020 года**

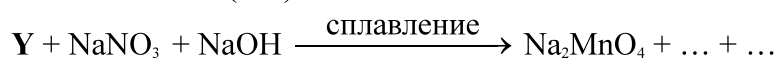
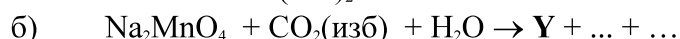
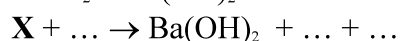
**Олимпиада «Ломоносов»**  
**5-9 классы**

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)**

Никита Олегович Бакулев

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: -

Балл: 12

**Задача: 5**

Ответ: -

Балл: 16

**Задача: 6**

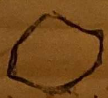
Ответ: -

Балл: 20

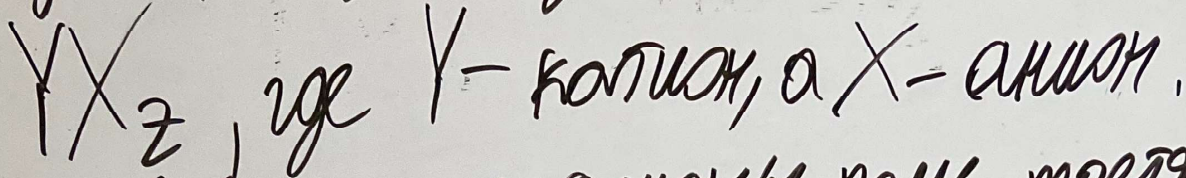
**Задача: 7**

Ответ: -

Балл: 20



пусть формула соединения такая



т.к. в-во ионное, анионы пачк. перетят. часть  $e^-$  (Y). Поскольку разница в кол-ве  $e^-$  такая большая, можно предп., что X-галогены. Каждый атом галог. перетят.  $1e^-$  от Y.

Тогда z(X) перетянут  $ze^-$  от Y.

0 кол-ве  $e^-$  можно судить по порядк. номеру:

$$(\alpha - z) \cdot 4 = (\beta + 1) \cdot z, \text{ где } \alpha - \text{пор. номер (Y), а } \beta - \text{пор. номер X.}$$

Если это фтор, то:  $(\alpha - z) \cdot 4 = 10z \quad z = 2, 4, 6 \text{ или } 8.$

Тогда  $\text{N}_2\text{F}_4, \text{SiF}_4$  - это не ионные соединения.

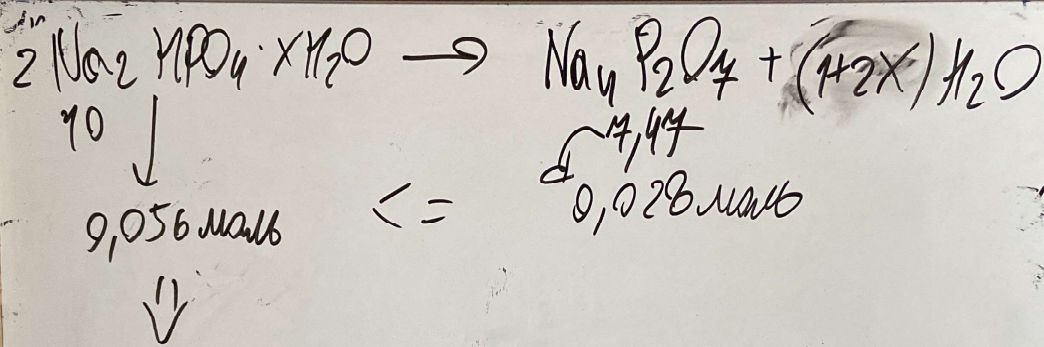
Если это хлор, то:  $(\alpha - z) \cdot 4 = 17z \quad z = 2, 4, 6 \text{ или } 8$

Здесь тоже нет разумн. ионных соедин.

Если это бром, то:  $(\alpha - z) \cdot 4 = 36z$  при  $z=2$  получ.  $\text{CaBr}_2!$

Br:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$  - сл. сост.

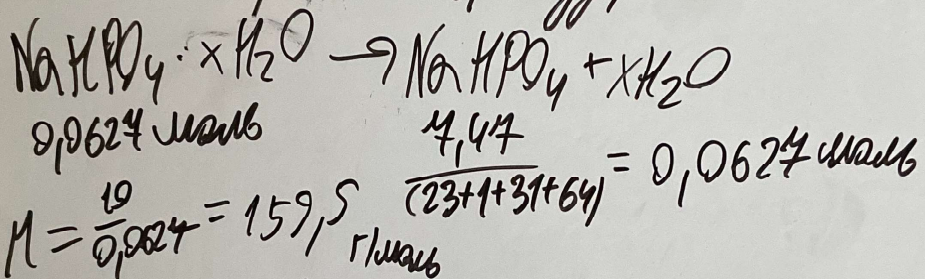
Ca:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 4p^1$  - возд. сост.



$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{10}{0,056} = 178,57 \text{ г/моль}$$

$36,54 \text{ г/моль} \Rightarrow x=2$   
 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ и } \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

гидрокарбонат при такой влаж. может просто терять воду или превр в  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .  
 Если ОК - просто потер. воды, то:



тогда на воду ост. 40,5 г/моль... Не подходит

Значит. ОК разлагается до  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$   
 (ост. решение в другом окне)

$$200 \text{ л} = \frac{200}{22,4} \quad 8,9129 \text{ моль} \cdot 14 = 151,486 \text{ г} \quad (\text{NH}_3)$$

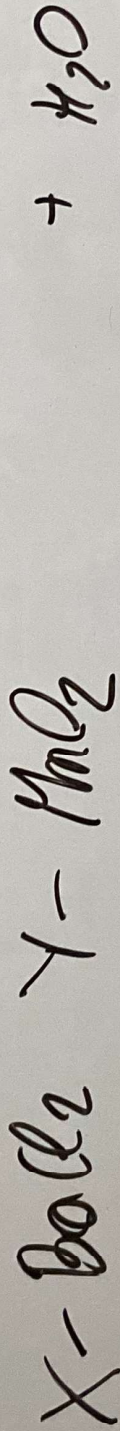
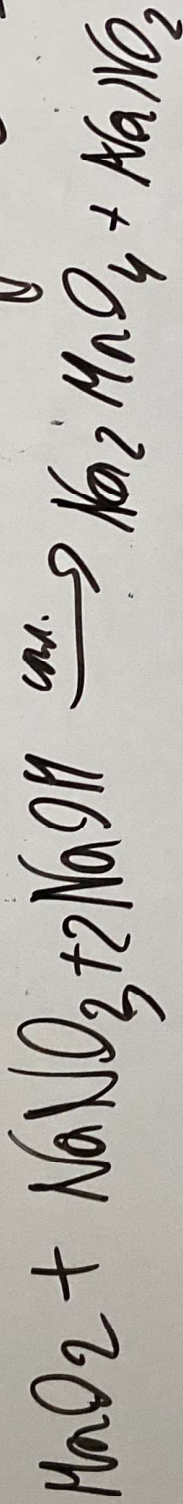
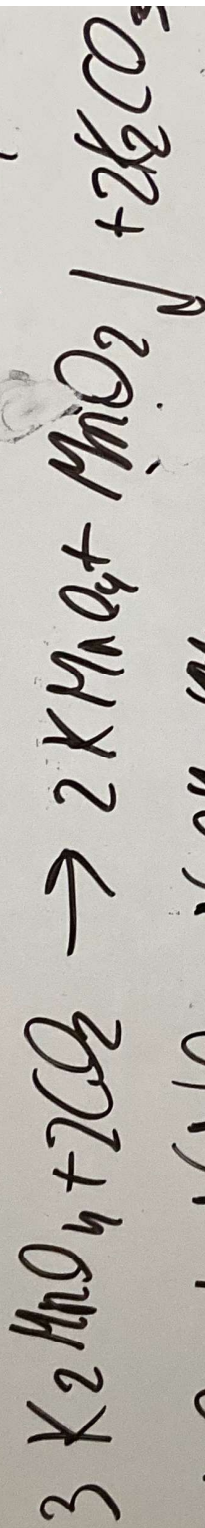
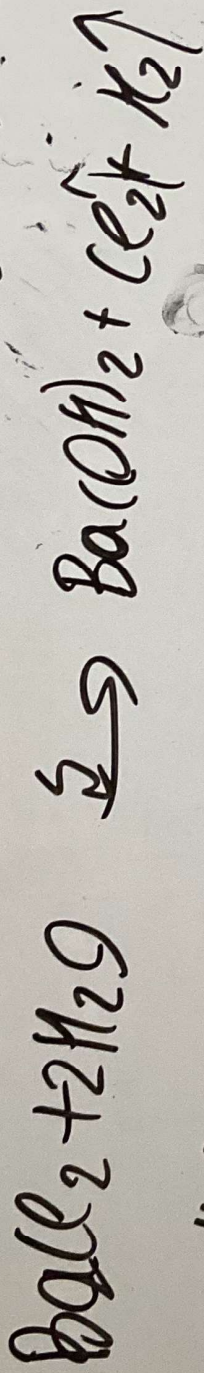
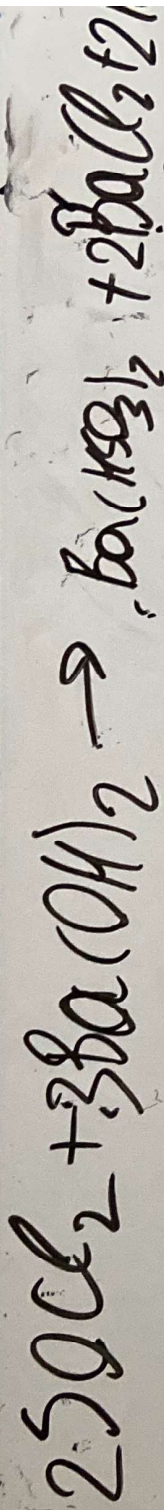
$$V \cdot \rho = m \Rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \cdot 1 = 1000 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{151,486}{151,486 + 1000} = 13,18\%$$

при охлажд. весь  $\text{NH}_3$  ос. в р-ре  $\Rightarrow m(\text{NH}_3) = 151,486$ . А  $x$  г  $\text{H}_2\text{O}$  вытало:

$$\frac{151,486}{151,486 + 1000 - x} = 24\%$$

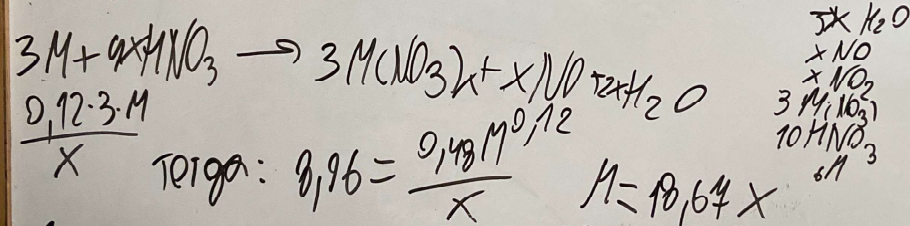
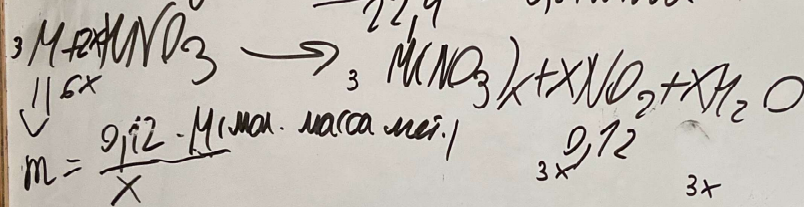
$$x = 589,6 \text{ г}$$



$M_{\text{ср. смеси}} = 38 \text{ г/моль (как у } \text{Fe}_2\text{)}$ .

Сред по концентр. и  $M_{\text{ср}}$ . Это смесь  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ .

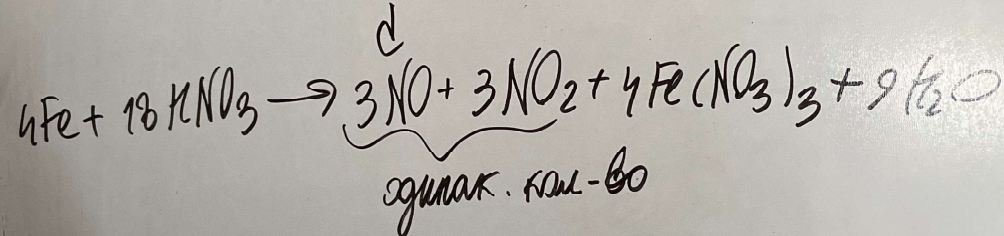
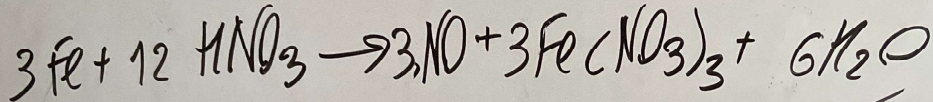
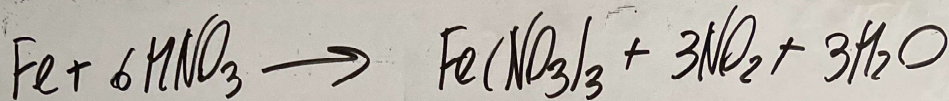
$M(\text{NO}) = 30 \text{ г/моль}$ .  $M(\text{NO}_2) = 46 \text{ г/моль}$ . Без совета  
 было, что 38 г/моль - ср знач.  $\Rightarrow$  50%  $\text{NO}_2$  и 50%  $\text{NO}$   
 (сравнил. г/м.)  $\frac{5 \cdot 346}{22,4} = 0,24 \text{ моль}$ .



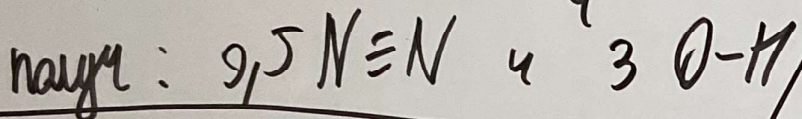
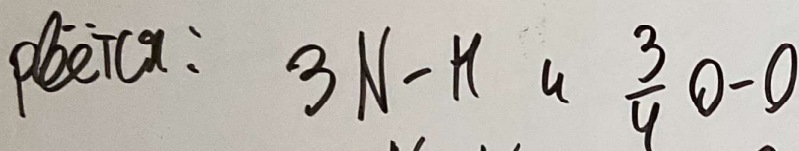
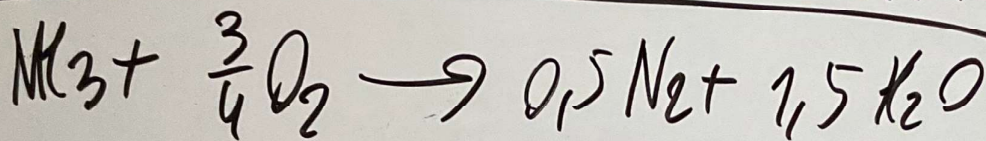
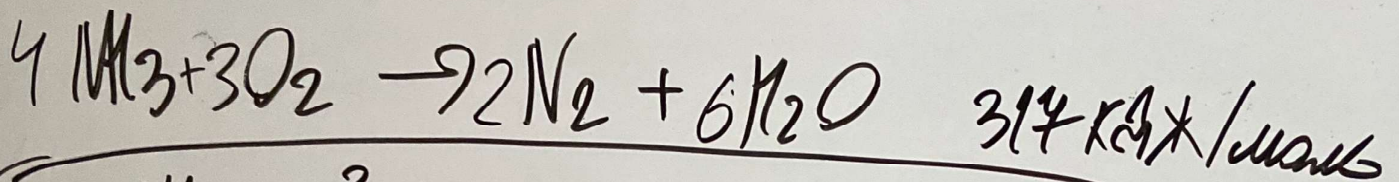
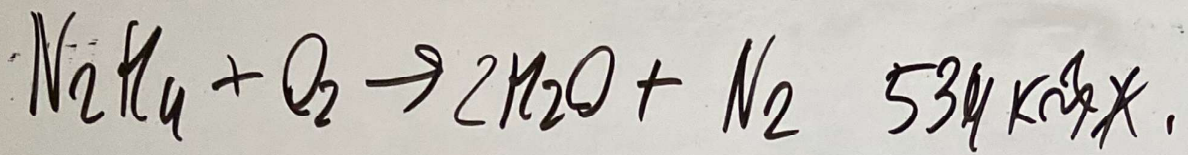
Вывод.  $0,12 \text{ моль NO}$  и  $0,12 \text{ моль NO}_2$        $x = 3 \Rightarrow M = 56 \Rightarrow M - \text{Fe}!$

$m \text{ p-pa} = 200 + 0,96 - 0,12 = 199,84 \text{ г}$        $2 = 0,12 \text{ г-торж}$

$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2$   
 $0,16 \text{ м.} \quad 0,16 \text{ моль} = 38,42 \text{ г} \quad W = \frac{38,42}{199,84} = 19,345\%$

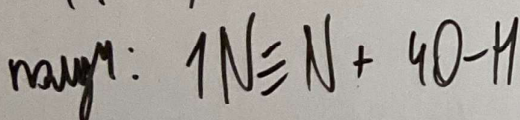
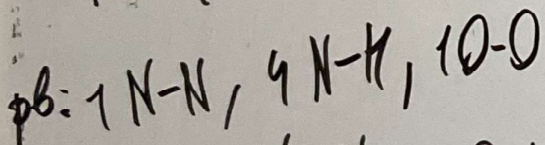
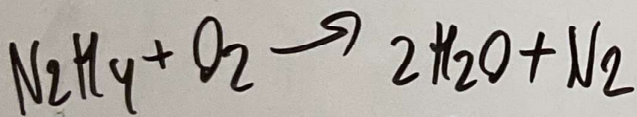






$$0,5\text{N}\equiv\text{N} + 3\text{O}-\text{H} - 3\text{NH} - \frac{300}{4} = 317$$

$\times \frac{4}{3}$



$$1\text{N}\equiv\text{N} + 4\text{O}-\text{H} - 4\text{NH} - \frac{534}{1} = 422,64$$

$$\frac{2}{3}\text{N}\equiv\text{N} + 4\text{O}-\text{H} - 4\text{NH} - \frac{534}{3} = 422,64$$

$$4\text{O}-\text{H} - \frac{534}{3} - 4\text{NH} = 534 + \text{N}-\text{N} - \text{N}\equiv\text{N} = 422,64 - \frac{2}{3}\text{N}\equiv\text{N}$$

$$534 + \text{N}-\text{N} - 945 = 422,64 - \frac{2}{3}\cdot 945$$

$$-411 + \text{N}-\text{N} = -207,33$$

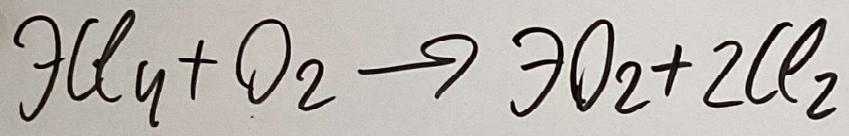
$$\text{N}-\text{N} = 203,64 \text{ ккал/моль}$$

Y -  $\text{MO}_2$

Z -  $\text{FO}_2$

В Y  $M(\text{мет.}) = 4,375 \cdot 32 = 140,0$   
г/моль

это Ce ( $\text{CeO}_2$  как проз. керамика)

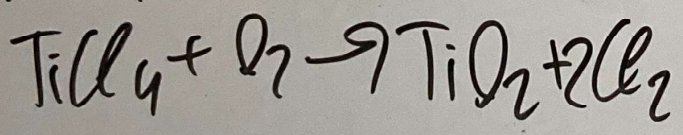
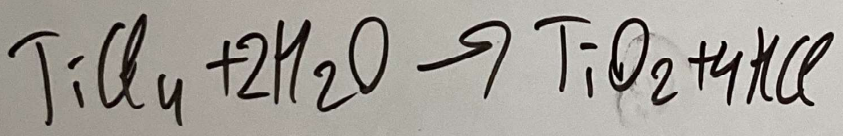


$$\frac{234,5}{(142+9)}$$

$$\frac{234,5}{(142+9)} \cdot (9+32) = 109$$

$\text{Ti} = 48$  г/моль

это Ti



X - стекло

