



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Федотова Юлия Андреевна**

Технический балл: **98**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

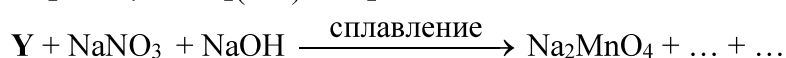
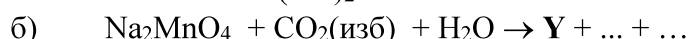
10 класс

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. **(8 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.

(8 баллов)

3. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам превращений:



Определите неизвестные вещества.

(8 баллов)

4. 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%.

(10 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.

(14 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.

(16 баллов)

7. При нагревании происходит взаимодействие 17.7 г смеси изомерных органических веществ **A** и **B**, относящихся к одному классу соединений и не содержащих кратных связей углерод–углерод, со 100 мл 15%-ного водного раствора гидроксида калия (плотность 1.12 г/мл). Образуется смесь, состоящая из соли **C** и двух соединений **D** и **E**, являющихся ближайшими гомологами, которые образуются в мольном соотношении 1 : 2. Определите строение соединений **A** – **E**, приведите уравнения реакций.

(16 баллов)

8. 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)

Юлия Андреевна Федотова

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 13

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 15

Задача: 8

Ответ: -

Балл: 20

Задача 1

Бинарное соединение A_xB_y

$$4x(N_A - y) = y(N_B + x)$$

$$4xN_A - 4xy = yN_B + xy$$

$$N_A = \frac{yN_B + xy \cdot 5}{4x}$$

$$N_A = \frac{y}{4x} N_B + \frac{5}{4} y$$

Признаем B - галоген и имеет степень ок. -1

Тогда,

$$x = 1$$

$$N_A = 0,25y N_B + 1,25y$$

$$N_A = 0,25y (N_B + 5)$$

При этом N_A - целое, неотрицательное число

1. Если B - F

$$N_A = 0,25y \cdot (9 + 5) = \frac{7}{2} y ; \text{ т.к. } y - \text{степень окисления; } y - \text{целое число}$$

Значит, признаем, что B - F - неверно

2. Если B - Cl - неверно, т.к.:

$$N_A = 0,25y \cdot (17 + 5) = \frac{11}{2} y$$

3. Если B - Br

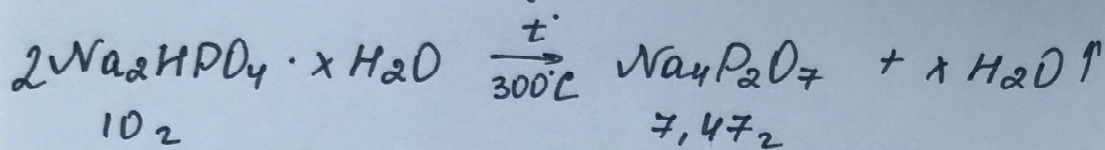
$$N_A = 0,25y (35 + 5) = 10y \leftarrow \text{целое число, возможно } B - Br, \text{ тогда,}$$

A : 1. имеет ст. ок. +1 и 10 электронов (таких в-в нет)

2. имеет ст. ок. +2 и 20 электронов (такому в-ву соответствует Ca^{2+})

Ответ: $CaBr_2$

Задача 2.



$$M(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = 23 \cdot 4 + 31 \cdot 2 + 16 \cdot 7 = 266 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = \frac{m}{M} = \frac{7,472}{266 \text{ г/моль}} = 0,028 \text{ моль}$$

т.к. вода испарилась все и масса остатка 7,472

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 102 - 7,472 = 2,532$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,532}{18 \text{ г/моль}} = 0,14 \text{ моль}$$

$$n(\text{кристаллог.}) = 2n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = 0,0562 \text{ моль}$$

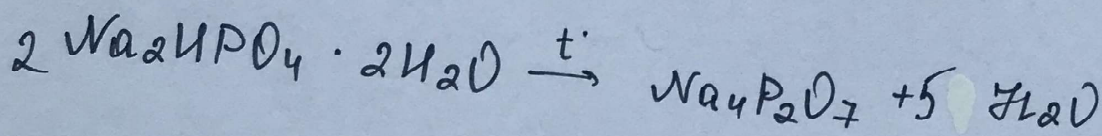
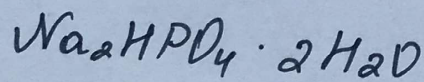
$$M(\text{кристаллогидрат}) = \frac{m}{n} = \frac{102}{0,0562 \text{ моль}} = 178 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O в кристаллог.}) = 178 \text{ г/моль} - M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 178 - 142 = 36 \text{ г/моль}$$

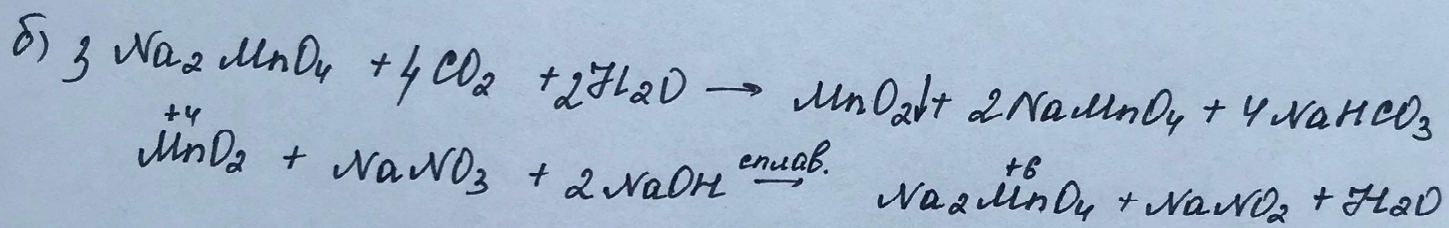
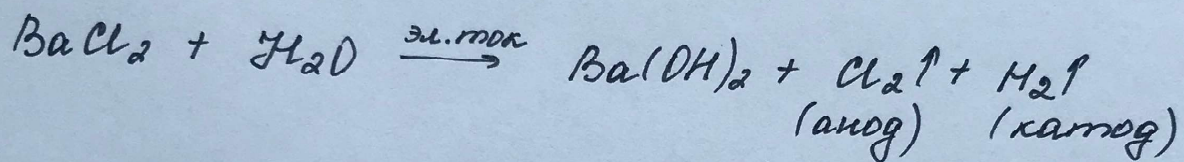
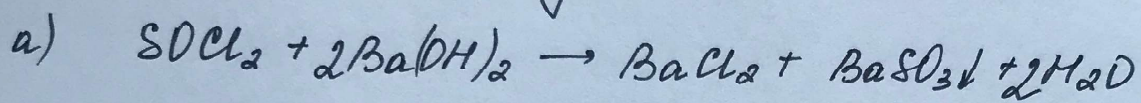
Что соответствует двум молекулам воды;

$$x = 2$$

Ответ:



Задача 3.



Задача 4

$$n(\text{NH}_3) = \frac{200 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 8,928 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = n \cdot M = 8,928 \text{ моль} \cdot 17 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 151,79 \text{ г}$$

$$W(\text{NH}_3) = \frac{151,79}{1000 \text{ г} + 151,79} = \frac{151,79}{1151,79} = 0,1318 \text{ (13,18\%)}$$

в исходном р-ре

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ мл} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{мл}} = 1000 \text{ г}$$

Пусть замёрзло x г H_2O

$$(-60^\circ\text{C}) \quad W_{\text{NH}_3} = \frac{151,79}{151,79 + 1000 - x} = 0,27 \text{ (27\%)}$$

$$562,19 = 1151,79 - x$$

$$x = 589,67$$

воды замёрзло

Ответ: масса льда, выпавшего
в осадок = 589,67 г

Задача 5

$$n(\text{газов}) = \frac{5,376 \text{ г}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,24 \text{ моль}$$

$$D_{F_2} = 1 \Rightarrow \bar{M}(\text{газов}) = 38 \text{ г/моль}$$

Значит, один из газов $M > 38$; подходит только NO_2 (46 г/моль),

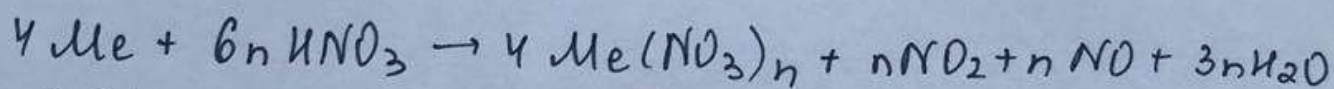
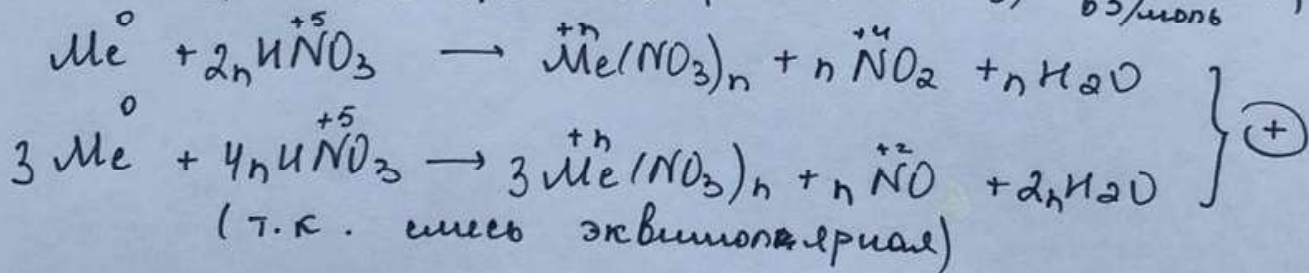
тогда второй газ имеет $M < 38$; NO (30 г/моль)
то правшиу реакция:

$$\frac{x_{\text{NO}_2}}{x_{\text{NO}}} = \frac{38 - 30}{46 - 38} = \frac{8}{8} = \frac{1}{1} \Rightarrow \text{эквимолярная смесь}$$

Для газов:

$$\frac{\varphi_{\text{NO}_2}}{\varphi_{\text{NO}}} = \frac{x_{\text{NO}_2}}{x_{\text{NO}}} = \frac{1}{1} \Rightarrow \varphi_{\text{NO}_2} = \varphi_{\text{NO}} = 50\%$$

$$m(\text{HNO}_3) = 200 \cdot 0,35 = 70 \text{ г} \Rightarrow n(\text{HNO}_3) = \frac{70 \text{ г}}{63 \text{ г/моль}} = 1,11 \text{ моль}$$



$$n(\text{NO}_2) = 0,5n(\text{смеси}) = 0,12 \text{ моль}$$

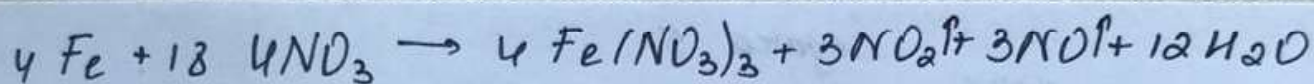
$$n(\text{HNO}_3) = 6n = 6 \cdot 0,12 = 0,72 \text{ моль}$$

~~n(Me)~~ ~~3n~~

$$\frac{6,96}{\text{Me}} \cdot \frac{6n}{4} = 0,72 \Rightarrow \text{Me} = \frac{56n}{3}$$

Значит молярная масса Me - целое число;
такое возможно при $n=3$
(n - ст. ок)





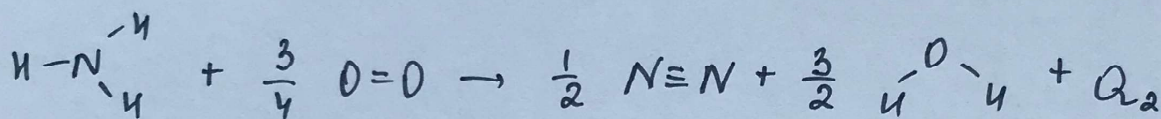
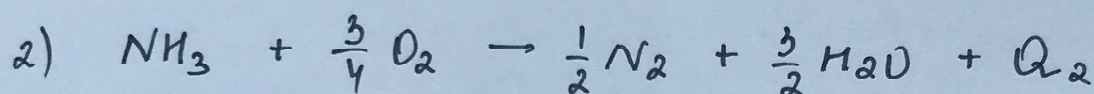
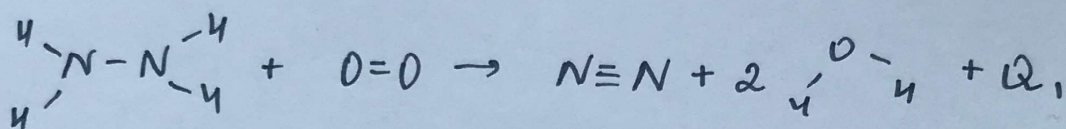
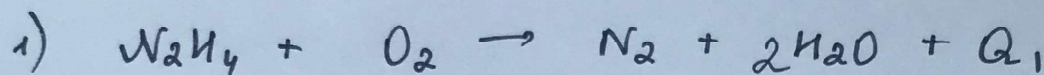
$$m(\text{p.p.a}) = 200\text{г} + 8,96\text{г} - 0,24 \cdot 38 = 199,84\text{г}$$

(NO₂ + NO)

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,16 \text{ моль} \cdot 242 \text{ г/моль} = 38,72\text{г}$$

$$W(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72\text{г}}{199,84\text{г}} = 0,1938 (19,38\%)$$

Задача 6.



$$(-3) Q_1 = \epsilon_{\text{N} \equiv \text{N}} + 4 \epsilon_{\text{O}-\text{H}} - \epsilon_{\text{O}=\text{O}} - 4 \epsilon_{\text{N}-\text{H}} - \epsilon_{\text{N}-\text{N}} = 534 \text{ кДж/моль}$$

$$+ 4 Q_2 = \frac{1}{2} \epsilon_{\text{N} \equiv \text{N}} + \frac{3}{2} \cdot 2 \epsilon_{\text{O}-\text{H}} - \frac{3}{4} \epsilon_{\text{O}=\text{O}} - 3 \epsilon_{\text{N}-\text{H}} = 317 \text{ кДж/моль}$$

$$(-3) Q_1 + 4 Q_2 = 4 \cdot 317 - 3 \cdot 534 = 3 \epsilon_{\text{N}-\text{N}} - \epsilon_{\text{N} \equiv \text{N}}$$

$$3 \epsilon_{\text{N}-\text{N}} = 4 \cdot 317 - 3 \cdot 534 + 945$$

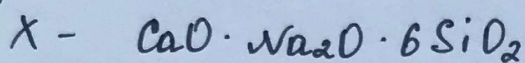
$$3 \epsilon_{\text{N}-\text{N}} = 611 \text{ кДж/моль}$$

$$\epsilon_{\text{N}-\text{N}} = \frac{611}{3} = 203,67 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{Ответ: } \epsilon_{\text{N}-\text{N}} = 203,67 \text{ кДж/моль}$$

Задача 8

1) Вероятно аморфное, прозрачное в-во X - стекло



Состоит из 4 эл: Ca, Na, Si, O

2) В-во Y:

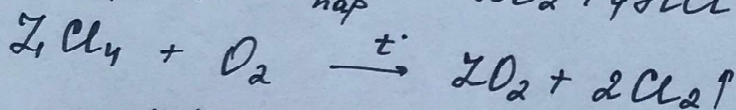
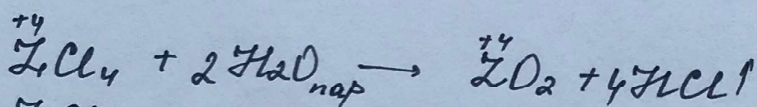
YO_2 , в котором

$$\mu(Y) = 4,375 \cdot 2 \mu(O) = 0,75 \cdot 16 = 140 \text{ \% моль}$$

Y - Ce

$YO_2 - CeO_2$ - придает стеклу золотистый цвет

3) В-во Z:



100 г ZO_2 получаем из 237,5 г ZCl_4

$$\frac{100}{Z + 2 \cdot \mu(O)} = \frac{237,5}{Z + 4 \mu(Cl)}$$

$$\frac{Z + 4 \mu(Cl)}{Z + 2 \mu(O)} = 2,375$$

$$\frac{Z + 142}{Z + 32} = 2,375 \quad | \Rightarrow \quad 1,375 Z = 66$$

$$Z = 48 \text{ (\% моль)}$$

Z - Ti, $ZO_2 - TiO_2$

Получение:

