



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Дудаков Иван Васильевич**

Технический балл: **85**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

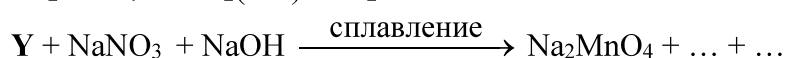
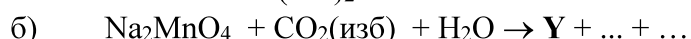
10 класс

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)

Иван Васильевич Дудаков

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: 14

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 1

Задача: 8

Ответ: -

Балл: 20

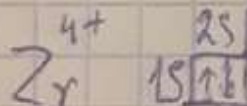
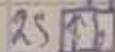
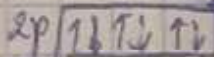
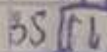
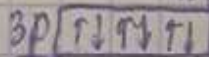
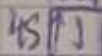
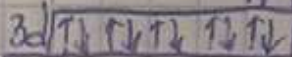
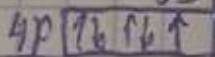
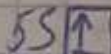
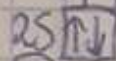
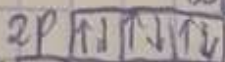
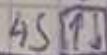
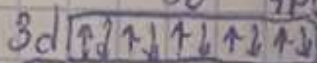
As 4 (2)

n = 2

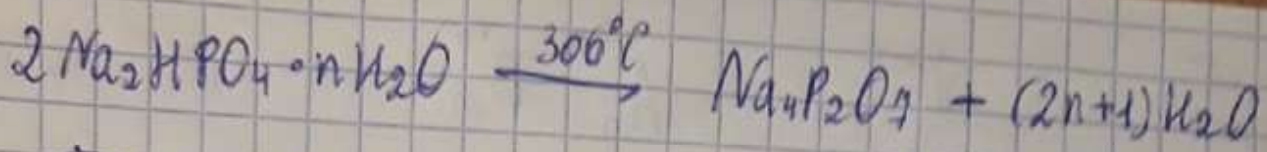
$$w = \frac{L^2}{\hbar^2} =$$

1. ~~Зр~~ $ZrBr_4$, кристаллическая вып-ва,
ионы Zr^{4+} и Br^- . Кол-во электронов в Zr^{4+}
равно $40 - 4 = 36$. Кол-во электронов в $4 Br^-$
равно: $4 \cdot (35 + 1) = 144$.

$$\frac{144}{36} = 4$$



2.



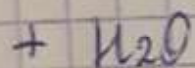
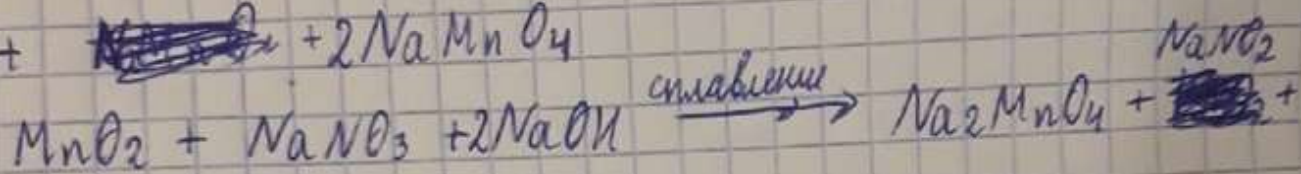
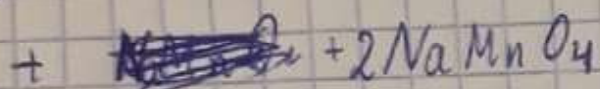
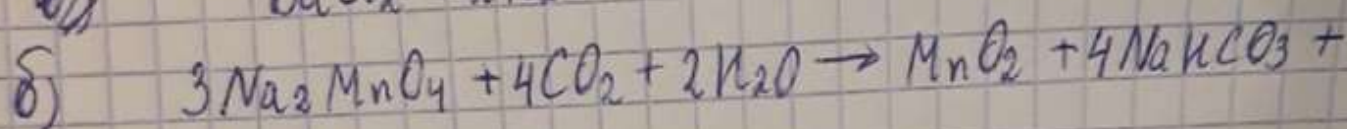
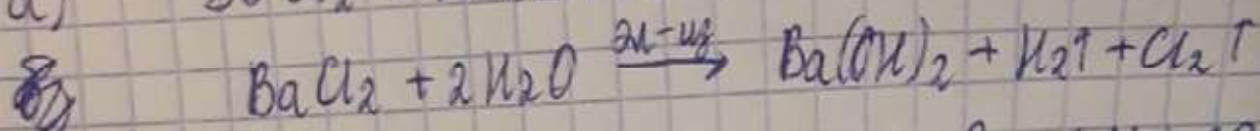
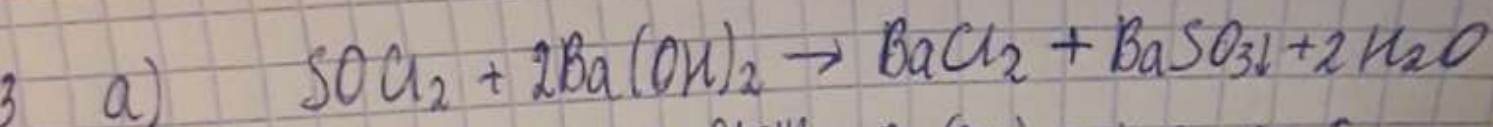
При длительном нагревании при 300°C образуется пирофосфат натрия $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Из ур-ия реакции $\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) =$
 $= 2 \nu(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = \frac{2 \cdot m(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)}{\mu(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)} = \frac{2 \cdot 7,47}{266} = 0,0562$
 моль

$$\mu(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O})}{\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O})} = \frac{10,00}{0,0562} =$$

$$= 178 \text{ г/моль, что соответствует } \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

Ответ: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (исх.) и $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (конч.)



X - $BaCl_2$; Y - MnO_2

$$4 \quad \nu(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_m} = \frac{200}{22,4} = 8,93 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = \mu(\text{NH}_3) \cdot \nu(\text{NH}_3) = 17 \cdot 8,93 = 151,812$$

$$\omega(\text{NH}_3)\% = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{151,81}{151,81 + 1000} \cdot 100\% =$$

$$= 13,18\%$$

Лёд выпадает в осадок пока раствор не станет насыщенным. Обозначим через m_0 — массу осадка. Тогда

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) - m_0} \cdot 100\% = 27\% \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{151,81}{151,81 + 1000 - m_0} = 0,27 \Leftrightarrow 151,81 = 310,99 - m_0$$

$$\Rightarrow m_0 = 310,99 - 151,81 = 159,182$$

$$\Leftrightarrow 151,81 = 310,99 - 0,27 m_0 \Leftrightarrow m_0 = \frac{310,99 - 151,81}{0,27}$$

$$= 589,562$$

Ответ: $\omega(\text{NH}_3)\% = 13,18\%$; $m_0 = 589,562$

5. Кол-во вещества в смеси газов $\nu_1 = \frac{V_{\text{смеси}}}{V_m} = \frac{5,376}{22,4} =$

$= 0,24$ моль. Молярная масса смеси равна 38 г/моль , поэтому в нее должны входить газ с молярной массой $> 38 \text{ г/моль}$ и газ с молярной массой $< 38 \text{ г/моль}$. Таким образом, смесь состоит из NO и NO_2 (также учитываем, что смесь не сильно разбавлена, поэтому образование N_2O и N_2 маловероятно). Обозначим через x — кол-во вещества NO_2 . Тогда $\frac{x}{0,24} \cdot 46 + \frac{0,24-x}{0,24} \cdot 30 =$

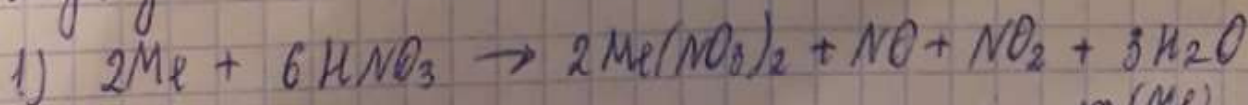
$$= 38 \Leftrightarrow 46x + 4,2 - 30x = 9,12 \Leftrightarrow x = 0,12 \text{ моль} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu(\text{NO}_2) = 0,12 \text{ моль} \text{ и } \nu(\text{NO}) = 0,24 - 0,12 = 0,12 \text{ моль}$$

$$\varphi(\text{NO}_2)\% = \frac{\nu(\text{NO}_2)}{\nu_{\text{смеси}}} \cdot 100\% = \frac{\nu(\text{NO}_2)}{\nu_1} \cdot 100\% = \frac{0,12}{0,24} \cdot 100\% =$$

$$= 50\% \Rightarrow \varphi(\text{NO})\% = 100\% - 50\% = 50\%$$

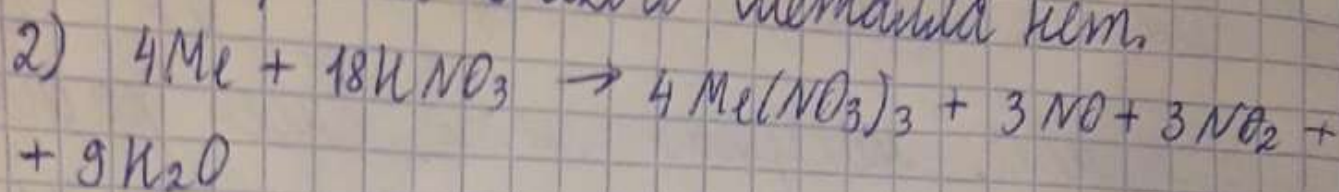
Катион металла Me вероятно имеет формулу $\text{Me}(\text{NO}_3)_2$ или $\text{Me}(\text{NO}_3)_3$



$$\nu(\text{Me}) = 2\nu(\text{NO}_2) = 0,24 \text{ моль} \Rightarrow \mu(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me})}{\nu(\text{Me})} =$$

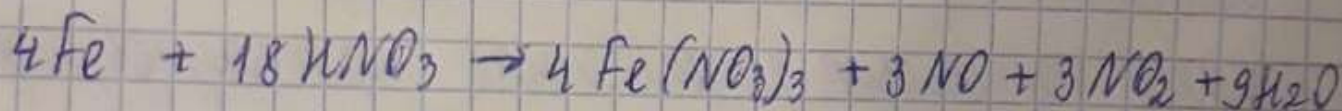
$$v_{\text{ог}} = m \cdot a \quad a \rightarrow \frac{v_{\text{ог}}}{a} = \frac{v^2}{a}$$

$\Rightarrow 37,32$ г/моль так же меможно км.



$$v(\text{Me}) = \frac{4}{3} v(\text{NO}_2) = \frac{4}{3} \cdot 8,12 = 8,16 \text{ моль} \Rightarrow \mu(\text{Me}) =$$

$$= \frac{m(\text{Me})}{v(\text{Me})} = \frac{8,96}{8,16} = 56 \text{ г/моль} \Rightarrow \boxed{\text{Me} = \text{Fe}}$$



$$m(\text{NO}_2) = \mu(\text{NO}_2) \cdot v(\text{NO}_2) = 46 \cdot 8,12 = 5,52 \text{ г}$$

$$m(\text{NO}) = \mu(\text{NO}) \cdot v(\text{NO}) = 30 \cdot 8,12 = 3,6 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \mu(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) \cdot v(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 242 \cdot 0,16 =$$

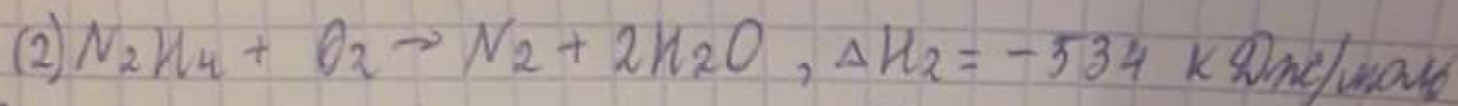
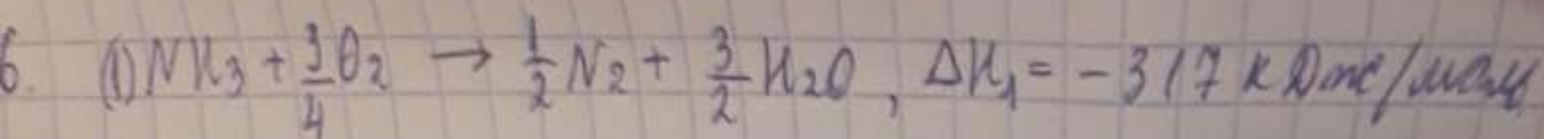
$$= 38,722$$

$$w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)\% = \frac{m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) \cdot 100\%}{m(\text{Fe}) + m(\text{HNO}_3_{\text{р-р}}) - m(\text{NO}_2) - m(\text{NO}) =}$$

$$= \frac{38,72 \cdot 100\%}{8,96 + 200 - 5,52 - 3,6} = 19,38\%$$

Ответ: $\varphi(\text{NO}) = \varphi(\text{NO}_2) = 50\%$; $\text{Me} = \text{Fe}$; $w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)\% =$

$$= 19,38\%$$



Заметим, что $(4 \cdot (1) - 3 \cdot (2))$ будет реакцией



$$= 334 \text{ кДж/моль. (другой стороной, } \Delta H =$$

$$= 4 \cdot 3 E(N-H) + E(N \equiv N) - 3 \cdot 4 E(N-H) - 3 \cdot E(N-N) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E(N-N) = \frac{E(N \equiv N) - \Delta H}{3} = \frac{945 - 334}{3} = 203,67 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Ответ: $E(N-N) = 203,67 \text{ кДж/моль}$.

A7 2

A8 4 (2)

A9 2

A10 2 (1)

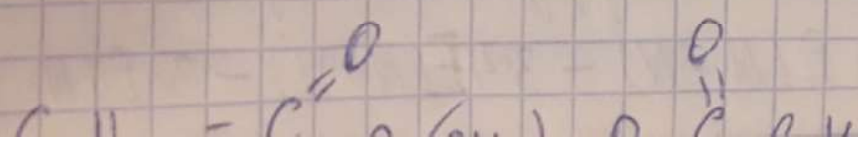
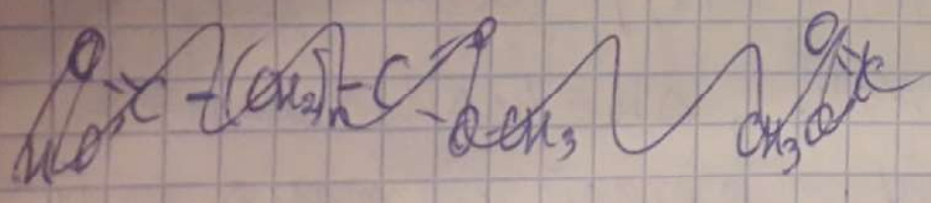
A11 3

$$w = \frac{25^2}{2} = \frac{590}{2}$$

38

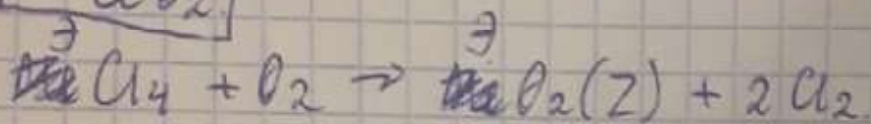
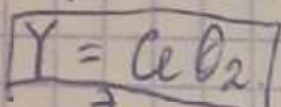
$$7. \quad \rho(\text{кон}) = \frac{m(\text{кон})}{\mu(\text{кон})} = \frac{w(\text{кон}) \cdot \rho \cdot V}{\mu(\text{кон})} = \frac{0,15 \cdot 1,12 \cdot 100}{56} =$$

= 0,3 моль



8. X - окисно, в его состав в основном входят, Ca, Na, Si, O.

Оксиды Y и Z имеют формулу TiO_2 , относительная атомная масса ~~элементов~~ в Y равна $4,375 \cdot 32 = 140 \text{ а. е. м.}$ что соответствует Ce \Rightarrow



Обозначим $x = A_r(\text{Ti})$ в Z $x = A_r(\text{Ti})$ в Z тогда

$$\text{м.к. } \nu(\text{TiO}_2) = \nu(\text{TiO}_2), \text{ но } \frac{237,5}{x+80} = \frac{100}{x+32} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 48 \text{ а. е. м.} \Rightarrow \text{Z} = \text{TiO}_2 \Rightarrow \boxed{Z = \text{TiO}_2}$$

