



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Шнайдер Марк Юрьевич**

Технический балл: **82**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

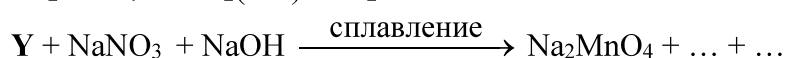
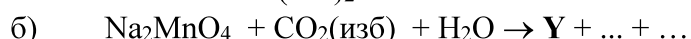
10 класс

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)

Марк Юрьевич Шнайдер

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

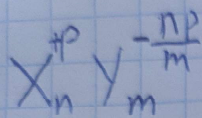
Ответ: -

Балл: 0

Задача: 8

Ответ: -

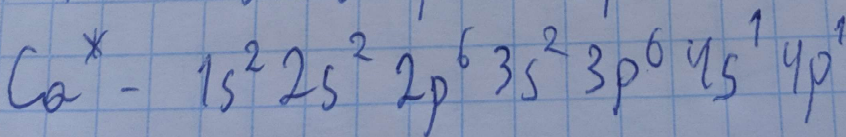
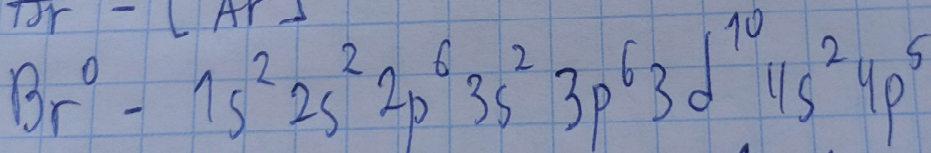
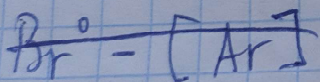
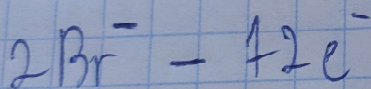
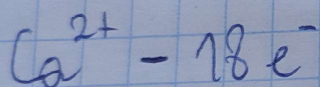
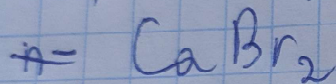
Балл: 18

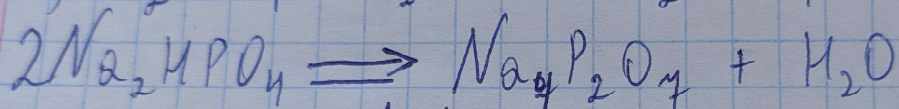
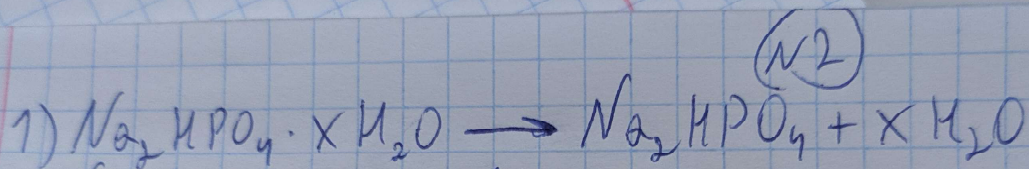


(1)

$$n \cdot (e_x - p) \cdot 4 = m \cdot (e_y + \frac{np}{m})$$

~~n e_x~~ $n=1, m=2$



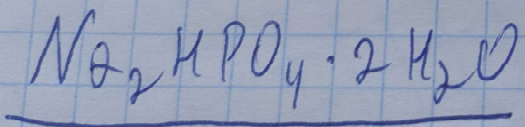


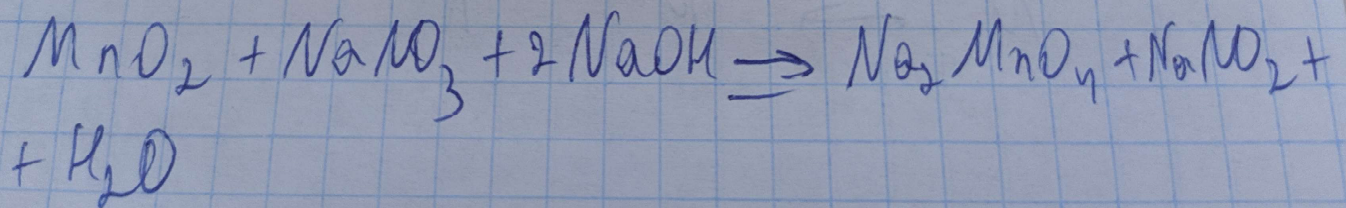
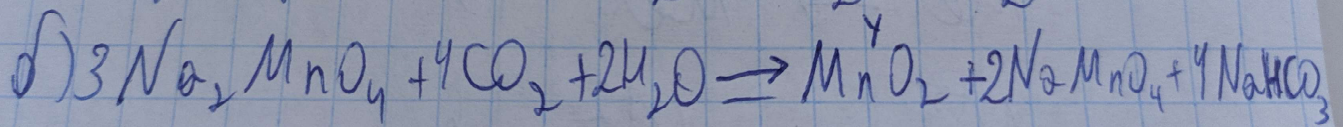
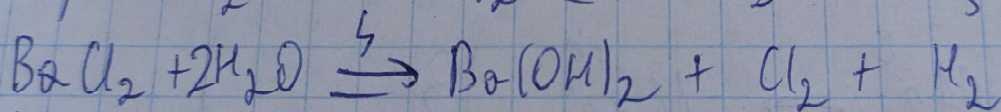
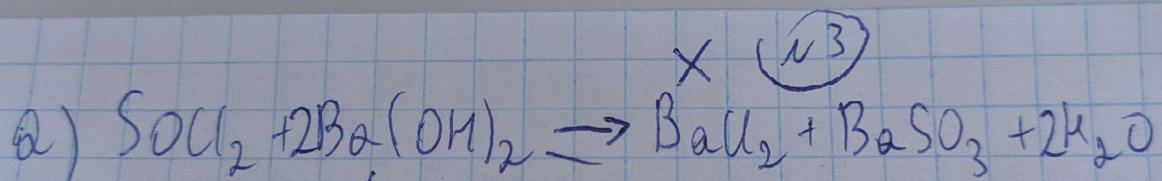
$$n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = \frac{441}{266} = 0,028 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 0,028 \cdot 2 = 0,056$$

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

$$M(x\text{H}_2\text{O}) = 36$$





24

$$n(\text{NH}_3) = \frac{200}{22,4} = 8,93 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = 151,81$$

$$m_{\text{р-ра}} \approx 1000 + 151,81 = 1151,81$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{151,81}{1151,81} = \underline{13,18\%}$$

$$m_{\text{р-ра кон.}} = m(\text{NH}_3) : 0,24 = 562,26$$

$$m(\text{раствор}) = 1151,81 - 562,26 = \underline{589,55}$$

125

$M_{\text{cp}} = 38 \text{ г/моль}$, что соответствует NO и NO_2
 $M(\text{NO}) \cdot x + M(\text{NO}_2) \cdot (1-x) = 38$

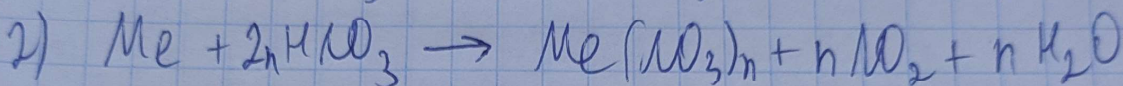
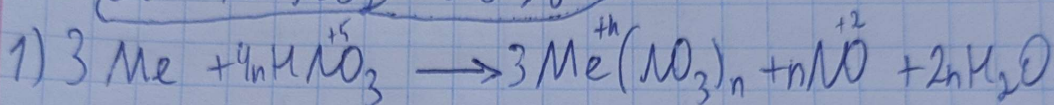
$$30x + 46(1-x) = 38$$

$$x = 0,5 \Rightarrow n(\text{NO}) : n(\text{NO}_2) = 1:1$$

$$n(\text{NO}) = n(\text{NO}_2) = \frac{5,376}{22,4 \cdot 2} = 0,12 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{NO}) = 50\%$$

$$\omega(\text{NO}_2) = 50\%$$



$$\cancel{n(\text{Me})} =$$

$$n(\text{NO}) = \frac{n(\text{Me})_1 \cdot n}{3}$$

$$0,12 = \frac{n(\text{Me})_1 \cdot n}{3}$$

$$n(\text{Me})_1 \cdot \cancel{n} = \frac{0,36}{n}$$

$$\cancel{n(\text{Me})_2} \cdot n(\text{NO}_2) = n(\text{Me})_2 \cdot n$$

$$n(\text{Me})_2 = \frac{0,12}{n}$$

$$n(\text{Me})_1 + n(\text{Me})_2 = n(\text{Me})_{\text{общ}} = \frac{8,96}{M(\text{Me})}$$

$$\frac{0,12}{n} + \frac{0,36}{n} = \frac{8,96}{M(\text{Me})}$$

$$\frac{0,48}{n} = \frac{8,96}{M(\text{Me})}$$

$$M(\text{Me}) = \frac{56n}{3}$$

$$n = 3$$

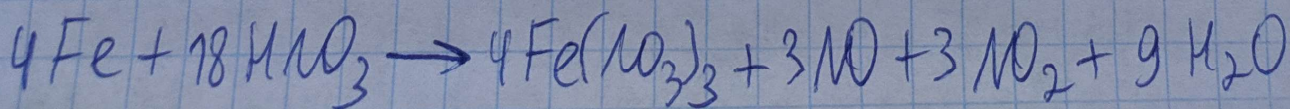
$$M = 56$$

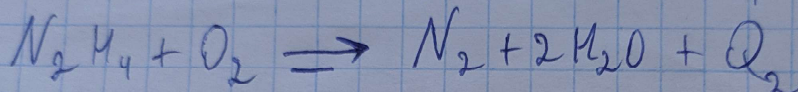
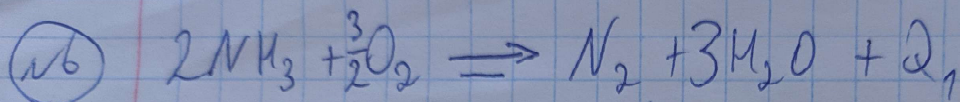
$$\Rightarrow \text{Me} - \text{Fe}$$

$$m_{\text{кон.пра}} = 200 + 8,96 - m(\text{NO}_2) - m(\text{NO}) = 208,96 - 9,12 = 199,84$$

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{8,96}{56} \cdot 242 = 38,72$$

$$\omega = \frac{38,72}{199,84} = 19,38\%$$





$$\left\{ \begin{aligned} 2Q_1 &= E(\text{N}\equiv\text{N}) + 6E(\text{O}-\text{H}) - 6E(\text{N}-\text{H}) - \frac{3}{2}E(\text{O}=\text{O}) \cdot \frac{2}{3} \\ Q_2 &= E(\text{N}\equiv\text{N}) + 4E(\text{O}-\text{H}) - E(\text{N}-\text{N}) - 4E(\text{N}-\text{H}) - E(\text{O}=\text{O}) \end{aligned} \right.$$

$$\frac{4}{3}Q_1 = \frac{2}{3}E(\text{N}\equiv\text{N}) + 4E(\text{O}-\text{H}) - 4E(\text{N}-\text{H}) - E(\text{O}=\text{O}) \quad \uparrow -$$

$$\frac{4}{3}Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3}E(\text{N}\equiv\text{N}) + \cancel{4E(\text{N}-\text{H})} - E(\text{N}-\text{N}) - E(\text{N}\equiv\text{N})$$

$$E(\text{N}-\text{N}) = \frac{4}{3}Q_1 - Q_2 + \frac{1}{3}E(\text{N}\equiv\text{N})$$

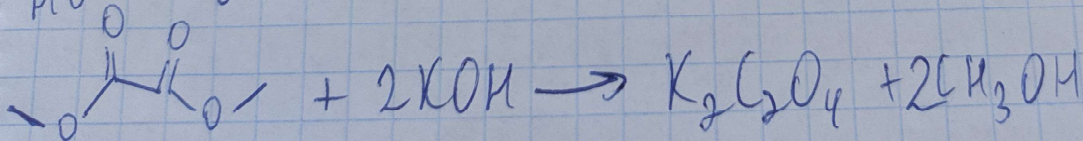
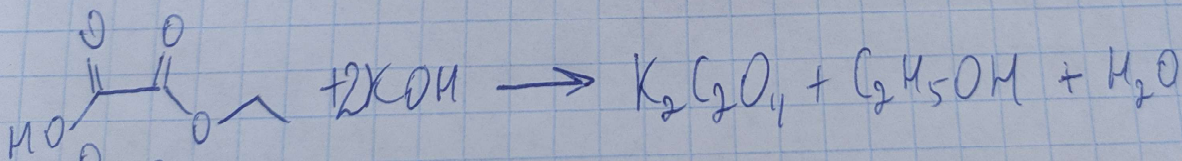
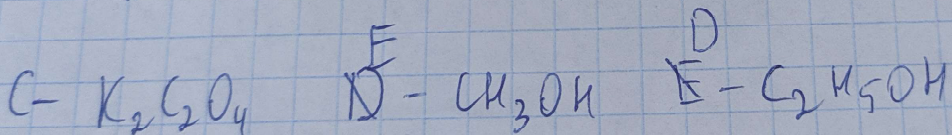
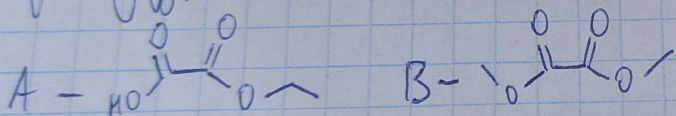
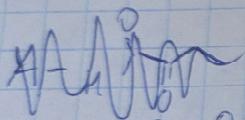
$$E(\text{N}-\text{N}) = \frac{4}{3} \cdot 317 - 534 + \frac{1}{3} \cdot 945 = \underline{\underline{203,67 \text{ kJ/mol}}}$$

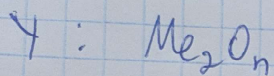
$$\textcircled{N7} \quad m(\text{KOH}) = 100 \cdot 1,12 \cdot 0,75 = 16,8 \text{ г}$$

$$n(\text{KOH}) = 0,3 \text{ моль}$$

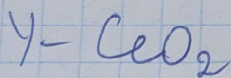
$$M(1 \text{ зв}) = \frac{177,4}{0,3} = 592 \text{ г/моль}$$

$$M(2 \text{ зв}) = \frac{177,4 \cdot 2}{0,3} = 1184 \text{ г/моль}$$

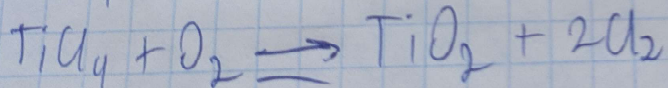
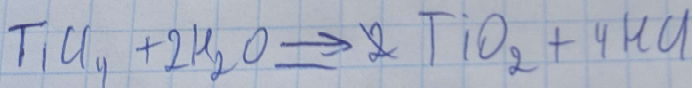
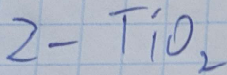




$$\frac{2 \cdot Me}{16n} = 4,375 \quad Me = 35n \quad n=4 \text{ по условию}$$



$$Z: \frac{Me + 35,5 \cdot 4}{Me + 32} = 2,375 \quad Me = 48$$



X - стекло

основные элементы - Si, O, Ca, Na