



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Ворсина Виктория Константиновна**

Технический балл: **84**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

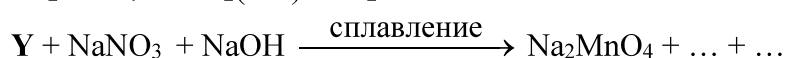
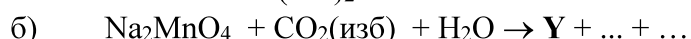
10 класс

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)

Виктория Константиновна Ворсина

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: 20

CaBr₂

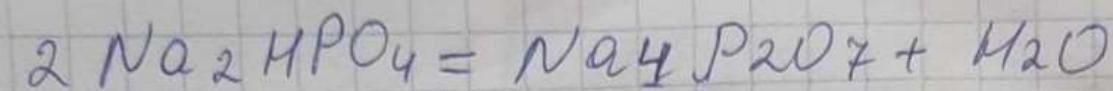
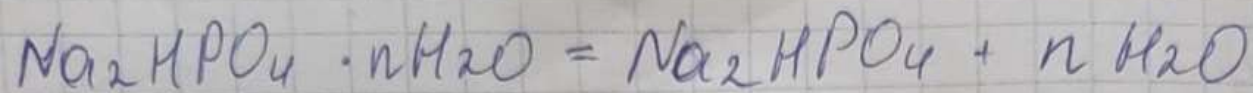
Ca²⁺ 18e

18e · 4 = 72e

$$\frac{72e}{2} = 36e - \text{Br}^{-1}$$

Br⁰ 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 3d¹⁰ 4s² 4p⁵

Ca* 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 4s¹ 4p¹



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

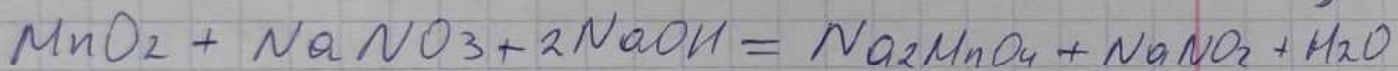
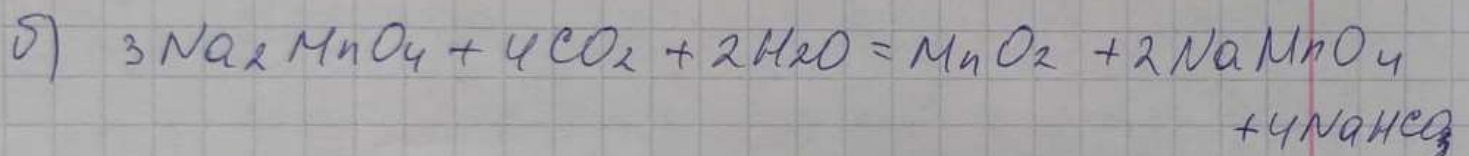
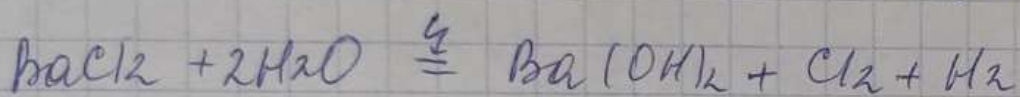
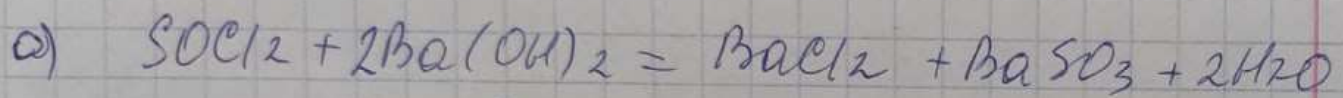
$$\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,056 \text{ моль} = \nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O})$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{106}{0,0562} = 188 \text{ г/моль}$$

$$n = 2$$

исх - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

конечн. - $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$



$$v) (NH_3) = \frac{200}{22,4} = 8,93 \text{ моль}$$

$$m(NH_3) = 151,81$$

$$m_{p-p} = 1000 + 151,81 = 1151,81$$

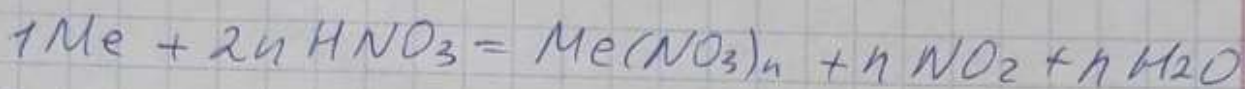
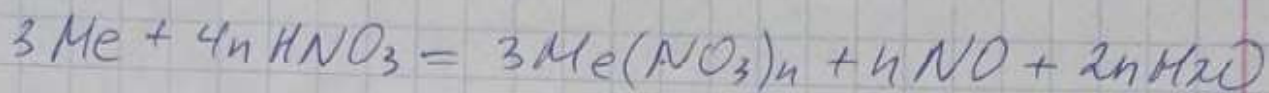
$$\omega(NH_3) = \frac{151,81}{1151,81} = 13,18\%$$

$$m_{p-p} \text{ кон.} = m(NH_3) : 0,27 = 562,262$$

$$m(\text{осадка}) = 1151,81 - 562,26 = 589,552$$

$$V(\text{газов}) = \frac{5,376}{22,4} = 0,24 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср}} = 19,2 = 38 \text{ г/моль} - \text{NO и NO}_2$$



$$M(\text{NO}) \cdot x + M(\text{NO}_2) \cdot (1-x) = 38$$

$$30x + 46 - 46x = 38$$

$$x = 0,5 \Rightarrow V(\text{NO}) = V(\text{NO}_2) = 0,12 \text{ моль}$$

$$V_1(\text{Me}) = \frac{0,36}{n} \text{ моль}$$

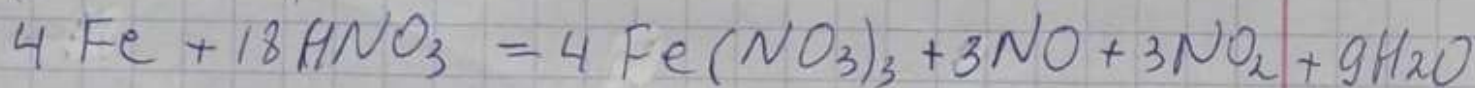
$$V_2(\text{Me}) = \frac{0,12}{n} \text{ моль}$$

$$V_{\text{общ}}(\text{Me}) = \frac{0,48}{n} \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}) = \frac{8,96}{\frac{0,48}{n} \text{ моль}} = \frac{56n}{3}$$

Если $n=3$, $M(\text{Me}) = 56 \text{ г/моль} - \text{Fe}$

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



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

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

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



$$\begin{cases} 2Q_1 = \epsilon(\text{N}\equiv\text{N}) + 6\epsilon(\text{O}-\text{H}) - \frac{3}{2}\{\epsilon(\text{O}=\text{O}) - 6\epsilon(\text{N}-\text{H})\} \cdot \frac{2}{3} \\ Q_2 = \epsilon(\text{N}\equiv\text{N}) + 4\epsilon(\text{H}-\text{O}) - \epsilon(\text{O}=\text{O}) - 4\epsilon(\text{N}-\text{H}) \end{cases}$$

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

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

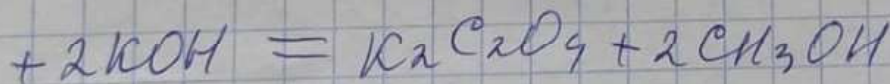
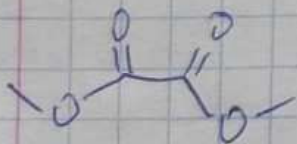
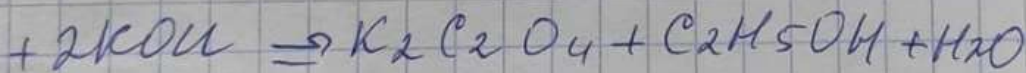
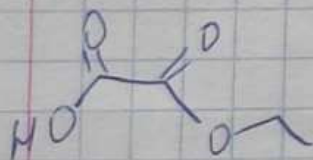
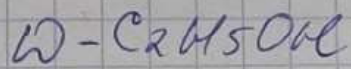
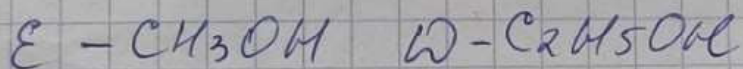
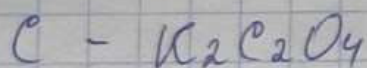
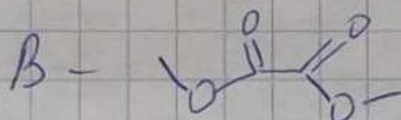
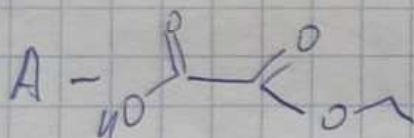
$$\epsilon(\text{N}-\text{N}) = 203,67 \text{ кДж/моль}$$

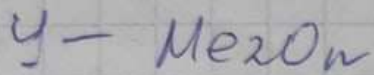
$$m(\text{KOH}) = 100 \cdot 1,12 \cdot 0,15 = 16,82$$

$$n(\text{KOH}) = 0,3 \text{ моль}$$

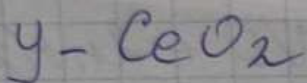
$$M(1 \text{ экв}) = \frac{17,7}{0,3} = 59 \text{ г/моль}$$

$$M(2 \text{ экв}) = \frac{17,7 \cdot 2}{0,3} = 118 \text{ г/моль}$$





$$\frac{2Me}{16n} = 4,375 \quad Me = 35n \quad n = 4 - \text{условие}$$



X-связно. Осн элем. - Si, Ca, Na, O

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

