



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Мещеряков Марк Дмитриевич**

Технический балл: **85**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

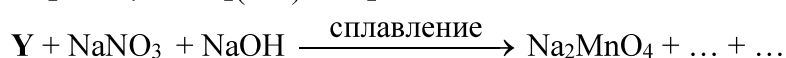
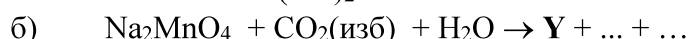
10 класс

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)

Марк Дмитриевич Мещеряков

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 7

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 13

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 12

Задача: 7

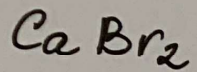
Ответ: -

Балл: 8

Задача: 8

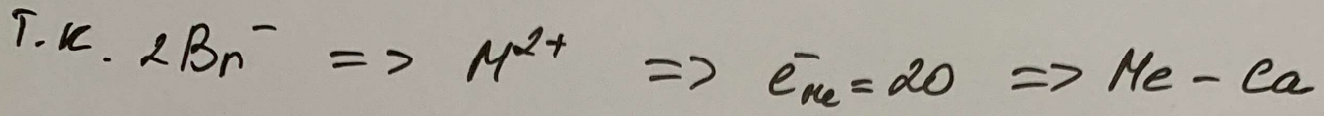
Ответ: -

Балл: 19

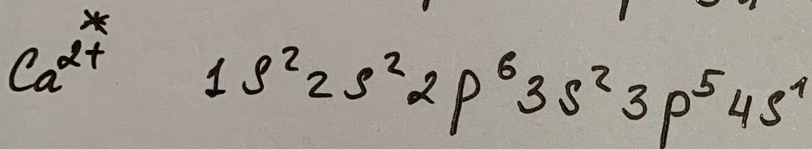
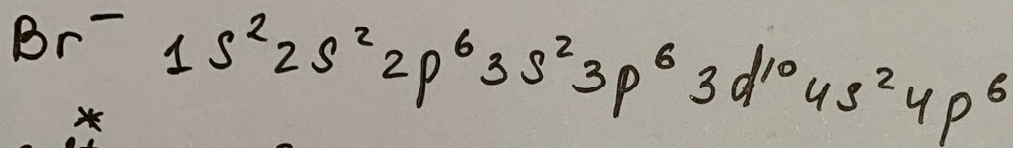


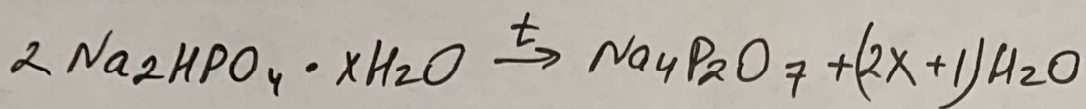
$$2\text{Br}^- \quad \sum \bar{e} = 2 \cdot (35 + 1) = 72$$

$$72 : 4 = 18$$



z.T.g.





$$\Delta m = m(\text{H}_2\text{O}) = 2,532$$

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

$$\frac{10}{142 + 18x} = 2 \cdot 0,14 \quad x = 2 \Rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

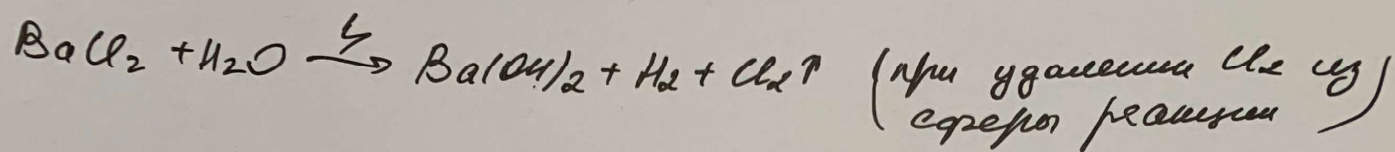
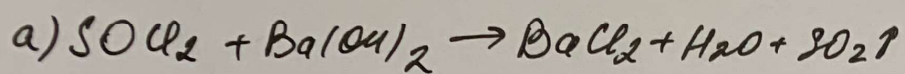
$$n(\text{крит.}) = \frac{102}{178 \text{ г/моль}} = 0,056 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = 266 \text{ г/моль} \cdot \frac{0,056}{2} \text{ моль} = 7,47$$

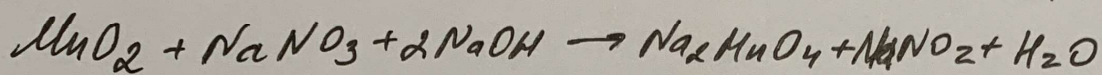
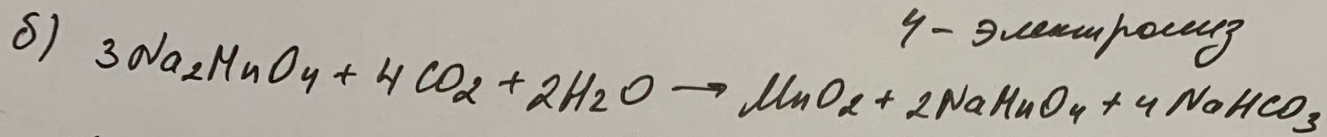
\Rightarrow продукт беринги

исходное — $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

продукт — $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$



4-элементарно



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

$$m(\text{NH}_3) = 8,93 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 151,78 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{всх}}(\text{NH}_3) = \frac{151,78 \text{ г}}{151,78 \text{ г} + 1000 \text{ г}} \cdot 100\% = 13,18\%$$

По се охлаждение:

$$\frac{151,78}{151,78 + x} = 0,27 \quad \Rightarrow \quad x = 410 \text{ г}$$

$$\Delta m = 1000 - 410 = 590 \text{ г} \quad - \text{масса осадка}$$

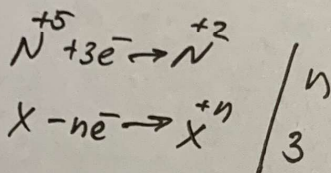
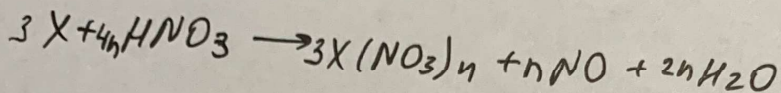
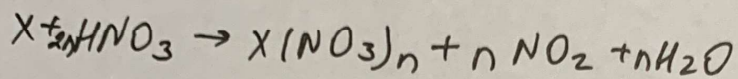
Ответ: $\omega_{\text{всх}}(\text{NH}_3) = 13,18\%$; $m(\text{осадка}) = 590 \text{ г}$

N5

Т.к. $M_{cp} = 38 \text{ г/моль} \Rightarrow$ из газов $\text{NO}_2, \text{NO}, \text{N}_2\text{O}, \text{N}_2$
 среднее число будет смесь NO_2 и NO , масса:
 (т.к. к-та конст.)

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

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



$$\frac{8,96}{\frac{0,12}{n}} + \frac{0,36}{\frac{0,36}{n}}$$

$= M(\text{Me})$. Перебираем n , получим, что

$$\text{при } n = 3 \quad M = 56 \text{ г/моль}$$

$\Rightarrow \text{Fe}$

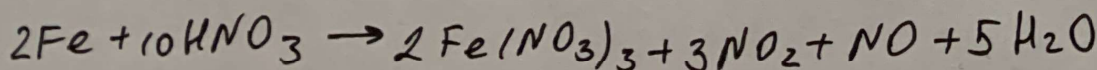
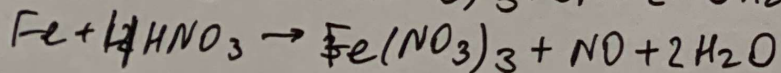
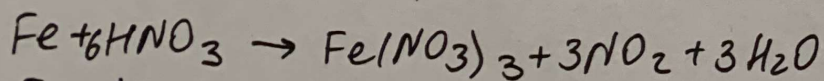
$$\frac{8,96 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,16 \text{ моль} = n(\text{Fe})$$

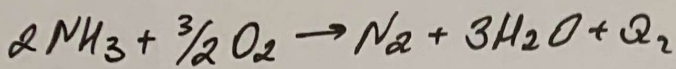
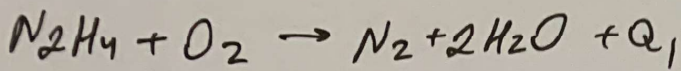
$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = n(\text{Fe}) = 0,16 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 38,72 \text{ г}$$

$$m(\text{p-pa}) = 8,96 + 200 - 0,12 \cdot 30 - 0,12 \cdot 46 = 199,84 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72 \text{ г}}{199,84 \text{ г}} \cdot 100\% = 19,38\%$$





По следствию из закона Гесса:

$$Q_1 = Q(\text{N}-\text{N}) + 4Q(\text{N}-\text{H}) + Q(\text{O}-\text{O}) - Q(\text{N}\equiv\text{N}) - 4Q(\text{H}-\text{O}) = 317 \quad (1)$$

$$Q_2 = 6Q(\text{N}-\text{H}) + \frac{3}{2}Q(\text{O}-\text{O}) - Q(\text{N}\equiv\text{N}) - 6Q(\text{H}-\text{O}) = 534 \quad (2)$$

$$(1) \cdot \frac{3}{2} - (2) :$$

$$\frac{3}{2}Q(\text{N}-\text{N}) - \frac{3}{2}Q(\text{N}\equiv\text{N}) + Q(\text{N}\equiv\text{N}) = -58,5$$

$$Q(\text{N}-\text{N}) = 276 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\text{Ответ: } Q(\text{N}-\text{N}) = 276 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

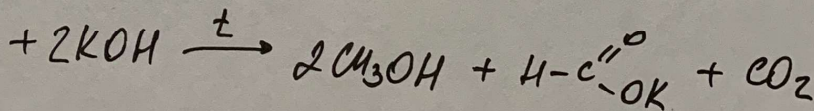
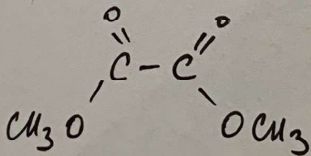
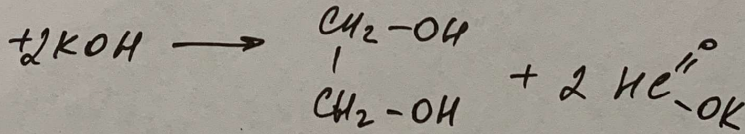
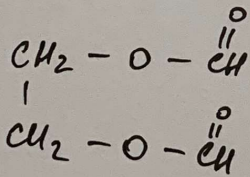
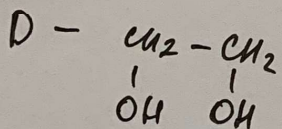
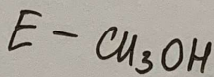
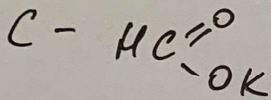
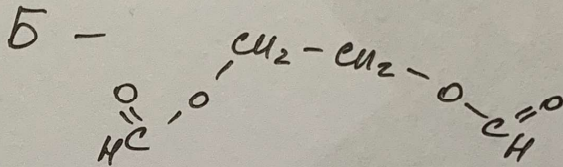
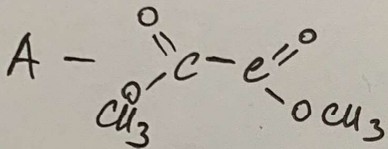
$$m(\text{KOH}) = 100 \text{ мл} \cdot 1,12 \text{ г/мл} \cdot 0,15 = 16,82$$

$$n(\text{KOH}) = \frac{16,82}{56 \text{ г/моль}} = 0,3$$

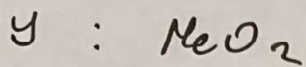
$$\frac{17,7}{0,3} = 59 \text{ г/моль} - \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 - \text{такого не существует (если учитывать условие задачи)}$$

Тогда $n(\text{KOH}) : n(\text{в-в}) = 2 : 1$
 $\Rightarrow M(\text{в-в}) = 118 \text{ г/моль} \quad \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$

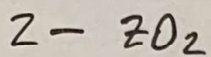
Т.к. относится к одному и тому же классу \Rightarrow



№8.



$$16 \cdot 2 + 4,375 = 140 \text{ \% масс } \Rightarrow Y - \text{CeO}_2$$



$$\frac{100}{x+32} = \frac{237,5}{x+142} \Rightarrow x = 48 \Rightarrow Z - \text{Ti} \Rightarrow Z - \text{TiO}_2$$

\Rightarrow X - стекло; в него добавляют оксиды металлов для придания окраски.

В стекло входят: Si, O, K, Na

