



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Нурланова Альмира Ринатовна**

Технический балл: **99**

Дата: **12 мая 2020 года**

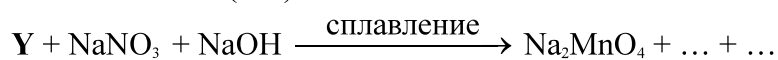
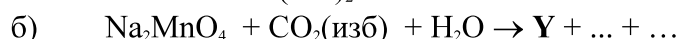
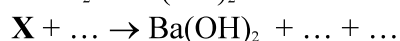
**Олимпиада «Ломоносов»
5-9 классы**

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. **(10 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. **(10 баллов)**

3. 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%. **(12 баллов)**

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам превращений:



Определите неизвестные вещества.

(12 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.

(16 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. **(20 баллов)**

7. 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)**

Альмира Ринатовна Нурланова

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 12

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 11

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 20

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 20

Задача 1.

Так как бинарное вещество имеет ионное строение, то соединение состоит из металлов + неметаллов.

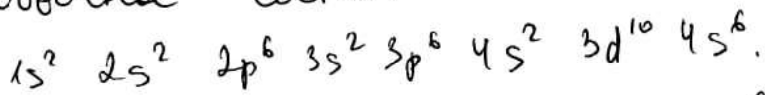
1-валентные металлы не подходят (начиная с Na), так как неметалл должен иметь заряд -1 и 40-216 электронов.

А литий не подходит так как нет подходящего элемента.

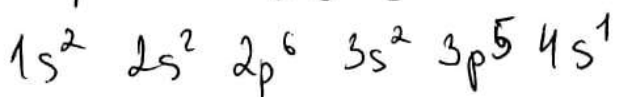
Если рассмотрим 2-валентные металлы, то подойдет Ca. Соединение - CaBr_2 . (Также Sr, Ba не подходят, ибо слишком много, а для Mg, Be нет подходящих).

3-валентные металлы также имеют слишком много электронов. Для Al нет подходящего.

Обычная составная Br^-



Первое возбужденное состояние Ca^{2+} :



CaBr_2 .

для Ca^{2+} : 18 электронов.

$18 \cdot 2 = 36$ электронов.

$36 : 2 = 18$ электронов \Rightarrow

Br^-

Задача 2.

n - коэф. перед H_2O .

формула кристаллогидрата $Na_2HPO_4 \cdot nH_2O$.



$$m(\text{к-ат}) = 10 \text{ г}$$

$$n(\text{к-ат}) = \frac{10}{142 + 18n} \text{ моль.}$$

$$n(\text{к-ат}) = n(Na_2HPO_4) = 2n(Na_4P_2O_7).$$

$$m(Na_4P_2O_7) = 7,47 \text{ г.}$$

$$n(Na_4P_2O_7) = \frac{m}{M} = \frac{7,47}{266} = 0,028 \text{ моль.}$$

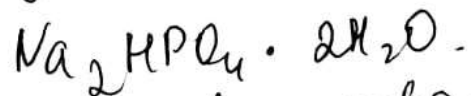
$$n(\text{к-ат}) = 0,028 \cdot 2 = 0,056 \text{ моль.}$$

$$M = \frac{m}{n} = \frac{10}{0,056} = 178,2 \text{ г/моль.}$$

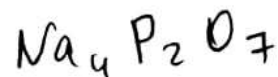
$$142 + 18n = 178$$

$$n = 2$$

исходное вещество -



конечное вещество -



Задача 3.

$$V(\text{NH}_3) = 200 \text{ л.}$$

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

$$m(\text{NH}_3) = 8,93 \cdot 17 = 151,81 \text{ граммы.}$$

$$m(\text{р-ра}) = 1000 + 151,81 = 1151,81 \text{ г.}$$

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

массовая доля аммиака
в исходном растворе

после окисления:

x - масса льда

$$w(\text{NH}_3) = \frac{151,81}{1151,81 - x} = 27\%.$$

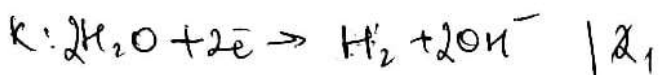
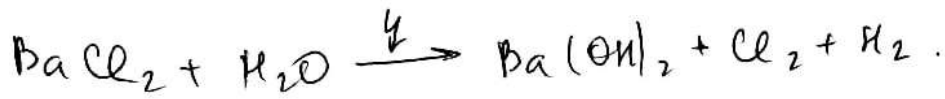
$$\frac{151,81}{0,27} = 1151,81 - x.$$

$$562,26 = 1151,81 - x.$$

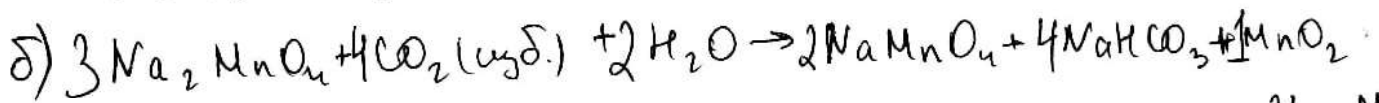
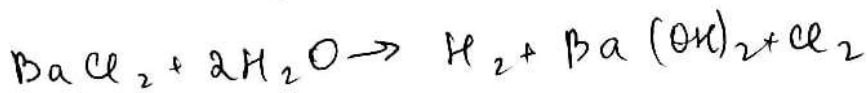
$$x = 589,55 \text{ г.}$$

Масса осадка (льда) 589,55 г.

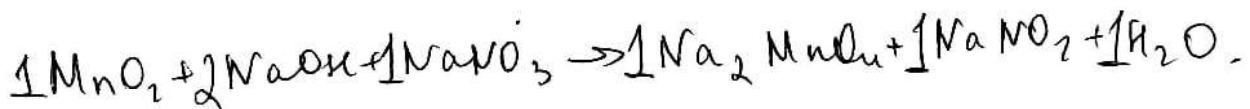
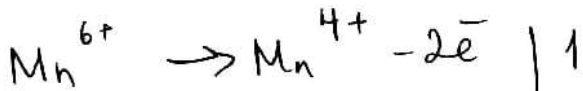
Задача 4.



Уравнение электролиза!



у - MnO_2



Задача 5.

Если взвешивалась смесь двух газов, с плотностью равной 38, то это NO_2 и NO .

x, y - доля каждого (соответственно)

$$\begin{cases} 46x + 30y = 38. & x = 0,5 \quad y = 0,5. & 50\% / 50\%. \\ x + y = 1. & \text{выделилось по равню.} \end{cases}$$

$$V(\text{смеси}) = 5,376 \text{ л.}$$

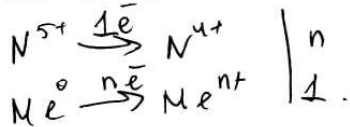
$$n(\text{смесь}) = 0,24 \text{ моль.}$$

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

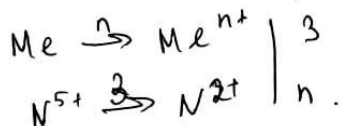
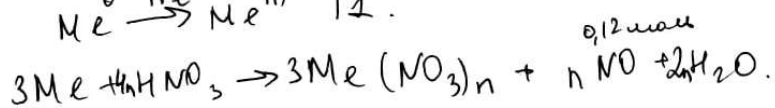
Реакции:



Уравнение:



Азотная кислота
в избытке



Если $n = 1$.

$$(0,12 \text{ моль} + 0,36 \text{ моль}) \cdot A(\text{Me}) = 8,96.$$

$$A(\text{Me}) = 18,67$$

монооксид
X.

$n = 2$.

$$(0,06 \text{ моль} + 0,18 \text{ моль}) \cdot A(\text{Me}) = 8,96.$$

$$A(\text{Me}) = 37,3$$

диоксид
X

$n = 3$.

$$(0,04 \text{ моль} + 0,12 \text{ моль}) \cdot A(\text{Me}) = 8,96.$$

$$A(\text{Me}) = 56$$

оксид
железо.

Металл - железо.

Продолжение есть

Прогнозирование задачи 5.

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{мел.}} + m_{\text{металла}} - m_{\text{газо}}.$$

$$m_{\text{газо}} = 0,12 \cdot 46 + 0,12 \cdot 30 = 9,12 \text{ г.}$$

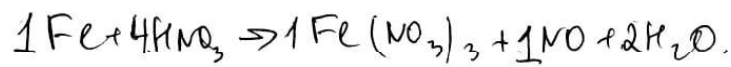
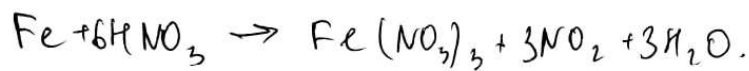
$$m_{\text{р-ра}} = 200 + 8,96 - 9,12 = 199,84 \text{ г}$$

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,04 + 0,12 = 0,16 \text{ моль.}$$

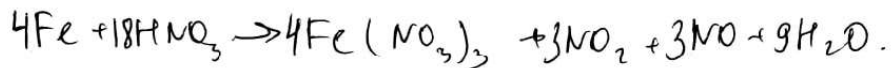
$$M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 38,72 \text{ г}$$

$$w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72}{199,84} = 0,194$$

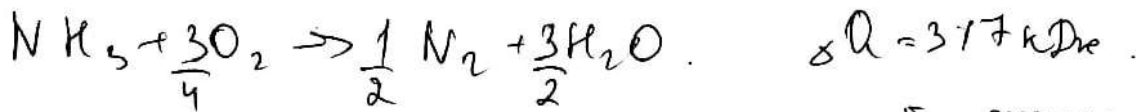
19,4%



суммарно:



Задача 8.

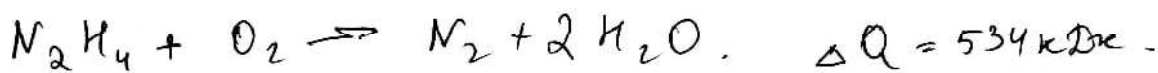


ΔE - энергия связи

$$\Delta Q = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \Delta E(\text{O-H}) + \frac{1}{2} \cdot \Delta E(\text{N} \equiv \text{N}) - \frac{\Delta E(\text{O}=\text{O}) \cdot 3}{4} - 3\Delta E(\text{N-H})$$

$$\Delta Q = 3 \cdot \Delta E(\text{O-H}) + 945 \cdot \frac{1}{2} - 0,75\Delta E(\text{O}=\text{O}) - 3\Delta E(\text{N-H})$$

$$3 \cdot \Delta E(\text{O-H}) - 0,75\Delta E(\text{O}=\text{O}) - 3\Delta E(\text{N-H}) = -155,5 \text{ кДж}$$



$$\Delta Q = 4\Delta E(\text{O-H}) + \Delta E(\text{N} \equiv \text{N}) - \Delta E(\text{O}=\text{O}) - 4\Delta E(\text{N-H}) - \Delta E(\text{N-N})$$

$$\Delta Q = 4\Delta E(\text{O-H}) + 945 - \Delta E(\text{O}=\text{O}) - 4\Delta E(\text{N-H}) - \Delta E(\text{N-N})$$

$$4\Delta E(\text{O-H}) - \Delta E(\text{O}=\text{O}) - 4\Delta E(\text{N-H}) - \Delta E(\text{N-N}) = -411 \text{ кДж}$$

Два уравнения выводем в систему.

$$\begin{cases} 3 \cdot \Delta E(\text{O-H}) - 0,75\Delta E(\text{O}=\text{O}) - 3\Delta E(\text{N-H}) = -155,5 \cdot \frac{4}{3} \\ 4 \Delta E(\text{O-H}) - \Delta E(\text{O}=\text{O}) - 4\Delta E(\text{N-H}) - \Delta E(\text{N-N}) = -411 \end{cases}$$

$$\rightarrow 4 \cdot \Delta E(\text{O-H}) - \Delta E(\text{O}=\text{O}) - 4\Delta E(\text{N-H}) = -207,33$$

$$-207,33 - \Delta E(\text{N-N}) = -411$$

$$\Delta E(\text{N-N}) = 203,67 \text{ кДж}$$

эти уравнения имеют одинаковые переменные, кроме $\Delta E(\text{N-N})$.
подставляем значение 1 урав. в 2 урав.

Задача 7.

Оксид $\gamma \rightarrow \text{AO}_2$.

масса кислорода = 32.

масса элемента = $32 \cdot 4,375 = 140$.

$\Rightarrow \text{CeO}_2$

Оксид $z \rightarrow \text{BO}_2$

$\text{BCl}_4 \rightarrow \text{BO}_2$

массы будут равны, так как только эти реагенты / продукты

содержат B.

b-атомная масса
элемента

$$\frac{237,5}{b+142} = \frac{100}{b+32}$$

$$\frac{b+142}{b+32} = 2,375$$

$$z = \text{TiO}_2$$

$$b+142 = 2,375b+76$$

$$1,375b = 66$$

$$b = 48 \Rightarrow \text{Ti}$$

X - стекло. основные элементы: Si, O, Na, Ca.

