



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Томилов Андрей Константинович**

Технический балл: **88**

Дата: **12 мая 2020 года**

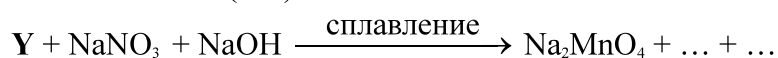
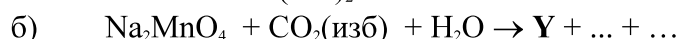
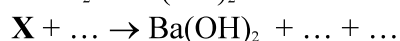
Олимпиада «Ломоносов»
5-9 классы

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)**

Андрей Константинович Томилов

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 12

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 20

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 20

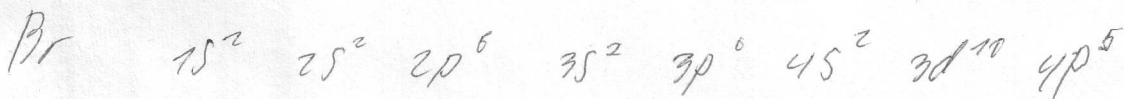
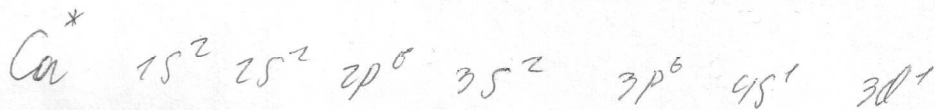
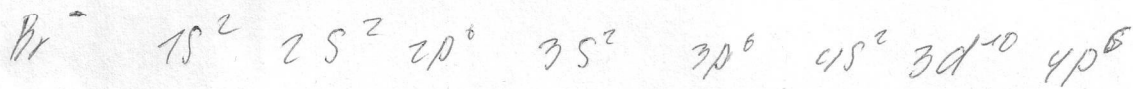
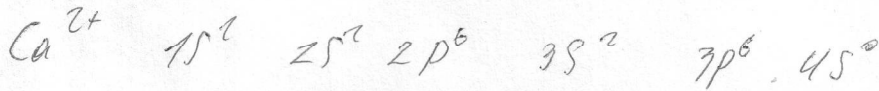
N1.

В качестве основной группы
выбран CaBr₂.

CaBr₂ - ионное, ионное соединение,
мно со временем улетучивается.

Точечная симметрия молекулы ~~CaBr₂~~
е в квантовой и атомной.

$$\frac{z \cdot n_{\bar{e}}(\text{Br}^-)}{n_{\bar{e}}(\text{Ca}^{2+})} = z \cdot \frac{36}{72} = 4$$



№ 2.

Дано:

$$m(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ г}$$

$$m \text{ в-во } 2 = 7,44 \text{ г}$$

формулы

Решение

предположим, что в-во 2 - $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

$$\text{в-во } 1 (\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = 0,0280827 \text{ моль} = \frac{m \text{ в-во } 2}{M(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)}$$

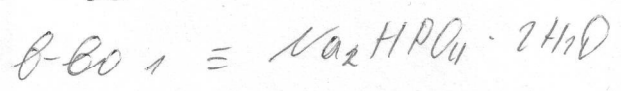
$$n(\text{P}) = 2 n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = 0,0561654$$

$$n(\text{P}) = n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O})$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O})}{n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O})} = 178 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot a\text{H}_2\text{O}) - M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = a \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 36 \text{ г/моль}$$

$$a = 2$$



Ответ: в-во 1 = $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; в-во 2 = $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

Задача: №3

$$V(\text{NH}_3) = 700 \text{ л}$$

н.у.

~~н.у.~~

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{н.у.}} = 1 \text{ кг} = 10^3 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NH}_3)_{-60} = 27\% = 0,27$$

м осадка

$\omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}}$

Решение.

$$n(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_m}$$

$$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3)}{V_m} = 111,8 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}} = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{н.у.}}} = 0,1318 = 13,18\%$$

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{н.у.}}$$

$$m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}} = m(\text{NH}_3)$$

$$m_{\text{р-ра}}' = m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{н.у.}} - m_{\text{осад.}}$$

$$m_{\text{р-ра}}' \cdot \omega(\text{NH}_3)_{-60} = m(\text{NH}_3)$$

$$m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}} = m_{\text{р-ра}}' \cdot \omega(\text{NH}_3)_{-60}$$

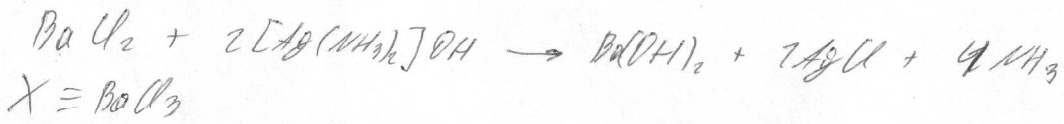
$$m_{\text{р-ра}}' = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}}}{\omega(\text{NH}_3)_{-60}}$$

$$m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{н.у.}} - m_{\text{осад.}} = \frac{(m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{н.у.}}) \cdot \omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}}}{\omega(\text{NH}_3)_{-60}}$$

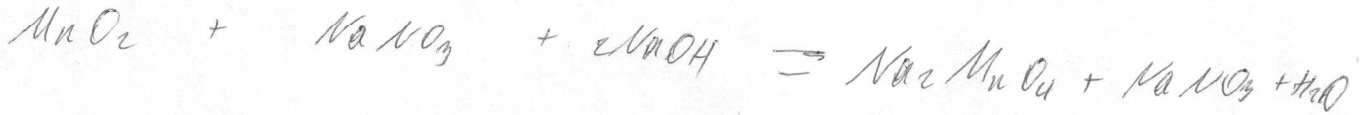
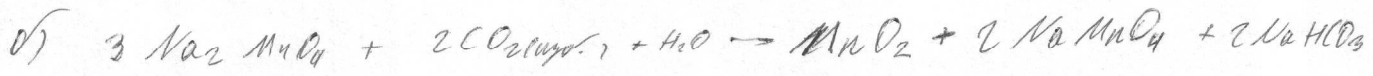
$$m_{\text{осад.}} = (m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{н.у.}}) \cdot \left(1 - \frac{\omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}}}{\omega(\text{NH}_3)_{-60}} \right) = 589,55 \text{ г}$$

Ответ: $m_{\text{осад.}} = 589,55 \text{ г}$. $\omega(\text{NH}_3)_{\text{н.у.}} = 13,18\%$

№4.



X \equiv BaCl₂



Y \equiv MnO₂

№5

Дано:

$m(Me) = 8,96\%$

$m_{H_2O} = 20\%$

$\omega(HNO_3) = 35\%$

$V_2 = 5,376$

$M_2 = 38$

$\varphi_{1,2}$ и $\varphi_{2,1}$

Me,

$\omega(Me(NO_3)_n)$

Решение

Предположим, что газы NO и NO₂

$\varphi_1 \cdot M(NO) + \varphi_2 \cdot M(NO_2) = 38$

$\varphi_1 + \varphi_2 = 1$

~~$\varphi_1 \cdot M(NO) + M(NO_2) - \varphi_1 \cdot M(NO_2) = 38$~~

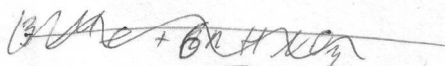
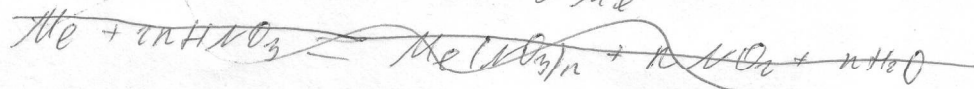
$\varphi_1 = \frac{38 - M(NO_2)}{M(NO) - M(NO_2)} = \frac{1}{2} = 50\%$

$\varphi_2 = \frac{1}{2} = 50\%$

следовательно

$n(NO) = n(NO_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_i}{V_m} = 0,12$

Таким образом - в газ. смеси Me



~~$\frac{m(Me)}{M(Me)} = \frac{n \cdot M(NO_3)_n}{n}$~~

~~$\frac{m(Me)}{M(Me)} = \frac{n \cdot m(Me)}{n \cdot M(NO_3)_n}$ пусть $n=1$~~

~~$M(Me) = 44,6$ не подходит.~~

~~$n=2$~~

~~$M(Me)$ - это значит, что у Me заряды~~

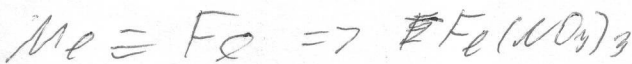
~~$1 \cdot 0,12 + 3 \cdot 0,12 = 0,48$ моль e. Тогда~~

~~$M_{эл}(Me) = n \cdot \frac{m(Me)}{n \cdot n(e)}$ пусть $n=1$~~

~~$M(Me) = 18,67$~~

пусть $n=3$

$M(Me) = 56$



$\omega(Fe(NO_3)_3) = 20,3\%$

№.

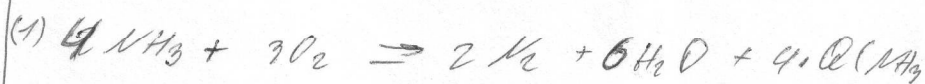
$$Q_{\text{сгор}}(\text{N}_2\text{H}_4) = 3157 \text{ kJ/mol}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{NH}_3) = 317 \text{ kJ/mol}$$

$$E(\text{N} \equiv \text{N}) = 949 \text{ kJ/mol}$$

$$E(\text{N}-\text{N})$$

Решение



$$(1) 4Q(\text{NH}_3) = 2E(\text{N} \equiv \text{N}) + 12E(\text{H}-\text{O}) - E(\text{O}-\text{O}) - 12E(\text{N}-\text{H})$$

$$(2) Q(\text{N}_2\text{H}_4) = E(\text{N} \equiv \text{N}) + 4E(\text{H}-\text{O}) - E(\text{O}-\text{O}) - 4E(\text{N}-\text{H}) - E(\text{N}-\text{N})$$

$$(1) - 3 \cdot (2)$$

$$4Q(\text{NH}_3) - 3Q(\text{N}_2\text{H}_4) = 3E(\text{N}-\text{N}) - E(\text{N} \equiv \text{N})$$

$$E(\text{N}-\text{N}) = \frac{1}{3}E(\text{N} \equiv \text{N}) + \frac{4}{3}Q(\text{NH}_3) - Q(\text{N}_2\text{H}_4) = 203,67 \text{ kJ/mol}$$

Ответ: $E(\text{N}-\text{N}) = 203,67 \text{ kJ/mol}$

√4

Дано:

~~10/20~~
10/20

$$\frac{M_{Me}(Y)}{M(O)} = 4,375$$

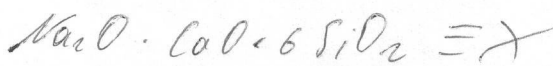
$$M(\text{продукт}) = 237,5$$

$$M(Z) = 100$$

X, Y, Z

Решение

Определяется, что X - оксид.



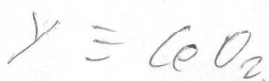
Элементы: Na, Ca, Si, O.

поэтому $Zu \equiv Y$ оксиды 4-валентных

Me, но рассмотрим $M(Y) M_{Me}(Y)$

$$\frac{M_{Me}(Y)}{2M(O)} = 4,375$$

$$M_{Me}(Y) = 140 \quad Me - Ce$$



Z оксид неоксид по валентности
на оксид металла. простыми числами.



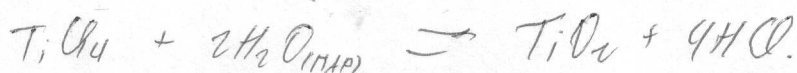
~~2429~~

$$\frac{M(\text{продукт})}{M(\text{реагент})} = \frac{m(O_{Me})}{m_{O_{Me}}}$$

$$\frac{237,5}{48 + 35,5 \cdot 4} = \frac{100}{48 + 16 \cdot 2}$$

$$1,25 = 1,25$$

U.T.U.D.



Ответ: $X \equiv Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$, $Y \equiv CeO_2$, $Z \equiv TiO_2$