



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Саидова Камила Магомедовна**

Технический балл: **93**

Дата: **12 мая 2020 года**

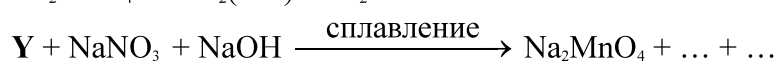
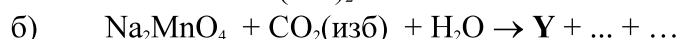
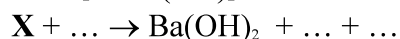
**Олимпиада «Ломоносов»
5-9 классы**

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)**

Камила Магомедовна Саидова

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 9

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 12

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 12

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 14

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 20

№1. Предположим, что состав в-ва: X_n^{n+} Y_n^{a-}
 Составлю ур-е:

$4a \cdot n(x-n) = n(y+a)$, где a - модуль заряда Y
 n - модуль заряда X
 x - атомный номер катиона X
 y - атомный номер катиона Y

$$x = \frac{ny - 5na}{4a}$$

Для начала рассмотрим галогены:
 $y = 9, a = 1$ $x = \frac{9n + 5n}{4}$ $n = 4 \Rightarrow Ti, TiCl_4$ - не подходит, т.к. есть большая разница в радиусах

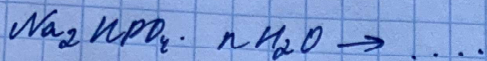
$y = 17, a = 1$ $n = 4 \Rightarrow Ti, TiCl_4$ - не подходит, т.к. есть большой вклад ковалентности за счет большого заряда и относительно малого радиуса катиона

$y = 35, a = 1, n = 2 \Rightarrow Ca, CaBr_2$ - переходим

Еще раз проверим:
 кол-во e^- у катиона: $20 - 2 = 18 e^-$
 кол-во e^- у аниона: $36 \cdot 2 = 72$

$72 / 18 = 4$ - сходится и Br^- (основное сост)

Электронная конфигурация Ca^{2+} (первое возбужденное сост):
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 3d^1$



$$m(\text{H}_2\text{O, исп}) = m_{\text{нач.}} - m_{\text{ост.}} = 10 - 7,47 = 2,53 \text{ г.}$$

(потеря массы обусловлена испарением воды)

$$n(\text{H}_2\text{O, исп}) = 0,14 \text{ моль}$$

Допустим, сначала от $\text{Na}_2\text{KPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ отщепилось n H_2O , а затем пошло дальнейшее разложение и отщепилось $\frac{1}{2}$ H_2O , образовалось в-во " $\text{Na}_2\text{PO}_{3,5}$ " \equiv $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

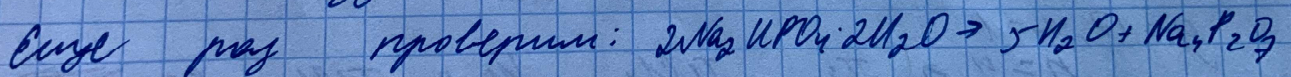
Проверим предположение.

$$\text{Na}_2\text{KPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (n + \frac{1}{2})\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$$

$$\frac{n_{\text{сум}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1}{n + \frac{1}{2}}$$

$$n_{\text{сум}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n + \frac{1}{2}} = \frac{0,14}{n + \frac{1}{2}} = \frac{10}{142 + 18n} \left(\frac{m_{\text{сум}}}{M_{\text{сум}} + 18n} \right)$$

Отсюда $n = 1,99 \approx 2$



$$\frac{n(\text{Na}_2\text{KPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)} = \frac{10/178 \text{ моль}}{7,47/266 \text{ моль}} = \frac{0,056}{0,028} = 2,$$

это соотв-т ~~стехиометр.~~ соотношению в гр-ии р-ции.
 Орбиты: начальное - $\text{Na}_2\text{KPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 конечное - $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

№3. $n(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_m} = \frac{200 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \approx 8,93 \text{ моль}$

$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) \approx 151,8 \text{ г}$

$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ г/л} \cdot 1 \text{ л} = 1000 \text{ г}$

Массовая доля NH_3 в исходном р-ре:

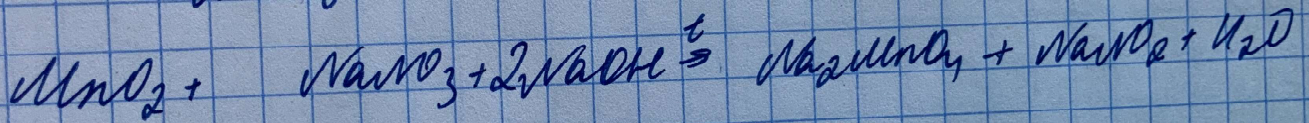
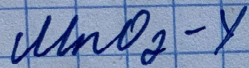
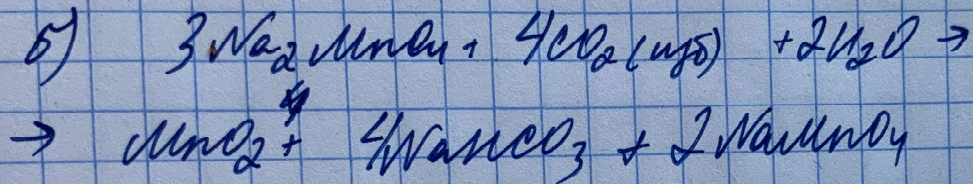
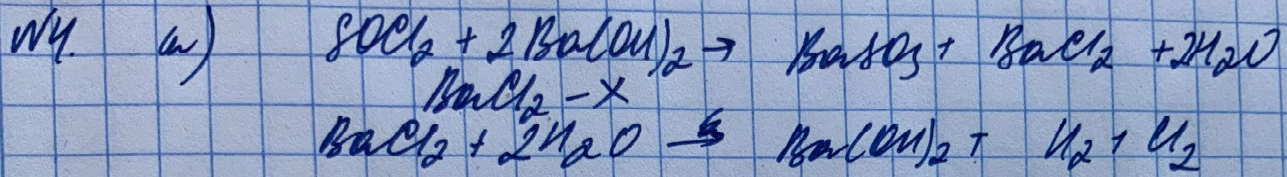
$\omega(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})} = 0,132 = 13,2\%$

Пусть осталось x г воды, тогда: ~~$m(\text{осадок}) = 434,8 \text{ г}$~~

$\frac{151,8}{151,8 + 1000 - x} = 0,24$

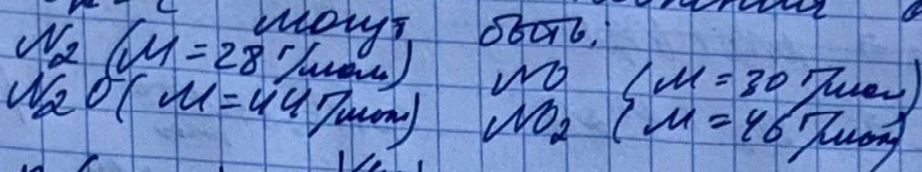
~~$x = 434,8 \text{ г} = m(\text{осадок})$~~
 $x \approx 589,6 \text{ г}$

Ответ: $\omega(\text{NH}_3) = 13,2\%$
 $m(\text{осадок}) = 434,8 \text{ г} \rightarrow 589,6 \text{ г}$



№5. $M(\text{смеси газов}) = M(F_2) = 38 \text{ г/моль}$

Продукты восстановления азотной кислоты



$n(\text{смеси}) = \frac{V(\text{см})}{V_m} = 0,24 \text{ моль}$

Рассмотрим равные массы смеси 2-х газов: 38 г/моль , одной величина больше, другая - меньше.

1. N_2 и N_2O

$28\varphi + 44(1-\varphi) = 38$
 $\varphi = 0,345 = \varphi(N_2)$

$\varphi(N_2) : \varphi(N_2O) = 3 : 5$

2. N_2 и NO

$28\varphi + 30(1-\varphi) = 38$
 $\varphi = 0,444$

3. N_2O и NO

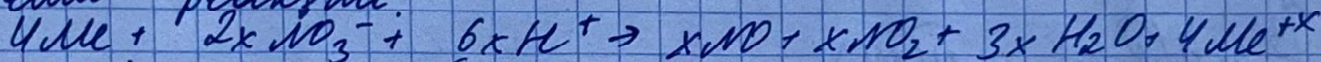
$44\varphi + 30(1-\varphi) = 38$
 $\varphi = 0,571$

4. NO и NO_2

$30\varphi + 46(1-\varphi) = 38$
 $\varphi = 0,5$

Снова рассмотрим смесь (NO и NO_2)

Схема реакции:



$\frac{n(Me)}{n(NO)} = \frac{4}{x}$

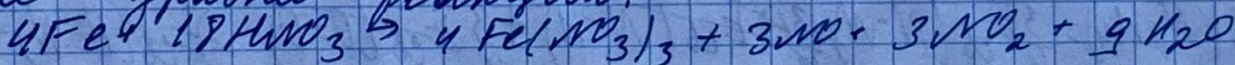
$V(NO) = \varphi \cdot V(\text{смеси}) = 2,688 \text{ л}$
 $n(NO) = 0,12 \text{ моль}$

$\frac{4}{x} = \frac{8,96}{0,12 \cdot Me}$

$Me = \frac{8,96x}{4 \cdot 0,12}$

$x = 3 \Rightarrow Fe - Me$

Общее уравнение реакции:



Состав смеси NO и NO_2 :

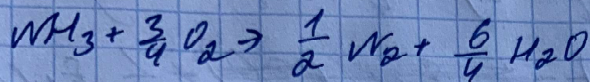
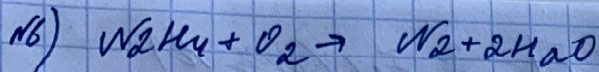
$\varphi(NO) = 50\%$

$\varphi(NO_2) = 50\%$

$m(\text{нечистой смеси}) = 200 + 8,96 - (m(NO) + m(NO_2)) =$
 $= 200 + 8,96 - (0,12 \cdot 30 + 0,12 \cdot 46) = 200 + 8,96 - 2,12 = 199,84 \text{ г}$

$m(Fe(NO_3)_3) = \frac{M_{Fe}}{M_{Fe(NO_3)_3}} \cdot M(Fe(NO_3)_3) = 0,16 \cdot 242 \text{ г} = 38,72 \text{ г}$

$\omega(Fe(NO_3)_3) = \frac{m(Fe(NO_3)_3)}{m(\text{раствора})} = \frac{38,72}{199,84} \cdot 100\% = 19,38\%$



$$\Delta_c H = 534 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad | \cdot \frac{3}{4}$$

$$\Delta_c H = 317 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta_r H = \sum E_{\text{cb}} \text{ reagov} - \sum E_{\text{cb}} \text{ ispyay}$$

$\frac{3}{4} \Delta_c H$

$$\Delta_c H(\text{NH}_3) = 3 E_{\text{cb}}(\text{N-H}) + \frac{3}{4} E_{\text{cb}}(\text{O=O}) - \frac{1}{2} E_{\text{cb}}(\text{N}\equiv\text{N}) - \frac{6}{4} \cdot 2 \cdot E(\text{H-O})$$

$$\frac{3}{4} \Delta_c H(\text{N}_2\text{H}_4) = \frac{3}{4} E_{\text{cb}}(\text{N-N}) + \frac{3}{4} \cdot 4 E_{\text{cb}}(\text{N-H}) + \frac{3}{4} E_{\text{cb}}(\text{O=O}) - \frac{3}{4} E_{\text{cb}}(\text{N}\equiv\text{N}) - 2 \cdot \frac{6}{4} E(\text{H-O})$$

$$\frac{3}{4} \Delta_c H(\text{N}_2\text{H}_4) - \Delta_c H(\text{NH}_3) = \frac{3}{4} E_{\text{cb}}(\text{N-N}) - \frac{3}{4} E_{\text{cb}}(\text{N}\equiv\text{N}) + \frac{1}{2} E_{\text{cb}}(\text{N}\equiv\text{N})$$

$$\frac{3}{4} \cdot 534 - 317 = \frac{3}{4} x - \frac{3}{4} \cdot 945 + \frac{1}{2} \cdot 945$$

$$x = 426,3 = E_{\text{cb}}(\text{N-N})$$

Ответ: $E_{\text{cb}}(\text{N-N}) = 426,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

W7.

Определим состав Y:

MO_2 -

Возьмем 1 моль б.ва:
Формула MO_2

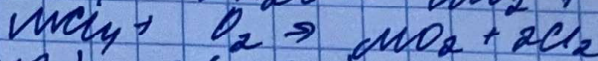
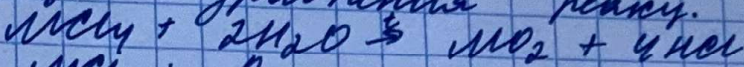
$$M = 4,345 \cdot 16 \cdot 2 = 140 - O$$

Y - MO_2

Уравн

Определим состав Z:

Используем уравнения реакции его получения:



$$n(MO_2) = n(MCl_4)$$

$$\frac{234,5}{M + 35,45 \cdot 4} = \frac{100}{M + 16 \cdot 2}$$

$$M \approx 47,9 - Ti$$

Z - TiO_2

Отсутствие б.ва X (~~хлор~~ прозрачной материи) позволяет предположить, что X - оксид

X - Na_2O , CaO , SiO_2

4 основных элемента: натрий, кальций, кремний, оксиген.

Y - MO_2

Z - TiO_2

Р-чим получения Z:

