



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Казумова Аглая Борисовна**

Технический балл: **98**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

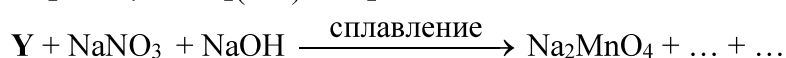
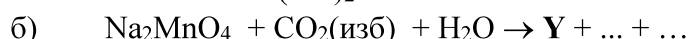
10 класс

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)

Аглая Борисовна Казумова

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: 16

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 8

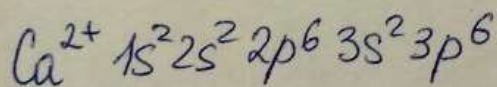
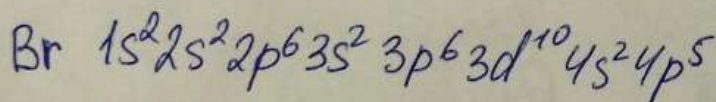
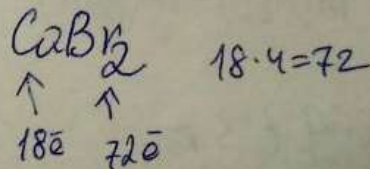
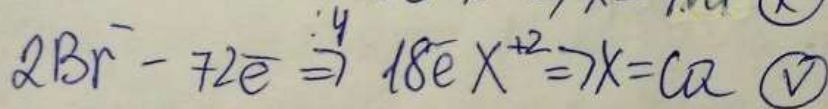
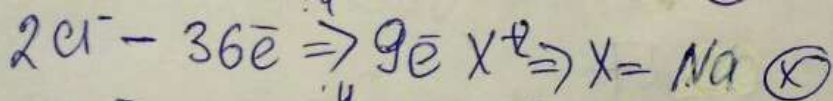
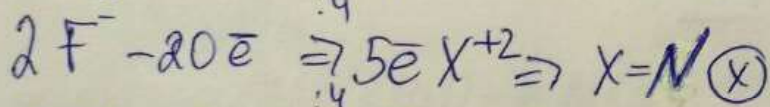
Ответ: -

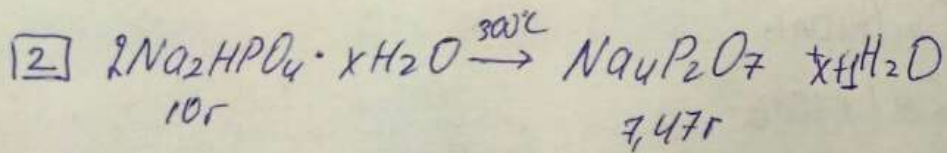
Балл: 20

1] Можно дано перебирать, используя уравнение зарядов для $X^+ Y^-$ (заряд $1 \cdot 1 = 4 = \text{заряд } 2 \cdot 1$), потом $X^{+2} Y_2^-$ и т.д.

Можно поступить проще. Типичные ионные кристаллические решетки имеют свои катионов. Будем действовать методом подбора:

Возьмем бинарные в-ва $X^{+2} Y_2^-$, где $Y = \text{Hal}$





Уксусное: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Ковешное: $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

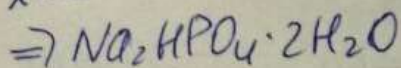
$$\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{10}{23 \cdot 2 + 1 + 31 + 16 \cdot 4 + 18x} \quad \text{моль}$$

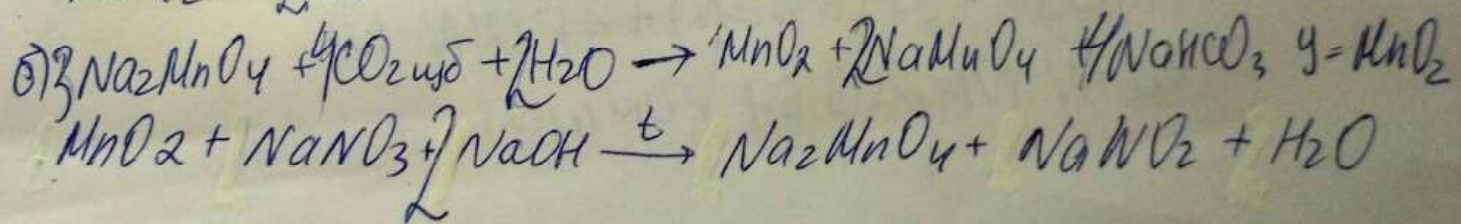
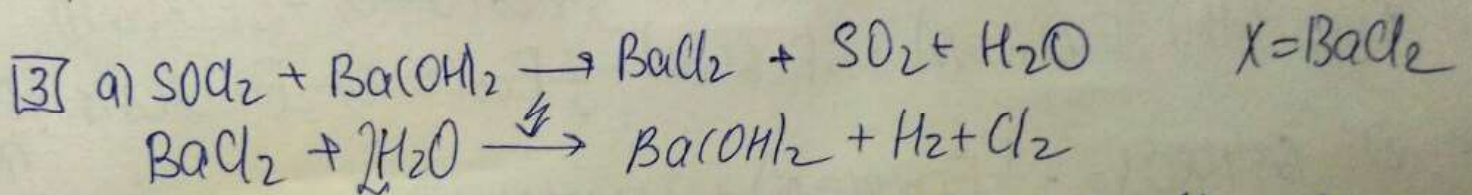
$$\nu(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = \frac{m}{M} = \frac{7,47}{23 \cdot 4 + 31 \cdot 2 + 7 \cdot 16} \quad \text{моль}$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 2 \nu(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)$$

$$\frac{10}{23 \cdot 2 + 1 + 31 + 16 \cdot 4 + 18x} = \frac{7,47}{23 \cdot 4 + 31 \cdot 2 + 7 \cdot 16} \cdot 2$$

$$x \approx 2$$





$$\boxed{4} \quad \nu(\text{NH}_3) = \frac{V}{V_m} = 8,93 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = \nu \cdot M = 151,792$$

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

$$\omega(\text{NH}_3)_{\text{рег}} = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_3)} \cdot 100\% = \underline{13,18\%}$$

$$\omega(\text{NH}_3)_{\text{нас}} = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_3) - m_{\text{ос}}} = 0,27$$

$$\Rightarrow m_{\text{ос}} = \underline{589,6 \text{ г}}$$

5) $\nu_{\text{газов}} = \frac{V}{\nu_m} = 0,24 \text{ моль}$

~~$\nu_1 \cdot S_1 + \nu_2 \cdot S_2 = S_{F_2}$~~

$\nu_1 \cdot M_1 + \nu_2 \cdot M_2 = 38 \text{ (г/моль)}$

Предположим, газы - NO и NO₂, т.к. 38 - среднее арифметическое $\frac{30+46}{2}$ моль и 46 моль, наиболее расп. газы)

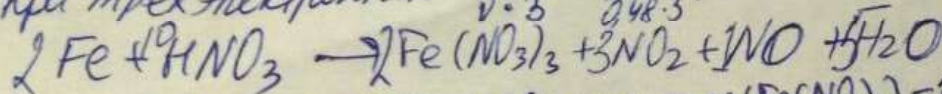
$$\begin{cases} \nu_1 \cdot 30 + \nu_2 \cdot 46 = 38 \\ \nu_1 + \nu_2 = 1 \end{cases} \quad \nu_1 = \nu_2 = 0,5 \quad \begin{matrix} \nu(\text{NO}) = 50\% \\ \nu(\text{NO}_2) = 50\% \end{matrix}$$

$\Rightarrow \nu(\text{NO}) = 0,12 \text{ моль}, \nu(\text{NO}_2) = 0,12 \text{ моль}$

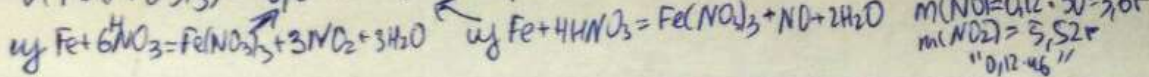
чтобы получить $\nu \text{ HNO}_3 (+5) - \text{NO}_2 (+4) - 0,12 \text{ моль } \bar{e}$
 $- \text{NO} (+2) - 0,36 \text{ моль } \bar{e}$

\Rightarrow всего 0,48 моль \bar{e}

Если переходит $\frac{1}{2}$ моль электронов, двухэлектронный, то не подходит, при трехэлектронном $\frac{m(M)}{\nu \cdot 3} = \frac{8,96}{0,48 \cdot 3} = 56 \text{ моль} \Rightarrow \text{Fe}$



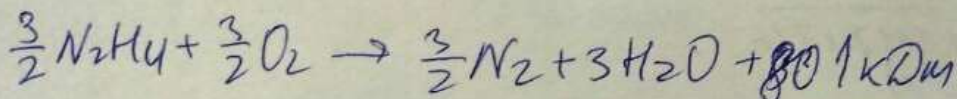
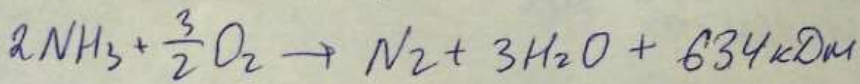
$\nu(\text{Fe(NO}_3)_3) = 0,04 + 0,12 = 0,16 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Fe(NO}_3)_3) = 38,72 \text{ г}; \omega = \frac{m(\text{Fe(NO}_3)_3)}{m(\text{HNO}_3) + m(\text{Fe}) - m(\text{NO}_2) - m(\text{NO})} \cdot 100\%$



$m(\text{NO}) = 0,12 \cdot 30 = 3,6 \text{ г}$
 $m(\text{NO}_2) = 0,12 \cdot 46 = 5,52 \text{ г}$

$\omega = \frac{38,72}{200 + 8,96 - 5,52 - 3,6} = 19,38\%$

$\Delta_2 Q(\text{NH}_3) = 317 \text{ кДж/моль}$
 $\Delta_2 Q(\text{N}_2\text{H}_4) = 534 \text{ кДж/моль}$
 $Q_{\text{св}}(\text{N}\equiv\text{N}) = 945 \text{ кДж/моль}$
 $Q_{\text{св}}(\text{N}-\text{N}) = ?$



сразу сократили на $\frac{3}{2}$ гм (534 · $\frac{3}{2}$)
 (способ разреза)

~~Вот тебе (2): $634 - 801 = E_{\text{св}}(\text{N}\equiv\text{N}) + 6E_{\text{св}}(\text{OH})$~~

(1) $\Delta_2 Q(\text{NH}_3) = E_{\text{св}}(\text{N}\equiv\text{N}) + 6E_{\text{св}}(\text{OH}) - \frac{3}{2}E_{\text{св}}(\text{O}=\text{O}) - 6E_{\text{св}}(\text{NH})$

(2) $\Delta_2 Q(\text{N}_2\text{H}_4) = \frac{3}{2}E_{\text{св}}(\text{N}\equiv\text{N}) + 6E_{\text{св}}(\text{OH}) - \frac{3}{2}E_{\text{св}}(\text{O}=\text{O}) - 6E_{\text{св}}(\text{NH}) - \frac{3}{2}E_{\text{св}}(\text{NH})$

(1) - (2): $634 - 801 = -\frac{1}{2}E_{\text{св}}(\text{N}\equiv\text{N}) + \frac{3}{2}E_{\text{св}}(\text{N}-\text{N})$

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

$$\boxed{7} \quad \nu(\text{KOH}) = \frac{m}{M} = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \nu \cdot \rho}{M} = 0,3 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{17,7}{0,3} = 59 \text{ г/моль}$$

$$M_1 \cdot \nu_1 + M_2 \cdot \nu_2 = 59 \text{ г/моль}$$

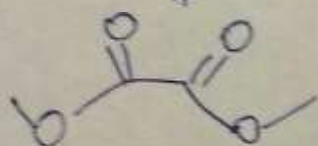
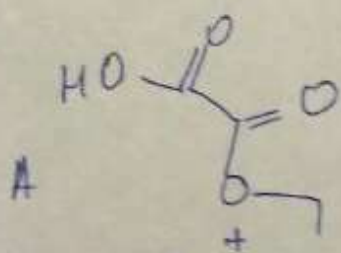
$M_1 = M_2$, т.к. цукероз

$$M \cdot (\nu_1 + \nu_2) = 59$$

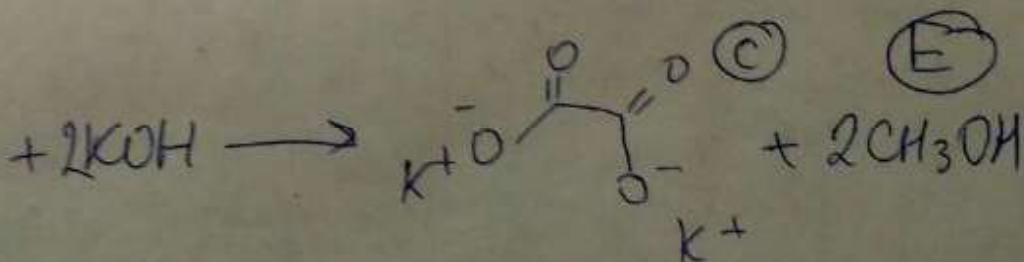
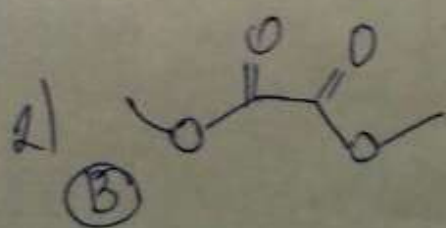
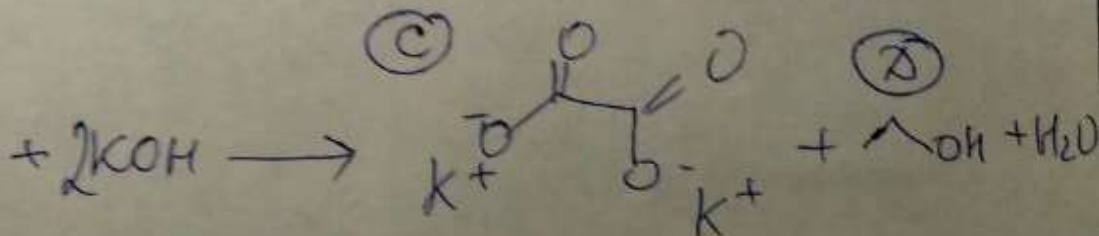
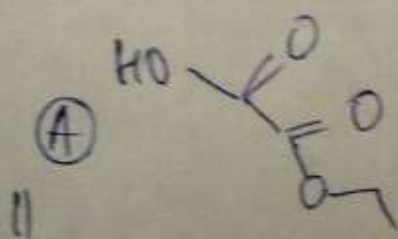
$$\Rightarrow M_1 = M_2 = 59 \text{ г/моль}$$

КОН обильно участвует в гидролизе сложных эфиров и р-ций с к-тами (как основание)

не подходит, получаем 118 г/моль, если $\nu(\text{A-B}) : \nu(\text{KOH}) = 2:1$



подобр

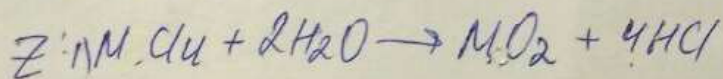


8) X-соединение $\text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2$, элемент: $\text{Na}, \text{Ca}, \text{Si}, \text{O}$

y: CO_2

$$\frac{m(\text{C})}{m(\text{O})} = \frac{1 \cdot M(\text{C})}{2 \cdot M(\text{O})} = \frac{M(\text{C})}{32} = 4,375 \Rightarrow M(\text{C}) = 140 \Rightarrow \text{C} = \text{Ce}$$

y = CeO_2



Процент по 1): $\nu(\text{MCl}_4) = \nu(\text{MO}_2)$

$$\frac{m(\text{MCl}_4)}{M(\text{MCl}_4)} = \frac{m(\text{MO}_2)}{M(\text{MO}_2)} \quad \frac{237,5}{M + 35,5 \cdot 4} = \frac{100}{M + 32} \quad M = 48 \Rightarrow \text{Ti}$$

Z = TiO_2

