



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Тарасов Вадим Александрович**

Технический балл: **90**

Дата: **12 мая 2020 года**

## Олимпиада «Ломоносов»

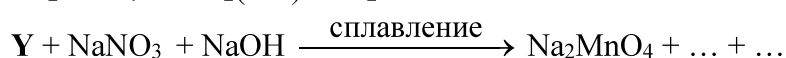
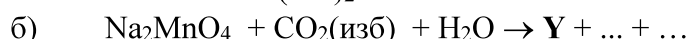
### 10 класс

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 ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) 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)**

Вадим Александрович Тарасов

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

**Задача: 1**

Ответ: решение в файле

Балл: 2

**Задача: 2**

Ответ: решение в файле

Балл: 8

**Задача: 3**

Ответ: решение в файле

Балл: 8

**Задача: 4**

Ответ: решение в файле

Балл: 10

**Задача: 5**

Ответ: решение в файле

Балл: 14

**Задача: 6**

Ответ: решение в файле

Балл: 12

**Задача: 7**

Ответ: решение в файле

Балл: 16

**Задача: 8**

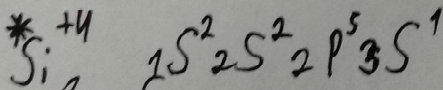
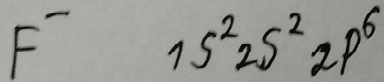
Ответ: решение в файле

Балл: 20

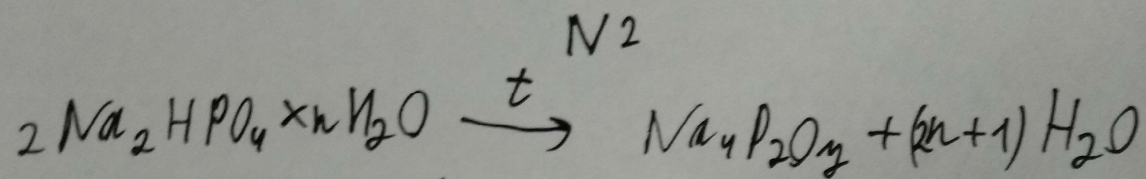
N1

Внешняя формула вещества -  $\text{SiF}_4$   
у катиона  $\text{Si}^{+4}$  10 электронов, у аниона  $\text{F}^-$   
также 10 электронов, тогда на 4  $\text{F}^-$  потребуется  
40 электронов, что соответствует условию.

Электронные конфигурации:



\* - 1-ое возбужденное состояние



$$n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = \frac{7,47}{266} = 0,0281 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times n \text{H}_2\text{O}) = 2n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = 0,0562 \text{ моль}$$

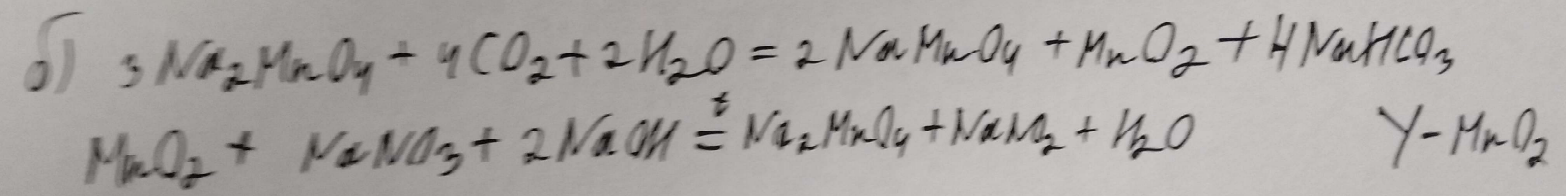
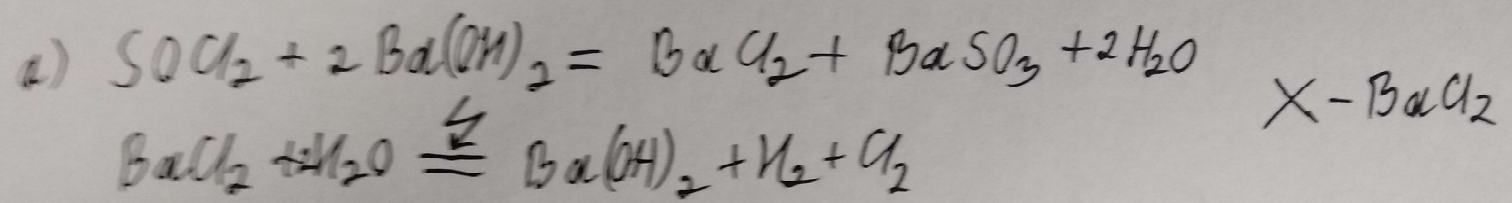
$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times n \text{H}_2\text{O}) = \frac{10}{0,0562} = 178 \text{ г/моль}$$

$$178 = 142 + 18n \Rightarrow n = 2$$

Исх. вещество -  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$

Полн. вещество -  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

M3





N4

$$n(\text{NH}_3) = \frac{200}{22,4} = 8,9286 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot 17 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 151,8 \text{ г}$$

$$m_{\text{расбора}} = 1000 + 151,8 = 1151,8 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{151,8}{1151,8} = 0,1318 \text{ (13,18\%)}$$

Исходное количество

$$m_{\text{расбора}} = \frac{151,8}{0,27} = 562,2 \text{ г}$$

$$m_{\text{уда}} = 1151,8 - 562,2 = \underline{589,6 \text{ г}}$$

$$\bar{M} = M(\text{Fe}_2) = 38 \text{ г/моль}, \text{ знамен } M_1 > 38 > M_2$$

Итого уравнения изобразим NO и NO<sub>2</sub>

По уравнению реакции

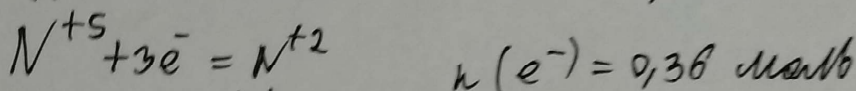
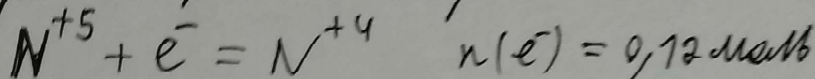
$$\frac{n(\text{NO})}{n(\text{NO}_2)} = \frac{46 - 38}{38 - 30} = \frac{8}{8} = \frac{1}{1}$$

$$\varphi(\text{NO}) = \varphi(\text{NO}_2) = 50\%$$

$$n(\text{NO}) = n(\text{NO}_2) = \frac{n_{\text{оксида}}}{2} = 0,12 \text{ моль}$$

$$n_{\text{оксида}} = \frac{5,376}{22,4} = 0,24 \text{ моль}$$

При расщеплении промежуточные продукты:

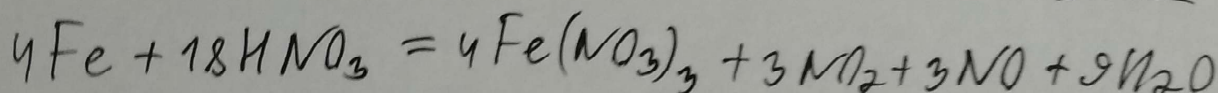


По уравнению электронного баланса

$$x = 0,36 + 0,12 = 0,48 \text{ моль}$$

$$\text{при } n = 3 \quad n(\text{M}) = 0,48 / 3 = 0,16 \text{ моль}$$

$$M(\text{M}) = \frac{8,96}{0,16} = 56 \text{ г/моль} \Rightarrow \underline{\text{M-Fe}}$$



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

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 242 \cdot 0,16 = 38,72 \text{ г}$$

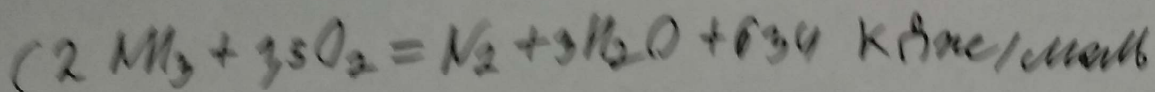
$$m_{\text{р}} = m(\text{HNO}_3)_{\text{р}} + m(\text{Fe}) - m(\text{NO}) - m(\text{NO}_2) =$$

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

$$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72}{199,84} = 0,1938 \text{ (19,38\%)}$$



N6



Решить методом алгебры по закону Гессе

$$\left\{ \begin{array}{l} 6 E_{(N-H)} + 1,5 E_{(O=O)} = E_{(N=N)} + 6 E_{(O-H)} + 634 \text{ кДж/моль} \\ 4 E_{(N-H)} + E_{(N-N)} + E_{(O=O)} = E_{(N=N)} + 4 E_{(O-H)} + 534 \text{ кДж/моль} \end{array} \right. \cdot 1,5$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 6 E_{(N-H)} + 1,5 E_{(O=O)} = E_{(N=N)} + 6 E_{(O-H)} + 634 \text{ кДж/моль} \\ 8 E_{(N-H)} + 1,5 E_{(N-N)} + 1,5 E_{(O=O)} = 1,5 E_{(N=N)} + 6 E_{(O-H)} + 801 \text{ кДж/моль} \end{array} \right.$$

$$-1,5 E_{(N-N)} = -9,5 E_{(N=N)} - 167 \text{ кДж/моль}$$

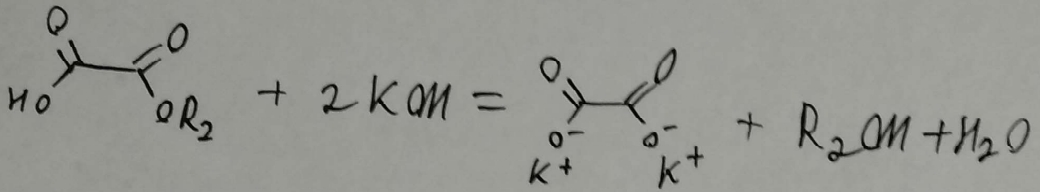
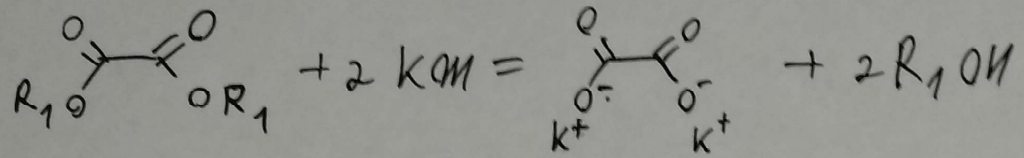
$$3 E_{(N-N)} = E_{(N=N)} + 334 \text{ кДж/моль}$$

$$E_{(N-N)} = \frac{945 + 334}{3} = 462,3 \text{ кДж/моль}$$

То описанию А и В - изомерные сложные эфиры

Поскольку D и E - гомологи (а это, вероятно, спирты), то А и В - эфиры дикарбоновой кислоты

Рассмотрим вариант, если это эфиры янтаревых кислоты.

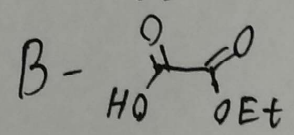
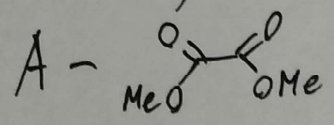


То уравнениям  $n(R_1OH) : n(R_2OH) = 2 : 1 \Rightarrow$   
 смесь исходных эфиров эквивалентная

$$n(KOH) = \frac{100 \cdot 1,12 \cdot 0,15}{56} = 0,3 \text{ моль}$$

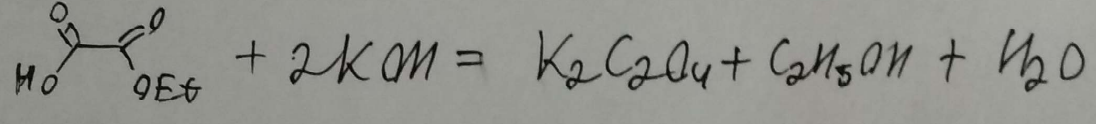
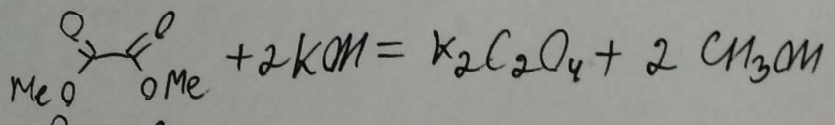
$$n_{\text{смеси}} = \frac{n(KOH)}{2} = 0,15 \text{ моль}$$

$$M(A) = M(B) = \frac{17,7}{0,15} = 118 \text{ г/моль} \Rightarrow M(R_1) = \frac{30}{2} = 15 \text{ г/моль}$$



$R_1 = CH_3$   
 $R_2 = C_2H_5$

C - K2C2O4 D - CH3OH E - C2H5OH



N8

То окислы X - стекла

Состав основы стекла:  $\text{Na}_2\text{O} \times \text{CaO} \times 6\text{SiO}_2$

4 элемента - Na, Ca, Si, O

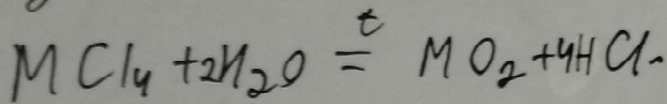
Определим Y ( $\text{ZrO}_2$ )

$$M(\text{Z}) = 4,375 \cdot 16 \cdot n = 70 n$$

Типу  $n=2$   $M(\text{Z}) = 140 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Z} - \text{Ce}$

Y -  $\text{CeO}_2$

Определим Z ( $\text{MO}_2$ )



$$\frac{100}{x+32} = \frac{237,5}{x+142} \Rightarrow x = 48 \text{ г/моль}$$

$\downarrow$   
M - Ti

Z -  $\text{TiO}_2$

Получение  $\text{TiO}_2$

