

# "Будущие исследователи - будущее науки" 2016-17

## Финальный тур

### 9 класс

#### Задача 9-1

Образец нитрата некоторого металла массой 1.000 г термически разлагается при 220°C с образованием 0.4858 г твердого остатка.

а) Какие вещества образуются при термическом разложении нитратов? Напишите уравнения соответствующих химических реакций.

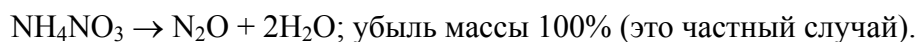
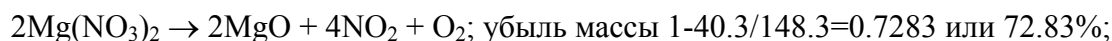
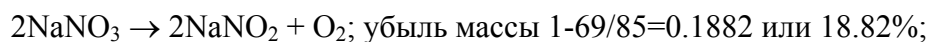
б) Установите, какой нитрат был взят в эксперименте? Напишите уравнение реакции.

#### Решение

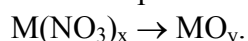
а) Соли азотной кислоты при нагревании разлагаются, причем продукты разложения зависят от положения солеобразующего металла в ряду стандартных электродных потенциалов:

Li→Rb→K→Ba→Sr→Ca→Na→Mg→Al→Mn→Zn→Cr→Fe→Cd→Co→Ni→Sn→Pb→(H)  
→Sb→Bi→Cu→Hg→Ag→Au

Нитраты металлов, расположенных левее магния Mg, (за исключением лития) при разложении образуют нитриты и кислород. Нитраты металлов, расположенные в ряду стандартных электродных потенциалов от Mg до Cu, а также Li дают при разложении оксид металла, NO<sub>2</sub> и кислород. Нитраты металлов, расположенных в данном ряду после Cu, образуют свободный металл, NO<sub>2</sub> и кислород.



б) Убыль массы в эксперименте составляет  $1-0.4858/1=0.5142$  или 51.42%. отсюда можно сделать вывод, что твердый остаток представляет собой оксид. Степень окисления металла может измениться в процессе разложения, а может остаться прежней. Быстрый расчет исключает последнюю возможность. Скорее всего, степень окисления металла в оксиде выше, чем в нитрате из-за окисления.



$$1/[\text{Ar}(\text{M})+62 \cdot x]=0.4858/[\text{Ar}(\text{M})+16 \cdot y]$$

$$\text{Ar}(\text{M})=58.58 \cdot x-31.12 \cdot y.$$

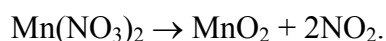
x и 2y – возможные степени окисления элемента M.

Возможные степени окисления элементов, находящихся в ряду от магния до меди занесем в таблицу для удобства:

x	2y	y
2	3	1.5
2	4	2
3	6	3

Для x=2 и y=2 получаем Ar(M)=54.9. Следовательно, металл – это марганец, а нитрат – Mn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Уравнение реакции:



### Задача 9-2

Бесцветное кристаллическое вещество X является натриевой солью некоторой кислоты. Элементный анализ X дал следующие результаты: Na – 13.93%, H – 4.28%, P – 18.77% (по массе).

а). Какова химическая формула соли X?

б). Солью какой кислоты является X? Назовите эту кислоту и изобразите ее графическую формулу.

в) Приведите название соли X.

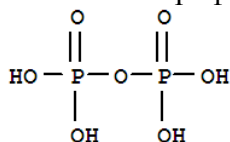
### Решение

а) Установим формулу соли X. Суммируя массовые доли Na, H и P, получаем  $13.93+4.28+18.77=36.98\%$ . Оставшиеся  $100-36.98=63.02\%$  приходятся на кислород.

$$\text{Na:H:P:O} = 13.93/23:4.28/1:18.77/31:63.02/16 =$$

$$= 0.6057:4.28:0.6055:3.9388 = 1:7:1:6.5. \text{ Простейшая формула соли } \text{Na}_2\text{H}_{14}\text{P}_2\text{O}_{13}. \text{ Соль X – это } \text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}.$$

б) X является солью пирофосфорной или дифосфорной кислоты  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .



в) Название соли - гексагидрат дигидропирофосфата натрия.

### Задача 9-3

При курении электронной сигареты человек вдыхает воздух с парами курительной жидкости, содержащей алкалоид никотин и ароматические добавки в органическом растворителе. Предположим, что он использует жидкость с минимальной концентрацией никотина, указанной на флаконе, 6 мг/мл.

1. Выведите молекулярную формулу никотина, если в состав его молекулы входят 2 атома азота (массовая доля азота 17.28%), водород (8.64%) и углерод (74.08%).

2. Определите молярную концентрацию никотина в указанной жидкости.

3. Вычислите концентрацию никотина ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в сигаретном дыме в легких курящего (объем легких 5 л), возникающую при глубокой затяжке, во время которой расходуется одна сто двадцатая часть миллилитра курительной жидкости. Сравните ее с известным значением предельно допустимой концентрации в воздухе (ПДК) никотина, как представителя сильнодействующих и ядовитых веществ, равным  $0.1 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

4. Определите мольную долю (%) паров никотина в воздухе внутри легких во время затяжки дымом, если атмосферное давление 760 мм рт. ст., а температура  $36.6^\circ\text{C}$ .

### Решение

1. Найдем мольное соотношение элементов C, H, N в веществе.  $\omega(\text{C}):\omega(\text{H}):\omega(\text{N}) = 74.08/12 : 8.64/1 : 17.28/14 = 6.1733:8.64:1.2343 = 5 : 7 : 1$ . Формула  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ .

2. Молярная масса никотина 162 г/моль. Определим молярную концентрацию никотина в курительной жидкости:  $C(\text{никотина в жидкости}) = 0.006\text{г} / (162\text{г}/\text{моль} \cdot 0.001\text{л}) = 0.037 \text{ моль}/\text{л}$ .

3. Определим концентрацию паров никотина в легких человека.  $m = 6/120 = 0.05\text{мг}$ .  $C(\text{никотина в легких}) = 0.05 \text{ мг}/0.005\text{м}^3 = 10 \text{ мг}/\text{м}^3$ . Это в 100 раз превышает ПДК.

4. Определим мольную долю никотина в воздухе в легких.  $m(\text{никотина}) = 0.05 \text{ мг} = 0.00005 \text{ г}$ ,  $n(\text{никотина}) = 0.00005/162 = 3.09 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$ .  $n(\text{воздуха}) = PV/RT = 101300\text{Па} \cdot 0.005\text{м}^3 / (8.314 \cdot 309.6\text{град}) = 0.197 \text{ моль}$ .

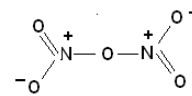
Мольная доля никотина:  $\chi = 3.09 \cdot 10^{-7} / 0.197 = 15.7 \cdot 10^{-5}\%$ .

### Задача 9-4

Напишите молекулярные формулы оксидов бериллия, бора, углерода, азота, фтора

(если элемент может иметь разные степени окисления, то используйте только высшую). Составьте структурные формулы этих оксидов из расчета, что молекулы их мономерные и содержат только ковалентные связи. Расставьте степени окисления элементов. Составьте уравнения реакций оксидов с избытком водного раствора щелочи.

**Решение**



Структурные формулы: Be=O, O=B-O-B=O, O=C=O, F-O-F,

Молекулярные формулы оксидов и степени окисления элементов: Be<sup>+2</sup>O<sup>-2</sup>, B<sup>+3</sup><sub>2</sub>O<sup>-2</sup><sub>3</sub>, C<sup>+4</sup>O<sup>-2</sup><sub>2</sub>, N<sup>+5</sup><sub>2</sub>O<sup>-2</sup><sub>5</sub>, O<sup>+2</sup>F<sub>2</sub>.

