

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады  
школьников по химии в 2020/2021 учебном году  
Теоретический тур (решения)**

**8 КЛАСС**

**Задача 1.**

В каких суждениях идет речь об азоте как о химическом элементе? В ответе приведите №№ правильных ответов.

- 1) Азот не поддерживает дыхание и горение.
- 2) Общее содержание азота на Земле составляет 0,0025% (по массе).
- 3) Азот – основной компонент атмосферы
- 4) Азот входит в состав природных минералов, важнейшими из которых являются чилийская  $\text{NaNO}_3$  и индийская  $\text{KNO}_3$  селитры.
- 5) В природе осуществляется круговорот азота.
- 6) Азот не имеет цвета, вкуса и запаха.
- 7) На внешнем энергетическом уровне атома азота содержится 5 электронов.
- 8) При очень высоких температурах азот реагирует с кислородом.
- 9) По отношению к металлам азот является окислителем.
- 10) Максимальная валентность азота равна IV.

**20 баллов**

**Решение.**

Общее содержание азота-элемента на Земле составляет 0,0025% (по массе) (ответ 2), в состав природных минералов входит элемент азот (ответ 4), в природе осуществляется круговорот элемента азота (ответ 5), на внешнем энергетическом уровне атома элемента азота содержится 5 электронов (ответ 7), максимальная валентность элемента азота равна IV (ответ 10). Во всех остальных случаях речь идет о простом веществе  $\text{N}_2$ , так как описаны его физические и химические свойства. Молекулярный азот – основной компонент атмосферы.

За каждый правильный ответ – 2 балла.

**Задача 2.**

Массивный золотой перстень весит 5,97г. Ювелирные изделия изготавливают обычно из сплава золота 585 пробы. Состав сплава золота 585 пробы содержит 58,5% (по массе) чистого золота и два основных лигатурных металла: медь (33,5%) и металл X. Определите металл X, если в перстне содержится  $2,66 \cdot 10^{21}$  атомов этого металла. Рассчитайте суммарное число атомов трех металлов, содержащихся в перстне.

**20 баллов**

**Решение.**

1. Массовая доля металла X:

$$\omega(\text{X}) = 100\% - 58,5\% - 33,5\% = 8\%.$$

**(2б.)**

2. Масса металла X:

$$m(X) = m(\text{сплава}) \cdot \omega(X) = 5,97 \cdot 0,08 = 0,478 \text{ г} \quad (26.)$$

3. Количество металла X

$$\nu(X) = N/N_A = 2,66 \cdot 10^{21} / 6,02 \cdot 10^{23} = 4,42 \cdot 10^{-3} \text{ моль.} \quad (36.)$$

4. Молярная масса металла X:

$$M(X) = m(X) / \nu(X) = 0,478 / 4,42 \cdot 10^{-3} = 108 \text{ г/моль.} \text{ Металл – серебро} \quad (36.)$$

5. Массы золота и меди

$$m(\text{Au}) = m(\text{сплава}) \cdot \omega(\text{Au}) = 5,97 \cdot 0,585 = 3,49 \text{ г}$$

$$m(\text{Cu}) = m(\text{сплава}) \cdot \omega(\text{Cu}) = 5,97 \cdot 0,335 = 2,09 \text{ г} \quad (36.)$$

6. Количества золота и меди

$$\nu(\text{Au}) = m(\text{Au}) / M(\text{Au}) = 3,49 / 197 = 0,0177 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) / M(\text{Cu}) = 2,09 / 64 = 0,0327 \text{ моль.} \quad (36.)$$

7. Суммарное количество атомов металлов в перстне

$$\nu_{\Sigma} = 0,0177 + 0,0327 + 0,0044 = 0,0548 \text{ моль} \quad (26.)$$

8. Суммарное число атомов металлов в перстне

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot \nu_{\Sigma} = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,0548 = 3,30 \cdot 10^{22} \quad (26.)$$

### Задача 3.

Главным фактором, определяющим металлургическую ценность железных руд, является содержание железа. Железные руды по этому признаку делятся на богатые (60-65 % Fe), со средним содержанием железа (45-60 %) и бедные (менее 45 %).

Известно несколько железорудных минералов: магнетит (магнитный железняк)  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ; гематит (красный железняк)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; лимонит (бурый железняк), содержащий 86%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 14% воды; сидерит (железный шпат)  $\text{FeCO}_3$  и другие. Какие из перечисленных руд относятся к богатым? Сколько железа можно теоретически получить из 1 тонны каждой руды?

**20 баллов**

### Решение.

1. Определение массовой доли железа в минералах:

в магнетите:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{3M(\text{Fe})}{M(\text{Fe}_3\text{O}_4)} 100\% = \frac{3 \cdot 56}{3 \cdot 56 + 4 \cdot 16} 100\% = 72,4\%; \quad (36.)$$

в гематите:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{2M(\text{Fe})}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} 100\% = \frac{2 \cdot 56}{2 \cdot 56 + 3 \cdot 16} 100\% = 70,0\%; \quad (36.)$$

в лимоните с учетом содержания оксида железа (III):

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{3M(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} 100\% \cdot \omega(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 70\% \cdot 0,86 = 60,2\%; \quad (4,56.)$$

в сидерите:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{M(\text{Fe})}{M(\text{FeCO}_3)} 100\% = \frac{56}{56 + 12 + 3 \cdot 16} 100\% = 48,3\%. \quad (36.)$$

К богатым рудам относятся магнетит и гематит. (0,56.)

2. Из 1 т = 1000 кг каждой руды теоретически можно получить массу железа:

из магнетита:

$$m(\text{Fe}) = m(\text{руды}) \cdot \omega(\text{Fe}) = 1000 \cdot 0,724 = 724 \text{ кг}; \quad (1,56.)$$

из гематита:

$$m(\text{Fe}) = m(\text{руды}) \cdot \omega(\text{Fe}) = 1000 \cdot 0,700 = 700 \text{ кг}; \quad (1,56.)$$

из лимонита:

$$m(\text{Fe}) = m(\text{руды}) \cdot \omega(\text{Fe}) = 1000 \cdot 0,602 = 602 \text{ кг}; \quad (1,56.)$$

из сидерита

$$m(\text{Fe}) = m(\text{руды}) \cdot \omega(\text{Fe}) = 1000 \cdot 0,483 = 483 \text{ кг}. \quad (1,56.)$$

#### **Задача 4.**

Плотность неизвестного газа по кислороду равна 0,5. Газ бинарное соединение. В молекуле газа на 4 атома водорода приходится 1 атом неизвестного элемента. Определите неизвестный элемент. Установите молекулярную формулу газа. Назовите газ.

При окислении 1 моль этого газа 1 моль кислородом образуется 1 моль кислородсодержащего токсичного вещества с молярной массой 30 г/моль и 1 моль воды. Установите формулу токсичного продукта реакции. Составьте уравнение реакции.

ПДК (предельно допустимая концентрация) токсичного продукта равна 0,01 мг/м<sup>3</sup>. Определите, будет ли достигнута ПДК токсиканта в помещении кухни площадью 12 м<sup>2</sup> и высотой 2,5 м, если принять, что реакция с участием 0,01 моль неизвестного газа прошла до конца. Изменениями температуры и давления пренебречь.

#### **Решение**

1. Относительная плотность газа по кислороду равна

$$D_{\text{O}_2} = M(\text{X})/M(\text{O}_2)$$

Молярная масса газа

$$M(\text{X}) = D_{\text{O}_2} \cdot M(\text{O}_2) = 0,5 \cdot 32 = 16 \text{ г/моль}. \quad (36.)$$

2. 1 моль газа содержит 4 моль атомов водорода и 1 моль атомов неизвестного элемента.

$$M(\text{X}) = 16 - 4 \cdot 1 = 12 \text{ г/моль}.$$

Неизвестный элемент – углерод. Молекулярная формула газа CH<sub>4</sub>. Это метан. (46.)

3. Уравнение реакции



Токсичный продукт – CH<sub>2</sub>O (формальдегид). (66.)

4. Образуется по реакции 0,1 моль CH<sub>2</sub>O или 30 · 0,01 = 0,3 г (16.)

Концентрация CH<sub>2</sub>O в помещении составит

$$C = 3/V_{\text{кухни}} = 0,3/30 = 0,01 \text{ г/м}^3 = 10 \text{ мг/м}^3$$

$$V = 12 \cdot 2,5 = 30 \text{ м}^3$$

При данных условиях ПДК будет достигнута. (66.)

### Задача 5.

Подушка безопасности автомобиля представляет собой эластичную оболочку, наполняемую газом, газогенератор и систему управления. В твердотопливном газогенераторе в качестве газообразующего компонента часто используется азид натрия – натриевая соль азотистоводородной кислоты. При ударе и вызванной им детонации происходит реакция разложения азиды натрия на вещества А и В. За счет вещества А происходит надувание подушки.

1. Составьте молекулярную формулу азиды натрия, если известно, что это бинарное соединение, в котором массовые доли натрия и азота равны соответственно 35,38% и 65,62%.

2. Определите вещества А и В. Напишите уравнение реакции разложения азиды натрия, если известно, что вещества А и В простые вещества.

3. В среднем в одном автомобиле содержится около 300 г азиды натрия. Рассчитайте, какой объем вещества А образуется при срабатывании всех подушек безопасности в автомобиле (при н.у.).

**20 баллов**

### Решение.

1. Молекулярная формула азиды натрия

$$x:y = \frac{\omega(x)\%}{M(x)} : \frac{\omega(y)\%}{M(y)} = \frac{35,38}{23,0} : \frac{65,62}{14,0} = 1,538:4,687 = 1:3,05 \approx 1:3$$

Формула –  $\text{NaN}_3$  (76.)

2. Вещество А – молекулярный азот, вещество В – металлический натрий

Уравнение реакции разложения азиды



3. Согласно уравнению реакции

$$\nu(\text{N}_2) = 3/2\nu(\text{NaN}_3) = 3/2 \cdot m(\text{NaN}_3) / M(\text{NaN}_3) = 1,5 \cdot 300 / 65 = 6,92 \text{ моль.}$$

$$V(\text{N}_2) = V_M \nu(\text{N}_2) = 22,4 \cdot 6,92 = 155,1 \text{ л.} \quad (66.)$$