

§ 7. Вычисление химического количества вещества по его массе и массы вещества по его химическому количеству

Для того чтобы количественно охарактеризовать **порцию вещества X**, важно знать либо его массу $m(X)$, либо химическое количество $n(X)$ в этой порции. Для любого вещества с молярной массой $M(X)$ эти две величины связаны между собой простыми соотношениями:

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}; \quad m(X) = n(X) \cdot M(X).$$

Вы уже знаете, что молярная масса вещества $M(X)$, выраженная в г/моль, численно равна относительной молекулярной или относительной атомной массе.

Рассмотрим примеры расчетов, основанных на взаимосвязи химического количества веществ и их массы.

Пример 1. В стакане содержится вода массой 250 г. Рассчитайте химическое количество воды в указанной ее порции.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

Решение

1. Для расчета химического количества воды воспользуемся формулой:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}.$$

2. Рассчитаем относительную молекулярную массу H_2O :

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18.$$

Следовательно, молярная масса $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$.

3. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисление:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{250 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 13,9 \text{ моль}.$$

Ответ: $n(\text{H}_2\text{O}) = 13,9 \text{ моль}$.

Пример 2. Для проведения одного из химических анализов используется раствор, в котором химическое количество серной кислоты H_2SO_4 равно 0,25 моль. Рассчитайте массу серной кислоты, которая содержится в этом растворе.

Дано:

$$n(H_2SO_4) = 0,25 \text{ моль}$$

$$m(H_2SO_4) = ?$$

Решение

1. Для расчета массы серной кислоты воспользуемся формулой:

$$m(H_2SO_4) = n(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4).$$

2. Рассчитаем относительную молекулярную массу H_2SO_4 :

$$M_r(H_2SO_4) = 2 \cdot A_r(H) + A_r(S) + 4 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98.$$

Следовательно, молярная масса $M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль}$.

3. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисление:

$$m(H_2SO_4) = n(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4) = 0,25 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 24,5 \text{ г}.$$

Ответ: $m(H_2SO_4) = 24,5 \text{ г}$.

Расчет химического количества вещества по его массе может понадобиться и в более сложных химических задачах. В этом случае, исходя из данных задачи, сначала следует рассчитать массу вещества, а затем — его химическое количество.

Пример 3. Для консервирования овощей в домашнем хозяйстве используется смесь поваренной соли $NaCl$ и воды. В этой смеси массовая доля $NaCl$ равна 12,5 %. Рассчитайте химическое количество поваренной соли, содержащейся в смеси для консервирования массой 2,56 кг.

Дано:

$$m(NaCl + H_2O) = 2,56 \text{ кг}$$

$$w(NaCl) = 12,5 \%$$

$$n(NaCl) = ?$$

Решение

1. Из курса химии 7-го класса известно, что массовая доля вещества в смеси равна отношению массы этого вещества к массе смеси:

$$w(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{m(NaCl + H_2O)}.$$

2. Выразим из этой формулы массу $NaCl$, подставим известные величины из условия задачи и проведем вычисления:

$$m(NaCl) = w(NaCl) \cdot m(NaCl + H_2O) = 0,125 \cdot 2,56 \text{ кг} = 0,32 \text{ кг} = 320 \text{ г}.$$

3. Для расчета химического количества NaCl воспользуемся формулой:

$$n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})}.$$

4. Рассчитаем молярную массу NaCl:

$$M_r(\text{NaCl}) = A_r(\text{Na}) + A_r(\text{Cl}) = 23 + 35,5 = 58,5.$$

Следовательно, молярная масса $M(\text{NaCl}) = 58,5$ г/моль.

5. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисления:

$$n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{320 \text{ г}}{58,5 \text{ г/моль}} = 5,47 \text{ моль}.$$

Ответ: $n(\text{NaCl}) = 5,47$ моль.

Вопросы и задания

- Рассчитайте химическое количество:
 - H_2O в навеске массой 14,8 кг;
 - Na_2O в навеске массой 280 г;
 - FeO в навеске массой 850 мг.
- Чему равна масса (г) порции, содержащей:
 - 4,5 моль H_3PO_4 ;
 - 1,84 моль NaOH ;
 - 0,024 моль FeCl_3 ;
 - 88 моль CaCO_3 ?
- Массовая доля азотной кислоты в растворе равна 25 %. Рассчитайте химическое количество азотной кислоты, которая содержится в таком растворе массой 6,3 кг.
- Воздух представляет собой смесь газов, но при проведении некоторых расчетов его удобно представлять одним газом, имеющим относительную молекулярную массу, равную 29. При н. у. в комнате размером 3 м × 4 м × 3 м содержится воздух химическим количеством примерно 1600 моль. Рассчитайте массу воздуха в этой комнате при н. у.
- Какая порция имеет большую массу:
 - 2 моль SO_3 или 3 моль SO_2 ;
 - 4 моль H_2O или 3 моль CO_2 ?
- Чему равна массовая доля азотной кислоты в смеси, содержащей 12 моль воды и 5 моль азотной кислоты?
- В каждый из трех стаканов с чаем добавили по 2 чайные ложки сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Рассчитайте общее химическое количество сахара, добавленного в чай, приняв, что масса сахара в каждой ложке была равна 3,42 г.

Готовимся к олимпиадам

1. В крови человека объемом 1 дм^3 содержится хлорид натрия NaCl массой 9 г. Приняв, что у взрослого человека объем крови равен 5 дм^3 , рассчитайте химическое количество хлорида натрия, содержащегося в крови человека.

§ 8. Вычисление химического количества газа по его объему и объема газа по его химическому количеству

К характеристикам порции вещества, кроме массы, химического количества и числа частиц, относится и ее объем. Для твердых или жидких веществ объем их порций, в отличие от газов, практически не зависит от внешних условий (давления и температуры).

Совершенно иная ситуация у веществ, находящихся в газообразном состоянии. Как вы уже знаете (см. § 6), при определенных внешних условиях объем порции газа не зависит от того, какой это газ, а определяется только числом частиц в этой порции. Число частиц, как вы уже знаете, характеризуют с помощью химического количества вещества. Это позволяет рассчитывать химическое количество газа по его объему и объем газа по его химическому количеству:

$$n(\text{X}) = \frac{V(\text{X})}{V_m}; \quad V(\text{X}) = n(\text{X}) \cdot V_m.$$

Рассмотрим конкретные примеры.

Пример 1. *Рассчитайте химическое количество метана CH_4 в его порции объемом 100 дм^3 (н. у.).*

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 100 \text{ дм}^3$$

$$n(\text{CH}_4) = ?$$

Решение

1. Для расчета химического количества CH_4 воспользуемся формулой:

$$n(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_m},$$

где $V_m = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}$ — молярный объем любого газа при н. у.

2. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисление:

$$n(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_m} = \frac{100 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 4,46 \text{ моль}.$$

Ответ: $n(\text{CH}_4) = 4,46 \text{ моль}$.