

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

Расчет химического количества газа по его объему может понадобиться при вычислении массы порции газа. Это легко сделать, поскольку мы уже знаем (см. § 6), как с помощью химического количества вещества (независимо от его агрегатного состояния) рассчитать массу порции. При расчетах, связанных с воздухом, следует помнить, что средняя молярная масса воздуха при н. у. равна 29 г/моль, а 21 % его объема составляет кислород O_2 , 78 % — азот N_2 и 1 % — остальные газы.

Пример 2. Какой объем (н. у.) занимает аммиак NH_3 химическим количеством 0,35 моль?

Дано:	Решение
$n(NH_3) = 0,35$ моль	1. Для расчета объема аммиака воспользуемся формулой:
$V(NH_3) = ?$	$V(NH_3) = n(NH_3) \cdot V_m,$
	где $V_m = 22,4$ дм ³ /моль — молярный объем газа при н. у.

2. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисление:

$$V(NH_3) = n(NH_3) \cdot V_m = 0,35 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 7,84 \text{ дм}^3.$$

Ответ: $V(NH_3) = 7,84 \text{ дм}^3.$

Пример 3. При полной заправке стандартный стальной баллон содержит кислород объемом 6 м³ (н. у.). Рассчитайте массу этой порции кислорода.

Дано:	Решение
$V(O_2) = 6 \text{ м}^3 =$ $= 6 \cdot 10^3 \text{ дм}^3$	1. Для расчета массы кислорода нам понадобится сначала вычислить его химическое количество. Для этого воспользуемся формулой:
$m(O_2) = ?$	$n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m},$

где $V_m = 22,4$ дм³/моль — молярный объем любого газа при н. у.

2. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисление:

$$n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m} = \frac{6 \cdot 10^3 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 268 \text{ моль}.$$

3. Массу кислорода рассчитаем по формуле:

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

4. Для определения молярной массы O_2 следует рассчитать его относительную молекулярную массу:

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 16 = 32.$$

Следовательно, молярная масса кислорода $M(\text{O}_2) = 32$ г/моль.

5. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисление:

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 268 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 8,58 \cdot 10^3 \text{ г} = 8,58 \text{ кг}.$$

Ответ: $m(\text{O}_2) = 8,58$ кг.

Пример 4. Газовая смесь состоит из водорода H_2 химическим количеством 3,8 моль и азота N_2 химическим количеством 0,7 моль. Рассчитайте объем этой газовой смеси при н. у.

Дано:

$$n(\text{H}_2) = 3,8 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) = 0,7 \text{ моль}$$

$$V(\text{H}_2 + \text{N}_2) = ?$$

Решение

1. Для расчета объема газовой смеси воспользуемся формулой:

$$V(\text{H}_2 + \text{N}_2) = n(\text{H}_2 + \text{N}_2) \cdot V_m,$$

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

2. Химическое количество газов в смеси равно сумме химических количеств компонентов:

$$n(\text{H}_2 + \text{N}_2) = n(\text{H}_2) + n(\text{N}_2) = 3,8 \text{ моль} + 0,7 \text{ моль} = 4,5 \text{ моль}.$$

3. Подставим известные величины в формулу и проведем вычисление:

$$V(\text{H}_2 + \text{N}_2) = n(\text{H}_2 + \text{N}_2) \cdot V_m = 4,5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 101 \text{ дм}^3.$$

Ответ: $V(\text{H}_2 + \text{N}_2) = 101 \text{ дм}^3$.

Теперь вы знаете, что при заданных условиях определенную порцию вещества **X** (с известным качественным и количественным составом) можно охарактеризовать разными физическими величинами: массой $m(\text{X})$, объемом $V(\text{X})$, числом частиц $N(\text{X})$ и химическим количеством $n(\text{X})$.

Причем, зная лишь одну из этих величин, можно легко рассчитать все остальные.

Для этого следует воспользоваться известными константами (N_A и V_m) и знакомыми вам формулами:

$$m(X) = n(X) \cdot M(X); \quad V(X) = n(X) \cdot V_m; \quad N(X) = n(X) \cdot N_A.$$

Взаимосвязь между всеми указанными характеристиками веществ отражена в таблице.

Химическое количество вещества	Характеристики вещества		
	в любом агрегатном состоянии		в газообразном состоянии (н. у.)
1 моль	M (г/моль)	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \left(\frac{\text{частиц}}{\text{моль}} \right)$	$V_m = 22,4 \left(\frac{\text{дм}^3}{\text{моль}} \right)$
n моль	m (г)	N (частиц)	V (дм ³)

Вопросы и задания

- Рассчитайте объем (н. у.) следующих порций газов:
 - 5,6 моль CO_2 ;
 - 2,4 моль NH_3 ;
 - 0,08 моль O_3 ;
 - 12,8 моль N_2 .
- Чему равно химическое количество:
 - аммиака NH_3 в его порции объемом 112 дм³ (н. у.);
 - сернистого газа SO_2 в его порции объемом 280 см³ (н. у.)?
- Газовая смесь состоит из кислорода объемом 16,8 дм³ (н. у.) и озона объемом 2,8 дм³ (н. у.). Рассчитайте химическое количество атомов кислорода в этой смеси.
- Газовая смесь состоит из азота массой 120 г и кислорода массой 140 г. Рассчитайте объем этой газовой смеси при н. у.
- Составьте уравнения реакций: а) водорода с оксидом меди(II); б) воды с натрием.
- Массовая доля кислорода в смеси с азотом равна 20,8 %. Какой объем (н. у.) кислорода содержится в такой смеси массой 12,6 кг?

Готовимся к олимпиадам

- Рассчитайте объем (н. у.) углекислого газа, который нужно добавить к водороду объемом 280 дм³ (н. у.) для получения смеси с массовой долей простого вещества, равной 5 %.