

10-6

1. Атомный объем (объем одного грамм-атома) алюминия $V=A/\rho$, и в нем содержатся N_0 атомов алюминия. На один атом алюминия в кристаллической решетке приходится объем V_0 :

$$V_0 = V/N_0 = A/(\rho N_0)$$

Допустим, что атом алюминия имеет форму шара, тогда его объем $V_0=(4/3) \pi r^3$. Приравнивая правые части выражений, получим:

$$A/(\rho N_0) = (4/3) \pi r^3$$

$$\text{откуда } N_0 = (3A)/(4 \pi r^3) = 3 \cdot 21,0 / (4 \cdot 3,14 \cdot 2,7 \cdot (1,43 \cdot 10^{-8})^3) = 8,16 \cdot 10^{23}.$$

Судя по результату, такой метод расчета N_0 позволяет лишь глубоко оценить порядок величины. Для получения более точных данных надо знать строение элементарной ячейки кристаллической решетки и ее размеры. Эти данные приведены в следующей задаче.

2 Один моль газа занимает объем

$$V = (RT)/P$$

значит, на одну молекулу в газе приходится объем

$$V_0 = (RT)/(N_0 P)$$

А среднее расстояние между молекулами

$$l = \sqrt[3]{(RT)/N_0 P}.$$

Отсюда следует, что

$$N_0 = (RT)/(l^3 P) = (0,082 \cdot 10^3 \cdot 373 \cdot 10^7) / (64 \cdot 10^{-21}) \approx 4,8 \cdot 10^{23}$$

Столь низкое значение для числа Авогадро получилось из-за того, что расстояние между отдельными молекулами усреднено. Да и неявное допущение, что пары воды подчиняются законам идеальных газов, не совсем правомочно. Поэтому такой метод далеко не точен.

3. Прежде всего, зачем так долго (в течение года) ставить эксперимент? Дело в том, что количество радия очень мало, всего 0,5 г, и поэтому при распаде выделяется совсем мало гелия. А чем меньше газа в замкнутом пространстве (ампуле), тем меньшее он даст давление и тем большей будет ошибка при замере. Понятно, что ощутимое количество газа образуется за достаточно долгое время.

Сначала найдем сколько α -частиц (то есть атомов гелия) образовалось за один год:

$$N = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 0,5 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \approx 5,85 \cdot 10^{17}.$$

Запишем уравнение газового состояния: $PV=nRT$ - и заметим что число молей гелия $n=N/N_0$.

Поэтому

$$N_0 = (NRT)/PV = (5,85 \cdot 10^{16} \cdot 0,082 \cdot 300) / (7,95 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-2}) = 6,03 \cdot 10^{23}.$$

В начале нашего века этот способ определения числа Авогадро был самым точным.