



Уравнение состояния идеального газа

Решение задач

Задача

Какое давление должен выдерживать газовый баллон объемом 50 л, чтобы при температуре 25 °С в нем можно было хранить 2 кг метана (CH_4)?

Анализ условия. В задаче сказано о метане – это газ, в баллоне не создается экстремальных условий, температура комнатная, так что будем описывать его с помощью модели идеального газа. Речь идет о связи трех макропараметров газа, поэтому будем применять уравнение состояния идеального газа.

Физическая часть решения. В условии задана масса газа, поэтому запишем уравнение состояния идеального газа в том виде, в котором есть масса:

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

Все величины известны, осталось только найти молярную массу метана (ее можно найти, зная состав его молекулы, см. рис. 1), перевести значения величин в СИ и получить ответ. На выборе уравнения физика закончилась, осталось решить простое уравнение. Выразим давление:

$$p = \frac{mRT}{MV}$$

6 C Углерод 12,01	1 H Водород 1,008
----------------------------	----------------------------

Рис. 1. Углерод и водород в таблице Менделеева

Молекула метана состоит из одного атома углерода с относительной атомной массой 12 (смотрим в таблице Менделеева) и четырех атомов водорода с относительной атомной массой 1. Тогда:

$$M(CH_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}} \right)$$

Будем использовать в СИ:

$$M = 16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

1 л – это 1 дм^3 или в СИ 10^{-3} м^3 . Значит, объем баллона в СИ будет равен $V = 0,05 \text{ м}^3$.

Температуру выразим в кельвинах:

$$T = 25 + 273 = 298 \text{ (К)}$$



Вычислим давление:

$$p = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 298}{16 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05} \approx 6,2 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

Получили ответ: давление около 6,2 МПа, что в 62 раза больше атмосферного. Задача решена.

Во многих задачах берется некоторое фиксированное количество газа и рассматривается изменение его состояния. Это значит, что в рамках таких задач количество вещества постоянно (как и масса, смотря в чем выразим). Можно все постоянные перенести в одну часть уравнения, а три изменяющихся параметра состояния – в другую: $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M}R$ или $\frac{pV}{T} = \nu R$. Если взять 1 моль любого газа (одноатомного аргона, углекислого газа, водяного пара – лишь бы к нему была применима модель идеального газа), выражение $\frac{pV}{T}$ будет равно постоянной R. Поэтому эта постоянная и названа универсальной. Но даже если мы возьмем произвольную, но – что важно – фиксированную массу газа, выражение $\frac{pV}{T}$ для этой массы газа будет постоянным:

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M}R \text{ (это все постоянные)} = \text{const}$$

Или, по-другому, если газ переходит из одного состояния с параметрами p_1, V_1, T_1 в состояние с параметрами p_2, V_2, T_2 , то можем записать:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

В таком виде или $\frac{pV}{T} = \text{const}$ в виде это уравнение называют уравнением Клапейрона, хотя это то же уравнение состояния, записанное немного иначе.