

# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ

## 2.1 Уравнение состояния идеальных газов

Основное уравнение кинетической теории газов:

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m\omega^2}{2} = nkT, \quad (2.1)$$

где  $p$  – давление газа;

$n$  – число молекул;

$m$  – масса молекул;

$\omega$  – средняя скорость молекул.

Число молекул в одном килограмме газа:

$$n = \frac{z}{J} \quad \text{и тогда} \quad pJ = zkT$$

Для двух произвольных состояний газа:

$$p_1 J_1 = zkT_1 \quad \text{и} \quad p_2 J_2 = zkT_2$$

а затем:

$$\frac{p_1 J_1}{T_1} = \frac{p_2 J_2}{T_2} \tag{2.2}$$

Очевидно, что величина

$$R = \frac{pJ}{T}$$

имеет одно и то же значение для любого состояния газа.

$$[R] = \left[ \frac{pJ}{T} \right] = \frac{Н \cdot м^3}{м^2 \cdot кг \cdot град} = \frac{Дж}{кг \cdot град}.$$

Таким образом

$$pJ = RT \quad (2.3)$$

представляет собой *термическое уравнение состояния идеального газа*.

Умножая обе части равенства на массу газа  $M$ :

$$pV = MRT \quad (2.4)$$

## 2.2 Основные законы идеальных газов

Полагая  $J_1 = J_2$ , из уравнения (2.2):

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (\text{закон Шарля}) \quad (2.5)$$

Полагая  $p_1 = p_2$ , из уравнения (2.2):

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (\text{закон Гей –Люссака}) \quad (2.6)$$

Полагая  $T_1 = T_2$ , из уравнения (2.2):

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{p_2}{p_1} \quad (\text{закон Бойля – Мариотта}) \quad (2.7)$$

Из формулы  $\frac{m\overline{w}^2}{2} \sim T$  видно, что в двух разных газах с одинаковой температурой и молекулами равной массы средние кинетические энергии молекул равны.

Если же у этих газов одинаковы и давления, то у них равны и количества молекул в единице объема, поскольку

$$p = \frac{2}{3} n_1 \frac{m_1 \overline{w}_1^2}{2} = \frac{2}{3} n_2 \frac{m_2 \overline{w}_2^2}{2} = n_1 kT = n_2 kT ,$$

а после сокращения  $n_1 = n_2$  (закон Авогадро).

Уравнение состояния для одного киломоля идеального газа выведено Д.И. Менделеевым:

$$pJm = mRT$$

где  $m$  – молекулярная масса газа.

Произведение  $Jm$  является объемом киломоля.  
При одинаковых давлениях и температурах имеем:

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{m_2}{m_1} \quad \text{и} \quad J_2 m_2 = J_1 m_1 = \text{const}$$

При нормальных условиях ( $p_0 = 760$  мм.рт.ст =  $101325$  Н/м<sup>2</sup> и  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ) объем киломоля любого газа равен  $22,4$  м<sup>3</sup>.

Величина  $mR$  является газовой постоянной одного киломоля (универсальной газовой постоянной).

Для нормальных условий

$$mR = \frac{1,01325 \cdot 10^5 \cdot 22,4}{273} = 8314 \text{ Дж/(кмоль} \cdot \text{град)}$$