

热力学

气体动理论

理想气体状态方程

$$pV = \frac{m}{M}RT$$
$$p = nkT, k = \frac{N}{V}$$

理想气体压强

$$p = \frac{1}{3}nm_0\bar{v}^2 = \frac{2}{3}n\bar{\epsilon}_k$$
$$\bar{\epsilon}_k = \frac{1}{2}m_0v^2 = \frac{2}{3}kT$$

n 为分子数量, m_0 为单个分子质量, $\bar{\epsilon}_k$ 为分子平均平动动能

能量均分定理 理想气体内能

自由度

单原子分子自由度为 1, 双原子分子为 5, 多原子分子为 6

对于自由度为 i 的分子

一个刚体分子的平动动能 (能量均分定理):

$$\bar{\epsilon} = \frac{i}{2}kT$$

理想气体的内能:

$$E = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2}RT$$

注意:

能量均分定理是对大量分子的 **统计平均结果**,

也就是说, 在 **某一瞬时**,

每个自由度上的能量和总能量可能与能量均分定理所确定的平均值 **有很大的差别**

气体分子热运动的速率分布

速率分布函数的定义：

$$f(v) = \frac{dN}{Ndv}$$

满足：

$$\int_0^{\infty} f(v)dv = 1$$

求速率在 $v_1 \sim v_2$ 区间内的分子的平均速率：

$$\bar{v} = \frac{\int_{v_1}^{v_2} v dN}{N'} = \frac{\int_{v_1}^{v_2} v N f(v) dv}{N \int_{v_1}^{v_2} f(v) dv} = \frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv}$$

$$\text{最大概然速率： } v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

$$\text{平均速率： } \bar{v} = v_p = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

$$\text{方均根速率： } \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

热力学基础

摩尔热容

$$C_{V,m} = \frac{i}{2} R$$

$$C_{p,m} = \frac{i+2}{2} R$$

$$\gamma = \frac{C_{V,m}}{C_{p,m}} = \frac{i+2}{i}$$

热力学第一定律

$$Q = \Delta E + W$$

$$\Delta E = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R \Delta T$$

$$Q = \frac{m}{M} C_m \Delta T$$

- 等压升温吸热比等体多，因为等压升温体积膨胀，对外做功，需要额外的热量

等体过程

$$Q = \Delta E = \frac{m}{M} \frac{i}{2} \Delta T$$

等温过程

$$Q = \Delta E + W = W = \int p dv = \frac{m}{M} RT \ln \frac{v_2}{v_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

绝热过程

$$pV^\gamma = C, \gamma = \frac{i+2}{i}$$

$$Q = 0$$

$$W = \frac{i}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_2)$$

卡诺循环 热机效率

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta_{\text{卡}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Q_1 是从高温热源吸收的能量, Q_2 是向低温热源放出的能量
 T_1 是高温热源的溫度, T_2 是低温热源的溫度