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~v_2 区间内的分子的平均速率：

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

最大概然速率：$v_p=\sqrt{\frac{2RT}{M}}$

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

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

$$Q=\Delta E+W$$

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

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

- 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

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

绝热过程

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

$$Q=0$$

$$W=\frac{i}{2}(p_1V_1-p_2V_2)$$

卡诺循环 热机效率

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

$$\eta_{卡}=1-\frac{T_2}{T_1}$$

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 是高温热源的温度，T_2 是低温热源的温度