

§ 5-1

1. 平衡态: 与外界无交换能量, 无外场作用.
2. 热动平衡状态 / 定常态
3. 气体的状态参量: V, p, T
4. $pV = \frac{m}{M} RT, \quad R = 8.31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$

§ 5-2

1. $\overline{V^2} = \overline{V_x^2} + \overline{V_y^2} + \overline{V_z^2}$ 三个分量平均值均相同.
 $\Rightarrow \overline{V_x^2} = \overline{V_y^2} = \overline{V_z^2} = \frac{1}{3} \overline{V^2}$

§ 5-3

1. 压强 $p = \overline{n} m_0 \overline{V_x^2}$ 单位体积内分子数
 结合 $\overline{V_x^2} = \frac{1}{3} \overline{V^2}, \quad \overline{E_k} = \frac{1}{2} m_0 \overline{V^2}$
 $\therefore p = \frac{2}{3} \overline{n} \overline{E_k}$

2. 温度:

平均每个气体分子压强

$$pV = \frac{m}{M} RT, \quad \text{而 } \begin{cases} m = N m_0 \\ M = N_A m_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow p = \frac{N}{V} \frac{R}{N_A} T$$

记 $k = \frac{R}{N_A} \rightarrow$ 玻耳兹曼常量, 且 $\frac{N}{V} = n$ (单位体积气体分子数)

$$\Rightarrow p = nkT$$

$$\overline{E_k} = \frac{1}{2} m_0 \overline{V^2} = \frac{3}{2} kT \quad \text{气体温度是气体分子平均动能的度量}$$

3. 方均根速率:

$$V_{rms} = \sqrt{\overline{V^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

§ 5-4

1. $\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT \rightarrow$ 在 x, y, z 三个方向上均分

\Rightarrow 每一个平动自由度的能量是 $\frac{1}{2} kT$

考虑多原子分子有转动自由度

$$\overline{E_k} = \frac{i}{2} kT$$

$$i = \begin{cases} 3 & \text{单原子} \\ 5 & \text{刚性双原子} \\ 6 & \text{刚性多原子} \end{cases}$$

2. 理想气体的内能: E_0

$$1 \text{ mol: } E_0 = N_A (\frac{i}{2} kT) = \frac{i}{2} RT$$

对质量为 m , 摩尔质量为 M 的气体:

$$E = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT \quad \text{仅与气体自由度 / 温度有关}$$

§ 5-5

1. 定义: $f(v) = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{N \Delta v} = \frac{dN}{N dv}$

速率在 $(v, v+\Delta v)$ 中分子数为 ΔN

上式也就是在 v 附近分子数占总数的比例.

$\therefore N f(v)$ 表示 v 附近分子总数

$$\Delta N = \int_{v_1}^{v_2} N f(v) dv$$

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

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

2. Maxwell 分布:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$$

由此得平均速率:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi m}}$$

方均根速率:

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{m}}$$

最概然速率:

$$v_p = \sqrt{\frac{2RT}{m}}$$

§ 5-7.

1. 平均相对速率

$$\bar{v}_r = \sqrt{2} \bar{v}.$$

2. 1s内, 一个气体分子和其他分子平均碰撞次数为

$$\bar{z} = \int \bar{z} d^2 \bar{v} (n) \rightarrow n \text{ 还是单位体积内分子数}$$

连续两次碰撞间一个分子平均路程 (平均自由程)

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{\bar{z}} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 p}$$

§ 5-9.

真实气体的范德瓦耳斯方程:

$$\left(p + n^2 \frac{a^2}{v^2} \right) (v - nb) = nRT \quad n \text{ 为物质的量.}$$