大学物理甲(I)

第三篇 热学

2010-2011，10题

平均碰撞频率 $\bar{z} \propto n\bar{v} \propto \frac{p}{T}\sqrt{T}$

§7.3 理想气体的压强公式

理想气体压强公式：$p = \frac{1}{3}n\mu\overline{v^2} = \frac{2}{3}n\overline{\varepsilon_t}$

§7.4. 温度与分子平均平动动能的关系 理想气体状态方程

一. $\overline{\varepsilon_t} = \frac{3}{2}kT$ $\quad k = 1.38\times10^{-23}J/K$ 玻尔兹曼常量

$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ 方均根速率

二. 理想气体状态方程

$p = nkT$

$pV = \nu RT$

§7.5 能量均分原理 理想气体的内能

一. 自由度

单原子 3

双原子 5

多原子 6

二. 能量均分原理：

分子的平均能量 $\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2}kT$

三. 内能

$E = \nu N_A(\frac{i}{2}kT) = \nu\frac{i}{2}RT$

§7.6 麦克斯韦气体分子速率分布律

一. 速率分布函数

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

归一化条件 $\int_0^\infty f(v)dv = 1$

最概然速率 $\frac{df(v)}{dv}\Big|_{v_p} = 0$

平均速率 $\bar{v} = \frac{\int v dN}{N} = \int_0^\infty v f(v)dv$

方均根速率 $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\int_0^\infty v^2 f(v)dv}$

麦克斯韦速率分布函数为

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

最概然速率 $v_p = \sqrt{\frac{2kT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$

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

方均根速率 $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

$v_p : \bar{v} : \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{2} : \sqrt{\frac{8}{\pi}} : \sqrt{3}$

$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{v^2}{v_p^2}}\left(\frac{v^2}{v_p^3}\right)$

相应物理量解释

$\bar{z}$ 平均碰撞频率

a.b 范德瓦尔斯常数

ΔE 系统内能的增量

Q 系统从外界吸收的热量

A 外界对系统所做的功

μ 分子质量

n 单位体积中总分子数

ε_t 单个气体分子总具有的平动动能

k 玻尔兹曼常量，$k = 1.38\times10^{-23}J/K$

R 摩尔气体常量.

ν 理想气体的物质的量

M 气体的摩尔质量

i 自由度

§7.7 等温等压公式 玻尔兹曼分布律

等温等压公式 $p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$

分子数密度 $n = \frac{p_0}{kT}e^{-\frac{Mgh}{RT}} = n_0 e^{-\frac{\frac{Mgh}{R}}{\frac{RT}{k}}} = n_0 e^{-\frac{E_p}{kT}}$

§7.8 气体分子的平均自由程

电子与分子：$\bar{z} = \pi d^2 n\bar{v}$ 平均自由程 $\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{\bar{z}} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$

分子与分子 $\bar{z} = \sqrt{2}\pi d^2 n\bar{v}$ 平均自由程 $\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$

$\bar{v}$ 平均速率

n 分子数密度

d 分子有效直径

§7.9 实际气体，范德瓦尔斯方程

范德瓦尔斯方程：$(p + \frac{a}{v^2})(V - b) = RT$

$[p + a(\frac{\nu}{V})^2](V - \nu b) = \nu RT$

§8.2 热力学第一定律

$\Delta E = Q + A$

① Q表示系统吸收，−Q表示放出

② A表示外界对系统做功，−A表示系统对外做功

$\Delta E = Q - (-A)$

−A为正 系统对外界，−A为负 $\boxed{\text{系统}}$ $\boxed{\text{外界}}$ 对

微分形式 $dE = dQ + dA$

做功：系统对外做功 $(-A) = \int_{V_a}^{V_b} p dV$

§8.3 等体过程 定体摩尔热容

$Q_V = \Delta E = \nu\frac{i}{2}R\Delta T$

$= \nu\frac{i}{2}R(T_b - T_a)$

定体摩尔热容 $C_{V,m} = \frac{dQ_V}{\nu dT}$

对理想气体 $C_{V,m} = \frac{i}{2}R$

等体过程 $\therefore \Delta E = \nu C_{V,m}\Delta T$

迈耶公式 $C_{p,m} = C_{V,m} + R$

等压过程：$Q_p = \nu C_{p,m}\Delta T$

摩尔热容比：其 $\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{V,m}}$

$\therefore \gamma = 1 + \frac{2}{i}$