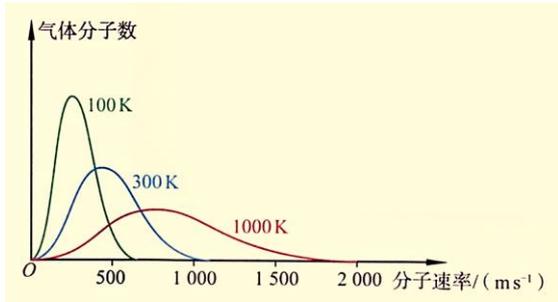


第 16 章：气体分子运动论与热力学

- 在某一时刻，某一特定气体分子的速率是不可预知的。对大量气体分子而言，它们的速率分布却遵从麦克斯韦速率分布律。
- 大量气体分子的速率分布呈现“中间多，两头少”的规律。温度升高时，这种的规律不变，但是速率小的分子数减少，速率大的分子数增加。



- 气体分子速率的三种统计值：
 - 最概然速率， v_p
在速率分布曲线上，与分子数的极大值对应的速率称作最概然速率。
 - 平均速率， \bar{v}
平均速率是所有分子速率的算术平均值。
 - 方均根速率， v_{rms}
分子速率平方的平均值的平方根称作分子的方均根速率。

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{\sum_i N_i v_i^2}{N}}$$

- 气体的压强就是大量气体分子作用在器壁单位面积上的平均压力。

$$P = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} \quad \text{单位: Pa}$$

$$P = \frac{1}{3} \frac{Nm\overline{v^2}}{V}$$

P = 气体的压强 N = 气体分子总数
 m = 气体分子质量 $\overline{v^2}$ = 速率的方均值
 V = 容器的容积 ρ = 气体的密度

Prepared by: Mr. Ong Choong Min

- 能量均分定理是热平衡时能量平均分配到每一个分子的每一个自由度上，每一个分子的每一个自由度的平均动能都是 $\frac{1}{2} kT$ 。

$$\overline{E_k} = \frac{f}{2} kT \quad \text{单位: J}$$

$\overline{E_k}$ = 气体分子的平均动能

f = 自由度

k = 玻尔兹曼常数

T = 气体的热力学温度

气体分子的种类	自由度, f
单原子分子	3
双原子分子	5
多原子分子	6

- 理想气体的内能为所有分子动能的总和。

$$U = \frac{f}{2} nRT \quad \text{单位: J}$$

U = 理想气体的内能 f = 自由度

n = 气体的量 R = 气体常量

T = 气体的热力学温度

- 热力学第一定律表述一个热力学系统的内能增量等于外界向它传递的热量与外界对它所做的功的和。

$$\Delta U = Q + W$$

$$W = -P\Delta V$$

ΔU = 内能的改变 Q = 热量

W = 做功 P = 气体的压强

ΔV = 末体积 - 初体积

名称	内能的改变	热量	做功
符号	ΔU	Q	W
+	内能增加	吸热	外界对气体做功 (气体被压缩)
-	内能减少	放热	气体对外界做功 (气体向外膨胀)



8. 定容摩尔热容量是指 1 mol 的某种气体, 在体积保持不变时, 温度升高(或降低) 1 K 所需要吸收(或放出)的热量。

$$C_v = \frac{Q}{n\Delta T} \quad \text{单位: J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$C_v = \frac{f}{2}R$$

C_v = 定容摩尔热容量

Q = 吸收或放出的热量

n = 气体的量

ΔT = 末温度 - 初温度

f = 自由度

R = 气体常量

9. 定压摩尔热容量是指 1 mol 的某种气体, 在压强保持不变时, 温度升高(或降低) 1 K 所需要吸收(或放出)的热量。

$$C_p = \frac{Q}{n\Delta T} \quad \text{单位: J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$C_p = C_v + R$$

C_p = 定压摩尔热容量

Q = 吸收或放出的热量

n = 气体的量

ΔT = 末温度 - 初温度

C_v = 定容摩尔热容量

R = 气体常量

10. 热力学第一定律在理想气体四个过程中的应用

a) 等容过程

系统的体积保持不变, 则外界对系统做功 $W = 0$, 系统与外界热交换的能量在等于系统内能的变化。

$$\Delta U = Q$$

对于一定量的气体, 等容过程中

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

b) 等压过程

系统的压强保持不变, 让系统体积变化, 此过程中气体内能的变化量为 $nC_v\Delta T$ 。

$$\Delta U = nC_v\Delta T$$

对于一定量的气体, 等压过程中

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

c) 等温过程

系统的温度保持不变, 故系统内能的变化 $\Delta U = 0$ 。但系统与外界有热量的传递, 吸收或放出的热量, 直接转为机械能。

$$Q = -W$$

$$Q = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

对于一定量的气体, 等温过程中

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

d) 绝热过程

系统不和外界交换热量, 系统内能的变化等于外界对系统做的功。

$$\Delta U = W$$

于一定量的气体, 绝热过程中

$$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma$$

其中指数 $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, 称为比热比。