

# Physics

Akhia<sup>1</sup>

2020 年 10 月 3 日

<sup>1</sup>E-mail:akhialomgir362856@gmail.com

# 目录

<b>1</b>	<b>气体动理论</b>	<b>4</b>
1.1	热力学系统	5
1.2	平衡态	5
1.3	理想气体物态方程	5
1.4	能量均分定理	6
1.5	内能	6
1.6	麦克斯韦速率分布律	7
1.7	三种统计速率	7
1.8	平均自由程	8
<b>2</b>	<b>热力学</b>	<b>9</b>
2.1	热力学过程	9
2.2	p-V 图	9
2.3	系统内能	9
2.4	热力学第一定律	10
2.5	循环过程	12
2.5.1	正循环	13
2.5.2	卡诺循环	13
2.6	热力学第二定律	13
2.6.1	热力学过程方向性	14
2.7	统计学意义	14
2.8	玻尔兹曼公式与熵增原理	14

<b>3</b>	<b>波动光学</b>	<b>16</b>
3.1	光的本质 . . . . .	16
3.2	光的相干性 . . . . .	16
3.2.1	发光机制 . . . . .	16
3.2.2	相干光源 . . . . .	17
3.2.3	波动几何描述 . . . . .	17
3.3	惠更斯原理 . . . . .	17
3.3.1	相干光的获得 . . . . .	18
3.4	杨氏双缝实验 . . . . .	18
3.4.1	明暗条纹位置的推导 . . . . .	18

# Chapter 1

## 气体动理论

## 1.1 热力学系统

	能量交换	物质交换
孤立系统	false	false
封闭系统	true	false
开放系统	true	true

## 1.2 平衡态

1. 单一性
2. 稳定性
3. 热动平衡

## 1.3 理想气体物态方程

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5$$

$$\text{mmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

$$T = t + 273.15$$

1. 波义耳定律(T)  $p_1 V_1 = p_2 V_2$
2. 盖·吕萨克定律(P)  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
3. 查理定律(V)  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

理想气体物态方程:

$$pV = \frac{m'}{\mu} RT \quad m' = Nm, \mu = N_A m \quad (1.1)$$

理想气体压强公式:

$$\overline{v^2} = \frac{v_1^2 + \dots + v_n^2}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2 \quad (1.2)$$

$$pV = \frac{m}{M_{\text{mol}}} RT = \nu RT$$

$$m \approx S((kg)$$

$$M_{\text{mol}} \approx Si($$

$$R \approx Sn \Theta 8$$

$$\nu \approx i p$$

理想气体常数:

$$p(atm), V(L), T(K) \Rightarrow R = 8.2 \times 10^{-2} atm \cdot L / (mol \cdot K)$$

$$p(atm), V(m^3), T(K) \Rightarrow R = 8.31 J / (mol \cdot K)$$

$$\text{玻尔兹曼常数: } k = \frac{R}{N_A}$$

$$p = nkT$$

$$p = \frac{2}{3} n \overline{\varepsilon_k}$$

$$\overline{\varepsilon_k} = \frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

## 1.4 能量均分定理

	自由度( $\frac{1}{2}kT$ /自由度)
质点	i=3
刚体	i=6
刚性分子	i=t+r

## 1.5 内能

$$E = N_A \overline{\varepsilon} = N_A \frac{i}{2} kT \implies E = \frac{i}{2} RT \quad (1.3)$$

## 1.6 麦克斯韦速率分布律

1. 单个分子速率分布具有偶然性
2. 大量分子速率分布具有规律性

麦克斯韦分布函数：表示单位速率区间的分子数占总数的百分比

$$f(v) = \frac{1}{N} \frac{dN}{dv} \quad (1.4)$$

$$f(v) = 4\pi \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-m_0 v^2 / 2kT} v^2 \quad (1.5)$$

## 1.7 三种统计速率

1. 最概然速率

$$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \approx 1.41 \sqrt{\frac{RT}{M}}, \approx 1.41 \sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (1.6)$$

2. 平均速率

$$\bar{v} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n v_i N_i = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} \approx 1.60 \sqrt{\frac{RT}{M}}, \approx 1.60 \sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (1.7)$$

3. 方均根速率  $\sqrt{\bar{v}^2}$

$$\bar{v}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n v_i^2 N_i, \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \approx 1.73 \sqrt{\frac{RT}{M}}, \approx 1.73 \sqrt{\frac{kT}{m}} \quad (1.8)$$

比较：  $v_p < \bar{v} < \sqrt{\bar{v}^2}$

归一化条件：

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(v) dv = 1$$
$$dS = f(v) dv = \frac{dN}{N} \quad (1.9)$$

## 1.8 平均自由程

单位时间内平均碰撞次数：  $\bar{Z} = \sqrt{2}\pi d^2 v n$

平均自由程 每两次碰撞之间，一个分子自由运动的平均路程。

$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p} \quad \bar{\lambda} \propto \frac{1}{p}, T \quad d = 10^{-10}m \quad (1.10)$$



# Chapter 2

## 热力学

### 2.1 热力学过程

系统从平衡态到另一平衡态的过程。

准静止状态：无限缓慢，每个中间态都可视为平衡态。

### 2.2 p-V 图

1. 点：一个平衡态
2. 线：一个准静态过程

### 2.3 系统内能

1. 功(过程量)

p-V 图与曲线对 p-V 轴积分所成面积即为功

$$dW = Fdl = pSdl \quad (2.1)$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (2.2)$$

(a)  $W > 0$  系统对外界作正功

(b)  $W < 0$  系统对外界作负功

## 2. 热(过程量)

(a) 同:

i. 过程量: 与过程有关

ii. 等效性: 对系统热状态改变的作用相同

(b) 异:

i. 功: 宏观运动-分子热运动

ii. 功: 分子热运动-分子热运动

## 3. 内能 $E_2 - E_1 = W + Q$ $W + Q = \Delta E$

## 2.4 热力学第一定律

系统吸收的能量, 一部分使内能增加, 另一部分用于系统对外作功。

$$Q = E_2 - E_1 + W = \Delta E + W \quad (2.3)$$

$$dQ = dE + dW \quad (2.4)$$

$$Q = \Delta E + \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (2.5)$$

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad (2.6)$$

### 1. 等容过程

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \text{const} \quad (2.7)$$

$$\nu = \frac{M}{M_{\text{mol}} = \frac{pV}{RT}} \quad (2.8)$$

$$Q_V = E_2 - E_1 = \nu \frac{i}{2} R \Delta T \quad (2.9)$$

p-V 图为横线

系统从外界吸收的热量全部转化为内能的增加。

定容摩尔热容  $C_V$ : 1mol 理想气体在等体过程中, 温度变化 1 摄氏度所变化的热量。

## 2. 等压过程

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const} \quad (2.10)$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \nu C_V \Delta T \quad (2.11)$$

$$Q_p = \nu C_V \Delta T + \nu R \Delta T \quad (2.12)$$

—

定压摩尔热容  $C_p$ : 1mol 理想气体在等压过程中, 温度变化 1 摄氏度所变化的热量。

$$C_p = C_V + R = \frac{i+2}{2} R \quad (2.13)$$

比热容比:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i} \quad (2.14)$$

### 3. 等温过程

$$Q_T = W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{M} \frac{Rt}{V} dV = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2.15)$$

p-V 图为曲线

(a) 等温膨胀吸热做功

(b) 等温压缩放热被做功

### 4. 绝热过程

系统对外界做功，通过系统内能减小完成。

热一律：

$$dW + dE = 0, dQ = 0 \quad (2.16)$$

$$\Delta E = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) \Delta W = -\frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) Q = 0 \quad (2.17)$$

$$V^{\gamma-1} T = \text{const}$$

$$pV^{\gamma} = \text{const} \quad (2.18)$$

$$p^{\gamma-1} T^{-\gamma} = \text{const}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i} \quad (2.19)$$

绝热膨胀  $T_1 > T_2, W > 0$  绝热压缩  $T_1 < T_2, W < 0$

绝热过程曲线斜率大于等于等温过程。

## 2.5 循环过程

热机：持续将热量转变为功的机器。

工质：吸收热量，对外做功。

p-V 图呈闭合曲线。

1. 顺时针：正循环，热机
2. 逆时针：负循环，制冷机

### 2.5.1 正循环

$$\Delta W = W_1 + W_2 > 0 \quad (2.20)$$

闭合曲线包围过程为净功。

热机效率：

$$\eta = \frac{\Delta W}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \quad (2.21)$$

绝热线、等温线不能相交。

### 2.5.2 卡诺循环

卡诺循环由两个准静态的等温过程和两个准静态的绝热过程组成。

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad T_1 > T_2 \quad (2.22)$$

## 2.6 热力学第二定律

一切实际热力学过程都只能按一定的方向进行，符合自然过程的方向的规律。

热力学第二定律微观实质：与热有关的宏观过程都不可逆（有序到无序）。

热力学第二定律：

1. 开尔文说法：不能制造出一种循环热机，从单一热源吸收热量，使之变为完全有用的功，而外界不发生变化。
2. 克劳修斯说法：不可能把热量从低热物体自动传到高温物体而不引起外界变化。

### 2.6.1 热力学过程方向性

1. 可逆过程：可以使系统回复原状态，同时外界也回复原状，则称为可逆过程。
2. 不可逆过程：不可以使系统回复原状态，或可以回复，但同时外界不能回复原状，则称为不可逆过程。

1. 单摆无摩擦摆动过程为可逆过程

2. 准静态无摩擦过程为可逆过程

1. 热功转换不可逆

2. 热传导不可逆

3. 绝热自由膨胀不可逆

4. 墨水扩散不可逆

## 2.7 统计学意义

封闭系统总是由概率小到概率大、微观状态数目少到微观状态数目多、有序宏观态到无序宏观态的方向进行

## 2.8 玻尔兹曼公式与熵增原理

熵(S)：体系内的混乱程度，与过程无关。

玻尔兹曼公式： $S = k \ln \Sigma$

玻尔兹曼关系给出了熵的统计意义：熵是一个系统内部微观粒子热运动无序度的量度。

热温比： $\frac{Q}{T}$

克劳修斯公式： $dS = \frac{dQ}{T}$

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T} \quad (2.23)$$

熵增原理：

1. 孤立系统不可逆过程：  $\Delta S > 0$
2. 孤立系统可逆过程：  $\Delta S = 0$

# Chapter 3

## 波动光学

### 3.1 光的本质

光波是电磁波

同一媒质中的相对光强： $I = E_0^2$

### 3.2 光的相干性

#### 3.2.1 发光机制

光源

##### 1. 普通光源

(a) 热光源:热能激发原子能级跃迁

(b) 冷光源: 化学能, 电能等激发

##### 2. 激光光源

原子发光特点:

##### 1. 随机性

##### 2. 间歇性



3. 各原子各级发光独立，波列互不相干
4. 不相干性（独立光源不可能是一对相干光源：原子发光间歇而随机，振动方向和相位差不可能相同）

### 3.2.2 相干光源

相干光源条件：

1. 振动频率相同
2. 振动方向相同
3. 相位差恒定

原子自发辐射的间断性和相位随机性，不利于实现干涉条件。

$$x_1 + x_2 = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \cos(\omega t + \varphi) \quad (3.1)$$

相长、相消：

$$\begin{aligned} \delta = r_2 - r_1 &= \pm k\lambda \\ \delta = r_2 - r_1 &= \pm(2k + 1)\lambda \end{aligned} \quad (3.2)$$

### 3.2.3 波动几何描述

波线：波面：

平面波：球面波：

## 3.3 惠更斯原理

惠更斯原理：媒质中波动到的各点，都可以看作新波源，子波的包络面就是该时刻的波面。

### 3.3.1 相干光的获得

干涉光的获得：

1. 分波面法
2. 分振幅法

## 3.4 杨氏双缝实验

### 3.4.1 明暗条纹位置的推导

明纹条件

$$\begin{aligned}\delta &= r_2 - r_1 = d \sin \theta \approx d \tan \theta \\ &= \frac{xd}{D} = k\lambda \\ x &= k \frac{D\lambda}{d} & k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \\ \Delta x &= \frac{D\lambda}{d}\end{aligned}\tag{3.3}$$

暗纹条件

$$\begin{aligned}\mu \pm \delta &= \frac{xd}{D} = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \\ x &= (2k+1) \frac{D\lambda}{2d} & k = 0, 1, 2 \dots \\ \Delta x &= \frac{D\lambda}{d}\end{aligned}\tag{3.4}$$