

# 物理讲义

LeeStars

2025.07.10

## 目录

|                |   |
|----------------|---|
| 1 前言           | 1 |
| 2 Chapter13 内能 | 2 |
| 2.1 分子热运动（扩展）  | 2 |
| 2.2 内能         | 2 |
| 2.3 热容、比热容     | 3 |
| 3 电学           | 3 |
| 3.1 电路原理       | 3 |

## 1 前言

物理学科的定义是一门“自然哲学”，也就是说物理需要自己的世界观和方法论。我很喜欢一个概念，叫“物理直觉”，也就是说看到一种现象或者一道题目，我可以想象出其后续会怎么发展、每一时刻的运动、受力等。这是一种不经过思考的、本能的反应。与其说这是一种能力，更不如说是一种天赋。与之对应的，我们也需要对概念的深刻剖析，和对过程的耐心分析。

物理学科大类就是：声光热力学。他们彼此之间相互联系、相互统一，不可能脱离其中一个来讨论另一个。

之所以有一个学科叫“数理逻辑”，就是因为物理学科与数学学科是高度紧密关联的。初中可能并没有解释清楚，但是后续的物理学习将会有很多的、纯粹的数学推导。（当然实验也要有，根据现代科学研究范式：假说演绎法，实验是验证理论、假说的必要途径；政治老师告诉你，理论不能脱离实践，这也是物理哲学性的体现）

举一个最简单的例子：杠杆原理。为什么“距离”要求的是支点到力的方向的垂直距离？数学上这属于向量在另一个方向上的“有效投影”，物理上称这两个向量的叉乘结果为这个力在支点的力矩。而“角动量守恒”这一观点最终确定了杠杆原理的形式。从更高的视角来看，我们称之为“时空对称性”，如下：

- 空间平移对称性  $\Leftrightarrow$  动量守恒
- 旋转平移对称性  $\Leftrightarrow$  角动量守恒
- 时间平移对称性  $\Leftrightarrow$  能量守恒

与之对应的三大守恒，也称“三大基本守恒定律”，是物理学研究的基础。

多言无益，Let's Start!!!

## 2 Chapter13 内能

课本第 13、14 章聚焦于热学的微观部分，也是比较需要微观建模能力的一部分。这一部分定义繁多，而且难以理解（高中更甚）。其主要涉及的部分其实是分子热力学。

### 2.1 分子热运动（扩展）

课本中有提到“人们通常以  $10^{-10}\text{m}$  为单位来量度分子。”实际上，我们有一个更加标准的单位“埃”（angstrom），符号是  $\text{\AA}$ 。换算关系是： $1\text{m} = 10^3\text{mm} = 10^6\mu\text{m} = 10^9\text{nm} = 10^{10}\text{\AA}$

在热力学中，我们提到的“分子”不同于化学中的“分子”概念，是泛指一切构成物质的例子，包括化学意义上的分子、原子、离子等。（下文中提到“分子”，若无特别说明，默认为前者。）

分子是无时无刻不在无规则运动的，因此分子同样具有动能；而分子间势能则是由于分子间距离变化产生的。两者之和即为分子的内能。

由于分子间作用力同时存在引力和斥力，而距离不同会导致力的大小随之变化。我们记引力与斥力大小相同的位置为  $r_0$ ，实际分子间的距离为  $r$ ，则有如下关系：

- $0 < r < r_0$  时，斥力主导，引力和斥力均随距离的增大而减小，分子势能减小；
- $r = r_0$  时，引力和斥力大小相同，合力为 0，势能最小；
- $r > r_0$  时，引力主导，引力和斥力均随距离的增大而减小，分子势能增大；
- $r > 10 * r_0$  时，几乎不存在分子间作用力，势能为 0。

气体之所以易于压缩，就是因为其分子间的距离超过了  $10r_0$ ，分子间作用力极其微弱（几乎是分子直径的 10 倍到 100 倍），分子间存在很大空隙作为压缩空间，故易于压缩。

书中“将分子视为球体”这一理想化假设是热力学的一个重要假设，让我们不用在意分子的具体形状和相互之间的距离，这一点在高中亦有体现（指实验“油膜法估测分子直径大小”）。

### 2.2 内能

首先，我们需要对热力学上的“温度”给出定义。经验上来看，温度是描述物体冷热程度的物理量；实验上来看，温度就是温度计上的示数；而从热力学来看，温度是分子热运动剧烈程度的反映，是分子动能的体现；而在统计力学上，有定义  $\frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial E}$ 。这几种定义相互等价。

物体内能变化的两种途径是热传递和做功。这两种过程实质上也是热力学第一定律的一个体现。

**定理 1 (热力学第一定律)** 物体内能的增加等于物体吸收的热量和对物体所做的功的总和。即热量可以从一个物体传递到另一个物体，也可以与机械能或其他能量互相转换，但是在转换过程中，能量的总值保持不变。

其中，热传递过程对应“热量从一个物体传递到另一个物体”，而做功对应“热量与机械能或其他能量互相转换”。实际上，热力学第一定律有多种表述，但是彼此等价。有公式：

$$\Delta U = Q + W$$

前面提到“分子间内能是动能与势能之和”，而温度只反映分子间动能。由于在物态不变时，我们认为该物体分子间势能不变，故可以用温度变化来判断内能变化。（实际上当然不可以，还要考虑外界与物体的做功关系）

## 2.3 热容、比热容

在提到比热容之前，我们先介绍一下热容：

**定义 1 (热容)** 物质温度升高  $1K/1^{\circ}C$  所增加的热量，用  $C$  表示，单位是  $J/K$ ，读作“焦每开尔文”。

$$C = \frac{\delta Q}{dT}$$

**定义 2 (比热容、摩尔热容)**  $1kg$  物质的热容叫做比热容，符号  $c$ ，单位  $J/(K \cdot kg)$ ； $1mol$  物质的热容叫摩尔热容，符号  $C^{mol}$ ，单位  $J/(K \cdot mol)$ 。

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}, C^{mol} = \frac{Q}{n \cdot \Delta T}$$

比热容反应的是单位质量物质的吸热能力，常用公式为  $Q = cm\Delta t$ 。吸热与放热的计算并无不同。

## 3 电学

### 3.1 电路原理

首先，需要引入几个新定义：

**定义 3 (电场)** 电荷及变化磁场周围空间里存在的一种特殊物质，是客观存在的特殊物质。电场对放入其中的电荷有作用力，这种力称为电场力。当电荷在电场中移动时，电场力对电荷做功，说明电场具有能量。

**定义 4 (电势)** 处于电场中某个位置的单位电荷所具有的电势能与它所带的电荷量之比。电势只有大小，没有方向——是标量，其数值不具有绝对意义，只具有相对意义。

**定义 5 (电势差/电压)** 将电荷从一个位置移动到另一个位置所需的单位电荷的功。电场力做功与路径无关，只与始末位置的电势差有关。

一个完整的闭合电路一定要有“电源”的存在，而电源的作用就是使电路中产生电势差，就像在水循环过程中的水泵要制造高度差，电源制造的电势差使得电子可以流动起来。在电源的内部，实质上是化学能或其他形式的能量释放出来转化为热能，并借此拉高电势。在电源两级表现出的电势差即为电源电压，而电源本身也存在内阻，所以理论输出电压和实际路端电压是存在一定差距的。这一点可以由闭合电路欧姆定律得到：

$$E = U + Ir$$

在接通电路的瞬间，会以光速形成一个沿导线方向的电场，整个电路中所有的带电粒子同时开始运动。虽然电子在导线中的移动速度大约在  $1cm/s$ ，但从宏观上来看，电流也是一瞬间形成的。

电阻描述了一种物质对电流的阻碍作用，从微观来看，起阻碍作用的主要是构成物质的分子对电子的排斥作用和碰撞作用，故有些非金属也可以有很好的导电性。例如，石墨作为碳元素的单质，由于独特的层状结构， $\pi$  电子云里的电子可以自由运动，导电性也不输一些金属。

**定义 6 (电阻率)** 衡量材料对电流的抵抗程度的物理量。电阻正比于通路的长度，反比与导体材料的横截面积，电阻率就是这个比例常数。是材料的基本特性。单位是“ $\Omega \cdot m$ ”

$$\rho = R \cdot \frac{A}{l}$$

**定义 7 (电导率)** 电阻率的倒数，在介质中该量与电场强度  $E$  之积等于传导电流密度  $J$ ，表示材料传导电流的能力，是材料的特性。单位是“西门子每米” ( $S \cdot m^{-1}$ )

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{E}{J}$$

### 3.2 欧姆定律！