

中学物理

田怿

2024 年 12 月 28 日

目录

第一部分 热学	1
1 分子动理论	3
1.1 分子动理论 (molecular kinetic theory)	3
1.2 固体 液体 气体	4
2 内能	5
2.1 内能	5
2.2 比热容	5
3 热机	7
3.1 热机	7
3.2 热机的效率	7
4 热力学定律	8
4.1 系统内能的改变	8
4.2 热力学第一定律	8
4.3 能量守恒定律	8
4.4 热力学第二定律	9
第二部分 电磁学	11
1 电荷	13
2 电路	15
2.1 简单电路	15
2.2 电源	15
2.3 电流及其测量	15
2.4 电压及其测量	16
2.5 串、并联电路中电流、电压的规律	16
2.6 电阻	16
3 欧姆定律	18
3.1 电流与电压、电阻的关系	18
3.2 电阻的测量	18
3.3 串、并联电路中的分压、分流规律	18
3.4 串、并联电路中电阻的关系	18
4 电功和电功率	20
4.1 电功和电能	20

4.2	电功率	20
4.3	焦耳定律	20

第一部分 热学

热学是研究物质热运动规律及其应用的物理学分支。

1 分子动理论

1.1 分子动理论 (molecular kinetic theory)

- 物质是由大量分子组成的.
- 分子在永不停息地做无规则运动.
- 分子之间存在相互作用力.
- 分子直径约为 10^{-10}m .
- 18g 水中含有水分子的个数约为 6.02×10^{23} , 即为阿伏伽德罗常数 N_A .
- 在研究物体的热运动性质和规律时, 不必区分它们在化学变化中所起的不同作用, 而把组成物体的微粒统称为分子 (molecule).
- 不同的物质在相互接触时自发地彼此进入对方的现象叫做扩散 (diffusion).
- 扩散现象可以发生在气体、液体和固体之间.
- 扩散现象是物质分子永不停息地做无规则运动的证据之一.
- 悬浮微粒的无规则运动叫做布朗运动 (Brownian motion).
- 悬浮微粒的无规则运动并不是分子的运动, 但可以间接地反应液体分子运动的无规则性.
- 分子的无规则运动叫做热运动 (thermal motion).
- 温度是分子热运动剧烈程度的标志.
- 分子之间存在引力, 分子之间存在斥力.
- 分子之间, 引力和斥力同时存在.
- 分子间的作用力 F 与分子间距离 r 有关. 即:
当 $r = r_0$ 时, 分子间的作用力 F 为 0, 这个位置被称为平衡位置.
当 $r > r_0$ 时, 分子间的作用力 F 表现为引力.
当 $r < r_0$ 时, 分子间的作用力 F 表现为斥力.

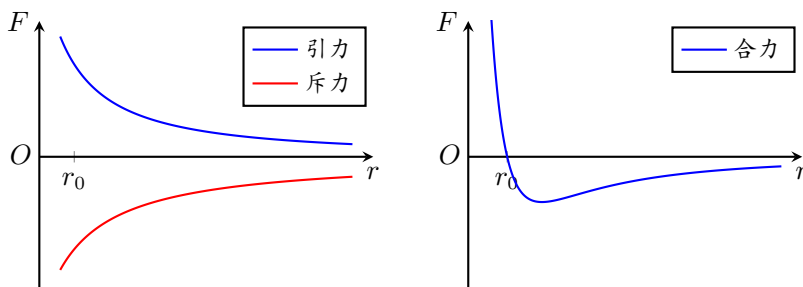


图 1.1 分子间的作用力与分子间的距离的关系

1.2 固体 液体 气体

- 固体分子间的距离小，不容易被压缩和拉伸，具有一定的体积和形状.
- 气体分子间的距离很大，彼此间几乎没有作用力. 具有流动性，容易被压缩.
- 液体分子间的距离比气体小、比固体大，液体分子间的作用力比固体小、比气体大，分子没有固定的位置，运动较自由. 液体较难被压缩，没有一定的形状，具有流动性.

物态	微观特性		宏观特性	
	分子间距离	分子间作用力	固定形状	固定体积
固态	很小	很大	是	是
液态	较大	较大	否	是
气态	很大	很小	否	否

表 1.1 固体 液体 气体

2 内能

2.1 内能

- 分子由于热运动而具有的能量叫做分子动能.
- 系统中所有分子的动能的平均值叫做分子热运动的平均动能.
- 物体温度升高时, 分子热运动的平均动能增加.
- 温度是分子热运动的平均动能的标志.
- 单原子分子的平均动能 $\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$, 即 $\overline{E_k} \propto T$. 其中 k 是玻尔兹曼常数.
- 分子之间由于存在相互作用力而具有的能叫做分子势能.
- 分子势能 E_p 与分子间的距离 r 有关. 即:
 - 当 $r = r_0$ 时, 分子间的作用力 F 为 0, 分子势能最小.
 - 当 $r > r_0$ 时, 分子间的作用力 F 表现为引力, 分子势能减小.
 - 当 $r < r_0$ 时, 分子间的作用力 F 表现为斥力, 分子势能增大.
- 分子势能的大小由分子间的相对位置决定. 如果选定分子间距离 r 为无穷远时的分子势能 E_p 为 0, 则分子势能 E_p 随分子间距离变化的情况如图所示.

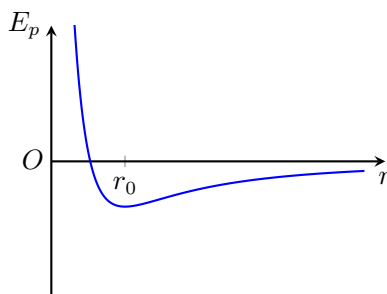


图 1.2 分子势能与分子间的距离的关系

- 分子势能与物体体积有关.
- 物体中所有分子的分子动能与分子势能的总和, 叫做物体的内能 (internal energy). 任何物体都具有内能. 内能的单位是焦耳 (J).
- 物体的内能与温度和体积有关.

2.2 比热容

- 内能由高温物体转移到低温物体的过程叫做热传递.
- 热传递的基本方式包括传导、对流和辐射.

- 在热传递过程中，传递能量的多少叫做**热量**（quantity of heat）. 用符号 Q 表示. 单位是**焦耳**.
- 物体吸收热量是内能增加，放出热量时内能减少. **热量是物体内能改变的量度**.
- 一定质量的某种物体，在温度升高（或降低）时吸收（或放出）的热量与它的质量和升高（或降低）的温度乘积之比，叫做这种物质的**比热容**（specific heat capacity）. 用符号 c 表示. 单位是**焦每千克摄氏度**（ $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ）. 有：

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta t} \quad (1.1)$$

- 比热容是反映**物质自身性质**的物理量.
- 不同的物质，比热容一般不同.
- 水的比热容为 $4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.
- 热量的计算有 $\Delta Q = cm\Delta t$.
- **热平衡方程**，即 $\Delta Q_{\text{吸}} = \Delta Q_{\text{放}}$.

3 热机

3.1 热机

- **热机** (heat engine), 即利用内能做功 (**内能转化为机械能**) 的机械.
- **蒸汽机**, 即利用水蒸气膨胀做功的热机. 蒸汽机属于外燃机.
- 活塞从气缸的一端运动到另一端的过程叫做一个**冲程**.
- 四冲程汽油机一般包括**吸气**、**压缩**、**做功**、**排气**四个冲程.
- **汽油机**和**柴油机**都属于**内燃机**.
- **汽轮机**和**喷气发动机**.

3.2 热机的效率

- 能够燃烧的物质叫做**燃料**.
- 在燃烧过程中, 燃烧的**化学能**转化为**内能**.
- 某种燃料**完全燃烧**放出的能量与其质量或体积的比叫做这种燃料的**热值** (combustion value) 或燃烧值. 用符号 q 表示. 单位是**焦耳每千克 (J/kg)** 或**焦每立方米 (J/m³)**. 有:

$$q = \frac{Q_{\text{放}}}{m} \text{ 或 } q = \frac{Q_{\text{放}}}{V} \quad (1.2)$$

- 热值在数值上等于 **1kg** 或 **1m³** 的某种燃料**完全燃烧**放出的热量. 其中 1m³ 是**标准状态**下气体燃料的体积. 标准状态是指温度为 **0°C**、压强为 **1atm** 的状态.
- 热量的计算有 $Q_{\text{放}} = qm$ 或 $Q_{\text{放}} = qV$.
- 做有用功的能量与燃料完全燃烧放出的能量之比叫做**热机的效率**, 有:

$$\eta = \frac{Q_{\text{有用}}}{Q_{\text{燃料}}} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

- 设燃料放出的热量为 Q_1 , 热机吸收的热量为 Q_2 , 废气带走的热量为 Q_3 , 则:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{Q_1} \cdot 100\%$$

4 热力学定律

- 热学包括**热力学**和**统计物理**.
- 热力学的研究对象叫做**热力学系统** (thermodynamic system), 简称**系统**. 热力学系统是由大量分子组成的.
- 系统之外与系统发生相互作用的其他物体统称为**外界**.

4.1 系统内能的改变

- 改变系统内能的两种方式是**热传递**和**做功**.
- 在热传递过程中, 系统吸收热量内能增加, 放出热量内能减少.
- 热量是**热传递过程中**系统内能变化的量度.
- 系统与外界没有热传递的过程叫做**绝热过程** (adiabatic process) .
- 在绝热过程中, 外界对系统做功, 系统内能增加; 系统对外界做功, 系统内能减少.
- 做功是**绝热过程中**系统内能变化的量度.
- 焦耳的实验表明**热传递和做功对改变系统的内能是等效的**.

4.2 热力学第一定律

- **热力学第一定律** (first law of thermodynamics), 即热力学系统内能 U 的变化量等于系统从外界吸收的热量 (系统向外界放出的热量) 与外界对系统做的功 (系统对外界做的功) 之和. 有:

$$\Delta U = Q + W \quad (1.4)$$

系统对外界吸热, Q 为正值; 系统对外界放热, Q 取负值; 外界对系统做功, W 取正值; 系统对外界做功, W 取负值.

4.3 能量守恒定律

- 不同形式的能量可以在一定条件下相互转化.
- **能量守恒定律** (law of conservation of energy), 即能量既不会凭空产生, 也不会凭空消失, 它只能从一种形式**转化**为其他形式, 或者从一个物体**转移**到其他物体, 在转化或转移的过程中, 能量的总量保持不变.
- 能量守恒定律是自然界最普遍、最重要的基本定律之一.
- 能量守恒定律的本质是**时间平移对称性**.

- **永动机**，即不需要动力就能源源不断地对外做功的机器，分为第一类永动机和第二类永动机。
- 能量守恒定律的另一种表述为**第一类永动机不可能制成**。

4.4 热力学第二定律

- 一切与热现象有关的宏观自然过程都是**不可逆**的。
- **热力学第二定律**（second law of thermodynamics）。
- **克劳修斯表述**，即热量不能**自发**地从低温物体传到高温物体。自发是指不需要任何第三者的介入，不会对任何第三者产生任何影响。自发的方向是从高温物体指向低温物体。
- 克劳修斯表述阐述了**传热的方向性**。
- **开尔文表述**，即**不可能从单一热库吸收热量**，使之完全变成功，而不产生其他影响。不可能从单一热库吸热，而且一定会向另一个热库放热。
- 开尔文表述阐述了**机械能与内能转化的方向性**。
- **热力学第二定理的另一种表述为第二类永动机不可能制成**。
- 热力学第二定律的克劳修斯表述和开尔文表述是**等价的**。
- **能量耗散**，即不同形式的能量最终都转化为**内能**并分散在环境中的过程。

第二部分 电磁学

这里是一段关于电磁学的介绍.

1 电荷

- 物体能够吸引轻小物体，就说物体带了电，即物体带了**电荷**（electric charge）。带了电荷的物体叫做**带电体**。
- 使物体带电叫做**起电**。用摩擦的方式使物体带电叫做**摩擦起电**（electrification by friction）。
- 自然界**只有**两种电荷。
- 用丝绸摩擦过的玻璃棒带的电荷叫做**正电荷**（positive charge）。用毛皮摩擦过的橡胶棒带的电荷叫做**负电荷**（negative charge）。
- **同种**电荷相互**排斥**，**异种**电荷相互**吸引**。
- 电荷的多少叫做**电荷量**（electric quantity），简称**电量**。用 Q 或 q 表示。在国际单位制中，电荷量的单位是**库仑**（coulomb），简称**库**。符号是 **C**。正电荷的电荷量为正值，负电荷的电荷量为负值。
- **验电器**和**静电计**。
- 两种电荷互相完全抵消叫做**中和**。
- 物质是由**分子**构成的，分子是由**原子**构成的。
- 原子是由带正电的**原子核**和带负电的**电子**（electron）组成的。
- 原子核是由带正电的**质子**和不带电的**中子**组成的。
- 每个原子中质子与电子的**数量相等**，质子与电子所带的**电荷量相同**。
- 摩擦起电的本质是电荷从一个物体**转移**到另一个物体。
- 金属原子中能脱离原子核的束缚而在金属中自由运动的电子叫做**自由电子**（free electron）。
- 失去自由电子的原子叫做**离子**（ion）。
- 质子、电子所带的电荷量（**最小的电荷量**）叫做**元电荷**（elementary charge），用 e 表示。有：

$$e \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{C} \quad (2.1)$$

- 所有带电体的电荷量都是 e 的整数倍，不是连续变化的，即量子化的。
- 电子的电荷量 e 与质量 m_e 之比叫做**电子的比荷**（specific charge）。电子的质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，则电子的比荷为：

$$\frac{e}{m_e} \approx 1.76 \times 10^{11} \text{C/kg}$$

- 利用静电感应使金属带电叫做**感应起电**（electrification by induction），所带电荷叫做**感应电荷**（induced charge）。

- **静电感应** (electrostatic induction) .
- 三种常见的起电方式包括摩擦、接触、感应.
- **电荷守恒定律** (law of conservation of charge), 即电荷既不会创生, 也不会消灭. 它只能从一个物体转移到另一个物体, 或者从物体的一部分转移到另一部分. 在转移的过程中, 电荷的总量保持不变.
- 一个与外界没有电荷交换的系统, 电荷的**代数和**保持不变.
- 电荷守恒定律是自然界最普遍、最重要的基本定律之一.

2 电路

2.1 简单电路

- **电路** (electric circuit), 即用导线将用电器、电源、开关连接起来.
- **电源** (power supply), 即提供电能的装置, 如电池、发电机.
- **用电器**, 即消耗电能的装置, 如灯泡、电动机.
- **开关**, 即控制电路通断的装置, 如单刀单掷开关、单刀双掷开关.
- **导线**通常由绝缘外皮和金属内芯 (铜或铝) 组成.
- 处处连通的电路叫做**通路** (**闭合电路**). 某处断开的电路叫做**断路** (**开路**).
- **直接**用导线将电源的正、负极连接起来的电路叫做**短路**.
- 闭合电路中, 用电器两端被导线直接连通叫做用电器被**短接**.
- 用符号表示电路连接的图叫做**电路图**.
- **串联** (series connection) 和**并联** (parallel connection).
- **串联电路**和**并联电路**.
- 串联电路中各用电器相互影响, 并联电路各用电器互不影响.

2.2 电源

- 能把电子从 A 搬运到 B 的装置 P 就是**电源** (power source). A 和 B 是电源的两个**电极**.

2.3 电流及其测量

- 电荷的**定向移动**形成电流 (electric current).
- 电路只有闭合时, 电路中才有电流.
- 规定**正电荷**定向移动的方向为电流的方向.
- 电子向某一方向定向移动等效于正电荷向相反方向定向移动.
- 电路闭合时, **电源外部**电流的方向是从电源正极经过用电器流向电源负极.
- 电路强度是表示**电流强弱程度**的物理量.
- 单位时间内通过导体横截面的电荷量叫做**电流强度**, 简称**电流** (electric current), 用 **I** 表示. 用 q 表示在时间 t 内通过导体横截面的电荷量, 则有:

$$I = \frac{q}{t} \quad (2.2)$$

- 在国际单位制中，电流的单位是**安培**（ampere），简称**安**。符号是 **A**。 $1\text{A} = 1\text{C/s}$ 。常用单位还有**毫安**（**mA**）和**微安**（**μA**），它们与安培的关系是 $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$ ， $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。
- 导体的横截面积为 S ，**自由电子数密度**（单位体积内的自由电子数）为 n ，自由电子定向移动的平均速率为 v ，电子的电荷量为 e ，则：

$$I = neSv$$

- 测量电路中电流大小的仪表叫做**电流表**，符号是 $\textcircled{\text{A}}$ 。

2.4 电压及其测量

- **电压**（voltage）用 **U** 表示。单位是**伏特**（volt），简称**伏**。符号是 **V**。常用单位还有**千伏**（**kV**）和**毫伏**（**mV**），它们与伏特的关系是 $1\text{kV} = 10^3\text{V}$ ， $1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$ ， $1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$ 。
- 干电池的电压为 1.5V，铅蓄电池的电压为 2V。
- 测量电路中两点间电压大小的仪表叫做**电压表**，符号是 $\textcircled{\text{V}}$ 。

2.5 串、并联电路中电流、电压的规律

- 在串联电路中，电流处处相等。在并联电路中，干路电流等于各支路电流之和。
- 在串联电路中，总电压等于各用电器两端电压之和。在并联电路中，各支路两端电压相等，等于总电压。
- 串联电池组两端电压等于每节电池两端电压之和。并联电池组两端电压等于每节电池两端电压。


2.6 电阻

- 容易导电的物体叫做**导体**（conductor）。不容易导电的物体叫做**绝缘体**（insulator）。
- 导电性能介于导体和绝缘体之间的物体叫做**半导体**（semiconductor）。
- 导体中有大量的能够自由移动的电荷（**自由电荷**），而绝缘体很少。
- 在外界**温度**、**压力**、**光照**等条件发生改变或掺入杂质时，绝缘体有可能变成导体。
- **电阻**（resistance）是表示导体对电流阻碍作用大小的物理量，用 **R** 表示。单位是**欧姆**，简称**欧**，符号是 Ω 。常用单位还有千欧（**kΩ**）、兆欧（**MΩ**），换算关系为 $1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$ ， $1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$ 。
- 具有一定电阻值的原件叫做**电阻器**，也叫做**定值电阻**，简称**电阻**，符号是 $\text{—}\square\text{—}$ 。
- **电流表的电阻很小**，**电压表的电阻很大**。
- 导体的电阻与导体的材料、长度、横截面积和温度有关。

- $R = \frac{U}{I}$.
- **电阻定律**，即同种材料的导体，其电阻 R 与它的长度 l 成正比，与它的横截面积 S 成反比. 导体电阻还与**材料**有关. 有：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2.3)$$

ρ 叫做材料的**电阻率**（resistivity）.

- **金属的电阻率随温度的升高而增大**.
- 当温度降低到某一温度时，物质的**电阻变为零**，这种现象叫做**超导现象**. 发生超导现象的物质叫做**超导体**（superconductor），物质出现超导现象的温度叫做**临界温度**或**转变温度**.
- 用横坐标表示电压 U ，纵坐标表示电流 I . 画出的 $I - U$ 图像叫做导体的**伏安特性曲线**.
- 电流与电压成正比电学元件叫做**线性元件**. 电流与电压不成正比的电学元件叫做**非线性元件**.
- 能改变接入电路中电阻大小的原件叫做**变阻器**. 其作用包括保护电路、改变电流、控制电压.
- **滑动变阻器**的符号是  .

3 欧姆定律

3.1 电流与电压、电阻的关系

- 在电阻一定时，通过导体的电流与导体两端的电压成正比.
- 在电压一定时，通过导体的电流与导体的电阻成正比.
- 欧姆定律 (Ohm's law)，即导体中的电流，跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻成反比. 有：

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.4)$$

欧姆定律对金属、电解液适用，对半导体、电离气体不适用.

3.2 电阻的测量

- 伏安法测电阻，即利用 $R = \frac{U}{I}$ 测量电阻.
- 小灯泡是非线性元件，其伏安特性曲线如图.

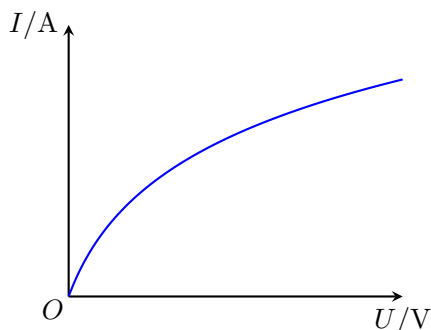


图 2.1 小灯泡的伏安特性曲线

3.3 串、并联电路中的分压、分流规律

- 串联分压，即 $U_1 : U_2 : \cdots : U_n = R_1 : R_2 : \cdots : R_n$.
- 并联分流，即 $I_1 : I_2 : \cdots : I_n = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \cdots : \frac{1}{R_n}$.

3.4 串、并联电路中电阻的关系

- 若电阻 R 产生的效果与两个电阻 R_1 和 R_2 产生的效果相同，则电阻 R 叫做 R_1 和 R_2 的等效电阻.
- 在串联电路中，有 $R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$ ，即串联电路中，等效电阻等于各串联电阻之和.

- 在并联电路中，有 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$ ，即并联电路中，等效电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和.
- 两个电阻 R_1 和 R_2 串联时，其等效电阻 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.

4 电功和电功率

4.1 电功和电能

- **电能** (electric energy) 可以转化为其他形式的能. 单位是**焦耳**, 简称**焦**, 符号是 **J**. 常用单位还有**千瓦时**, 简称**度**, 符号是 **kW · h**. 换算关系是 **1kW · h = 3.6 × 10⁶J**.
- 电流做的功叫做**电功** (electric work). 用 **W** 表示. 单位是**焦耳**, 简称**焦**, 符号是 **J**.
- 电流做了多少功, 就有多少电能转化为其他形式的能.
- 电功等于电压 U 、电流 I 和通电时间 t 的乘积, 即:

$$W = UIt \quad (2.5)$$

- 根据 $U = IR$, 电流通过电阻 R 做的功为:

$$W = I^2 R t \text{ 或 } W = \frac{U^2}{R} t$$

- 电功或电能的计量仪器叫做**电能表** (电度表).

4.2 电功率

- **电功率** (electric power) 是表示**电能做功快慢**的物理量. 用 **P** 表示. 单位是**瓦特**, 简称**瓦**, 符号是 **W**. 常用单位还有千瓦 (**kW**)、毫瓦 (**mW**). 换算关系是 **1kW = 10³W**, **1mW = 10⁻³W**.
- 电功率等于电流 U 和电压 I 的乘积, 即:

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (2.6)$$

- 根据 $U = IR$, 电流通过电阻 R 的电功率为:

$$P = I^2 R \text{ 或 } P = \frac{U^2}{R}$$

- 用电器正常工作时的电压叫做**额定电压** (rated voltage), 用电器在额定电压下工作时的电功率叫做**额定功率** (rated power).

4.3 焦耳定律

- 电流通过导体的电能转化为内能, 这种现象叫做**电流的热效应**.
- 电流的效应包括热效应、磁效应和化学效应.

- **焦耳定律** (Joule's law), 即电流通过导体产生的热量 Q 跟电流 I 的二次方成正比, 跟导体的电阻 R 成正比, 跟通电时间 t 成正比. 即:

$$Q = I^2 R t \quad (2.7)$$