

中学物理

tder

2025 年 1 月 12 日

责任编辑 tder
邮 箱 1218546874@qq.com
出版发行 X_qLaTeX
通信地址 北京, 中国
网 址 <https://github.com/tder6/Physics>
版 别 2025 年 1 月 12 日 第 1 版
定 价 無料

目录

第一部分 力学	1
1 运动和力的关系	3
1.1 牛顿第一定律	3
1.2 实验：探究加速度与力、质量的关系	3
1.3 牛顿第二定律	3
1.4 牛顿运动定律的应用	4
1.5 超重和失重	4
1.6 物理量与单位制	4
第二部分 热学	7
1 分子动理论	9
1.1 分子动理论	9
1.2 固体 液体 气体	10
2 内能	11
2.1 内能	11
2.2 比热容	11
3 热机	13
3.1 热机	13
3.2 热机的效率	13
4 热力学定律	14
4.1 系统内能的改变	14
4.2 热力学第一定律	14
4.3 能量守恒定律	14
4.4 热力学第二定律	15
第三部分 电磁学	17
1 电荷	19
2 电路	21
2.1 简单电路	21
2.2 电源	21
2.3 电流及其测量	21
2.4 电压及其测量	22
2.5 串、并联电路中电流、电压的规律	22

	2.6	电阻	22
3		欧姆定律	24
	3.1	电流与电压、电阻的关系	24
	3.2	电阻的测量	24
	3.3	串、并联电路中的分压、分流规律	24
	3.4	串、并联电路中电阻的关系	24
4		电功和电功率	26
	4.1	电功和电能	26
	4.2	电功率	26
	4.3	焦耳定律	26
5		磁	28
	5.1	磁现象	28
	5.2	磁场	28
	5.3	电流的磁感应	29
	5.4	电磁铁及其应用	29
	5.5	安培力与电动机	29
	5.6	电磁感应与发电机	29

第一部分 力学

这里是一段关于力学的介绍。

1 运动和力的关系

- **运动学** (kinematics), 即只研究运动而不涉及运动和力的关系的力学分支。
- **动力学** (dynamics), 即研究运动和力的关系的力学分支。

1.1 牛顿第一定律

- **牛顿第一定律** (Newton's first law), 即一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态, 除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态。
- 运动状态改变, 即一个物体由静止变为运动或由运动变为静止, 或一个物体的速度大小或方向改变了。
- 牛顿第一定律所描述的状态是一种理想状态, 不可能用实验直接验证。
- 牛顿第一定律的意义, 包括**发现了惯性**, **揭示了运动和力的关系并定义了力**, **定义了惯性参考系**。
- 物体保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质叫做**惯性** (inertia)。牛顿第一定律也叫**惯性定律**。
- 惯性是物体的**固有属性**。一切物体都具有惯性。
- 力不是维持物体运动状态的原因, 而是改变物体运动状态的原因。
- 牛顿第一定律是否成立与参考系的选择有关。
- 牛顿第一定律成立的参考系叫做**惯性参考系**, 简称**惯性系**; 牛顿第一定律不成立的参考系叫做**非惯性参考系**, 简称**非惯性系**。
- **所有惯性系对一切物理规律都是等价的**。

1.2 实验: 探究加速度与力、质量的关系

- **阻力补偿法**。

1.3 牛顿第二定律

- **牛顿第二定律** (Newton's second law), 即物体加速度的大小跟它受到的作用力成正比, 跟它的质量成反比, 加速度的方向跟作用力的方向相同, 即:

$$a \propto \frac{F}{m} \text{ 或 } F = kma$$

其中 F 是物体所受的**合力**。

- **规定**使质量为 1kg 的物体获得 1m/s^2 的加速度的力为 $1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ ，并叫做**牛顿**，符号是 **N**，即 $1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ ，此时 $k = 1$ 。即：

$$\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a} \quad (1.1)$$

- 牛顿第二定律的意义，包括**定义了质量**，**进一步揭示了运动和力的关系**。
- **质量**（mass）是描述物体惯性大小（物体运动状态变化难易程度）的物理量，也叫做**惯性质量**。
- 在国际单位制中，质量的单位是**千克**，符号为 **kg**。
- 质量大的物体惯性大。质量越大，物体的运动状态越难改变。
- 加速度是连接运动学和动力学的桥梁。

1.4 牛顿运动定律的应用

- **从受力确定运动情况**和**从运动情况确定受力**。
- **求加速度是关键**。

1.5 超重和失重

- 体重计的示数称为**视重**，反映了人对体重计的压力。
- 物体对支持物的压力（或对悬挂物的拉力）大于物体所受重力的现象叫做**超重**（overweight）。此时，**视重大于实重**，即 $F_N = m(g + a) > mg$ 。
- 物体对支持物的压力（或对悬挂物的拉力）小于物体所受重力的现象叫做**失重**（weightlessness）。此时，**视重小于实重**，即 $F_N = m(g - a) < mg$ 。
- 物体对支持物（或悬挂物）完全没有作用力的现象叫做**完全失重**。此时，**视重等于零**，即 $F_N = 0$ 。

1.6 物理量与单位制

- 物理量，应具有明确的定义和物理意义，可以用不同的方法测量，测量的结果用数值和相应的单位来表示。
- 物理学的关系式在确定物理量的数值之间的关系时，也确定了物理量之间的关系。
- 被选定的相互独立的物理量叫**基本物理量**，简称**基本量**，相应的单位叫做**基本单位**。
- 由基本量根据物理关系推导出来的其他物理量叫做**导出物理量**，简称**导出量**，相应的单位叫做**导出单位**。
- 基本单位和导出单位一起组成一个**单位制**（systems of units）。

- 1960 年第 11 届国际计量大会制定了一种国际通用的、包括一切计量领域的单位制，叫做**国际单位制**（Le Système International d’Unités），简称 **SI**。
- 力学中的基本量包括**时间**、**长度**、**质量**，基本单位包括**秒**、**米**、**千克**。

第二部分 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

- **分子动理论** (molecular kinetic theory), 包括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。

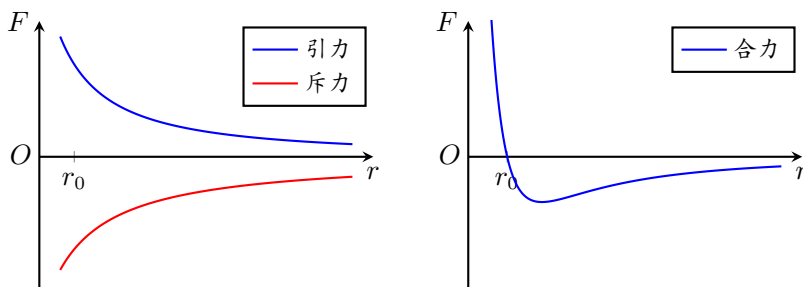


图 2.1 分子间的作用力与分子间的距离的关系

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 2.1 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 2.2 所示。

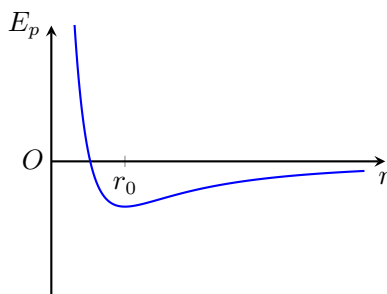


图 2.2 分子势能与分子间的距离的关系

- 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：

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta t} \quad (2.1)$$

- 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：

$$q = \frac{Q_{\text{放}}}{m} \text{ 或 } q = \frac{Q_{\text{放}}}{V} \quad (2.2)$$

- 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：

$$\eta = \frac{Q_{\text{有用}}}{Q_{\text{燃料}}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

- 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：

$$\Delta U = Q + W \quad (2.4)$$

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。

第三部分 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：

$$e \approx 1.6 \times 10^{-19} C \quad (3.1)$$

- 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：

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

- 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。
- 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。
- 电流强度是表示**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：

$$I = \frac{q}{t} \quad (3.2)$$

- 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 $1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$ ， $1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$ 。
- 具有一定电阻值的元件叫做**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：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3.3)$$

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**。
- 电流与电压成正比的电学元件叫做**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元件叫做**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：

$$I = \frac{U}{R} \quad (3.4)$$

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 3.1 所示。

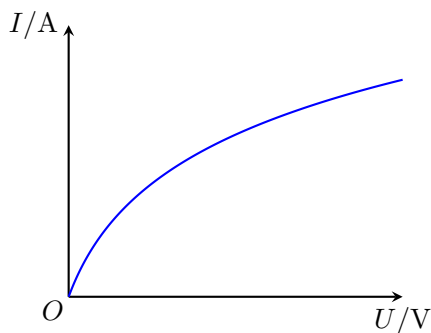


图 3.1 小灯泡的伏安特性曲线

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 并联时，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：

$$W = UIt \quad (3.5)$$

- 根据 $U = IR$ ，电流通过电阻 R 做的功为：

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

- 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**电流做功快慢**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 I 和电压 U 的乘积，即：

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (3.6)$$

- 根据 $U = IR$ ，电流通过电阻 R 的电功率为：

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

- 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:

$$Q = I^2 R t \quad (3.7)$$

5 磁

5.1 磁现象

- 能够吸引**铁、钴、镍**等物质的性质叫做**磁性**（magnestion）。
- 具有磁性的物体叫做**磁体**（magnet）。
- 磁性最强的两个部位叫做**磁极**（magnetic pole）。
- 能够自由转动的磁体，静止时由指向北方的磁极叫做**北极**（north pole）或**N 极**，指向南方的磁极叫做**南极**（south pole）或**S 极**。
- 磁极间相互作用的规律，即**同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引**。
- 原本没有磁性的物体在磁体或电流的作用下获得磁性的过程叫做**磁化**（magnestization）。
- 能够被磁化的物质统称为**磁性材料**。
- 磁性材料分为硬磁性材料和软磁性材料。
- 被磁化后能够长期保持磁性的材料叫做**硬磁性材料**（永磁体）。被磁化后不能长期保持磁性的材料叫做**软磁性材料**。

5.2 磁场

- **磁场**（magnestion field）的**基本性质**，即磁场对放入其中的磁体有力的作用。
- 磁场中的不同位置磁场的强弱和方向不同。
- **规定**小磁针静止时 **N 极所指的方向**为这点磁场的方向。
- **磁感线**（magnetic induction line）**不存在**，只是为了方便形象地描述磁场。
- 磁体外部的磁感线都是从磁体的 **N 极出发回到 S 极**。
- **磁感线疏密表示磁场强弱**。磁感线稀疏的地方磁场弱，磁感线密集的地方磁场强。
- 磁感线上某点的**切线方向**，既是放在该处的小磁针 **N 极的受力方向**，也是该点的**磁场方向**。
- 地球周围空间存在的磁场叫做**地磁场**。
- 地磁的 N 极在地理的南极附近，地磁的 S 极在地理的北极附近。
- 地磁场的两级和地理的两级不重合。
- 地磁场的磁感线分布跟条形磁体的磁场相似。
- 磁针所指南北方向偏离地理南北方向的角度叫做**磁偏角**。

5.3 电流的磁感应

- 奥斯特实验。
- 通电导线周围存在与电流方向有关的磁场，这种现象叫做**电流的磁效应**。
- 通电**螺线圈**（**线圈**）外部的磁场与条形磁体的磁场相似。
- **安培定则**（Ampere's rule）或**右手螺旋定则**（right-handed screw rule）。

5.4 电磁铁及其应用

- **电磁铁**（electromagnet），即**线圈**与**铁芯**的组合。
- 有电流时产生磁性，没有电流时失去磁性。
- 匝数一定时，**电流**越大，电磁铁的磁性越强。电流一定时，**匝数**越多，电磁铁的磁性越强。
- **继电器**是利用低电压、弱电流电路的通断，来间接地控制高电压、强电流电路通断的装置。
- **电磁继电器**是利用电磁铁来控制工作电路的一种开关。其工作电路由**低压控制电路**和**高压工作电路**两部分构成。

5.5 安培力与电动机

- 通电导线在磁场中受到力的作用，力的方向跟电流的方向、磁场的方向有关，这个力叫做**安培力**。
- **左手定则**（left-hand rule）。
- 电动机是将电能转化为其他形式能的装置。
- 电动机分为**直流电动机**和**交流电动机**。
- 电动机由转子和定子两部分组成。能够转到的部分（线圈）叫做**转子**，固定不动的部分（磁体）叫做**定子**。

5.6 电磁感应与发电机

- **闭合电路的一部分导体**在磁场中做**切割磁感线**运动时，导体中就产生电流，这种现象叫做**电磁感应**（electromagnetic induction）。产生的电流叫做**感应电流**（induction current）。
- **右手定则**（right hand rule）。
- 发电机是将其他形式能转化为电能的装置。
- 发电机分为**直流发电机**和**交流发电机**。
- 发电机由**转子**（转动部分）和**定子**（固定部分）两部分组成。

- 方向随时间变化的电流叫做**交变电流**（alternating current），简称**交流**，符号 **AC**。方向不随时间变化的电流叫做**直流电流**（direct current），简称**直流**，符号 **DC**。
- 交变电流的频率在数值上等于电流在每秒内周期性变化的次数。
- 我国电网以交流供电，频率为 **50Hz**。