

W
XUE

物理学

(下)

高等学校文科教材

刘监周 主编

黑龙江科学技术出版社

高等学校文科教材

物 理 学

(下)

刘监周 主编

黑龙江科学技术出版社

一九八五年·哈尔滨

责任编辑：翟明秋
封面设计：顾灵选

物 理 学 (下)

刘监周 主编

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

哈尔滨船舶工程学院印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787·1092毫米32开本9.125印张184千字

1985年8月第1版·1985年8月第1次印刷

印数：1-12,230册

书号：13217·144

定价：1.60元

目 录

第三篇 电磁学和光学

第二章 电流和磁场

- §3.2—1 稳恒电流..... (1)
- §3.2—2 基本磁现象..... (9)
- §3.2—3 磁场 磁感应强度 磁场力
..... (13)
- §3.2—4 电流的磁场..... (21)
- §3.2—5 磁场的高斯定理和安培环路定律
..... (27)

习 题

第三章 电磁感应和电磁场

- §3.3—1 电磁感应现象和有关基本定律
..... (35)
- §3.3—2 自感和互感 磁场能量
..... (43)
- §3.3—3 磁介质..... (50)
- §3.3—4 麦克斯韦电磁理论和电磁波
..... (52)

习 题

第四章 波动光学

- §3.4—1 光的干涉..... (71)
- §3.4—2 光的衍射..... (78)
- §3.4—3 光的偏振现象..... (90)

习 题

第四篇 近代物理

引 言

第一章 相对论

- §4.1—1 相对论产生的历史背景 迈克尔孙和莫雷实验..... (100)
- §4.1—2 狭义相对论基本原理 洛伦兹变换式..... (108)
- §4.1—3 狭义相对论的时空理论..... (115)
- §4.1—4 相对论力学..... (119)
- * §4.1—5 广义相对论大意..... (123)
- §4.1—6 相对论的哲学意义..... (133)

习 题

第二章 波和粒子

- §4.2—1 热辐射..... (139)
- §4.2—2 光电效应..... (148)
- §4.2—3 康普顿效应..... (151)
- §4.2—4 德布罗意波..... (154)

习 题

第三章 原子物理和量子力学

- §4.3—1 原子有核模型 原子光谱规律..... (161)
- §4.3—2 玻尔的氢原子理论..... (165)
- §4.3—3 测不准关系..... (172)
- §4.3—4 量子力学基本概念 薛定谔方程..... (174)

§4.3—5	一维势阱.....	(179)
§4.3—6	量子力学对氢原子的处理.....	(182)
§4.3—7	电子自旋.....	(188)
§4.3—8	原子壳层结构 元素周期表	(190)
* §4.3—9	激光.....	(198)

习 题

第四章 原子核和基本粒子

§4.4—1	原子核基本性质.....	(205)
§4.4—2	原子核的放射性衰变.....	(208)
§4.4—3	原子核结合能 核模型.....	(215)
§4.4—4	核反应 核能利用.....	(220)
§4.4—5	基本粒子的发现和分类.....	(225)
§4.4—6	守恒律.....	(234)
§4.4—7	强子结构的层子模型.....	(238)
§4.4—8	媒介粒子.....	(246)

习 题

* 第五篇 天体物理学

引 言

第一章 天体物理概念

§5.1—1	天象 恒星.....	(250)
§5.1—2	星系 星系团.....	(256)
§5.1—3	赫罗图和恒星的演化.....	(260)

习 题

第二章 宇宙论

§5.2—1	宇宙大尺度的观测事实.....	(268)
--------	-----------------	-------

§5.2—2 广义相对论宇宙论..... (270)

§5.2—3 大爆炸宇宙论..... (276)

习 题

附录 I 常用物理常数..... (279)

II 习题答案..... (280)

第三篇 电磁学和光学

第二章 电流和磁场

§3.2—1 稳恒电流

电荷的定向运动形成电流。由电子或离子相对于导体的定向移动所成的电流，叫做传导电流。在第一类导体（金属）中，电流是自由电子群相对于原子格架的定向移动形成的。在第二类导体（如酸及碱的水溶液等电解质）中，电流是离子群的定向移动形成的。另外，电子或离子，甚至宏观带电物体，在空间中作机械运动所成的电流，称为运流电流。传导电流很重要，通常遇到的大都是这种电流，如电流计指针偏转，导线变热等都是传导电流引起的效应。

在电学发展史上，人们首先认识静电现象，研究了静电的规律。在认识静电时，人们已观察到电能够传导，并发现放电现象。由于这些动电现象仅仅是瞬时的，当时没有并引起人们的重视。

对于动电（电流）的实验研究，是从十八世纪末叶意大利人伽凡尼(1737—1798)和伏特(1745—1827)的工作开始的。伽凡尼是一位医生兼解剖学教授。1789年，他在解剖实验中发现，如果一把叉子的两脚材料不同（例如铜和铁），用它来接触新切下来的青蛙后腿时，能使蛙腿抽动。伽凡尼解释为动物的电特性，称为“动物电”。伽凡尼将此事告知

物理学家伏特，伏特重复了伽凡尼的实验。研究结果认为蛙腿紧缩是一种无机效应，电是由两种不同金属接触时产生的。为了证实他的论点，伏特用一系列（约20对）铜片和锌片交替放置，中间隔着用盐水浸透过的衬料，组成所谓“伏特电堆”由此发明了第一个电池。当把两极端接在金箔验电器上，就看到金箔张开很大的角度。如用一根导线连接两极，就得到持续的电流，这电流能使导线发热。

电流强度 电流的强弱用电流强度来描述。单位时间内通过导体任一横截面的电量为电流强度

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (3.2-1)$$

式中 Δq 是在时间间隔 Δt 内通过横截面积 S 的电量。如果电流随时间而改变，就取在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时， $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ 的极限值为瞬时电流强度

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (3.2-2)$$

如果电流强度不随时间改变，就称这种电流为稳恒电流，或称直流电。电流强度是标量，并是代数量，电流的方向是电流沿导线循行的方向。

人们规定正电荷的运动方向为电流的方向。在金属中作宏观运动的电荷是电子，所以电流方向与电子移动方向相反。

在国际单位制中，电流强度的单位是安培，简称安，代号 A 。电流强度的单位是基本单位之一。当导线中通过1安培的稳恒电流时，1秒内流过任一横截面的电量为1库仑，

即

$$1 \text{ 库} = 1 \text{ 安} \cdot \text{秒}$$

所以库仑是导出单位。

欧姆定律 在静电学中说过，任何金属导体，当它们达到静电平衡状态时，内部的电场为零，这时金属中自由电子不作定向运动。

金属中形成电流依赖两个条件，（1）导体内要有自由电荷的供给，（2）导体内要维持一个电场，即维持一恒定的电势差。

一定导体中的电流强度由其两端的电势差而定。1826年，德国学者欧姆用实验证明：当温度不变时，对于给定导线，其中电流强度 I 与导线两端作用的电势差 V 成正比。比例系数用 $1/R$ 表示，即有

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{或} \quad V = IR \quad (3.2-3)$$

式中 R 叫做该导体的电阻。电阻表示导体的一种基本性质，作用一定电压 V ，电阻大的，电流小，电阻小的，电流大。上关系式表示的定律叫做欧姆定律。

金属导体的电阻与导体的材料，形状、大小以及所处的状态（如温度）等有关。实验表明：温度一定时，导体的电阻与长度 l 成正比，与横截面积 S 成反比，即

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3.2-4)$$

式中 ρ 叫做导体的电阻率，它与长度和横截面积无关，只与物质种类和状态（如温度）有关。

在国际单位制中，电阻的单位为欧姆（符号 Ω ）。电阻率

单位是欧姆·米 ($\Omega \cdot m$)。

下表列出几种常用金属和合金的电阻率。从表中看出，银、铜、铝等金属的电阻率很小；铁铬铝，镍铬等合金的电阻率较大。因此通常使用铜、铝用作导线，而用铁铬铝、镍铬等合金来做电炉，电阻器的电阻丝。

表3.2—1 几种常用金属和合金的电阻率

材 料	电阻率 (0°C) (欧·米)	材 料	电阻率 (0°C) (欧·米)
银	1.5×10^{-8}	铁铬铝合金	140×10^{-8}
铜	1.6×10^{-8}	(60%Fe, 30%Cr, 5%Al)	
铝	2.5×10^{-8}	镍铬合金	110×10^{-8}
钨	5.5×10^{-8}	(60%Ni, 15%Cr, 25%Fl)	

金属的电阻一般随温度的增加而增加。

金属中欧姆定律是准确地成立的。气体中和电子管，晶体管等器件中，欧姆定律不适用，但可以由式 $R = V/I$ 定义它们的电阻，不过这时它不再是常量。

电功率 焦耳——楞次定律 设有稳恒电流通过负载（如电灯，电动机等）。电流强度为 I ，两端电势差为 V ，那末在 t 时间内通过电荷 $q = It$ ，同时电场对电荷作功

$$A = qV = IVt \quad (3.2-5)$$

这功常称为电流的功，或称电功。即电流的功的大小等于电流强度 I ，负载两端的电压 V 和通电的时间 t 三者的乘积。相应地具有功率

$$N = \frac{A}{t} = IV \quad (3.2-6)$$

称为电功率。即电功率等于负载两端的电压 V 和通过的电流 I 的乘积。

在国际单位制中，电功和电功率的单位分别为焦耳（简称焦，记为 J ）和瓦特（简称瓦，记为 W ）。 $1\text{焦}=1\text{安}\cdot\text{伏}\cdot\text{秒}$ 。 $1\text{瓦}=1\text{安}\cdot\text{伏}=1\text{焦}\cdot\text{秒}^{-1}$ 。在电力工程中，通常用千瓦 (KW) 作功率单位，用千瓦·小时作电功单位。通常说的 1 度电，就指 1 千瓦·小时。 $1\text{千瓦}\cdot\text{小时}=1000\text{瓦}\times 3600\text{秒}=3.6\times 10^6\text{焦}=3.6\text{兆焦}$ 。

电流的功是在外电源供给能量并转化为其它形式能量的过程中作出的。转化能量的多少以电功为量度，

如果负载是纯电阻 R ，（比如电炉）则供给的电能全转化为电阻上的热。由欧姆定律 $V=IR$ ，代入上面式子，得电阻上消耗的能，即放出的热

$$Q = \frac{V^2}{R} t = I^2 R t \quad (3.2-7)$$

式中热的单位用焦。公式表明，电流通过导体时产生的热量正比于电流的平方，导体电阻以及通电的时间。这就是焦耳—楞次定律。电流通过电阻时所放出的热称为焦耳热。

如果负载不是纯电阻（如电动机），电流的功只有一部分转化为焦耳热。电流通过电动机绕组，电流的功大部分提供对外的机械功。电动机就是将电能转化为机械能的动力装置。

电源和电动势 带电体的电场不能把电路中电流维持下去。例如图 3.2—1(a) 所示， A 板带正电，电势为 V_+ ， B 板带负电，电势为 V_- 。如果用一金属导线 C 把两者连接起来，那末导线 C 两端的电势差为 $V = V_+ - V_-$ ，导线内部场

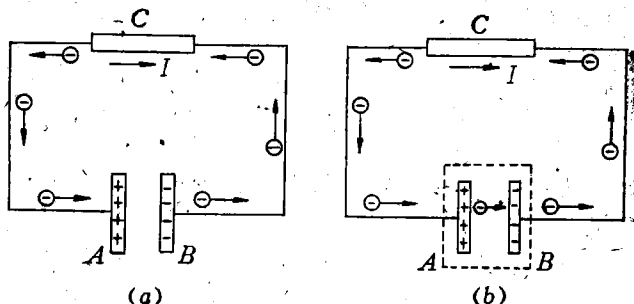


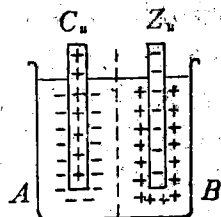
图3.2—1 电容器放电(a)和维持放电(b)

强不为零。于是导体内的自由电子在电场力作用下作宏观定向运动形成暂时电流。 B 板上的负电荷因不断流走而电势由原负值不断上升。同时自由电子流到 A 板与 A 板上正电荷中和，使 A 板电势逐渐下降。于是两极板的电势差随之减少，直到两极板的电势相等，电流也就停止。

为了在导体 C 中维持稳恒电流，必须要在它的两端维持有恒定的电压（即电势差）。如图3.2—1(b)，在上述过程中，我们设法把每一瞬时到达 A 板的负电荷经两极板之间不断地送回 B 板，就能维持 A 、 B 之间的电势差不变，导线 C 中也就能保持持久的电流。但是要把 A 板的负电荷经两极板间送回 B 板，依靠静电力是不行的，因为静电场刚好阻止自由电子向 B 板移动。为此，必须依靠某种与静电力本质上不同的非静电力。凡能够提供非静电力，使电荷在闭合电路中成循环流动的装置，叫做电源。各种电池和发电机都是电源。电源本身也是导体组成的。它是电路的一部分。

就电池而言，其中的非静电力是化学力。丹聂尔电池是一个典型。如图3.2—2，将一容器用多孔素瓷（未上釉）板

隔成两部分，分别盛入硫酸铜溶液和硫酸锌溶液，然后将铜棒和锌棒分别插入即成。Zn棒起着上述实验中B板的角色；将它插入ZnSO₄溶液中时，由于分子力（即化学力）作用，不断将Zn⁺⁺离子溶入液中，使锌棒带



负电，邻近棒的液层带正电，当Zn棒上堆积足够负电，液棒间建立的电场力恰足以阻止进一步溶解而达到平衡。铜棒起着A板的角色，将它插入CuSO₄溶液时，液中Cu⁺⁺离子由分子力（化学力）作用，不断沉积在Cu棒上使棒带正电，邻近液层带负电，当Cu棒上堆积足够正电，液棒间建立的电场力恰足以阻止进一步沉积而达到平衡。于是两棒之间具有一定的电势差。如用导线C将两棒连接起来，两棒上的电荷就流经C而得到中和。Cu棒和Zn棒上的电荷都减少，平衡受到破坏，于是分子力（化学力）起作用，Zn继续溶解，Cu继续沉积，棒上负电和正电都得到补充。两棒的电势差得以恢复。同时，溶液中伴有正负离子反向穿过多孔板向两棒移动，使C中电流得以继续，这就是电池作用的机理。

电源中流出电流处称为正极（记为+），如铜棒，流入电流处为负极（记为-），如锌棒。

电源的作用可引用电动势来描述。我们把单位正电荷绕闭合电路一周时非静电力对它所作的功定义为电源的电动势，用 ε 表示。

$$\varepsilon = \frac{A}{q} = \frac{1}{q} \oint \mathbf{F}_{\text{非}} \cdot d\mathbf{l} \quad (3.2-8)$$

电动势是标量，单位与电势相同，国际单位制中为伏特。丹聂尔电池的电动势约1.1伏。

电源所供给的能量以非静电力的功来量度。试看图3.2—3所示电流回路，当电路中的电流 I 为时，在 t 时间内经过电路任一截面的电量为 $q =$

It ，电源供给的能量等于 $q\varepsilon = \varepsilon It$ 。在整个电路中，这个能转换为电池外电路电阻 R 和电池内电路上电阻 r 的焦耳热。因此有

$$\varepsilon It = I^2 R t + I^2 r t$$

化简得

$$\varepsilon = IR + Ir = I(R + r)$$

(3.2—9)

就是说：在一简单闭合电路中，电动势等于电流强度与总电阻的乘积。称为闭合电路的欧姆定律。

电流与电阻的乘积称为电势降落。闭合电路的欧姆定律又可以叙述为：简单闭合回路中，电动势 ε 等于外电势降落 IR 与内电势降落 Ir 的总和。利用欧姆定律 $IR = V$ ，闭合电路的欧姆定律可写成

$$V = \varepsilon - Ir$$

(3.2—10)

用于电池即有：电池两端间的电压 V 等于它的电动势 ε 减去内电阻的电势降落 Ir 。

例题 设在图3.2—3所示的电路中，电池组的电动势为 $\varepsilon = 6$ 伏，内电阻为 $r = 2$ 欧，端电压 $V = 5.4$ 伏。试求流过电路的电流强度 I 和外电路电阻 R 。

解 由闭合电路的欧姆定律，得

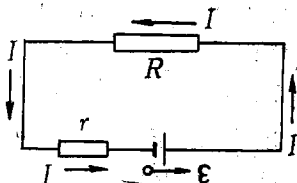


图3.2—3 简单回路

$$I = \frac{\mathcal{E} - V}{r} = \frac{6 - 5.4}{2} = 0.3 \text{ A}.$$

再由欧姆定律，得

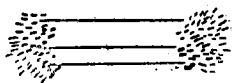
$$R = \frac{V}{I} = \frac{5.4}{0.3} = 1.8 \Omega.$$

§3.2—2 基本磁现象

实现稳定电流以后的重要发现是电流的磁效应。即电流能对磁针起作用。而磁铁对电流也起作用。在说明这些效应之前，还是先看一看人们早期对磁铁的认识。

磁铁 最早发现的磁现象是铁矿石能吸引铁屑的事实。铁磁石称为天然磁铁（主要成分是 Fe_3O_4 ）。我国古书上明确提出“慈石”能吸铁的最早记载是春秋战国时期（公元前六、七世纪），在《管子·地数》中就有“上有慈石者，其下有铜金”的记载。我们祖先很早制成指示方向的仪器，叫做“司南”。十一世纪我国北宋时期伟大学者沈括在他著的《梦溪笔谈》里明确记载了指南针。十一世纪末已将指南针应用于航海。指南针的发明与应用，我国比外国早一百至二百年。

将一根条形磁铁放在铁屑中取出，就发现磁铁的两端吸引的铁屑特别多，中区几乎没有铁屑，见图



3.2—4。这说明，条形铁磁的的两端磁性最强。磁铁上磁性最强的区域称为磁极。每个磁铁都有两个磁极。若用线将磁铁从中央悬挂起来，磁铁两端指向南

北。指北的一端称为**北极**，用 N 表示；指南的一端为**南极**，用 S 表示。两块磁铁的磁极之间有相互作用力存在，称为**磁力**；同号磁极互相排斥，异号磁极相互吸引。1600年，英国医生吉尔伯特(1544—1603)在他的著作《磁学》一书中正确地提出了悬吊着的磁针自动指向南北的真正原因是：地球本身也是一个巨大的磁铁。地球的磁北极在地理南极附近，地磁南极在地理北极附近。

正、负电荷能独立存在，磁极则不能。如图3.2—5，把磁铁折断，就观察到折断处又出

现新的一对磁极，再分也是一样。这是磁极与电荷的基本区别。

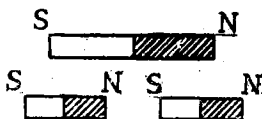


图3.2—5 磁铁
折断又出现磁极

人类对于电和磁现象的

认识在古代发展得非常缓慢。在较长的时间里，人们把磁现象和电现象看成彼此独立无关的两种现象，只是由于磁极间相互作用的性质和电荷间相互作用很相似，建立了类似的静磁学。

电流的磁现象 实际上电与磁之间有着密切的联系。首先发现这种联系的是丹麦物理学家**奥斯特**(1777—1851)。1819年冬季的一天，他在去讲课的路上产生了一个念头：如果静电对磁铁毫无影响，那末若用一根导线把电池的两极连接起来，让电荷在其中流动会不会对磁铁有影响？他在课堂上作这样的实验：把一长直导线放在指南针上方并和它平行。当把导线两端接到电池两极时，指南针偏转很厉害，见图3.2—6。于是发现电流的磁效应。