

刘监周 主编

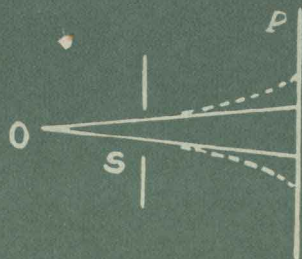
刘作喜 熊先树 副主编

高等学校文科教材

物 理 学

W U L I X U E

下 册



黑龙江科学技术出版社

高等学校文科教材

物 理 学

下 册

(修订版)

刘 监 周 主 编

刘 作 喜

副 主 编

熊 先 树

黑 龙 江 科 学 技 术 出 版 社

1987年·哈 尔 滨

责任编辑：翟明秋

封面设计：洪 冰

物 理 学

（下册）

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）

依安印刷厂印刷 · 黑龙江省新华书店发行

787×1091毫米22开本 9 印张 180千字

1987 年 6 月第 2 版 · 1987 年 6 月第 1 次印刷

印数：1—1969册

年号：13217·183 定价：1.85元

ISBN 7—5388—0026—3 / N · 5

目 录

第三篇 电磁学和光学

第二章 稳恒电流

§3.2—1 稳恒电流和电流强度 1

§3.2—2 欧姆定律和焦耳—楞次定律 3

§3.2—3 电源和电动势 6

习 题 9

第三章 稳恒磁场

§3.3—1 基本磁现象 11

§3.3—2 磁场 磁感应强度 磁感应线 14

§3.3—3 磁场力 18

§3.3—4 电流的磁场 25

§3.3—5 磁场的高斯定理和安培

环路定律 29

习 题 33

第四章 电磁感应和电磁场

§3.4—1 电磁感应现象和有关基本定律 36

§3.4—2 自感和互感 磁场能量 44

§3.4—3 麦克斯韦电磁理论和电磁波 50

习 题 62

第五章 波动光学

§3.5—1 人类对光本性认识的发展 66

§3.5—2	光的干涉	71
§3.5—3	光的衍射	78
习 题		86

第四篇 近代物理

引 言	88
-----	----

第一章 相对论

§4.1—1	力学的相对性原理	92
§4.1—2	斐索实验和迈克尔孙 ——莫雷实验	96
§4.1—3	狭义相对论基本原理	101
§4.1—4	洛伦兹变换和新时空理论	105
§4.1—5	相对论力学	113
§4.1—6	广义相对论	116
§4.1—7	相对论的哲学意义	125
习 题		128

第二章 光的量子性

§4.2—1	热辐射	131
§4.2—2	光电效应	139
§4.2—3	康普顿效应	143
习 题		145

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	148
§4.3—2	玻尔的氢原子理论	152
§4.3—3	德布罗意波	159
§4.3—4	测不准关系	162

§4.3—5	量子力学基本概念	
	薛定谔方程	164
§4.3—6	量子力学对氢原子的处理	169
§4.3—7	电子自旋	175
§4.3—8	原子壳层结构 元素周期表	177
习 题		186
第四章 新光源和新材料		
§4.4—1	激光	188
§4.4—2	全息照相	192
§4.4—3	半导体	194
习 题		203
第五章 原子核和基本粒子		
§4.5—1	原子核基本性质	204
§4.5—2	原子核的放射性衰变	207
§4.5—3	原子核结合能 核模型	214
§4.5—4	核反应 核能利用	218
§4.5—5	基本粒子的发现和分类	223
§4.5—6	守恒律	233
§4.5—7	强子结构的层子模型	237
§4.5—8	媒介粒子	244
习 题		246

第五篇 天体物理

引 言	248
第一章 恒星的运动和演化	
§5.1—1	恒星的距离、光度、质量和运动
	249

§5.1—2	星系·····	254
§5.1—3	恒星的演化·····	257
习 题	·····	265
第二章 宇宙论		
§5.2—1	宇宙大尺度的观测事实·····	266
§5.2—2	广义相对论宇宙论·····	268
§5.2—3	大爆炸宇宙论·····	274
习 题	·····	276
附录 I	常用物理常数·····	277
附录 II	习题答案·····	278

第三编 电磁学和光学

第二章 稳恒电流

§3.2—1 稳恒电流和电流强度

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，当时并没有引起人们的重视。

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）和伏打（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，如果取一个两脚材料不同（例如铜和铁）的叉子，用它的两脚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打，伏打重复了伽凡尼的实验。研究结果认为蛙腿收缩是一种无机效应，电是由两种不同金属接触时产生的。为了证实他的论点，伏打用一系列（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“伏打电堆”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

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (3.22-)$$

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，并且是代数量，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。

§3.2—2 欧姆定律和焦耳—楞次定律

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和出路，（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。

电阻率的倒数 γ ($\gamma = \frac{1}{\rho}$) 称为电导率。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%F1)	

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。这就是焦耳一楞次定律。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。

例题 设有电灯泡，标明用于 120 伏电压时有 60 瓦的电

功率。试求电灯泡的电阻。

解 先由电功率关系 $N=IV$ ，求出电流强度

$$I = \frac{N}{V} = \frac{60}{120} = 0.5 \text{ A}$$

再应用欧姆定律，就可求出电阻

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120}{0.5} = 240 \Omega$$

§3.2—3 电源和电动势

带电体的电场不能把电路中电流维持下去。例如如图 3.2-1 (a) 所示，A 板带正电，电势为 V_a ，B 板带负电，电势为 V_b ，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 $V = V_a - V_b$ ，导线内部场强不为零。于是导

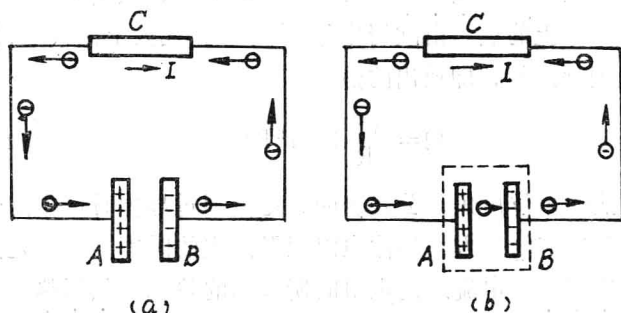


图 3.2-1 电容器放电 (a) 和维持放电 (b)

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 ZnSO_4

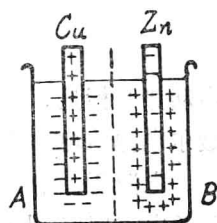


图3.2-2
丹聂尔电池

溶液时，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 CuSO_4 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 继续溶液，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 伏特。

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，当电路中的电流为 I 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

$$\varepsilon It = I^2 Rt + I^2 rt$$

化简得

$$\varepsilon = IR + Ir = I(R + r) \quad (3.2-9)$$

就是说：在一简单闭合电路中，电动势等于电流强度与总电

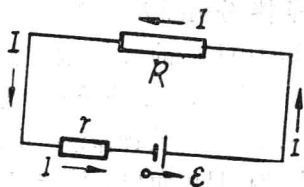


图 3.2-3 简单回路

阻的乘积。这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 $IR = V$ ，闭合电路的姆定律可写成

$$V = \varepsilon - Ir \quad (3.2-10)$$

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

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

再由欧姆定律，得

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

习 题

1. 将某电源接成闭电路，就有电流通过。是不是说，电源贮有丰富的电量，从它源源不断地流出电来而成电流？
2. 欧姆定律是不是可用于任何固体、液体和气体？试加说明。
3. 电动势与电势差（电压）在概念上有什么区别？
4. 表皮被损后的人体，其最低电阻为 800 欧。若有 0.05 安的电流通过人体，就有生命危险。求最低的危险电压？

5. 设有横截面直径为 1 毫米的铜导线共长 10 米。试求其电阻。

6. 有一提高重物设施用的直流电动机, 其内阻为 2 欧。在工作时电压为 220 伏, 电流为 4 安。试求: (1) 电流的功率, (2) 在电机中的热功率。

7. 一个 12 伏特的蓄电池组的内电阻为 0.05 欧。由于失误, 把电阻为 0.1 欧的跨接电缆与蓄电池组两端连接起来。试问

(1) 由蓄电池组流出的电流为多大?

(2) 在这跨接电缆上耗损了多大的功率? 发热速率是否大于 1000 瓦的灯泡?

8. 用电阻为 20 欧的导线接到电动势为 2.2 伏的电源两极上构成简单闭合电路。如果电流为 0.1 安, 试求电源的电阻和电源端电压。