



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
五年制高等职业教育文化基础课程教学用书

技术物理基础 (下册)

(工科类)

丁振华 编



五年制高等职业教育



高等教育出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
五年制高等职业教育文化基础课程教学用书

技术物理基础 (下册)

(工科类)

丁振华 编
徐建中 詹必文 主审

内容提要

本教材是根据全国五年制高等职业教育公共课程开发指导委员会 2000 年审定的《技术物理基础课程基本要求》编写的。教材在内容上精选了学生终身学习和后续课程学习必备的基础知识与技能,将与物理有关的新知识、新技术、新工艺及时反映到教材中来,使物理的基础性与技术性、物理原理与工程技术有机结合,突出了教材的实用性、先进性和职教特色。

全书分上、下两册,上册包括力学、热学;下册包括电磁学、光学、原子核基础知识、物理学与高新技术、物理学与环境保护等内容。本书内容通俗易懂,语言简练,插图丰富,可供五年制高职工科各专业使用,也可作为中职教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

技术物理基础.下册/丁振华编. —北京:高等教育出版社, 2005.2

ISBN 7-04-015639-3

I.技... II.丁... III.物理学—高等学校:技术学校—教材 IV.O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 116284 号

策划编辑	邵 勇	责任编辑	段宝平	封面设计	李卫青
版式设计	胡志萍	责任校对	杨雪莲	责任印制	孔 源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京铭成印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×1092 1/16	版 次	2005年2月第1版
印 张	11.5	印 次	2005年2月第1次印刷
字 数	270 000	定 价	19.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 15639-00

前 言

进入21世纪以来,我国五年制高等职业教育得到了迅猛发展,而编写与五年制高等职业教育发展水平相适应、定位科学准确、特色鲜明的五年制高职教材,是体现五年制高职教育特色的关键,这对深化高等职业教育改革,保证五年制高职人才培养目标的实现具有重要意义。

为此,本教材编写是以五年制高等职业教育培养目标为依据,以培养学生素质和能力为中心,以实践应用为主体,将与物理有关的新知识、新技术、新工艺及时反映到教材中来,突出教材的实用性、先进性和职教特色。教材重视对学生科学探究能力、创新意识及科学精神的培养。本书具有以下特点:

一、体现以学生学习为主体

教材是按照学生的学习心理规律来编写的。每章都有章首,在章首介绍了本章的主要内容,使在学习新知识之前,对本章内容有个大概了解。在每节内容前面,提出了本节内容的“知识目标”和“能力目标”,使学生带着明确的学习目标来学习这节内容。每节开头都创设情境,提出问题,让学生想一想,然后通过观察或实验,分析归纳得出物理概念和规律。有的章节还有“观察与思考”、“自己动手做”,这些内容着重培养学生观察能力、实验能力、分析问题和解决问题的能力。带“*”号的为选修内容,供不同学校、不同专业根据需要选用。

二、突出教材的实用性、先进性和职教特色

由于物理课是五年制高职工科各专业通用的一门重要的必修课,教材内容既要充分体现五年制高职培养的目标,兼顾到学生终身学习的需要,同时又要考虑到五年制高职物理课安排在一年级开设,仍属于初中后教育,不能随意拔高。因此,本教材在内容上精选了学生终身学习和后续课程学习必备的基础知识与技能,将与物理有关的新知识、新技术、新工艺及时反映到教材中来。在【知识窗】中介绍了与物理知识有关的高新技术,如神奇的 γ 刀等,用一章介绍物理学与高新技术的关系,如航天技术、通信技术、激光技术和纳米技术等,使物理的基础性与技术性、物理原理与工程技术有机地结合。这些内容既拓宽了学生知识面,又体现了教材的实用性、先进性和职教特色。

三、教材贴近学生生活,渗透“科学·技术·社会”教育

科学技术问题都是直接或间接与社会相联系的,让学生了解科学、技术对社会的积极作用和不利影响,了解科学、技术和社会问题是如何相互促进和发展的,有利于培养学生用联系、发展的观点看待问题,使学生觉得物理是有用的,是活生生的。因此,教材选择一些与生活联系密切的内容,如电冰箱的制冷原理、微波炉的原理、声音的传播与多普勒效应、物理学与环境保护等。这些内容贴近学生生活,联系社会实际,增加了学生对物理的兴趣,渗透了“科学·技术·社会”教育。

四、突出物理科学方法的教育

科学发展的历史表明, 每一个科学领域的新发现, 特别是具有重大意义的科学发现, 都为学习者提供了科学思维方式和科学研究方法。本书在编写中, 力求通过观察、实验、理想化模型、图像、等效、类比、假说、分析、综合、归纳、演绎等一系列物理科学方法的渗透和应用, 让学生了解研究问题的科学方法, 培养学生形成科学的世界观和方法论。

五、插图丰富、内容新颖

教材力求图文并茂, 每节内容都用大量贴近生活、具有真实感的彩色图片来提供知识信息, 或补充说明相关物理概念, 来帮助学生感知物理现象, 引发学生对学习物理的兴趣, 降低知识理解的难度。

本书适用于以初中毕业为起点的五年制高职物理课程的教学, 可供五年制高职工科各专业使用, 也可作为中职教材使用。

本书是在中国物理学会教学委员会职教分委会和中国教育学会物理专业委员会职教工委组织、指导下, 由徐州工业职业技术学院丁振华编写、山东建工学院张世忠主审。在编写过程中, 得到徐建中、牛金生、郝超、段超英、黄斌等同志及徐州工业职业技术学院领导的大力支持和帮助。在本书与广大读者见面之际, 谨向他们表示衷心的感谢。

编写本书时, 参考了许多文献资料, 在此对有关资料的编著者深表谢意。

由于编者水平有限, 加上编写时间仓促, 书中难免有不妥之处, 恳请读者批评指正。

编 者

2004年7月

目 录

第九章 直流电路	1	【物理学家】麦克斯韦和他的治学方法	87
9.1 电流 部分电路欧姆定律	1	*12.6 电磁波的发射和接收	88
9.2 电阻定律 超导现象	3	【知识窗】数字电视与数字电视机	90
【知识窗】超导技术的应用	5	复习题	91
9.3 串联、并联电路的性质和作用	7	本章知识小结	93
9.4 电功 电功率 焦耳定律	10	第十三章 光的折射与光学仪器	94
【知识窗】电饭锅的加热、保温原理	15	13.1 光的折射与折射定律	94
9.5 电源电动势 全电路欧姆定律	16	13.2 光的全反射 光导纤维的应用	97
9.6 电阻的测量	20	13.3 透镜成像规律	101
复习题	23	13.4 透镜成像公式	105
本章知识小结	25	13.5 眼睛 放大镜 照相机	107
第十章 静电场的性质	26	【知识窗】数码相机	109
10.1 电场 电场强度	26	*13.6 显微镜 望远镜	110
10.2 电势能 电势 电势差	30	复习题	112
10.3 静电感应 静电屏蔽	34	本章知识小结	114
10.4 电容器 电容	37	第十四章 光的本性	115
10.5 电子射线管	41	14.1 光的波动性	115
*10.6 静电的应用和防止	44	14.2 光的电磁理论 电磁波谱	119
复习题	46	【知识窗】微波炉的工作原理	122
本章知识小结	48	14.3 光电效应 光电管	123
第十一章 磁场的作用规律	49	14.4 光的波粒二象性 *量子力学简介	126
11.1 电流的磁场	49	*14.5 光谱和光谱分析	127
【物理学家】安培和他的科学研究方法	52	本章知识小结	130
11.2 磁场对通电直导线的作用 安培定律	53	第十五章 原子核与核技术	131
11.3 磁场对通电平面线圈的作用 磁电式仪表	57	15.1 天然放射性现象	131
11.4 磁场对运动电荷的作用 显像管	60	【物理学家】杰出的女科学家——居里夫人	133
【知识窗】回旋加速器的原理及应用	63	15.2 人工核反应 原子核的组成	134
*11.5 磁介质 磁性材料	64	15.3 放射性同位素及其应用	136
复习题	66	【知识窗】神奇的 γ 刀	137
本章知识小结	68	15.4 核能 核技术	139
第十二章 电磁感应 电磁波	69	【知识窗】核电站	143
12.1 电磁感应	69	本章知识小结	145
12.2 感应电动势 电磁感应定律	73	*第十六章 物理学与高新技术	146
【物理学家】经典电磁理论的奠基人——法拉第	76	16.1 航天技术简介	146
12.3 交流发电机的工作原理 交流电	76	16.2 现代通信技术简介	151
12.4 变压器和日光灯的工作原理	79	16.3 激光技术的应用	154
12.5 电磁场 电磁波	83	16.4 纳米技术的应用	156

本章知识小结	160	17.4 光污染与控制	169
*第十七章 物理学与环境保护	161	本章知识小结	173
17.1 噪声污染与控制	161	附录一 法定计量单位 (I)	174
17.2 电磁污染与防护	164	附录二 汉英物理名词 (II)	175
17.3 放射性污染与防治	166	附录三 基本物理常量	176

第九章 直流电路

9.1 电流 部分电路欧姆定律

9.2 电阻定律 超导现象

【知识窗】超导技术的应用

9.3 串联、并联电路的性质和作用

9.4 电功 电功率 焦耳定律

【知识窗】电饭锅的加热、保温原理

9.5 电源电动势 全电路欧姆定律

9.6 电阻的测量

电能是当今用途最广泛的一种能源。生产中的机器和日常生活中的电视机、电风扇、电冰箱、空调等家电都是靠电来工作的。

为了有效地利用和控制电流，需要研究电路的基本规律和应用。在这一章里，我们将要学习有关电流、电阻定律、部分电路欧姆定律、电功、电功率、焦耳定律、全电路欧姆定律，以及电阻的测量等知识，这些内容都是电学中最基本、最重要的知识。这些知识不仅在日常生活经常用到，而且也是进一步学习电工学、电子学的基础。

9.1 电流 部分电路欧姆定律

知识目标

1. 理解恒定电流的概念和产生电流的条件。
2. 掌握部分电路欧姆定律及其表达式 $I = U/R$ ，明确欧姆定律的适用范围。
3. 理解伏安特性曲线的物理意义，知道什么是线性元件和非线性元件。

能力目标

1. 能用部分电路欧姆定律进行有关计算。
2. 培养学生应用欧姆定律分析处理实际问题的能力。

【读读想想】

如图9.1所示，逐渐增大灯泡两端的电压，可以看到灯泡逐渐变亮，电路中的电流也逐渐变大。那么，电路中的电流与电压有什么关系？

形成电流的条件 我们在初中已经学过，电荷的定向移动形成电流。因此，要在电路中形成电流，电路中首先要有自由移动的电荷。但是，只有自由电荷还是不能在电路中形成电流。如果把导体的两端分别接到电源的两极上，导体的两端就有了电压（电势差），这时导体中就形成了电场。这样，导体中的自由电荷在电场力的作用下定向移动，形成了电流。所以形



图 9.1

成电流必须有两个条件：一是物体内必须有自由电荷；二是物体两端要有电压（电势差）。

电流 在相同的时间内，通过导体横截面的电荷越多，电流就越强；电荷越少，电流就越弱。如果在时间 t 内通过导体横截面的电荷量是 q ，则比值 q/t 可以用来表示电流的强弱。

通过导体横截面的电荷量 q 跟通过这些电荷量所用时间 t 的比值，叫做电流，即

$$I = \frac{q}{t}$$

在国际单位制中，电流的单位是安培（A），简称安。电流的常用单位还有毫安（mA）和微安（ μA ），它们的关系是

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

电流可能是正电荷的定向移动形成的，也可能是负电荷的定向移动形成的，还可能是正负电荷同时向相反方向的移动形成的。习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流的方向（图9.2）。在金属导体中，电流的方向与自由电子定向移动的方向相反（图9.3）。而在电解液中，电流的方向与正离子定向移动的方向相同，与负离子定向移动的方向相反。

电流是标量，不是矢量。电流虽然有方向，但它的加减符合代数的运算法则，而不是平行四边形定则。

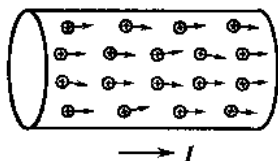


图 9.2

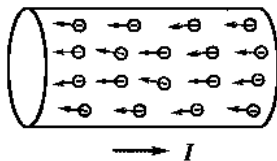


图 9.3

如果导体中电流的大小和方向不随时间变化，这样的电流叫做**恒定电流**，简称直流电。很明显，只有当导体两端保持恒定的电压时，导体中才能形成恒定电流。如果电压随时间作周期性变化（这种电压叫做**交变电压**），那么，导体内就形成了大小和方向随时间作周期性变化的**交变电流**，简称交流电。我们日常照明用的电就是一种交流电。本章研究的是恒定电流。

部分电路欧姆定律 在导体两端加上电压，导体中就有电流。导体中的电流 I 和导体两端的电压 U 之间有什么关系呢？德国物理学家欧姆于 1827 年经过精确的实验得出：通过一段导体的电流 I ，与导体两端的电压 U 成正比，与这段导体的电阻 R 成反比，即

$$I = \frac{U}{R}$$

这就是部分电路欧姆定律。

实验证明，欧姆定律适用于金属导体和电解液。如果电路中的电阻会随电流和电压变化（即电阻不是一个常量）时，欧姆定律就不适用。比如对于超导现象、气体导电（如日光灯管中的气体）和某些电器件（如晶体管），欧姆定律就不适用。

欧姆定律是直流电路的基本定律。在研究电路时，根据它所确定的 U 、 I 、 R 三者间的关系，如果知道其中任意两个量，就可以求出另外一个量。

【例题】 一个电阻两端的电压 $U_1 = 10 \text{ V}$ ，测得电流 $I_1 = 5.0 \text{ mA}$ 。若电压 $U_2 = 15 \text{ V}$ ，这时流过电阻的电流 I_2 有多大？

解法 1: 根据欧姆定律, 这个电阻为

$$R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{10}{5.0 \times 10^{-3}} \Omega = 2.0 \times 10^3 \Omega$$

于是

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{15}{2.0 \times 10^3} \text{ A} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

解法 2: 电阻不变, 电流与电压成正比, 所以

$$\frac{U_2}{I_2} = \frac{U_1}{I_1}$$

于是

$$I_2 = \frac{U_2}{U_1} I_1 = \left(\frac{15}{10} \times 5.0 \times 10^{-3} \right) \text{ A} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

伏安特性曲线 导体中电流与电压的关系还可以用图像来表示。横坐标表示电压 U , 纵坐标表示电流 I , 可画出 $U-I$ 图, 此图像叫做**导体的伏安特性曲线**。在金属导体中, 电流与电压成正比, 所以, 它的伏安特性曲线是通过坐标原点的直线 (图 9.4)。具有这种伏安特性曲线的电路元件叫做**线性元件**。

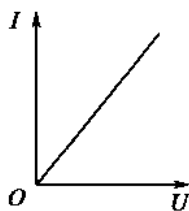


图 9.4

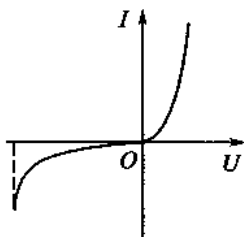


图 9.5

不符合欧姆定律的导体和器件, 电流和电压不成正比, 伏安特性曲线不是直线, 这种电学元件叫做**非线性元件**。例如, 晶体二极管就是一个非线性元件, 它的 $U-I$ 图像如图 9.5 所示。

习 题

1. 有一段导线的电阻为 5.0Ω , 作出它的 $U-I$ 图像。
2. 如图 9.6 所示, 两条伏安特性曲线分别与 R_1 、 R_2 两个电阻相对应, 求 R_1 、 R_2 的电阻值各是多少?
3. 设人体的最低电阻为 800Ω , 通过人体的电流只要不大于 50 mA , 就没有生命危险, 求人体的安全电压。
4. 某用电器两端加 6 V 电压, 通过的电流为 2.0 A , 如在电路中接 5 A 的保险丝, 该用电器两端的电压最多不能超过多少?

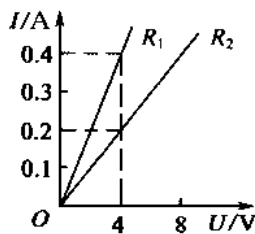


图 9.6

9.2 电阻定律 超导现象

知识目标

1. 理解电阻定律和电阻率的概念, 知道电阻率与温度的关系。

2. 了解超导现象。

能力目标

1. 能用电阻定律进行有关计算。
2. 会用所学知识分析实际问题。

【读读想想】

各种导体在常温下均存在电阻。有人说, 根据欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 可知, 电阻 R 的大小与电压 U 成正比, 与电流 I 成反比。这种说法对吗? 电阻的大小究竟与哪些因素有关呢? 大量电能输送 (图 9.7) 和使用过程中, 由于电阻发热而白白损耗掉了。能否找到没有电阻的物质呢?

电阻定律 在两端电压相同的条件下, 不同导体中的电流大小如果不同, 我们就说它们的导电性能有差异。衡量物体导电性能的物理量叫做电阻 (R)。在国际单位制中, 电阻的单位是欧姆 (Ω), 简称欧。也常用千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$) 作单位, 它们的关系是

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

物体的电阻大小与什么因素有关呢? 实验表明: 由同一种材料制成的粗细均匀的一段导体, 在一定温度下, 它的电阻 R 与它的长度 l 成正比, 与它的横截面积 S 成反比。这条定律叫做电阻定律, 可表示为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中的比例系数 ρ 叫做电阻率, 单位是欧姆米 ($\Omega \cdot m$), 简称欧米。电阻率大的材料, 导电性能差。表 9.1 列出了一些材料的电阻率。

表 9.1 几种常用材料在 $20^\circ C$ 时的电阻率

材 料	电阻率 / $\Omega \cdot m$	材 料	电阻率 / $\Omega \cdot m$
铜	1.7×10^{-8}	康铜	4.8×10^{-7}
银	1.6×10^{-8}	镍铬合金	1.0×10^{-6}
铝	2.8×10^{-8}	碳	3.5×10^{-3}
铁	1.0×10^{-7}	硅	2.3×10^3
钨	5.3×10^{-8}	电木	$10^{10} \sim 10^{14}$
锰铜	4.4×10^{-7}	橡胶	$10^{14} \sim 10^{16}$

不同材料的电阻率不同。一般把 $\rho < 10^{-6} \Omega \cdot m$ 的物体叫做导体, 把 $\rho > 10^8 \Omega \cdot m$ 的物体叫做绝缘体 (电介质), 介于两者之间的物体叫做半导体。有些绝缘体在很高的电压作用下会被击穿而成为导体。绝缘体若受潮, 绝缘性能会明显下降。

电阻率不仅与材料有关, 还与温度有关。金属材料在温度升高时电阻率变大, 利用金属电阻率随着温度升高而增大的特性, 可制成测量温度的电阻温度计。半导体的电阻率却随着温度的升高而减小。为了保证在不同温度下的测量精度, 一些精密测量仪器 (如多用表) 的电阻要用锰铜 (85 % 铜 + 3 % 镍 + 12 % 锰) 丝或康铜 (54 % 铜 + 46 % 镍) 丝绕制。这两种材料的电阻



图 9.7

率受温度的影响很小，常常用来制作标准电阻。

超导现象 1911年荷兰物理学家昂尼斯测量水银在低温下导电情况时发现，当温度低于4.2 K时，水银的电阻突然下降为零，这就是超导现象。当温度降低到某一低温时，某些材料的电阻率突然减小到零，这种现象叫做**超导现象**，处于这种状态的物体叫做**超导体**。

从那时起，科研工作者便开始寻找更高转变温度的超导材料。现已发现有十几种元素，几千种合金和化合物是超导体。对超导体的研究，是当今科研项目中最热门的课题之一，其内容主要集中在寻找更高转变温度（即临界温度）的超导材料和研究超导体的实际应用这两个方面。1930年，人们发现铌在9.2 K可转变为超导体。1973年人们又发现铌三锗（Nb₃Ge）的转变温度是23.3 K。1986年瑞士IBM实验室缪勒和柏诺兹最先成功地发现钡铜氧化物在30 K条件下可能存在超导性，并因此获得1987年的诺贝尔物理学奖。中国科学院上海硅酸盐研究所于1987年研制成功具有先进水平的钇钡铜氧陶瓷超导材料，其起始转变温度大于100 K，零电阻温度为95 K。目前，各国科学家正在积极寻找常温下的超导体。

知识窗

超导技术的应用

超导技术是当代凝聚态物理最重要的研究领域，是当代材料科学的一个重要前沿，超导技术又是一个有广泛应用和巨大发展潜力的高技术领域，在能源、信息、交通、仪器、医疗诊断技术、国防以及重大科学工程等方面都有重大作用。

高温超导输电电缆 高温超导输电电缆是超导强电应用中的一个重要方面，美国、日本、德国以及我国都相继开展了这方面的研究。研究表明，高温超导电缆的负载能力要比铜芯电缆高3~5倍，而负荷损失率可从8.0%降到0.5%。目前发电厂发出的电送到用户，大约有10%的电能为焦耳热损耗在输电线路路上。如果用超导输电电缆代替现在的导线输电，可节省大量电能。

高温超导变压器 1987年以来，随着高温超导材料的出现，研究人员研制了不同容量的高温超导变压器。1996年日本九州大学研制一台单相6.6 kV/3.3 kA、500 kW的超导变压器，运行于77 K下，效率为99.1%。当运行于66 K时，容量可提高到800 kW，效率达99.3%。日本九州大学工程系和超导磁铁研究中心应用超导材料研制出一台容量为72 kW的世界上最大的交流变压器。这台超导变压器用铌-钛合金作线圈导线，它的效率为98%，比普通变压器的效率高出2%~3%，且电压波动比小于0.5%，比普通变压器低得多，其体积也比普通变压器小十分之九，仅为 $(400 \times 200 \times 150) \text{ mm}^3$ 。

高温超导发电机 超导发电机与常规发电机相比，具有以下优点：超导发电机的体积小，重量轻，无热损耗，稳定性好。苏联和法国研制完成的高温超导发电机最大容量为 $3 \times 10^5 \text{ kW}$ ，美国和日本已研制完成的高温超导发电机容量分别为 $3 \times 10^4 \text{ kW}$ 和 $5 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

高温超导计算机 高速计算机要求集成电路（图9.8）芯片上的元件和连接线密集排列，但密集排列的电路在工作时会产生大量的热，而散热则是超大规模集成电路面临的难题。超导计算机中的超大规模集成电路，其元件间的连线是用接近零电阻的超导器件来制作，不存在散热问题。由于处于超导状态，超导计算机的耗电量会降到目前计算机的1/100以下。而利用超导材料制成计算机的开关元件，开、关时间快达 10^{-12} s 数量级，比半导体器件快1 000倍左右。



图 9.8 集成电路



图 9.9 超导磁悬浮列车

超导磁悬浮列车 1997年,日本试制了超导磁悬浮列车(图9.9),其关键部分是由两组超导电磁体构成的。超导电磁体能提供极强的磁场。产生很大的磁场力使列车悬离地面,在无接触、无摩擦的状态下实现高速行驶。这种超导磁悬浮列车不仅节省电能,而且超导磁悬浮列车避免了接触摩擦阻力,时速可超过 500 km/h。

超导精密仪器 在许多精密的仪器中,例如核磁共振仪(图9.10)、电子显微镜(图9.11)等对磁场都有非常严格的要求:磁场强度高、稳定性能好、磁感线均匀等。目前,95%左右的核磁共振仪都使用了超导磁体。使用超导磁体的核磁共振仪比使用常规磁体的核磁共振仪有以下优点:重量轻,磁场稳定性好;磁感应强度大,如中心磁场,前者约为后者的6倍,成像更为清晰等。



图 9.10 核磁共振仪



图 9.11 电子显微镜

超导技术将是21世纪具有战略经济意义的高新技术,常温超导材料一旦研究成功,超导体在磁悬浮交通工具、发电机、电力输送、电能贮藏,小型超级计算机、超导通信、传感器、核磁共振诊断装置等方面将得到广泛的应用,届时必将引起工业的深刻变革。

【观察与思考】

随着人民生活水平的提高,各种家用电器正在大量地进入千家万户。空调(图9.12)就是耗电量较大的用电器,为了线路的安全,安装空调的线路一般选用横截面积为 4 mm^2 或 6 mm^2 的铜芯导线。为什么安装空调的线路要选用较粗的铜芯导线?



图 9.12

习 题

1. 烧断电灯钨丝的现象通常发生在电路刚接通时候, 这是为什么?
2. 一根用于电学实验的铜导线, 长 $l = 0.60 \text{ m}$, 横截面积 $S = 0.50 \text{ mm}^2$, 它的电阻 R 是多少? 一根输电用的铜导线, 长 $l = 10 \text{ km}$, 横截面积 $S = 1.0 \text{ cm}^2$, 它的电阻 R 是多少? 为什么做电学实验时可以不考虑连接导线的电阻, 而对输电线路的导线电阻则要考虑?
3. 导线的电阻是 4Ω , 把它对折起来作为一条导线用, 电阻变为多少? 如果把它均匀拉长到原来的 2 倍, 电阻又变为多少?
4. 滑动变阻器的结构如图 9.13 所示, A 、 B 是金属丝的两个端点, C 、 D 是金属杆的两个端点, 可滑动的滑片 P 把金属杆与电阻丝连接起来。如果把 A 和 C 接线柱连入电路中, 当滑片 P 由 B 向 A 移动时, 电路中的电阻由大变小, 这是为什么? 为使接入电路的电阻由大变小, 你还可以设计出几种连接方案?

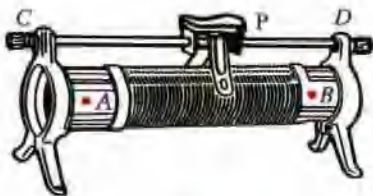


图 9.13 滑动变阻器

自己动手做

把一段长 10 cm 以上的铅笔芯, 按图 9.14 所示方式与电池、小电珠串联成电路。接点 A 、 B 距离 1 cm 左右时, 电珠发光。慢慢把 A 、 B 向外拉开距离, 你将发现电珠的亮光随之逐渐减弱; 直到刚好看不到电珠发光时, 划燃一根火柴, 用火焰顶部加热铅笔芯, 小电灯慢慢又发光了。火柴熄灭后, 小电珠又慢慢不亮了。

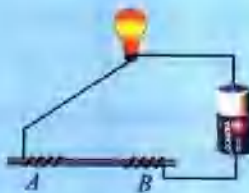


图 9.14

9.3 串联、并联电路的性质和作用

知识目标

1. 理解串联、并联电路的性质。
2. 理解串联电阻的分压作用和并联电阻的分流作用。
3. 理解小量程电流表改装成常用的电压表和电流表的原理。

能力目标

1. 能计算分压电阻和分流电阻。
2. 培养学生分析、解决实际问题的能力。

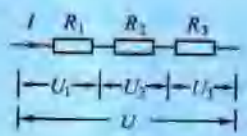
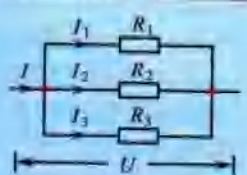
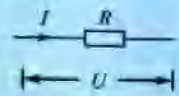
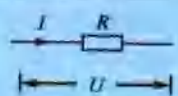
【读读想想】

如果在生产和生活中遇到电源的输出电压大于用电器的额定电压, 或者电源的输出电流大于用电器的额定电流, 我们怎么办? 例如, 有一个用电器的额定电压为 110 V , 而电源的输出电压为 220 V 。我们怎样做才能确保用电器正常工作?

人们常把用电器连接起来使用, 常用的连接方式有串联、并联和混联。用电器都有电阻, 因此, 可用电阻的连接来反映用电器的连接。

串联、并联电路的基本性质 串联、并联电路的基本性质如表 9.2 所示。

表9.2 串联、并联电路的基本性质

	串联电路	并联电路
电路图		
等效电阻		
总电流和通过各电阻电流的关系	$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$	$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
总电压和各电阻两端电压的关系	$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$	$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$
等效电阻和各电阻的关系	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$

串联电阻的分压作用 串联电路中通过各电阻的电流相同, 但各电阻两端的电压并不相等。根据部分电路欧姆定律可知

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, U_3 = IR_3$$

由此可见, 串联电路中各电阻两端的电压与它的阻值成正比, 阻值越大的电阻, 其两端的电压也越大。这就是**串联电阻的分压作用**。

【例题1】 仪表能测量的最大值, 叫做仪表的量程, 也称为满偏值。一只量程为 3 V、内阻为 3.0 kΩ 的电压表 (图 9.15), 要把它量程扩大到 15 V, 应如何改装?

分析: 用量程为 3 V 的电压表去测量超过 3 V 的电压, 流过电压表的电流将超过允许值, 可能烧毁电压表。因此, 可以给电压表串联一个电阻 R_2 (图 9.16), 让它分担超过 3 V 以外的那部分电压。



图 9.15 电压表

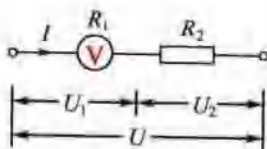


图 9.16

解: 电压表允许承担的最大电压 $U_1 = 3 \text{ V}$, 则串联电阻 R_2 应承担的电压为

$$U_2 = U - U_1 = (15 - 3) \text{ V} = 12 \text{ V}$$

因通过 R_1 、 R_2 的电流相等, 所以

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{U_1} R_1 = \left(\frac{12}{3} \times 3.0 \times 10^3 \right) \Omega = 1.2 \times 10^4 \Omega = 12 \text{ k}\Omega$$

讨论: 电阻 R_2 在电路中起分压作用, 因此叫做分压电阻。

并联电阻的分流作用 并联电路中各支路两端的电压相等, 但通过各支路的电流并不相等。根据部分电路欧姆定律可知

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

由上可见, 并联电路中各支路的电流与该支路的电阻成反比, 电阻大的支路分得的电流小, 电阻小的支路分得的电流大。这就是**并联电阻的分流作用**。

【例题 2】 一个量程为 0.6 A 、内阻 $R_1 = 0.1 \Omega$ 的电流表 (图 9.17), 要把它量程扩大到 3.0 A , 应如何改装?

分析: 量程扩大后的满偏电流 $I = 3.0 \text{ A}$, 超过电流表允许通过的电流 $I_1 (=0.6 \text{ A})$ 。因此, 要用一个电阻 R_2 与电流表并联来分流 (图 9.18)。



图 9.17 电流表



图 9.18

解: 流过 R_2 的电流为

$$I_2 = I - I_1 = (3.0 - 0.6) \text{ A} = 2.4 \text{ A}$$

并联电路各支路电压相等, 即

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

所以

$$R_2 = \frac{I_1 R_1}{I_2} = \frac{0.6 \times 0.1}{2.4} \Omega = 0.025 \Omega$$

讨论: 这里 R_2 的用途在于分流, 因而也叫做分流电阻。

混联电路 如果电路中的电阻连接方式, 既有串联又有并联, 这样的电路叫做**混联电路**。分析混联电路时, 首先要搞清各部分的连接方式, 然后根据串联、并联电路的基本性质, 对电路进行等效简化, 画出等效电路, 最后计算电路的总电阻。

【例题 3】 如图 9.19 所示, 电阻 $R_1 = 18 \Omega$ 、 $R_2 = 12 \Omega$ 、 $R_3 = 6 \Omega$ 、 $R_4 = 5 \Omega$, 求 A、B 之间的电阻 R_{AB} 。

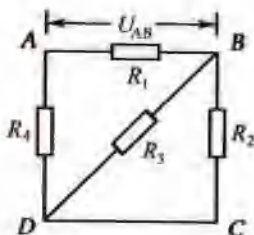


图 9.19

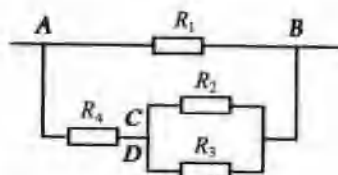


图 9.20

分析：找出所求电阻的两个端点 A 和 B ，然后将电路图等效变换，如图 9.20 所示。 R_2 与 R_3 并联后，再与 R_4 串联，最后再与 R_1 并联。

解： R_2 与 R_3 并联电阻为

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} \Omega = 4 \Omega$$

R_{23} 再与 R_4 串联后

$$R' = R_{23} + R_4 = (4 + 5) \Omega = 9 \Omega$$

最后再与 R_1 并联

$$R_{AB} = \frac{R_1 R'}{R_1 + R'} = \frac{18 \times 9}{18 + 9} \Omega = 6 \Omega$$

讨论：如果端点选取不同，各电阻的连接关系也会不同。请你用类似的方法求出 R_{AD} 、 R_{BD} 和 R_{AC} 。

【观察与思考】

为什么测电压时，要将电压表与被测电阻并联，而测电流时，要将电流表与被测电阻串联？为什么我们在计算电路中的电阻时，可以把电压表和电流表当成理想电表而不考虑表的电阻？

习 题

1. 串联电路的等效电阻是否一定大于电路中的每一个电阻？并联电路的等效电阻是否一定小于电路中的每一个电阻？

2. 有 3 只电阻，其阻值相等， $R_1 = R_2 = R_3 = 3 \Omega$ ，将它们适当连接，可得到几种连接方式？其阻值分别为多少？

3. 如图 9.21 所示，已知 $U = 30 \text{ V}$ ， $R_2 = 10 \Omega$ ， $R_3 = 30 \Omega$ ，通过 R_2 的电流为 0.6 A ，求各电阻上的电压和电阻 R_1 。

4. 一量程为 10 mA 、内阻为 100Ω 的电流表应如何分别改装成：(1) 量程为 0.6 A 的电流表？(2) 量程为 15 V 的电压表？（提示：电流表能测量的最大电压为 $U_1 = I_1 R_1$ ）

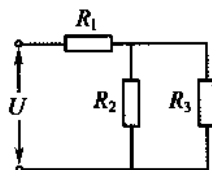


图 9.21

9.4 电功 电功率 焦耳定律

知识目标

1. 理解电功的概念，掌握电功的计算公式。
2. 理解电功率的概念，掌握电功率的计算公式。
3. 理解焦耳定律，知道电功率和热功率的区别。

能力目标

1. 能用电功的公式、电功率的公式和焦耳定律进行有关计算。
2. 通过常用电器的介绍，培养学生理论联系实际的能力。

【读读想想】

电饭锅（图 9.22）通电时能把饭煮熟，电动机（图 9.23）通电后能带动机器运转。在这样