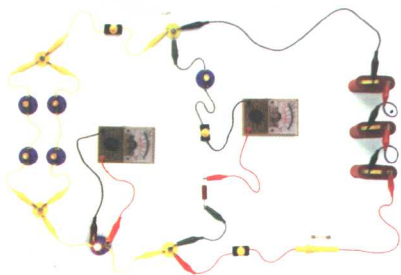


名师解惑丛书



电路

胡国保 编著

山东教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路/胡国保编著. — 济南: 山东教育出版社, 1998(2000 重印)

(名师解惑丛书)

ISBN 7-5328-2720-8

I. 电… II. 胡… III. 物理课—高中—课外读物
IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 02868 号

Handwritten signature and number 10

名师解惑丛书

电 路

胡国保 编著

出 版 者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)

电 话: (0531)2023919 传真: (0531)2050104

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发 行 者: 山东教育出版社

印 刷: 山东新华印刷厂临沂厂

版 次: 1998 年 9 月第 1 版 2001 年 4 月修订第 2 版
2001 年 4 月第 5 次印刷

规 格: 787mm×1092mm 32 开本

印 张: 5.875

字 数: 112 千字

书 号: ISBN 7-5328-2720-8/G·2498

定 价: 5.50 元

如印装质量有问题, 请与印刷厂联系调换

地址: 临沂市解放路 76 号 邮编: 276002

联系电话: (0539) 8222161 转 3009

再 版 说 明

“名师解惑丛书”出版发行以来,以其新颖的编写体例和缜密的知识阐述,深受广大读者青睐,曾连续多次重印。

近几年来,基础教育正发生深刻的改革:“科教兴国”战略深入人心,素质教育全面推进,与此同时,以“普通高等学校招生全国统一考试试卷”为主要载体,所反映出的高考招生改革信息和发展趋势,迫切需要广大教师和莘莘学子以新的视角和思维,关注并投身到这场改革之中。

有鉴于此,我们对“名师解惑丛书”进行了全面修订。此次修订将依然保持被广大读者认同的,每一册书为一个专题讲座的模式,围绕“如何学”,“如何建立知识间的联系”,“如何学以致用”等,帮助广大学生读者解决在学习知识和考试答卷过程中可能遇到的疑难问题。更重要的是,最新修订的“名师解惑丛书”在如何培养学生的创新精神和创造能力,联系现代科学技术及其在日常生产生活中的应用方面,做了较大的充实和修订……

丛书的编写者和出版者相信,您正在翻阅的这本书,将有助于您目前的学习。



作 者 的 话

电学是中学物理的重要内容之一。其中,有关电路——恒定电流电路和交变电流电路——的分析与计算,在电学学习中又占有相当的份额。因此,学好这部分内容是十分重要的。

为此,本书首先阐述了电流和电压这两个电路变量,以及电阻、电容、电感、电动势等电路参量。然后,在此基础上讲述了电路定律、电流的效应、电能的转化,并讲述了电路测量及故障寻踪的原理和方法。最后讲述了交变电流电路。本书在讲述知识的同时,注重介绍有关的物理学思想和方法,以及电路知识在现代生产与生活中的应用,以使同学们有所收益。

本书的例题是精选的,同学们可通过研读例题,构筑解题思路,掌握解题技巧;练习题是为巩固所学知识而精选的,同学们亦可在掌握有关知识后选做一些。

2000 年 12 月

作者简介 胡国保, 1963 年出生, 1981 年毕业于山东省泰安师范专科学校, 1987 年曲阜师范大学本科函授毕业。1993 年破格晋升为中学高级教师, 现在山东省泰安第二中学任教, 并担任校长助理, 山东省青年物理教师教学研究会副理事长, 泰安市中学物理教学研究会副理事长。1987 年获泰安市优秀科技辅导员, 1989 年获泰安市优秀教师, 1990 年获泰安市教学能手, 1996 年获山东省我为教育立新功先进个人, 1999 年获山东省富民兴鲁劳动奖章。曾在《大学物理》、《物理教学》、《教学仪器与研究》、《山东教育》等杂志上发表论文十余篇; 主编、参编《诺贝尔物理学奖金获得者传略》、《高中物理实验大全》、《高中物理学习分类指导》等书。

名师解惑丛书

《集合与函数》

《数列 极限 数学归纳法》

《平面三角》

《平面向量》

《不等式》

《直线和圆》

《圆锥曲线》

《线 面 体》

《概率与统计》

《微积分初步》

《复数》

《物体的平衡》

《物体的运动》

《牛顿运动定律》

《守恒定律》

《振动和波》

《气体的性质》

《电场和磁场》

《电路》

《电磁感应》

《氧化还原反应》

《电解质溶液》

《物质的量》

《物质结构与元素周期律》

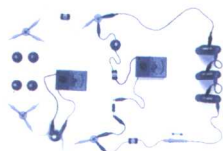
《非金属元素及其化合物》

《金属元素及其化合物》

《化学反应速率与化学平衡》

《烃及烃的衍生物》

名师解惑丛书



策划\孙永大

责任编辑\韩义华

装帧设计\革丽\戚晓东

ISBN 7-5328-2720-8



9 787532 827206 >

ISBN 7-5328-2720-8/G · 2498

定价: 5.50 元

山东教育出版社

目 录

引 言	1
-----------	---

一、恒定电流电路

(一) 电路变量: 电流和电压	3
1. 电流	3
2. 金属导体中的电流	5
3. 电解液中的电流	7
4. 稀薄气体中的电流	11
5. 电流的测量和电流表	12
6. 电压	15
7. 电压的测量和电压表	16
(二) 电路参数: 电阻、电容、电感和电动势	18
1. 电阻	18
2. 电阻定律	19
3. 电容	25
4. 电感	30
5. 电动势	32
(三) 电路定律	36
1. 部分电路欧姆定律	36
2. 电阻的串联、并联电路	37

3. 二端电阻网络的等效电阻	49
4. 分流和分压电路	56
5. 闭合电路欧姆定律	70
6. 等效电源	84
7. 基尔霍夫定律	91
(四) 电流的效应和电能的转化	92
1. 电功 电功率	93
2. 焦耳定律	107
3. 反电动势电路	109
(五) 测量和故障寻踪简述	112
1. 伏安法测量电阻	114
2. 用欧姆表测电阻	118
3. 伏安法测量电池的电动势和内电阻	121
4. 故障寻踪	125
5. 黑盒子问题	129

二、交变电流电路

(一) 交变电流的性质	131
1. 交变电流的公式和图象	131
2. 交变电流的有效值	136
3. 交变电流的平均值	140
(二) 单一无源参数的交变电流电路	141
1. 纯电阻交变电流电路	141
2. 纯电容交变电流电路	144
3. 纯电感交变电流电路	146

(三)非正弦式周期变化的电压和电流·····	148
(四)变压器与电能的输送·····	153
1. 变压器的工作原理 ·····	153
2. 剖析副线圈这一等效电源 ·····	154
3. 电能的输送 ·····	156
练习题·····	159
参考答案·····	175

引言

如众所知,人们对电路知识和规律的认识与研究,也和对其他科技知识的认识与研究一样,都经历了漫长的、曲折的过程.

18 世纪末,意大利著名医生伽伐尼受偶然发现的启迪,经进一步研究后,已经能用两种不同的金属与青蛙腿相接触而引起肌肉的痉挛.于是,伽伐尼电池诞生了.但他对此并不理解,认为这是青蛙体内产生了“动物电”.

伽伐尼的发现引起了意大利著名物理学家伏打的极大兴趣.经过一番研究,伏打于 1792 年将不同的金属板浸入一种电解液中,组成了第一个直流电源——伏打电池.后来,他利用几个容器盛了盐水,把插在盐水里的铜板、锌板连接起来,电流就产生了.

伏打电池的发明为后来的电路规律的

探讨和研究提供了必不可少的物质条件和理论基础。

1826年,德国物理学家欧姆提出了著名的欧姆定律。他在《化学与物理学杂志》上,发表了著名的公式 $X = \frac{a}{b+x}$; 1827年5月,欧姆又在《动电电路的数学研究》一文中,把他对伽伐尼电池电路的实验总结为 $S = \frac{A}{L}$ (即 $I = \frac{U}{R}$), 并明确地指出:在伽伐尼电池电路中,电流的大小与总电压成正比,与电路的总电阻成反比。

和其他新生事物一样,欧姆定律刚发表时,并没有为人们所普遍接受,就连柏林学会也未注意到它的重要性。只是后来随着科技进步和社会发展,欧姆定律的重要性才逐渐为人们所认识到。1845年,德国物理学家基尔霍夫扩展了欧姆的理论。他提出了用于计算电路中变量和参数的定律,即著名的基尔霍夫电流定律和电压定律。由此,对电路的研究又向前推进了一大步。

与此同时,英国著名物理学家焦耳对电流所做的功及热功当量进行了深入的理论探讨和大量的科学实验。1843年,焦耳发表文章指出:自然界的能量是不能消灭的,哪里消耗了机械能,总能得到相当的热量。这就是能量转化和守恒定律的最初表述。由此,焦耳又为电路研究赋予新的思想和内容。

进入20世纪以后,电路的知识和应用与人类的生产和生活已密不可分,并成为现代电工技术和电子技术的重要基础。因此,学好电路知识和规律,了解并掌握其中所富含的类比、等效等物理学思想和方法,对于培养学习兴趣,提高分析问题和解决问题的能力是大有裨益的。

一、恒定电流电路

恒定电流电路是电流方向和电流强度都不随时间改变的电路,简称直流电路.直流电路是一种最基本和最重要的电路,也是交流电路和电子电路的基础.

(一) 电路变量: 电流和电压

电流和电压是电路中最重要两个变量,一切用电器都必须明确提出对电流和电压的具体要求,所有电源也都必须明确指出它所能提供的电流和电压.

1. 电流

电荷的定向移动形成电流.要在物体中形成电流,物体中首先要有能够自由移动的电荷,叫做自由电荷或载流子.金属导体中的载流子是自由电子;电解液中的载流子是正离子和负离子;气体导电时的载流子一般是电子、正离子和负离子;半导体中的载流子是电子和空穴.此外,还存在真

空中的电流,如电子射线管中的高速电子流、同步加速器中的高速质子流等。

当在导体的两端加上持续的电压时,导体内部就建立起持续的电场,导体内的载流子开始做定向的运动。正载流子沿电场的方向定向运动,负载流子逆电场的方向定向运动,在导体内形成电流。

导体中的实际电流是复杂多样的,但在电路理论中,电流仅定义为正电荷的定向移动。这实际上是在电路的研究中所引入的一种等效方法,即不论何种载流子向何一方向运动,都将它等价为正载流子的定向运动,即一切电流都是与正电荷的定向运动等价的。在这一定义下,电流的方向自然就是正电荷定向移动的方向。

导体中的电流强度定义为通过导体横截面的电量跟通过这些电量所用的时间的比值:

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

式中, I 是电流强度(A)、 q 是电量(C)、 t 是时间(s)。

如果导体中同时有正、负两种载流子沿相反的方向通过某一截面,那么根据等效原理,负载流子的定向运动由与之反向的正载流子的定向运动来等价,这截面处的电流强度就应该利用下式来计算:

$$I = \frac{q_+ + |q_-|}{t}.$$

上式对半导体之类的固体、电解液之类的液体和各种气体导电时体内电流强度的计算都适用。注意,式中 q_+ 和 $|q_-|$ 的大

小并不一定是相等的,这在电解液的导电中将有明确说明。

2. 金属导体中的电流

金属导体中含有大量的自由电子,如 1m^3 铜中含有自由电子的数目约为 8.5×10^{28} 个。金属导体中之所以含有极为丰富的自由电子,是由于金属原子中的最外层电子极易挣脱原子核所施库仑引力的束缚,游离于晶格离子而自由运动。

当金属导体两端未加电压时,金属导体内部无外加电场,金属中的所有自由电子都不停地做无规则热运动,在任一时刻存在着任何方向的运动,对于导体的任一截面来说,任一时刻从两侧穿过该截面的自由电子的数目都相等,所以,不存在自由电子的定向运动,因而导体中无电流。

当金属导体两端加上外部电压时,导体中即时建立电场。导体中的自由电子都同时受到定向的电场力,并沿电场力的方向产生定向的加速运动。自由电子在金属中的定向加速运动由于不断地与晶格正离子碰撞而向各个方向弹射回来。继而又沿电场力的方向再加速,再碰撞。从大量自由电子的不断加速和频繁碰撞的整体效果来看,可认为它们以很微小的速度做定向运动。

这里应该区别两个不同的速度,一个是金属中电流的传导速度,另一个是金属中自由电子的定向运动速度。前者是很大的速度,相当于电磁波的传播速度;后者却是一个很微小的速度。例如,当横截面积为 2mm^2 的铜导线中存在 0.5A 的电流时,自由电子的平均定向移动速度仅为 $1.85 \times 10^{-5}\text{m/s}$,即每秒仅约移动 $18.5\mu\text{m}$ 。

那么,金属导体中自由电子的定向移动速度 v 跟电流强

度 I 间的关系如何呢?

图 1—1 表示一段圆柱形的金属导线, 两个横截面 A 、 B 之间的长度为 l , 自由电子的定向运动速度为 v , 导线中的电流强度为 I , 且已知这种金属中的自由电子的丰度为 n , 自由电子的电量为 e , 导线的横截面积为 S .

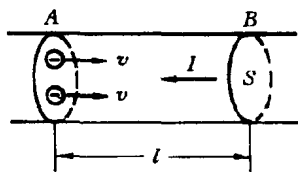


图 1—1

在金属中, 自由电子的丰度一般是以每个金属原子贡献一个自由电子来估算的, 用每立方米体积中自由电子的个数 n 来表示. 体积 lS 内自由电子的个数为 nlS , 这些电子的总电量为 $nlSe$. 在横截面 A 处的自由电子以速度 v 行进 l 的这段时间 $t = l/v$ 内, lS 内的自由电子的总电量必定全部通过横截面 B , 根据电流强度的定义公式有

$$I = \frac{q}{t} = \frac{nlSe}{l/v} = nSev.$$

式中, I 为电流强度(A), n 是自由电子的丰度(m^{-3}), S 是导体的横截面积(m^2), e 是基本电荷(C), v 是自由电子平均定向运动的速度(m/s).

由上式可知, 当金属材料 and 导体的横截面积都一定时, 式中 nSe 是常数, 于是电流强度 I 跟自由电子平均定向运动的速度 v 成正比.

理解 I 正比于 v 并不困难, 因为随着 v 的增大, 单位时间内通过一定横截面积的电量也就正比地增大, 由电流强度的定义公式, 这就是电流强度 I 的正比增大. 进一步分析可知, 自由电子平均定向运动的速度 v 一定与导体中建立的电

场强度 E 有关, 场强 E 又一定跟外加电压 U 有关, 所以, 对于一定的导体来说, 导体中的电流强度 I 一定决定于导体两端的外加电压 U . 这实际上就是理解欧姆定律的基础.

【例 1】一段同种材料的金属导体如图 1—2 所示, AB 段的横截面积 S_1 是 BC 段 S_2 的 2 倍, 当 AC 两端外加电压而形成电流时, 求 AB 段与 BC 段

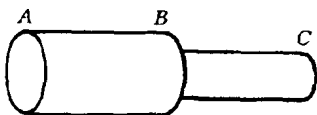


图 1—2

中自由电子平均定向运动的速度之比 $v_1 : v_2$.

解: 由于 AB 段和 BC 段是串联的, 所以两段中的电流强度 I 相同, 而且同一种材料的自由电子的丰度 n 相同, 基本电荷 e 是常数, 根据公式

$$I = nSev,$$

可得

$$S_1 v_1 = S_2 v_2,$$

所以,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{1}{2}.$$

3. 电解液中的电流

酸、碱、盐等电解质在高温熔融状态或在水溶液中都会发生电离作用, 离解为正离子和负离子, 它们都是可以自由移动的载流子. 在未加外部电压时, 这些载流子做无规则的热运动, 无定向运动而不显示电流. 当阴、阳两极板加外部电压时, 两极板之间的电解液中建立电场, 正、负离子各自在电场力的作用下向相反的方向做定向运动, 而在电解液中形成电流.

电解液导电时, 在电解液中是正、负离子的双向运动形成电流, 而在外部金属导线中却只是自由电子的单向运动形成