高中物理学习辅导丛书

高中物理

GAO ZHONG WU LI

物理通报编辑部编

河北教育出版社

高中物理学习辅导丛书

稳 恒 电 流

物理通报编辑部 编

河北教育出版社

高中物理学习辅导丛书

稳 恒 电 流

物理通报编辑部 编

河北教育出版社出版（石家庄市北马路45号）
沧州地区印刷厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092毫米 1/32 3.75印张 77,000字 印数：1—11,270 1987年8月第1版
1987年8月第1次印刷 统一书号：7509·79 定价：0.60 元

前　言

为了加强对高中学生课外学习的辅导，物理通报编辑部组织北京、天津、上海、浙江、河北等地部分有经验的教师编写了这套“丛书”。

“丛书”以广大高中学生为主要读者对象。书中渗透着编者多年积累的教学经验和体会。本书意在帮助读者建立起一些清晰的物理图象和基本概念。熟练掌握一些基本的物理规律，学会物理学的学习方法，以及用已学过的物理知识解决一些实际问题。在编写过程中，我们力求以提高学生学习物理的兴趣，克服“物理难”的思想情绪为出发点，达到活跃思想、开发智力，培养能力的目的。对提高学生平时的学习效果起到辅助作用。

“丛书”的内容，原则上限于高中阶段的知识范围，但对某些难度较大的问题加强了综合分析。全书共分十二册，每册包括基本概念的剖析、基本规律的阐述及应用中需要注意的问题等内容。每一单元后都有练习题，包括思考题、计算题、实验题等，书后附有习题答案。

本册对电学的基本问题之一——电路中通过稳恒电流时的规律作了详细剖析。内容包括各种基本电路的特性、全电路欧姆定律、电路中的能量转换问题、电源的性质及其在电路中的作用等。对电学中一些重要实验的思想方法及重要电工仪表也作了介绍。

在“丛书”初稿完成后，高等教育出版社胡南琦教授，以及京、津、冀的部分有经验的中学物理教师提出了许多宝贵的修改意见．我们还请部分在校高中学生试读，给我们提供了读者方面的意见和信息。在此一并表示感谢．

本书由杨雄生、王津瑜、邵醒凌同志执笔编写．

由于水平所限，缺点错误在所难免，欢迎读者批评指正．

物理通报编辑部

1986年元月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.

目　录

一、电流……（1）
（一）电流的概念……（1）
（二）形成电流的必要条件……（2）
二、导体的电阻　电阻定律……（5）
（一）电阻及微观解释……（5）
（二）电阻定律……（5）
（三）电阻率……（6）
三、欧姆定律……（9）
（一）欧姆生平简介……（9）
（二）欧姆定律……（11）
四、欧姆定律的应用……（13）
（一）比较电路中各点电势的高低……（13）
（二）讨论三种特殊情况下的电压值……（15）
五、电功　电功率……（19）
（一）电功……（19）
（二）电功率……（20）
六、焦耳定律……（23）
（一）焦耳生平简介……（23）
（二）焦耳定律……（24）
七、串联和并联电路……（27）
（一）串联电路……（27）
（二）并联电路……（29）
（三）混联电路的识别和等效电阻的计算……（31）

八、安培表和伏特表 ……（42）
（一）电流表……（42）
（二）安培表……（43）
（三）伏特表……（44）
（四）电流表和伏特表内阻的测定……（45）
（五）安培表和伏特表对测量结果的影响……（47）
九、电动势 ……（52）
（一）电源……（52）
（二）电动势和内电阻……（55）
十、全电路欧姆定律 ……（57）
（一）全电路欧姆定律……（57）
（二）路端电压……（60）
（三）全电路欧姆定律的应用……（61）
十一、电源的输出功率和效率 ……（66）
十二、并联电池组 ……（72）
十三、串联电池组 ……（78）
（一）串联电池组……（78）
（二）混联电池组……（80）
十四、电阻的测量 ……（84）
（一）伏安法……（84）
（二）欧姆表测电阻……（86）
（三）惠斯通电桥……（89）
十五、电源电动势和内电阻的测量 ……（93）
* 十六、含源电路 ……（98）
（一）含源电路的欧姆定律……（98）
（二）含有反电动势的电路……（99）
（三）全电路含源电路……（101）
练习题参考答案 ……（109）

一、电　　流

（一）电流的概念

电荷的定向移动形成电流。例如金属导体中自由电荷的定向移动，电解液里正、负离子沿着相反方向的移动，电视显象管中光电管中的电子流等，它们都是电荷的定向移动，因此都形成电流。

电流的强弱用电流强度这个物理量来描述。导体中的电流强度的定义是：通过导体横截面的电量跟通过这些电量所用时间的比值。如果在时间t内通过导体横截面的电量为q，那么电流强度为

$$I=\frac{q}{t}。$$

在国际单位制中，电流强度的单位是安培。即在1秒内通过导体横截面的电量是1库仑，则导体中的电流强度就是1安培，简称安，用符号A表示。常用的电流强度单位还有毫安（mA）和微安（μA），它们的换算关系是

1安培$=10^3$毫安

1毫安$=10^3$微安

电路中电流的方向规定为正电荷定向移动的方向。在金属导体中，电流是由自由电子移动形成的，此时电流的方向就是自由电子移动的相反方向。在电解液中电流的方向与

正离子移动方向相同，与负离子移动方向相反。在电视显象管和光电管中的电流是电子流形成的，这里电流的方向与电子流方向相反。

在计算电解液中的电流强度时，如果同时有正、负离子沿相反方向通过某一截面，则通过横截面的电量应该是正、负离子电量之和。例如在1秒钟内有0.5库仑的正离子通过电解液中某一截面向左移动，同时有0.5库仑的负离子通过同一截面向右移动，则通过此截面的电量应为1库仑。根据公式$I=\frac{q}{t}$，此时电流强度应为1安培，方向向左。而不能认为是0.5安培，更不能当作零。

（二）形成电流的必要条件

既然电流是电荷的定向移动，可见要形成电流，首先要有能够自由移动的电荷——自由电荷。金属导体中的自由电子，电解液中的正、负离子等都是自由电荷。如果只有自由电荷，但它们并没有作定向的运动则还不能形成电流。例如导体中存在大量的自由电荷，它们不停地做无规则的热运动，这种热运动中沿任何方向运动的电荷数，从统计角度看来都是相等的，所以从整体上看，并没有电荷的定向移动，因而也就没有电流形成。

另外，把导体放到电场中去，导体中的自由电荷在电场力的作用下就将做定向运动，从而形成电流。若放进电场中去的是一个孤立的导体，由于电荷的移动，导体很快就达到静电平衡状态，电流也随之消失。要想得到持续的电流，就必须使导体两端保持一定的电势差，电场力持续不断地推动

自由电荷做定向运动，形成持续的电流。

可见形成电流的两个必要条件是：存在自由电荷和导体两端有电势差。

如果导体中的电流的方向不随时间而改变，这样的电流就叫直流电。如果直流电的电流强度也不随时间而改变，这样的直流电叫稳恒电流。通常所说的直流电指的是稳恒电流。要想得到稳恒电流，则导体内的电场强度必须是恒定不变的，也就是说导体两端必须保持恒定不变的电势差，这是得到稳恒电流的条件。

当金属导体中有电流通过的时候，金属导体内自由电子定向移动的速率比起它们热运动的速率来，是很小的，在常温下自由电子热运动的速率约为10^5米／秒，而定向移动的速率仅有10^{-5}米／秒左右。这个定向移动的速率，通过下述例题便可以计算出来。

【例题】在一横截面积为1.0毫米^{2}的铜导线中，通有0.5安的电流，已知铜导线单位体积中的自由电子数为8.5×10^{28}个／米^3，电子电量为1.6×10^{-19}库，求自由电子定向移动的速率。

解 设铜导线的横截面积为S，单位体积内的自由电子数为n，自由电子定向移动的速率为v，电子电量为e，则在时间t内通过某一截面的电子数为nvt，通过这一截面的电量为$q=enSvt$，根据公式$I=\frac{q}{t}$，可得

$$I=nesv,$$

$$v=\frac{I}{neS}$$

$$= \frac{0.5}{8.5\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times1.0\times10^{-6}}\text{米/秒}$$

$$= 3.7\times10^{-5}\text{米/秒}。$$

练 习 一

1.在金属导体中取两个不同的截面积C和D，在1秒内垂直地通过它们的自由电子数相同，问通过这两个截面的电流强度是否相同？

2.如图1—1所示的电解池内，通电2秒钟有4库仑的正电荷和4库仑的负电荷通过截面AB，安培表的读数是多少？

3.导体中的电流强度为10安培，4秒钟内有多少电子通过导体的横截面？

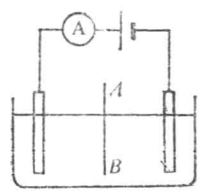

图1—1

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.

二、导体的电阻　电阻定律

（一）电阻及微观解释

金属导体中的电流是由自由电子的定向移动形成的，而金属导体中的电荷在定向移动中要受到阻碍作用，这种阻碍作用称为导体的**电阻**。

这种阻碍作用是怎样产生的呢？原来大量自由电子在定向移动中要跟金属原子发生频繁的碰撞，这种碰撞次数是非常巨大的，在1秒钟内可达到10^{15}次左右，正是这种频繁的碰撞。阻碍自由电子的定向运动，电阻是表示这种阻碍作用的物理量。

不仅金属导体有电阻，其它导体也都有电阻。

电阻的国际单位是欧姆，简称欧，用符号Ω表示。如果导体两端加的电压是1伏，通过导体的电流是1安，此时导体的电阻规定为1欧。

（二）电阻定律

导体的电阻是由它本身的性质和物理条件决定的。金属导体的电阻是由它本身的长度l，横截面积S，所用的材料和温度决定的。

在温度一定时，金属导体的电阻R跟它的长度l成正比，跟它的横截面积S成反比，用公式表示为：

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

这就是**电阻定律**。式中的ρ由导体的材料决定，叫做导体的电阻率。在国际单位制中，R的单位是欧姆，l的单位是米，S的单位是米^2，ρ的单位是欧姆·米。

（三）电阻率

电阻率ρ在数值上等于长度为1米、横截面积为1米^{2}的导体的电阻值。不同材料，电阻率的数值不同；同一材料，在不同温度下的电阻率也不一样。电阻率是材料的一个很重要的电学参量。表2—1中给出了几种材料在20℃时的电阻率。

表2—1　　几种材料在20℃的电阻率

材料名称	电阻率（欧·米）	材料名称	电阻率（欧·米）
银	1.65×10^{-8}	铁	9.8×10^{-8}
铜	1.75×10^{-8}	碳	3.5×10^{-5}
铝	2.62×10^{-8}	康铜	4.8×10^{-7}
钨	5.5×10^{-8}	镍铬丝	$1.0\sim1.2\times10^{-6}$

绝大多数金属材料的电阻率都随温度的升高而增大。例如白炽灯泡点亮时的灯丝电阻比原来大到十多倍，因为灯泡点亮后，灯丝温度升高，电阻率和电阻都随之增大。

实验表明，导体材料的电阻率随温度而变化的关系为：

$$\rho=\rho_0(1+\alpha t).$$

式中ρ_0为导体材料在0℃时的电阻率，ρ为在t℃时的电阻率，α称为导体材料的电阻温度系数，它的单位为1／度．下面略举几种常用材料的电阻温度系数（如表2—2）。

表2—2　　几种材料的电阻温度系数

材料名称	电阻温度系数（1/度）	材料名称	电阻温度系数（1/度）
银	3.6×10^{-3}	钨	4.4×10^{-3}
铜	3.9×10^{-3}	铁	6.2×10^{-3}
铝	4.2×10^{-3}	碳	-0.5×10^{-3}

在实际应用中，常用电阻率较小的材料来制成导线，以减少电能在导线上的消耗；在另一些场合，如电炉、电铬铁等发热元件，就要选用电阻率较大、熔点较高的铁铬铝或镍铬合金等材料。

有些合金如康铜、锰铜等，它们的电阻率几乎不随温度变化，因此常用这些合金做成标准电阻。

利用材料的电阻率随温度变化的性质，可以制成金属电阻温度计以及半导体温度计等。

还有一些金属氧化物，例如氧化银等半导体材料，它们的电阻率则是随温度的升高而减小的。

有些金属如铝、锡、汞等，在温度降低到接近绝对零度时，电阻突然变为零，这种现象叫做**超导现象**．超导现象的研究是现代物理学中很活跃的部门。

练 习 二

1.把一根铜丝拉长到长度为原来的两倍，它的电阻改变了多少？

2.甲乙两根导线，甲的电阻率是乙的4倍，乙的长度是甲的长度的3倍，甲的横截面积是乙横截面积的2倍。则两根导线的电阻之比是（　　）。

（1）1∶3；　（2）3∶2；

（3）2∶3；　（4）6∶1。

3.关于白炽灯泡灯丝的电阻，以下说法符合实际的是（　　）。

（1）开灯时电阻比关灯时大；

（2）灯越亮灯丝电阻越大；

（3）关灯时电阻比开灯时大；

（4）关灯与开灯电阻一样大。

4.导线长50米，横截面积4毫米^2，电阻是5欧姆，求导线材料的电阻率。

5.修理电动机时，为了节约铜，用铝线代替铜线，要求线圈的匝数和电阻不变，如果原来铜线的直径$\phi_1=1.2$毫米，应选用直径ϕ_2为多大的铝线？

三、欧姆定律

（一）欧姆生平简介

欧姆（1787—1854）是德国物理学家。1787年3月16日生于德国埃尔兰根。他父亲是一位熟练的铁匠。欧姆从小喜欢数学，在父亲的帮助下自学数学。青年时期在父亲的制锁作坊里劳动，练出一双灵巧的手。这对他后来从事电学实验，自己制作精密的电学仪表有很大的帮助。

欧姆曾在埃尔兰根大学求学，由于经济困难于1806年辍学去外地当家庭教师。1811年他重新回到埃尔兰根，并取得博士学位。1817年出版了他的第一部著作几何教科书。他被聘为科隆耶稣会学院的数学物理教师后，由于这里的实验设备良好，为他研究电学提供了有利条件。

欧姆从热传导的规律得到启示，导热杆中两点之间传递的热流跟两点间的温度差成正比。因此他想，导体中两点间的电流也许正比于这两点之间的某种驱动力，他把它称为验电力，即今天所称的电势差。

他花了很大的精力进行实验。如何获得稳定的电源，如何精确测量电流强度，是他实验中遇到的两个难题。开始，他用伏打电池作电源，由于工作不稳定，效果不好。后来采用温差电池（热电偶）作电源，从而获得了稳定的电流。他用改变热电偶的两个焊点的温度差来改变电池的电压（电压

跟温差成正比），进行了电流随电压变化的实验．关于电流强度的测量，他起初利用电流的热效应，由热胀冷缩来测量电流强度，这样很难得到预想的结果．后来，他巧妙地利用电流的磁效应制成了电流扭秤．用它来测量电流强度，取得了较精确的结果．

扭秤的指针是一根磁针，用金丝悬挂起来，如图3—1所示．磁针平行地位于通电导线的上方，电流产生的磁场将会引起磁针的偏转，磁针偏转角度跟导线中电流强度成正比．将金丝反向扭转使磁针回到原来的位置，读出金丝扭转角度，就能相应地测出电流强度的大小．

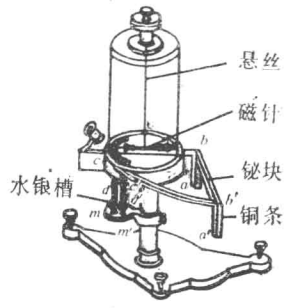

图3—1

欧姆还选用了一组截面积相同、长度不同的铜导线作外电路．他从多次实验中找到磁针偏角X跟导线长度x的关系：

$$X=\frac{a}{b+x}.$$

式中a、b为两个常数．

1826年他在《化学与物理杂志》上发表了《金属导电定律的测定》的论文，文中正式提出上述公式．这个公式与今天的全电路欧姆定律公式 $I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}$ 相比较，X和电流强度I相对应，x和外电路总电阻R相对应，a和电源电动势$\mathscr{E}$相对应，b和电源内电阻r相对应．这个公式相当于今天的全电路欧姆定律公式．

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.