

WULI

物理

第三册

青年自学丛书

四川人民出版社

青年自学丛书

物 理

第 三 册

主 编 成都市教育局

编写单位 成都市第七中学

成都市第四中学

成都市第八中学

执 笔 徐聘能 戴良平 朱兴元

四 川 人 民 出 版 社

一九七九年·成都

前 言

“一定要极大地提高整个中华民族的科学文化水平”。这是英明领袖华主席、党中央高瞻远瞩地向全党、全军、全国各族人民发出的庄严号召。这是激动人心的动员令，这是气吞山河的宣言书，这同样是对广大青年亲切的召唤。

青年是我们的希望，是我们的未来。为了适应广大青年向科学进军的需要，我们组织编写了一套“青年自学丛书”，供广大青年自学，在校中学生课外阅读和中学教师参考。

这套“青年自学丛书”的数理化部分，共十七册，即《数学》八册（《代数》三册、《几何》三册、《三角》二册）、《物理》四册、《化学》五册。考虑到这套丛书具有自学的特点，使读者学后能系统掌握基础知识和基本技能，编写时注意了基本理论、基本概念、基本规律和学习中难点的讲述，例题较详，习题较多，循序渐进，由浅入深，文字上努力做到生动活泼，明白易懂。同时，参照全国中小学通用教材教学大纲精神，还介绍了一些先进知识。要求通过对丛书的自学，使读者能达到高中或略高于高中的程度。

这是“青年自学丛书”的《物理》读本。按力学、分子物理学、热学、电磁学、波动学、光学和原子物理等方面的内容，编成四册。

这套丛书的编写出版，得到中共成都市委宣传部的亲切关怀和有关学校的支持。四川师范学院物理系协助了丛书《物理》读本的审稿工作。在此，我们谨致谢意。

由于时间仓促和编者水平所限，本书内容可能有缺点或错误。鉴于当前需要迫切，先以“试用本”出版，广泛听取意见。我们热忱欢迎广大读者批评指正，以便再版时修订。

编 者

一九七八年三月

序 言

电磁现象也是物质的一种运动形式，它与机械运动和热运动一样也普遍地存在于自然界之中。恩格斯说：“电和热一样，也具有某种无处不在的性质，只不过方式不同而已，地球上几乎没有一种变化发生而不同时显示出电的现象。”虽然如此，可是人们对电现象的认识，却比对机械运动和热运动的认识要迟缓得多。早在公元前七世纪，希腊哲学家泰利斯便发现了用毛织物摩擦过的琥珀，能够吸引轻小物体的现象，我国古代的书籍中也有“顿牟掇芥”的记载，可是一直没有引起人们的注意。大约经过两千年以后，直到公元1600年，英国医生吉柏又才发现用丝绢摩擦过的玻璃以及其它物体也具有与毛织物摩擦过的琥珀相似的现象，这才引起了人们的注意，并且第一次把这种现象叫做带电，从而才出现了电这个词。自此以后，又过了两百多年，直到十八世纪末叶，人们对电现象的研究才逐渐地开展了起来。1785年法国物理学家库仑，第一次用实验确定了电磁间相互作用力的规律，从而奠定了静电学的基础。1826年物理学家欧姆通过实验总结出了电路上的电流、电压和电阻三者之间的数量关系——欧姆定律，从而奠定了动电学的基础。1819年奥斯特发现了电流对磁针的作用，第二年安培又发现了电流方向和磁场方向的关系，这不仅第一次把电现象和磁现象联系了起来，同时

弄清了磁的本质，1833年法拉第总结出了电磁感应定律，因而奠定了电工学的基础，次年法拉第又总结出了电解定律，从而奠定了电化学的基础，1844年焦耳和楞次分别独立地发现了电与热的相互转换规律，从而揭露了电的本质。1837年法拉第又提出了电场和磁场的理论，在此基础上，麦克斯威于1864年又发展了电磁场理论建立起电磁场方程式，并且在1871年又提出了光的电磁学说，从而把电磁现象的研究推向了一个新的和更高级的阶段，进入十九世纪以后，电磁学的发展十分迅速，逐渐形成了一门系统的和完整的科学。并且推动了有关科学技术的蓬勃发展。例如光学，无线电电子学和原子核物理学等，都是在电磁学发展的基础上发展起来的。

在二十世纪七十年代的今天，电磁现象已经成为人们所熟悉的现象了，并且逐渐成为人类社会在生活和生产中所不可缺少的因素，在很大程度上也成为推动科学技术向更深更广的领域发展，用以认识自然、改造自然的有力工具了。

目前我国正处在社会主义革命和社会主义建设的新时期，全国人民正在以华主席为首的党中央领导下，为在本世纪末实现工业、农业、国防和科学技术四个现代化而努力。学习和掌握电磁现象的规律，对打好进一步学习和掌握科学技术的基础，是十分重要的。

目 录

第一章 静电场 (1)

第一节 静电现象

..... (1)

一、摩擦起电 (1)

二、两种电荷 (2)

三、导体和绝缘体
..... (5)

四、验电器 (6)

五、电子论和带电现象的解释
..... (7)

习题一 (10)

第二节 库仑定律
..... (10)

习题二 (16)

第三节 电场 电场强度
..... (17)

一、电场强度 (18)

二、电场力 (20)

三、电场强度的图示——电力线
..... (23)

四、匀强电场 (25)

习题三 (31)

第四节 电势 电势差
..... (34)

一、电势 (35)

二、电势差 (41)

三、电势差和电场强度的关系
..... (44)

四、点电荷电场的电势公式
..... (48)

五、等势面 (53)

习题四 (55)

第五节 电场中的导体和绝缘体
..... (59)

一、电场中的导体
..... (59)

二、导体上电荷的分布
..... (60)

三、静电感应 (65)

四、静电屏蔽 (71)

五、电场中的绝缘体
..... (72)

习题五 (77)

第六节 静电场在科学技术上的应用
..... (80)

一、基本电荷的测定——米里根油滴试验

.....	(80)
二、阴极射线管和电子射线管.....	(83)
三、带电粒子质量的测定.....	(86)
四、静电加速器.....	(88)
习题六.....	(90)
第七节 导体的电容 电容器	(91)
一、导体的电容.....	(91)
二、电容器.....	(93)
三、平行板电容器的电容公式.....	(97)
四、电容器的并联和串联.....	(100)
五、静电计.....	(105)
六、电容器中的电场能量.....	(107)
习题七.....	(109)
复习题.....	(111)
第二章 稳恒电流	(116)
第一节 电流 导体的电阻.....	(116)
一、电流.....	(116)
二、导体的电阻.....	(124)
习题一.....	(133)
第二节 电路 部分电路的欧姆定律	(135)
一、电路.....	(135)

二、部分电路的欧姆定律.....	(137)
三、电路的连接.....	(140)
四、分流电路和分压电路.....	(145)
习题二.....	(155)
第三节 电流的功和功率	(159)
一、纯电阻电路中的功能关系.....	(159)
二、电功.....	(160)
三、电功率.....	(162)
四、电能量.....	(169)
习题三.....	(171)
第四节 焦耳—楞次定律 法拉第电解定律	(174)
一、焦耳——楞次定律.....	(174)
二、法拉第电解定律.....	(179)
习题四.....	(189)
第五节 电源的电动势 全电路欧姆定律	(191)
一、电流.....	(191)
二、电源的电动势.....	(196)
三、全电路欧姆定律.....	(198)

四、电池阻·····	(205)	·····	(261)
习题五·····	(208)	三、通电环形导体的磁场	····· (265)
第六节 电路计算	····· (211)	四、通电环形螺线管的磁场	····· (267)
一、单回路电路··	(211)	五、磁导率·····	(268)
二、多回路电路 基尔霍夫	定律····· (218)	六、铁磁性材料的磁化 磁	滞····· (270)
三、桥式电路·····	(223)	七、磁性起源学说	····· (276)
习题六·····	(231)	八、电磁铁及其应用	····· (279)
复习题·····	(235)	习题二·····	(283)
第三章 磁场·····	(241)	第三节 磁场对通电导体	的作用····· (285)
第一节 永磁体的磁场	····· (242)	一、磁场对通电导线的作用	····· (285)
一、磁现象和磁体	····· (242)	二、磁场对通电线圈的作用	····· (292)
二、磁极间的相互作用	····· (243)	三、磁电式电表的工作原理	····· (296)
三、磁感应·····	(244)	四、直流电动机的工作原理	····· (300)
四、永磁体的磁场 磁力线	····· (245)	习题三·····	(302)
五、磁通量 磁感强度	····· (249)	第四节 磁场对运动电荷	的作用····· (305)
六、地磁场·····	(252)	一、带电微粒在磁场中运动	时受到的力—洛仑兹力
习题一·····	(255)	·····	(306)
第二节 电流的磁场	····· (257)		
一、通电直导线周围的磁场	····· (257)		
二、通电直螺线管的磁场			

二、带电微粒垂直于磁场方向飞入匀强磁场的运动情况	(309)
三、质谱仪	(314)
四、回旋加速器	(322)
五、磁流体发电原理	(325)
习题四	(328)
复习题	(330)

第四章 电磁感应

第一节 导体的电磁感应	(338)
一、导体中电磁感应现象的产生	(339)
二、导体中感应电流方向的判定 右掌定则	(341)
三、导体中感应电动势的大小	(343)
习题一	(350)
第二节 线圈的电磁感应	(353)
一、线圈中电磁感应的产生	(353)
二、线圈中感应电流方向的判定 楞次定律	(355)
三、线圈中感应电动势的大	

小 法拉第电磁感应定律	(360)
习题二	(368)

第三节 自感电动势

一、自感现象的产生	(372)
二、自感电动势 自感系数	(374)
三、自感电动势的利用和避免	(376)
习题三	(377)

第四节 涡电流

一、涡电流的产生	(379)
二、涡电流的利用和避免	(380)
复习题	(381)

第五章 交流电 交流电路

第一节 交流电的产生和变化规律	(387)
一、交流电的产生	(387)
二、交流电的变化规律	(388)
习题一	(394)
第二节 交流电的振幅、频率、周期和初相位	

.....	(394)
一、交流电的振幅···	(394)
二、交流电的频率、周期	
.....	(395)
三、交流电的初相位	
.....	(397)
四、交流电的相位差(398)	
习题二·····	(401)
第三节 正弦交流电的旋	
转矢量表示法	
.....	(402)
习题三·····	(406)
第四节 交流电的有效值	
和平均值·····	(407)
一、交流电的有效值(407)	
二、交流电的平均值	
.....	(409)
习题四·····	(410)
第五节 交流发电机	
.....	(410)
第六节 三相交流电	
.....	(412)
一、三相交流电的产生	
.....	(412)
二、三相电路的连接法	
.....	(414)
三、三角连接法(即 Δ 连接	
法)·····	(421)
习题五·····	(426)

第七节 纯电路···(426)

- 一、纯电阻电路···(427)
- 二、纯电感电路···(428)
- 三、纯电容电路···(431)
- 习题六·····(435)

第八节 电阻、电感、电 容串联电路

..... (436)

- 一、R-L-C串联电路中电
流和电压间的数量关系
- (436)
- 二、阻抗·····(437)
- 三、R-L-C串联电路中电
流和电压间的相位关系
- (438)
- 四、串联谐振·····(439)
- 五、R-L串联电 路和 R-C
串联电路·····(443)
- 习题七·····(445)

第九节 交流电的功率

功率因数·····(445)

- 一、交流电的功率···(445)
- 二、功率因数·····(449)
- 三、功率因数的提高
- (451)
- 四、三相交流电的功率
- (454)
- 习题八·····(456)

第十节 变压器···(457)

- 一、变压器的用途···(457)

二、变压器的基本结构和工 作原理……………	(459)
三、变压器的种类…	(463)
四、变压器的损耗和效率 ……………	(464)
习题九……………	(469)
复习题……………	(469)
第六章 电子技术基础 ……………	(471)
第一节 半导体…	(471)
一、什么是半导体…	(471)
二、半导体的特性…	(472)
三、半导体物质的内部结构 ……………	(473)
四、半导体中的载流子 ……………	(474)
五、N型半导体和P型半导 体……………	(475)
习题一……………	(477)
第二节 PN结…	(477)
一、PN结的单向导电性 ……………	(478)
二、PN结的形成…	(479)
三、PN结单向导电性的解 释……………	(481)
习题二……………	(482)
第三节 晶体二极管 ……………	(482)
一、晶体二极管的基本结构 ……………	(482)

二、二极管的伏安特性曲线 及主要参数…	(483)
三、二极管正、负两个电极 的判别……………	(484)
习题三……………	(486)
第四节 晶体二极管整流 电路……………	(486)
一、什么叫整流? …	(486)
二、半波整流电路…	(488)
三、全波整流电路…	(490)
四、桥式整流电路…	(492)
五、滤波器……………	(493)
习题四……………	(497)
第五节 晶体三极管 ……………	(498)
一、晶体三极管的基本结构 ……………	(498)
二、晶体三极管内电流的形 成……………	(500)
三、晶体三极管的放大作用 ……………	(502)
习题五……………	(504)
第六节 晶体三极管的特 性曲线……………	(504)
一、三极管的输入特性曲线 和输出特性曲线(504)	
二、三极管的工作点(507)	
三、三极管的偏置电路 ……………	(509)
复习题……………	(511)

第一章 静 电 场

前面讲过，电现象也是物质的一种运动形式。我们知道，运动是绝对的，但是要认识运动，则必须从运动的相对性入手，在一定的条件下，物质的运动可以处于暂时的平衡状态，即相对的静止状态，静电学就是研究处于平衡状态下的电运动规律的一部分知识。

一切电现象都是由电场的作用而引起的，静电学这一章，就是研究静电场的性质和在静电场的作用下所引起的有关电现象的特点和规律的一部分知识。它是学习整个电学或电磁学的基础。

第一节 静电现象

一、摩擦起电

公元前七世纪，希腊哲学家泰利斯发现用毛织物摩擦过的琥珀，有吸引轻小物体的本领，我国汉代的自然科学家王充，在他所著的论衡一书中也有“顿牟掇芥”的记载。所谓顿牟，就是琥珀，所谓掇芥，就是吸引轻小物体的意思。直到公元1600年，英国医生吉柏才发现，不仅被毛织物摩擦过的琥珀具有吸引轻小物体的作用，而且用丝绢摩擦过的玻璃或其它很多物体，也具有吸引轻小物体的作用。当时人们把这

种具有吸引轻小物体的现象叫做带电。从此以后才出现了“电”这个名词。“电”这个词的原意就是“琥珀化”的意思。

物体具有吸引其它轻小物体的现象叫做带电，或者说物体上有了电荷。所谓电荷，就是物体上所带的电。物体上所带电荷的多少叫做电量。电量一般用 q 来表示，电量的单位叫做库仑。库仑这个单位的规定将在第二章中加以介绍。

使物体带电的方法叫做起电，起电的方式有很多种，其中最常见的一种叫做摩擦起电。所谓摩擦起电，就是两种不同的物体充分接触以后再分开，就能使两种物体分别带上等量异种电荷的现象。摩擦的作用只不过是使物体充分接触而已。摩擦起电的现象在自然界和日常的生活和生产中，也是经常发生的。例如炎热的夏天，由于空气的对流、摩擦而使云层带电。高速行驶的汽车和火车与空气相摩擦而使车箱带电，在干燥的冬季，若用梳子梳头发时也可以使梳子和头发带电等等。

二、两种电荷

直到现在，无数实验事实证明，自然界中只存在着两种电荷。一种是与绸子摩擦过的玻璃棒上所带的电相同的电荷，通常把它叫做正电荷，用符号“+”来表示。另一种是与毛皮摩擦过的硬橡胶棒上所带的电相同的电荷，通常把它叫做负电荷，用符号“-”来表示。两种电荷之间存在着相互作用力，电荷之间的相互作用，可以用下列实验来加以研究。如（图1.1）所示，用一根铜丝制成一个如图中a所示的支架，再用一根长10~12厘米、内径约为2~3毫米的玻璃管，用酒精灯把它的一端烧熔封闭起来，并把它的封闭端竖直插在一块木板上，然后把做好的支架插入玻璃管中，这

时，支架可以在玻璃管中自由转动。实验时先把一根用绸子摩擦过的玻璃棒平放在支架上，如图中 b 所示，再把一根用绸子摩擦过的玻璃棒与放在支架上的玻棒相靠近，可以看到放在支架上的玻棒，会被排斥而发生转动。如果把一根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒靠近支架上的玻棒时，可以看到，玻棒会被

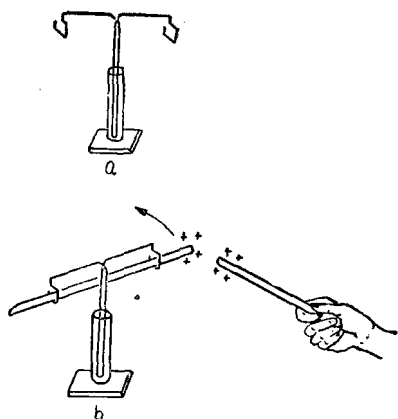


图 1.1

吸引而发生转动。把支架上的玻棒换成用毛皮摩擦过的硬橡胶棒作同样的实验时，也可以产生同样的现象。由此可见，两种电荷间的相互作用是：同种电荷相排斥、异种电荷相吸引。

利用电荷之间的相互作用，还可以作一些有趣的实验，如图1.2所示，用两根等长的细丝线并排悬挂两个通草球，如果把用绸子摩擦过的玻璃棒或用毛皮摩擦过的胶筷子与两

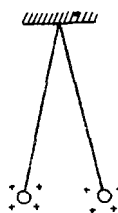


图 1.2

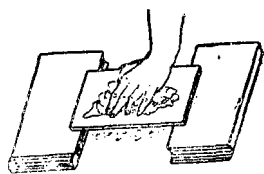


图 1.3

个通草球相接触，使它们都带上同种电荷，由于同种电荷相排斥而使悬挂两个通草球的丝线分开保持一定的角度。另外如图1.3所示，把一块玻璃板平放在相隔一定距离的两本厚度约为2~3厘米的书本上，并在玻板的下方桌面上放一些小纸

屑，然后用干毛巾或干纸片摩擦玻璃板，可以看到玻璃板下面的纸屑，不断地发生飞舞跳跃。这是由于小纸屑被玻璃板上的电荷吸引起来与玻璃板接触以后，带上与玻璃板上相同的电荷，从而互相排斥而引起的。

物体与带电体相接触而使物体带电的现象叫做接触起电，接触起电也是起电的一种方式。两个带有等量异种电荷的物体，相接触时，物体上的正负电荷会互相吸引而结合在一起，从而使物体失去电荷，这种现象叫做电的中和，中和又叫做放电。通常把不带电的物体叫做中性体。正负电荷在发生中和时，往往会产生火花，例如，在干燥的冬季里梳头发时，往往会产生“劈啪”声，而且在黑暗的屋子里还会看到火花，这是由于梳子与头发摩擦时带上了等量的异种电荷，当梳子脱离头发的瞬间，正负电荷发生中和而引起的，正负电荷发生中和时产生火花的现象叫做火花放电。雷电就是带有异种电荷的云层之间发生火花放电而引起的。发生火花放电时，往往会引起某些破坏作用，例如，在通过管道输送干燥的糖和面粉时，可能会由于摩擦产生的正负电荷相中和而引起爆炸；飞机的螺旋桨由于转动时与空气相摩擦产生的正负电荷中和时可能影响飞机的控制和通讯系统的失调。织布机上由于梭子与布的摩擦产生的正负电荷中和时发生火花放电而使线头断裂。运送汽油的汽车，由于行驶时与空气摩擦而产生的正负电荷相中和时发生火花放电而引起汽油燃烧爆炸等。因此，在一些有关的设备中，必须考虑消除火花放电的措施。例如，把输送干燥粉末的管道用金属线与地连接起来，在织布机上撒布除静电剂，运送汽油的汽车上总要接上一根与地相接触的铁链等。

三、导体和绝缘体

为什么在一些可能产生火花放电的设备上要用金属线与地连接来消除静电呢？这是因为不同的物体传导电荷的本领各不相同，有一类物体，当它的某一部分带上电荷以后，很容易把电荷传导到其它部分或者与它接触的物体上去，这种很容易把电荷传导到其它部分或者与它接触的物体上去的物体叫做导体。例如，各种金属、碳、地球、人体和酸、碱或盐的溶液等就是导体。所以用金属线把可能产生火花放电的物体与地连接后就能避免火花放电。另一类物体，当它的某一部分带上电荷以后，很不容易把电荷传导开去。基本上能把电荷保存在那一部分。这种很不易传导电荷的物体叫做绝缘体。绝缘体又叫做电介质。例如，玻璃、琥珀、云母、松香、硬橡胶纯水和空气等都是绝缘体。前面讲到，把两种不同的物体充分接触再分开以后，两种物体上就分别带上等量的异种电荷的现象叫做摩擦起电，为什么通常都只用绸子和玻璃或毛皮和硬橡胶来作摩擦起电，而不用金属材料呢？这就是由于绸子、玻璃、毛皮、硬橡胶等是绝缘体，当它们摩擦时所产生的电荷能够停留在物体上，不致传导到地球中去。如果用不同的金属材料作摩擦起电时，所产生的电荷立刻会通过人体传导到地球上去，而不能使它存留在金属上。因为人体也是导体。如果给金属装上一个绝缘把柄时，也可以用金属材料来作摩擦起电。装有绝缘把柄的导体叫做绝缘导体。导体和绝缘体并不是绝对的，是相比较而言的。导体和绝缘体之间还有一类物体、它的导电本领比导体小而比绝缘体大，介于导体与绝缘体之间，这类物体叫做半导体。例如硅、锗、氧化铜、硫化锌、砷化镓等就是半导体，有关半导体的知识，还要在本书第六章中加以介绍。

四、验电器

怎样才能知道一个物体是否带了电或带的什么电呢？可以用验电器来进行检验。验电器是根据电荷的相互作用原理而制成的一种静电仪器，使用验电器不仅可以检验物体是否带有电荷，而且还能判断物体带的是何种电荷。验电器的结构如图1.4所示。A是固定在金属杆上的金属球，叫做验电球。把金属杆穿过一个硬橡胶塞B，并在金属杆的下端并排固定两个顶角向上的等边三角形框架C。在两个三角形框架的底边上，分别悬挂两片金属箔D，使金属箔能绕三角形框架的底边自由转动，把这个装置放入一个三角烧瓶内，就制成了一只验电器。

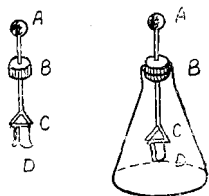


图 1.4

如果要用验电器来检验一个物体是否带有电荷时，只须把这个物体与验电球相接触就行了。假如物体上带有电荷，当它与验电球接触时就把一部分电荷传给验电球，并通过金属杆传导给金属箔，使两片金属箔带上相同的电荷而互相排斥，从而张开一定的角度。由于金属杆是安装在绝缘体硬橡胶塞和玻璃烧瓶上的，所以金属箔上的电荷不会被传导开去，而保持在金属箔上。因此，物体与验电球接触时，金箔张开就说明物体上带有电荷，金箔不张开就说明物体上不带电荷。如果要用验电器来检验物体带的是何种电荷时，可以先把带电物体与验电器相接触，使它带上与待测电荷相同的电荷，然后把一根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒与验电器接触，如果验电器的金属箔张角减小时，说明待测物体上带的是正电荷。因为异种电荷相接触时，要产生中和而使验电器带的正电荷减少，因而金属箔的张角也减