教育部规划中等职业学校文化课教材

工科各专业通用

物　　理

（修订版）下册

全国中等专业学校物理课程组　组编

徐建中　主编
黄斌　赵志芳　副主编

高等教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内容提要

本教材是按照教育部2000年颁布的《中等职业学校物理教学大纲（试行）》的要求编写的中等职业学校物理教材。全书分上、下两册，下册包括电磁学、波动和近代物理。

本教材从“培养能力为中心”的全新视角出发，以能量为主线，用生动的实例引入新知识；书中介绍了模型法、等效法、理想实验法等多种科学方法；在编排上突破了传统教材的框架体系，将近代科技成果成功地融合到教材中。教材图文并茂，语言生动形象，信息量大，令人耳目一新。

本教材适合三、四年制中等职业学校工科各专业使用。

图书在版编目（CIP）数据

物理．下册／徐建中主编；全国中等专业学校物理课程组组编．修订版．—北京：高等教育出版社，2004.12

工科各专业通用

ISBN 7-04-015640-7

Ⅰ.物… Ⅱ.①徐…②全… Ⅲ.物理课—专业学校—教材 Ⅳ.G634.71

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第107421号

策划编辑 邵 勇 责任编辑 王文颖 封面设计 张 志 责任绘图 尹文军
版式设计 马静如 责任校对 金 辉 责任印制

出版发行 高等教育出版社 购书热线 010-64054588
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 新华书店北京发行所
印 刷

开 本 787×1092 1/16 版 次 2001年7月第1版
印 张 9.25 年 月第2版
字 数 170 000 印 次 年 月第 次印刷
插 页 1 定 价 8.80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：15640-00

为中职《物理》教材作序

赵凯华

20世纪是科学技术空前高速发展的世纪。在此世纪内，人类社会在科技进步上经历了一个又一个划时代的变革。这个世纪之初，无论在动力和信息交流方面，人类社会就全面地进入了“电气化时代”。这是19世纪安培、法拉第、麦克斯韦等一批物理学家和爱迪生等发明家努力的结果。从19世纪末放射性的发现，经过近半个世纪原子物理、核物理的研究，20世纪40年代物理学使人类掌握了核能的奥秘，把人类社会带进了“原子时代”。今天核技术的应用远不止于为社会提供长久可靠的能源，放射性与核磁共振在医学上的诊断与治疗作用，已为人所共知。这个成果是和卢瑟福、玻尔、爱因斯坦、居里夫人和她的女婿和女儿约里奥·居里夫妇、海森伯、费米、哈恩等一大串光辉的名字分不开的。到了20世纪五六十年代，物理学家又发明了激光，它的理论基础是爱因斯坦1916年提出的光的受激发射过程。今天激光技术已广泛应用于尖端科学研究、工业、农业、医学、通讯、计算机、军事和日常生活，成为几十亿、上百亿的巨大产业。20世纪科学技术给人类社会带来最大的冲击，莫过于以现代计算机为基础发展起来的信息技术。号称“信息时代”的到来被誉为“第三次产业革命”。的确，计算机给人类社会带来如此广泛而深刻的变化，是二三十年前任何有远见的科学家都不可能预见到的。现代计算机的硬件核心是半导体集成电路，P—N结是基础。半个多世纪前，巴丁、肖克莱、布赖顿等三位物理学家发明了晶体管，标志着信息时代的诞生。从我们物理学家的眼光看来，这个婴儿在娘胎里至少孕育了20年。这就是说，20年代建立量子力学之后，物理学家发展了费米—狄拉克统计、能带论，从此有了电子和空穴的概念。尔后用掺杂的办法产生了N型和P型的半导体，这才为晶体管的发明打下基础。以上成果又是和一连串物理学家光辉的名字——薛定谔、海森伯、狄拉克、泡利、布洛赫、索末菲等联系在一起的。自从20世纪40年代末晶体管问世以来，60年代制成了集成电路，从70年代后期起，发展成为大规模集成电路，而后是超大规模集成电路，集成度以每10年1000倍的速度增长着。在有的人看来，物理学对高技术的贡献属于过去，今天在我国发展高技术的关键在于新材料、新工艺。殊不知，微电子加工和分析手段本身，如离子注入、激光退火、卢瑟福背散射谱、俄歇电子谱、X射线发光光谱、二次发射离子质谱，以及高分辨的电子刻蚀、同步辐射光刻，哪一样不是从物理学各分支的实验室里移植到工业上去的！现在教育界大谈素质教育和培养学生的创新精神，我想，20世纪高科技发展的事实证明，重大的创造来源于新的物理，特别是新的物理思想。

展望21世纪，随着知识经济时代的到来，科学技术发展水平是衡量一个国家综合国力的最重要标志。自然科学是技术的基础，物理是所有自然科学的基础，所以物理是基础的基础。国际纯粹物理和应用物理联合会第23届代表大会（1999年美国亚特兰大市）通过决议，呼吁社会正视物理学的重要性。对物理学的作用，大会的口号是“探索自然，驱动技术，拯救生命”。决议指

出:“物理学——研究物质、能量和它们相互作用的学科——是一项国际事业,它对人类未来的进步起着关键的作用。对物理教育的支持和研究,对所有国家都是重要的。”物理学是一门理论和实验高度结合的精确科学,物理学中有一套最全面最有效的科学方法。在对学生的科学素质教育中,无论中等教育还是高等教育,物理课都有着无可替代的重要作用。

徐建中先生主编的这部中职《物理》教材,是按照教育部颁布的新大纲编写的。编者力图在教材中组织好教学内容,使学生不仅能对物理课感兴趣,而且能通过学习有所收获,既能学到知识,又能学到科学的思维方法,增强学生对能力和素质的培养。书中各章节的引入尽量采用学生熟悉的实例来提出问题,引起思考,以期引起学生的兴趣和学习积极性。本书部分章节应用历史透视的方法,将学生置身于物理学发展的环境之中,介绍中外物理学家的创造性思维和勇于探索的精神。在介绍物理知识的同时,渗透了科学思维、科学方法的教育,如模型法、等效法、反证法、理想实验法等,以便潜移默化地对学生产生影响。本书作者还尽量将近代科学技术的新成果有机地融合到大纲规定的教学内容之中,再加之以许多阅读材料,开阔了学生的视野,增大了信息量,令人耳目一新。我们衷心祝愿,本教材在出版后获得成功。

2001年 1月

前　言

本书是根据教育部2000年颁布的《中等职业学校物理教学大纲（试行）》编写的一套新教材。本套教材由全国中专物理课程组牵头组织，由徐建中任主编，黄斌、张必赋任副主编，课程组组织审定，张世忠、阎少勋任主审。

教材的编写思路是在原国家教委组织的修订新大纲的调研论证过程中逐步形成的。根据第三次全国教育工作会议精神和《面向21世纪职业教育课程改革和教材建设》的意见，本着“一纲多本，各具特色”的中等职业教育教材建设指导思想，编者在编写过程中，力图突出以下几个方面：

1 从“以培养能力为中心取代以知识传授为中心”这样一个新的视角组织教材，注重对学生进行科学思维方法和科学精神的培养，结合物理知识介绍典型的分析问题方法，结合对物理学史和物理学家的介绍，阐明科学态度和科学精神。

2 根据中等职业学校学生的文化基础、认知规律和思维习惯，在学习难度较大的知识点上尽量采用易于学生接受的方法。教材在突破现行中职物理知识结构上做了一点尝试，如根据运动特征，将“机械波”、“电磁波”归入“波动”一章，将“机械振动”、“圆周运动”归入“周期运动”一章等，以突出运动的共性。

3 将近代科学技术的成果有机地融合到教材中。教材在降低深度、减少难度的同时增加了信息量，除在正文中编入知识的直接应用外，还增加了许多反映近代科技的阅读材料。教材内容有较大弹性，拓展内容以“*”号标出，供不同类别的职业学校及不同专业选用。

参加教材编写工作的有（排名不分先后）：丁振华（徐州化工学校）、付美欢（南京工业职业技术学院）、葛宇宏（盐城建工学校）、王新华（无锡无线电学校）、赵志芳（南京无线电学校）、谷云曦（东南大学职教院）、陈永涛（无锡职业技术学院）、王铁平（南京航运学校）、毛全宁（南京化工学校）。上册由黄斌（南京化工学校）组稿，下册由张必赋（南京铁路运输学校）组稿。全套书由徐建中统稿。

全国中专物理课程组事先审阅了编写提纲和部分样稿，十几所学校教学经验丰富的老同志参加了编写大纲的研讨，特别是东南大学的马文尉教授、南京大学的卢德馨教授和原南京地质学校的许楷教授对编写提出了许多宝贵的意见。北京大学的赵凯华教授和高等教育出版社的杨祥编审一直关心这套教材的编写，在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平，书中疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

编者

2001.3.14

需要全本请访问 www.ertongbook.com

修 订 说 明

本教材自发行以来的这几年中，编者注意收集教学一线的老师使用教材的意见，同时注意学生的反映，召开了几次教材研讨会。根据职业技术教育改革的趋势和生源状况的变化，产生了对教材进行修订的想法，修订的主导思想是：总结本套教材的编写经验，广泛吸取同类教材的长处，重视生源的实际情况，在保持原教材风格的基础上，力求进一步做到：① 突出三基：基础知识、基本技能、基本态度和方法；② 重视应用：引导学生从生活走向物理，再从物理走向社会，即将现代 STS (Science, Technique, Society) 教育观念渗透到教材的编写中；③ 以灵活多样的形式激发学生的思维，拓宽学生的视野，鼓励学生去实践。修订版中，订正了错误，更换了难度较大的例题，增加了阅读材料和小实验，新添了彩图插页和边框注释、想一想、做一做等。总而言之，我们期望能打破学科本位，以人为本，使得修订后的教材既保证学生应有的文化素质，又为学生的后续课程的学习做好准备，同时也为学生的终身学习和持续发展打下基础。

本次修订上册由黄斌负责，下册由赵志芳负责，徐建中提出总体修订思路，并负责全书统稿。本教材的修订得到了南京市职教物理教研会的大力支持，李燕老师还提供了部分修订素材，在此一并表示谢意。

编 者

2004年 3月

目　　录

第八章　静电场 …… 1
8－1　电荷　点电荷模型 …… 1
8－2　真空中的库仑定律 …… 2
阅读材料 20　库仑定律的发现 …… 3
小实验　静电喷泉 …… 4
小实验　魔棒 …… 5
8－3　电场强度 …… 5
阅读材料 21　物理量的比值 …… 8
8－4　电势　电势差 …… 8
8－5　等势面　场强与电势差的关系 …… 11
＊8－6　带电粒子在匀强电场中的运动 …… 13
＊8－7　静电场中的导体 …… 15
＊8－8　电容器　电容 …… 16
阅读材料 22　漫话电容器 …… 19
＊8－9　静电的应用和防止 …… 20
知识小结 …… 22
复习题 …… 23
第九章　恒定电流 …… 25
9－1　电流　部分电路欧姆定律 …… 25
＊9－2　电阻定律 …… 26
阅读材料 23　超导现象 …… 28
＊9－3　电阻的连接 …… 29
9－4　电功　电功率 …… 33
小实验　用瓦时计测量家用电器的实际功率 …… 35
9－5　电源电动势 …… 36
阅读材料 24　光电池 …… 37
9－6　全电路欧姆定律 …… 38
＊9－7　相同电池的串联和并联 …… 41
阅读材料 25　废电池的安全处理 …… 43
知识小结 …… 43
复习题 …… 44
第十章　磁场 …… 48
10－1　磁场　磁感应线 …… 48
10－2　电流的磁场 …… 49
小实验　测量磁偏角 …… 52
阅读材料 26　磁性材料 …… 52
10－3　安培定律　磁感应强度 …… 54
＊10－4　磁场对运动电荷的作用力 …… 57
＊10－5　带电粒子在匀强磁场中的运动 …… 59
阅读材料 27　霍尔效应和磁流体发电机 …… 60
知识小结 …… 61
复习题 …… 62
第十一章　电磁感应 …… 64
11－1　电磁感应 …… 64
11－2　感应电流的方向　楞次定律 …… 66
11－3　法拉第电磁感应定律 …… 69
＊11－4　互感 …… 71
阅读材料 28　会“飞”的列车 …… 73
＊11－5　涡流 …… 74
阅读材料 29　电磁灶 …… 76
＊11－6　自感 …… 77
阅读材料 30　高压直流远距离输电 …… 79
＊11－7　电磁振荡 …… 81
知识小结 …… 83
复习题 …… 84
第十二章　波动 …… 86
12－1　机械波 …… 86
＊12－2　电磁波 …… 91
小实验　电磁波的研究 …… 94
阅读材料 31　电磁污染及控制 …… 94
12－3　波的干涉和衍射 …… 95
阅读材料 32　干涉型消音器 …… 97
＊12－4　光的波动性 …… 98
小实验　观察白光的衍射 …… 101
12－5　光的电磁理论　＊电磁波谱 …… 101
阅读材料 33　紫外线指数与人体健康 …… 104
＊12－6　光谱　光谱分析 …… 105

知识小结 …… 107
复习题 …… 108
第十三章 近代物理 …… 109
＊13－1 光电效应 光子 …… 109
阅读材料 34 量子力学简介 …… 112
13－2 原子模型 能级 …… 113
＊13－3 激光的特性及应用 …… 117
13－4 天然放射性 …… 119
13－5 ＊原子核的人工转变 原子核的组成 …… 120
阅读材料 35 核磁共振成像 …… 122
＊13－6 放射性同位素及应用 …… 123
13－7 核能 …… 124
＊13－8 重核裂变 …… 126
＊13－9 轻核聚变 …… 129
阅读材料 36 狭义相对论简介 …… 131
知识小结 …… 133
复习题 …… 133

第八章　静　电　场

电闪雷鸣是自然界中最具震撼力的常见现象之一，古人在对这一现象的观察研究中认识了“电”．早在公元前 1500多年，我国的甲骨文中就出现了“雷”字，稍晚的青铜器上已出现了“电”字．希腊人和我国的汉代人分别发现，摩擦过的琥珀会吸引轻小物体．直到 18世纪，电学先驱者美国的富兰克林根据摩擦生电、火花放电等实验的启示，认为天上的雷电跟实验中看到的火花放电是相同的自然现象．为了求证，他在 1772年夏天的一次雷电中，勇敢地用风筝攫取“天电”，这就是有名的费城实验．他把雷电引进实验室，用莱顿瓶贮存起来以供实验．实验表明，雷电也可以进行通常用摩擦起电来做的其他电气实验，从而统一了“天电”和“地电”．

跟富兰克林同时代的卡文迪许、库仑继续对电进行研究，于 1785年确定了静电力的库仑定律，由此使静电学进入了定量的阶段．到了 19世纪，英国的法拉第以超凡的想像力，提出了场的概念，用电场来解释电荷间的相互作用力．从此，人类认识了场形态的物质．场的发现，为电磁学的发展奠定了基石．爱因斯坦评价法拉第的贡献时说：“想像力比知识更重要，因为知识是有限的，而想像力概括世界上的一切……”

这一章主要学习库仑定律和静电场的基本性质，以及了解一些静电的实际应用知识．

8－1　电荷　点电荷模型

电荷　在干燥的环境中，宽松的外裤有时会吸在腿上；用塑料梳子梳头，头发有时会随着梳子飘起；脱毛衣时，有时会听到劈啪的响声，看到闪亮的火星……这些都是因摩擦起电而产生的静电现象．自然界中存在两种电荷：正电荷和负电荷，电荷之间有相互作用力：同种电荷相互排斥、异种电荷相互吸引．验电器（图 8－1）就是根据这一原理制成的最简单的检验电荷的装置，让金属小球带电时，因同种电荷互相排斥而使金箔张开．电荷越多张角越大．



图 8－1

这样简单的装置，可以自己动手做一个．再检验一下梳过头发的梳子是否带电．

电荷量　物体所带电荷的多少用电荷量表示，符号为 q或 Q．在 SI中，电荷量的单位是库仑（C）．电子的电荷量和质子的电荷量，分别是目前所确认的最小负电荷量和最小的正电荷量，它们的电荷量大小都是 1.6×10^{-19} C，具有这个电荷量的电荷叫元电荷．任何带电体的电荷量都是最小电荷量的整数倍，电荷的这种只能取分立的、不连续的量值（整数倍）的性质称为电荷的

量子化是微观世界的一个基本概念.在研究宏观电现象时,可以不考虑电荷的量子化,就像我们喝水时,不考虑水是由分子、原子等微观粒子组成的一样.

量子化.

点电荷 实验发现,带电体之间的相互作用力,跟带电体的大小和形状等因素有关,但是,如果带电体之间的距离比带电体的尺寸大很多时,我们便可以忽略带电体的大小,把带电体上的电荷看成是集中于一点,这样的带电体,叫做点电荷.

跟力学中讲的质点类似,点电荷也是一个物理模型,它可以使所研究的问题得到简化,跟真实情况相比较,不会产生大的偏差.例如:当研究均匀带电球外的电场时,它可以看成是全部电荷集中在球心的点电荷.

8-2 真空中的库仑定律

如图 8-2,把一个带正电的球放在 A处,然后把一个挂在丝线下的轻小带正电的球吊在支架下,相对于 A由近及远移动小球.可以观察到丝线的偏角随距离增大而减小,这说明电荷间的静电力随距离增大而减小.如果在同一位置处,增加丝线下小球所带电荷量,丝线偏角就会增大,这说明电荷间的静电力随着电荷量的增加而增大.静电力的这些特点,使人们联想到万有引力,由此猜想:这两种力是否遵循相同的数学规律呢?法国的物理学家库仑用精确实验研究了静电力,得出结论:在真空中两个点电荷之间的作用力大小跟它们的电荷量乘积成正比,跟它们之间的距离平方成反比,作用力的方向在两个点电荷的连线上,这叫做真空中的库仑定律*,静电力也叫做库仑力,用公式表示为

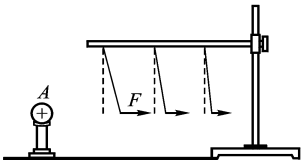


图 8-2

$$F=k\frac{qq}{r^2} \qquad (8-1)$$

在 SI中,q的单位是库仑 (C),r的单位是米 (m),F的单位是牛 (N).由实验测得比例系数 $k=9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2$,叫做静电力常量.公式 (8-1) 的数学关系跟万有引力定律公式类似,它们分别适用于各自的"点"模型.

*库仑定律原本是从两个静止点电荷得到的实验定律.但后来大量实验表明,只要施力的电荷是静止的,即使受力的电荷是运动的,它们之间的电作用力也仍然符合库仑定律.

电荷间的库仑力遵从牛顿第三定律,二者等值、反向、共线,见图 8-3.应用式 (8-1) 时,电荷量取绝对值,库仑力的方向,根据"同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引"来判断,如图 8-3所示.

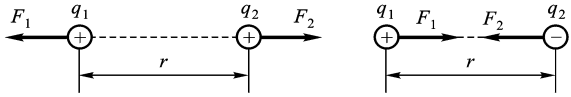


图 8-3

例 1-1 氢原子核内只有一个带正电的质子,核外只有一个绕核旋转的电子,二者电荷量大小均为 $e=1.6\times10^{-19}$ C.它们之间的距离 $r=5.3\times$

10^{-11} m,该距离约为它们各自半径的 10^5 倍,可把它们看成点电荷,求二者之间的库仑力.

解 根据公式 (8-1)

$$F = k\frac{e^2}{r^2} = 9.0\times10^9\frac{(1.6\times10^{-19})^2}{(5.3\times10^{-11})^2}\ \text{N} \approx 8.2\times10^{-8}\ \text{N}$$

讨论 我们来估算比较氢原子中原子核跟电子之间的万有引力与库仑力的大小.万有引力 $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$,其中万有引力常量 $G = 6.67\times10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$,质子与电子质量分别为 1.6×10^{-27} kg和 9.1×10^{-31} kg,它们相乘的指数数量级为 $10^{-11-27-31} = 10^{-69}$,而 ke^2 的指数数量级为 $10^{9-38} = 10^{-29}$. 两者有 10^{40} 倍的悬殊,所以微观粒子之间的万有引力可以忽略.

例 1-2 若将上例中电子绕核运动的轨道半径改变为 $r' = 4r$,库仑力会是多少?

解:因为库仑力跟距离平方成反比,所以

$$F' = \frac{F}{4} = \frac{8.2\times10^{-8}}{16}\ \text{N} \approx 5.1\times10^{-9}\ \text{N}$$

[阅读材料 20] 库仑定律的发现

电学中的第一个定量表示的公式就是库仑定律.这是法国物理学家库仑(1736—1806)由实验总结出的电荷之间相互作用力的规律.实际上,在库仑之前已有一些科学家在这方面做了大量的工作.

发明避雷针的美国物理学家富兰克林曾观察到这样一个现象:把一个带电的金属圆筒放在一个绝缘支架上,用一根丝线系一小块软木,并将它悬挂在金属圆筒的外表面附近,软木就受到强烈吸引;若将软木悬挂在金属筒内,它就不受到电力作用.富兰克林对此不理解.于是他写信给好友化学家普利斯特.普利斯特重复了富兰克林的实验,实验结果正如富兰克林所观察到的那样.不仅如此,普利斯特还发现,即使是一个电荷放在带电筒内,它也不受电力作用.普利斯特的这一发现比富兰克林更进一步.如何说明这一实验事实呢?普利斯特想到著名的"牛顿命题".这个命题指出:如果把一质量为 m 的质点,放在一个球壳内,则质点 m 所受到的万有引力为零.这是由于质点间的万有引力与它们之间的距离平方成反比的缘故.普利斯特把带电圆筒内的电荷不受电力的作用这一事实与"牛顿命题"相比较,它们之间非常相似.于是,他大胆地推理:电荷之间的相互作用力和万有引力一样遵循平方反比规律,这一推理于 1767 年发表在他的一本著作中.这样,电荷间作用力规律就由普利斯特首先发现.显然这一发现得益于普利斯特宽广的知识面,有了宽广的知识面,才能产生丰富的联想,才会有合乎逻辑的推理.但是,电荷间相互作用力的平方反比规律最终必须有实验来证明,很遗憾普利斯特没有

需要全本请访问 www.ertongbook.com

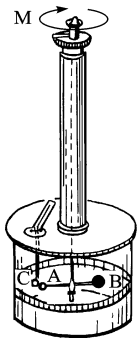


图 8－4

进一步深入研究下去.

1771年英国物理学家卡文迪许用实验间接证明了电荷间的相互作用力遵守平方反比规律.1785年库仑利用自己发明的扭秤研究了电荷间的相互作用力.库仑实验装置的主要部分是一个扭力测微计 M (见图 8－4).它的下面夹了一银丝,银丝的另一端悬挂一根玻璃棒,棒的一端有一金属球 A,另一端有一个平衡用的小球 B,玻璃棒保持水平,再取一个与 A球相同的金属球 C,先让 C球带电,再让 C球与 A球接触下,然后将 C球悬挂置于 A球附近,这样 A球与 C球带等量同种电荷,它们间相互排斥,斥力使玻璃棒转过一个角度.转动扭力测微计 M让银丝向相反方向旋转,使 A球回到原来的位置,这时银丝的扭转弹力的力矩与电荷间斥力的力矩平衡,通过扭力矩可测得电荷间的斥力.保持 A球和 C球的电荷量不变,改变它们之间的距离并测出斥力大小,结果表明斥力与距离的平方成反比.若让 A球与 C球带异种电荷,它们之间的吸引力亦与距离的平方成反比.这样库仑就第一次由实验直接证明了相互作用力的平方反比规律.

在实验中,库仑除了发现电荷间的作用力与它们之间的距离平方成反比的规律外,他还发现这个力与两个电荷电量的乘积成正比,综合这两项实验结果,就得到我们大家所熟悉的库仑定律 $F=k\frac{qq}{r^2}$.

这个由普利斯特第一个提出，由库仑用实验直接证明的定律，是静电学的基本定律，它的数学形式与牛顿万有引力定律惊人地相同．我们由此可以悟出：静电场跟重力场应有相同的力学性质，所不同的是，引力场的力只能是引力，而静电场的力可以是引力也可以是斥力．这将运用到以后的学习中.

小实验

静 电 喷 泉

取一根尖嘴直径约 0.3 mm的尖嘴玻璃管 (或用针孔较粗的一次性注射器),把玻璃管粗的一端插入一段橡皮管中,把橡皮管灌满水后,再将橡皮管的另一端伸进盆内的水中,利用虹吸现象,一股细水流就会从玻璃管尖嘴中喷出.然后用丝绸摩擦过的玻璃棒 (或塑料棒)靠近这股水流,就会看到水流像撑开的伞一样向四周散开成为“静电喷泉”.这是因为水是导体,由于摩擦而带有正电的玻璃棒使水流被感应而带有负电,这些带负电的水流因同号电荷互相排斥而散开的.当玻璃棒上沾满了水滴后,棒上的正电荷就被水带来的负电荷中和了,喷泉随之又合并成一股水流.

小实验

魔　棒

取一个鸡蛋，小心地在上面对称开两个小孔，从其中的一个孔往里吹气，使里面的东西从另一个小孔流出，等流尽只剩下空蛋壳后，用蜡将小孔封起来，将这只空蛋壳放在光滑的桌面上．再取一个干燥的塑料棒，用毛皮（干燥的毛制品）摩擦塑料棒，这时塑料棒带电便成了“魔棒”，可以指挥“鸡蛋”随意移动．你可以带上“道具”，向你的家人或附近的小学生们表演你的魔术了，他们一定会很开心．

练　习　题

1 什么叫电荷量的量子化？

2 甲、乙两球分别带有等量同种电荷 $q=2.0\times10^{-4}$ C，将两球分别固定在光滑水平面上相距 1m的两辆静止小车上．小车有绝缘材料制成．为了不让车移动，甲、乙两人各拉住一辆车．算一算，各须用多大的力，车才不会动？

3 若将上题中乙球的电荷量减小为 2.0×10^{-5} C，乙须用多大的力才能将乙车拉住不动？甲是否须要用比乙大一些的拉力，才能使甲车不动？

4 真空中有两个点电荷，它们间的静电力为 F．如果保持它们的距离不变，将其中之一的电荷量增大为原来的 2倍，它们之间作用力的大小等于（　）．

⑴ F　　⑵ 2F　　⑶ F/2　　⑷ F/4

8－3　电 场 强 度

电场　力是物体之间的相互作用，它是不能离开物质而存在的．间隔一定距离的电荷之间的作用力是如何发生的呢？法拉第认为每个电荷的周围都存在着自己的电场，电荷的电场也是一种物质，它的基本特性是对其他电荷产生作用力．我们把产生电场的电荷叫做场源电荷，静止的场源电荷产生的电场叫做静电场，静电场对电荷的作用叫做静电力或电场力．

因为电荷之间在真空中也有相互作用力，因此电场这种物质不是由分子、原子组成的．它不同于力学中讲到的由分子、原子组成的实体物质，但它同样具有能量，所以场是物质存在的另一种形式．自然界里分布着许多场，如天体周围的引力场，电流周围的磁场等．

电场强度　电荷周围存在电场，虽然我们看不见也摸不到电场，但却可以

无论是在地面上、高空中、还是在真空里，物体都受到重力，这说明自然界中还普遍地存在一个场，你知道它的名字吗？

想一想：为什么检验电荷要求满足：① 电量小；② 体积小.

根据电场对电荷有作用力来感知它.用一个带电量很小的点电荷 q来探测电场，q叫做检验电荷，利用图 8－2的装置进行研究时，发现在带电体 A的电场中不同位置上，q（丝线下的带电小球）受到的电场力大小不同，这说明电场中不同位置处其强弱不同，对 q作用力大的地方电场强，作用力小的地方电场弱.

若将检验电荷置于某一固定位置，改变其电荷量 q，实验表明检验电荷所受的电场力 F与电荷量 q成正比地变化，这说明检验电荷所受的电场力 F不仅与电场有关，还与检验电荷有关，但是比值 F/q是个常量，与检验电荷无关，仅仅由检验电荷所处的电场的性质决定，所以可以用这个比值来表示电场的强弱，把它叫做电场强度，简称场强，用字母 E表示，即

$$E=F/q \qquad (8-2)$$

E的 SI单位是牛每库（N/C），计算 E的大小时，式中的 F和 q均用绝对值.

你能理解式（8－2）中 E与 q无关吗？想一想：你用温度计测量一杯水的温度时，水温与温度计有关吗？检验电荷 q也只是用来探测电场的一个理想化的工具而已.

场强是描述电场对电荷有作用力这个性质的物理量，力是矢量，所以场强也是矢量.一般规定：电场中某点处正电荷所受电场力的方向，就是该点处的场强方向，负电荷所受电场力的方向，跟该点处场强方向相反.

如图 8－5所示，场源电荷为 $+Q$时，A点处场强 E_A的方向是由 $+Q$指向 A点的；B点处负电荷所受电场力 F_B的方向跟场强 E_B的方向相反.场源电荷为 $-Q$时，某点处场强方向是由该点指向 $-Q$.

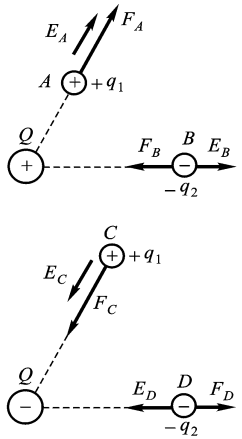


图 8－5

如果在空间有几个电荷同时存在，则它们将各自互不干扰地产生电场，某一点处的场强等于各个电荷在该点产生的场强的矢量和.

例 1－3　若在图 8－5中，B点处点电荷 $q_1=-2.0\times10^{-9}$ C，它受的电场力 $F_B=6.0\times10^{-6}$ N，求 B点处场强.并问当 B点处另放 $q'=2q_1$的电荷时，电场力 F_B'是多少？

解：根据式（8－2），有

$$E_B=\frac{F_B}{q}=\frac{6.0\times10^{-6}}{2.0\times10^{-9}}\ \text{N/C}=3.0\times10^{3}\ \text{N/C}$$

因为场强 E_B的数值是单位电荷所受的电场力，所以 q受的电场力应是 E_B数值的 q倍，即

$$F_B'=q'E_B=2q_1E_B=12\times10^{-6}\ \text{N}$$

点电荷的场强　场源电荷为点电荷 Q时，在电场中距 Q为 r的一点处，检验电荷 q受的电场力根据库仑定律为 $F=k\frac{Qq}{r^2}$，因此该点处的场强为

$$E=\frac{F}{q}=k\frac{Q}{r^2} \qquad (8-3)$$

你能否从式（8－3）看出，电场中某点的场强 E与检验电荷 q无关？E的数值由什么决定的？

由于库仑定律只适用于点电荷，所以式（8－3）只适用于计算点电荷在真空中的场强.运用该式时，点电荷的电量应取绝对值.

例 1－4　在场源点电荷 Q的电场中，距 Q为 $r=30$ cm处一点的场强 $E=4.0\times10^{4}$ N/C，E的方向指向 Q，求：⑴ Q的电荷量大小及电荷种类；⑵ 该

点处 $q=-2.0\times10^{-9}$ C的点电荷所受电场力的大小和方向.

解：(1) 根据公式 (8-3),场源电荷的电荷量为

$$Q=Er^2/k=4.0\times10^4\times(0.3)^2/9.0\times10^9\ \text{C}=4.0\times10^{-7}\ \text{C}$$

从图 8-5可知,Q是负电荷.

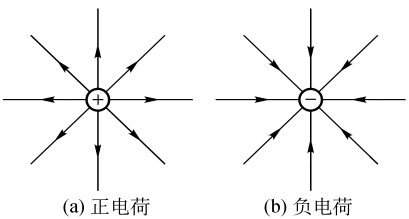
(2) q所受的电场力大小为

$$F=qE=2.0\times10^{-9}\times4.0\times10^4\ \text{N}=8.0\times10^{-5}\ \text{N}$$

电场力的方向跟 E方向相反.

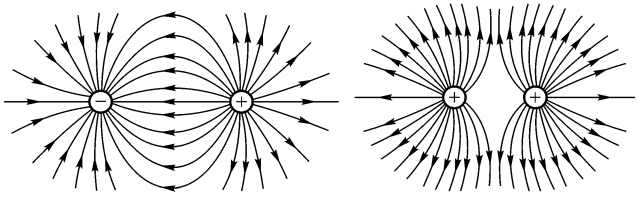
电场线　就像初中物理中用磁感线形象地表示磁场分布那样,我们可以通过实验在电场中画一些曲线,使曲线上每点的切线方向跟该点的场强方向一致,这些曲线叫做电场线.

图 8-6和图 8-7画出了几种电场的电场线.这几种电场线的形状可以比喻为:正点电荷发出的电场线如“星光四射”;负点电荷被电场线所指,如“众矢之的”;正、负点电荷互相吸引,正电荷发出的电场线被负电荷所接受,电场线把正、负电荷“手拉手”牵了起来;两个正点电荷互相排斥,它们各自发出了相对抗的电场线,如“怒发冲冠”.



(a) 正电荷　(b) 负电荷

图 8-6



(a) 等量异种电荷　(b) 等量同种电荷

图 8-7

在静电场中,正电荷与负电荷总是分别位于电场线的起始处和终止处.电场线是否会相交呢?我们用反证法来求证:假如有两条电场线会相交的话,交点处就有了两个场强方向.而事实上在电场中任一点处,正检验电荷只有一个受力方向,即一点处只有一个场强方向.所以“电场线会相交”的假设是错误的.

电场线不但能表示场强方向,还能表示场强大小的分布.电场线较密的地方电场强些,电场线较疏的地方电场弱些.

匀强电场　两块彼此靠得很近的金属板,分别带有等量异种电荷时,两板间形成的电场是:场强大小处处相等、场强方向处处相同.这叫做匀强电场.匀强电场的电场线是均匀分布的平行直线 (图 8-8),两金属板边缘处电场线弯曲,就不是匀强电场了.图 8-6和图 8-7所示的电场均为非匀强电场.

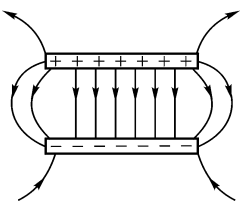


图 8-8

练　习　题

1. 在场源点电荷 Q的电场中,距 Q为 r的 A点放一个检验电荷 q,A点处

的场强是否为 $E=k\frac{q}{r^2}$？为什么？

2. 在距场源点电荷 6.0 cm处，放一个 3.0×10^{-9} C的点电荷，它所受的电场力为 2.7×10^{-3} N，求：(1) 该点场强大小；(2) 场源电荷的电荷量.

3. 比较图 8-9 (a)、(b)、(c)、(d)中 A、B两点的电场强度的大小，并画出它们的方向；图 (a)中 E_A _____ E_B；图 (b)中 E_A _____ E_B；图 (c)中 E_A _____ E_B；图 (d)中 E_A _____ E_B.

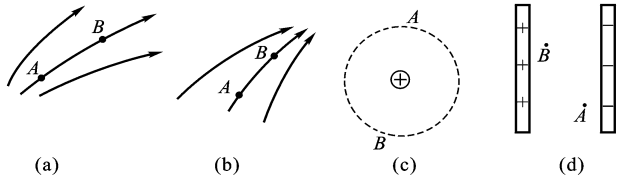


图 8-9

[阅读材料 21] 物理量的比值

当物理量之间有正比关系时，就有一个不变的比值.在我们学习的知识中，常见到以下两种比值：(1) 用比值表示属性.例如，物质的密度 $\rho=m/V$，物质的比热容 $c=\frac{Q}{m\cdot\Delta t}$，导体的电阻 $R=U/I$，电场强度 $E=F/q$等.它们是利用等号右边被测物理量求得的.不论这些被测物理量如何改变，其比值不变，它表示了物质的某种不变的属性.在以后的学习中，我们还会遇到一些表示属性的比值. (2) 用比值表示状态.例如，匀速直线运动的速度 $v=s/t$，匀变速直线运动的加速度 $a=\frac{v-v_0}{t}$等，这些比值只能在同一运动状态中保持不变.当运动状态改变时它们也随之改变.又如一定质量的理想气体 pV跟 T的比值保持不变，当质量变化时，pV跟 T的比值也随之改变.

把许多物理规律用比这种数学方法来表达，这是数学的高度抽象，它使我们能用统一的数学思维模式来研究物理问题，触类旁通.但是，我们不能忽视物理实质而套用数学模式，一看见相除的式子就以为有不变的比值.例如，变速运动的平均速度 $\bar{v}=\frac{s}{t}$这个比值就是变量.

8-4 电势 电势差

电势能 静电力跟万有引力虽属不同性质的力，但是描述两点电荷间静电力的库仑定律 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$跟描述两质点间作用力的万有引力定律 $F=$

$G\frac{m_1m_2}{r^2}$具有相同的数学形式.这启发了我们类比研究重力场的方法来研究静电场.我们已经知道,在地球周围的重力场中,高处的物体在下落过程中,重力做功,且做功的数值由起点和终点的位置决定,因此说物体具有与高度有关的能量——重力势能,且重力做的功等于重力势能的改变量.重力做正功,重力势能减小;重力做负功,重力势能增加.同样,在静电场中,电荷会受电场力作用运动,电场力也会做功,且与重力的功性质相同,所以我们说,在静电场中的电荷,也具有与其位置有关的能量,我们把这种能量叫电势能(简称电能),用字母 E_p 表示.与重力的功类似,电场力的功等于电势能的改变量.在图 8-10 所示电场中,+q由点 A移到点 B时,电场力的功等于点 A至点 B电势能的减少,即

$$W=E_{pA}-E_{pB} \tag{8-4}$$

电势　初中物理已从实验中得出电流的功 $W=IUt$,式中 $It=q$是通过导体的电荷量,所以电流的功就是电场力对移动电荷做的功,可以表示为

$$W=qU \tag{8-5}$$

我们来研究式(8-5)的物理意义:闭合电路中,电池在导体中产生电场,于是导体中的自由电荷就在电场力作用下定向移动而形成电流.所以电流的功实质上是电场力移动电荷的功,式(8-5)所表达的就是这个意思.

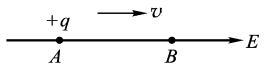


图 8-10

式(8-5)和(8-4)是分别从电压和电势能两个方面来计算电场力的功,二者相等,所以

$$qU=E_{pA}-E_{pB}$$

$$U=\frac{E_{pA}}{q}-\frac{E_{pB}}{q}=V_A-V_B \tag{8-6}$$

上式中的 $V_A=\frac{E_{pA}}{q}$, $V_B=\frac{E_{pB}}{q}$分别叫做 A B两点的电势.即电场中某点处,电荷的电势能跟电荷量的比值叫做该点的电势,一般用符号 V表示,即

$$V=\frac{E_p}{q} \tag{8-7}$$

电势是从能量的角度来描述电场的,它是电场本身的属性.电场中各点的电势跟检验电荷 q无关.

电势的 SI单位是伏特(V),1 V=1 J/C(1伏=1焦/库).

电势能、电势都是标量,只有数值大小,没有方向.像重力势能具有相对性那样,电势能、电势也具有相对性,只有在选定了参考点,即零势能点(也是零电势点)后,它们才有确定的数值.零势能点的选取是任意的,实用中常选大地或电子线路中的公共接线为电势的零点,这叫做接地.

式(8-7)中三个量都要用代数量表示,即要考虑正、负号.V、E_p>0,表示

类比是根据两个不同对象之间的类似或相同,推出它们在其他方面也可能类似或相同的一种推理方法。

正如重力势能是有物体和地球共有一样,电势能是电荷和电场共同具有.

还记得公式 E=F/q中检验电荷 q的作用吗?式(8-7)中的 q的作用是相同的,也是检验电荷.

需要全本请访问 www.ertongbook.com