

中央教育科学研究所专家推荐
素质教育与能力培养丛书

新概念学材
系列

新概念物理

(高中第二册)

■ 素质教育与能力培养研究组

G 高材生
GACETEN

G 高能
GACETEN

G 高分
GACETEN

中国人民大学出版社

素质教育与能力培养丛书
新概念学材系列

新概念物理

(高中第二册)

素质教育与能力培养研究组
撰稿人 石 琦 沈文略

中国人民大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新概念物理·高中第二册/素质教育与能力培养研究组编.
北京:中国人民大学出版社,2001
(素质教育与能力培养丛书)

ISBN 7-300-03797-6/G·794

I. 新…

II. 素…

III. 物理课-高中-教学参考资料

IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 038208 号

素质教育与能力培养丛书

新概念学材系列

新概念物理

(高中第二册)

素质教育与能力培养研究组

出版发行:中国人民大学出版社

(北京中关村大街 31 号 邮编 100080)

邮购部:62515351 门市部:62514148

总编室:62511242 出版部:62511239

E-mail:rendafx@public3.bta.net.cn

经 销:新华书店

印 刷:三河市实验小学印刷厂

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:13.75

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

字数:308 000

定价:18.00 元

(图书出现印装问题,本社负责调换)

素质教育与能力培养丛书·新概念学材系列

学术委员会

主任：江山野（中央教育科学研究所研究员）

委员：吕 达（博士，编审，人民教育出版社副社长）

俞启定（博士，教授，北京师范大学教师培训中心主任）

劳凯声（博士，教授，北京师范大学教育系主任）

田慧生（博士，研究员，中央教育科学研究所所长助理）

总策划：甘华鸣

编辑委员会

主编：滕 纯（研究员，中央教育科学研究所原副所长，中国教育学会研究会副理事长）

程方平（博士，中央教育科学研究所研究员）

编委：（按姓氏笔画排列）

刘录正 刘诚岭 李超源 李 红 李 颖

陆 维 段伟文 唐德春

编者的话

根据全国教育工作会议推进素质教育的原则精神以及国务院基础教育工作会议指出的教育发展方向，在总结前一段“减负”和教改经验的同时，在阶段性、区域性实验探索的基础上，我们编写了这套蕴涵创新精神和思路的高效学习用书——《素质教育与能力培养丛书》，从多方面适应了不同类型和不同水平学生的学习需求。

《素质教育与能力培养丛书》分为三个系列，即新概念学材系列、知识网络图系列、能力开发系列。

新概念学材系列包括中学各年级数学、物理、化学、生物四科。具体包括：《新概念数学》共六册，初中一至三册、高中一至三册；《新概念物理》共四册，初中一至二册、高中一至二册；《新概念化学》共四册，初中一册、高中一至三册；《新概念生物》高中一册。

所谓“学材”是相对于“教材”而言的。“学材”是以学习者为中心的助学读物，主要用来自学，也可用来教授。新概念学材系列以中学教学大纲为依据，用发现法、探究法、自主学习法介绍教学大纲所规定的学科知识。这是该系列各书区别于一般教材、教参、教辅以及其他课外读物的显著特点和重大优点。

用发现法、探究法、自主学习法介绍教学大纲所规定的学科知识，可以取得培养素质和准备应试的双重好处。

一个好处是培养素质，引导学生用自己的头脑发现知识，逐渐学会探索和研究，掌握思维和认识的方法，形成提出问题和解决问题的能力，锻炼创新能力；在发展理智的同时发展情感，树立怀疑意识和批判态度，构建创新精神和创新个性，提高自主性和独立性。

另一个好处是准备应试，促使学生对要考试的知识充分关注，多侧面、多层次、大视野、大纵深地把握学科知识，从而加深理解，吃得透，化得开，巩固记忆，记得住，想得起，促进应用，用得上，用得活，解题稳、准、快，对付考试得心应手，游刃有余。

书中“动手空间”、“你知道吗”、“想一想”、“考考你”、“思考与实践”、“科学前沿”、“数学家的故事”、“化学史”、“小资料”、“生活小常识”等小栏目，可以锻炼学生的动手能力，开阔视野，拓展思路，把知识、生活、实践联系起来，把科学、技术、社会联系起来。

书中点缀着科技发展史上的真实故事以及日常生活现象，可以极大地调动学生的求知热情和学习兴趣。精心挑选的大量插图，使各书更加形象、生动、轻松、活泼。

该系列各书是体现素质教育要求的助学读物，是新型的“教材”、“教参”、“教辅”，适合广大中学生、教师、家长阅读。

《素质教育与能力培养丛书》以教育部制定的教学大纲为依据，因此适用于全国各个地区，而不受不同版本教材的限制。

目 录

第一章 静电场	(1)
第一节 迈入电学时代	(1)
一、古代电现象的观察和发现.....	(1)
二、摩擦起电机的发明——打开电学实验的大门.....	(2)
三、“把电存起来”——莱顿瓶的发明.....	(3)
第二节 电学基本规律的总结	(6)
一、电学的第一个基本原理——“同性相斥，异性相吸”.....	(6)
二、电学的第二个基本原理——电荷守恒.....	(7)
三、电学的第三个基本原理——静电感应.....	(7)
第三节 库仑定律的发现	(11)
一、卡文迪许测定电作用力.....	(11)
二、库仑的扭秤实验.....	(13)
三、静电学理论的发展.....	(15)
四、电势能与电势.....	(15)
第二章 稳恒电流	(21)
第一节 动物身上的发现	(21)
一、动物电的发现史.....	(21)
二、伽伐尼的发现.....	(21)
三、伏打建立接触电动势理论.....	(23)
四、围绕伽伐尼电现象的论争.....	(24)
第二节 伏打电池的发明	(24)
一、伏打发明电池.....	(25)
二、伏打与拿破仑.....	(26)
三、电池的出现开辟了电磁学历史的新时代.....	(27)
四、电池的改进.....	(27)
第三节 欧姆定律的发现	(29)
一、欧姆的初步实验与建立电导率的概念.....	(30)
二、欧姆定律的发现.....	(31)
三、欧姆用数学方法推导电路定律.....	(33)
四、承认欧姆定律的过程.....	(33)
第四节 电的同一性和电解定律	(35)
一、实验证明电的同一性.....	(35)

二、法拉第电解定律的发现	(37)
第五节 稳恒电流的进一步研究	(38)
一、焦耳定律	(38)
二、基尔霍夫定律	(39)
三、导体电阻率随温度的变化、超导现象	(39)
第三章 磁场	(43)
第一节 磁学的萌芽和初步发展	(43)
一、古代对磁现象的观察	(43)
二、磁学的诞生和发展	(44)
第二节 奥斯特发现电流磁效应	(45)
一、自然力统一的哲学	(45)
二、奥斯特的实验	(46)
三、磁场对电流和电荷的作用及其应用	(47)
第三节 安培及其电流间相互作用定律	(50)
一、安培的发现	(50)
二、分子电流假说	(52)
三、法拉第的电磁旋转器	(53)
第四节 地磁场	(56)
一、地磁场的三要素	(56)
二、关于地磁起源的研究	(57)
三、地磁场的应用	(58)
第四章 电磁感应	(61)
第一节 法拉第电磁感应定律	(61)
一、阿喇戈圆盘实验	(61)
二、法拉第的划时代发现	(61)
三、法拉第发明发电机	(63)
四、法拉第提出场的概念	(64)
第二节 楞次定律和自感现象的发现	(67)
一、楞次定律	(67)
二、自感与互感现象	(68)
第五章 交流电	(72)
第一节 电动机和发电机的发展	(72)
一、早期电机的发展	(72)
二、交流电的采用及理论的进展	(74)
三、电路理论的进一步发展	(75)
第二节 正弦交流电路的分析	(76)
一、正弦量的三要素	(76)
二、含电阻、电感、电容元件的交流电路	(79)

第三节 三相电路	(83)
一、三相电压	(83)
二、负载星形联接的三相电路	(85)
三、负载三角形联接的三相电路	(87)
第六章 电磁振荡和电磁波	(89)
第一节 麦克斯韦电磁场理论的建立	(89)
一、用数学语言表示法拉第的物理思想	(89)
二、提出位移电流和光是电磁波	(90)
三、建立电磁场理论	(92)
第二节 电磁波的发现	(94)
一、麦克斯韦方程组里的电磁场	(95)
二、赫兹发现电磁波	(95)
第七章 光的反射和折射	(102)
第一节 光的直线传播研究	(102)
一、我国古代对光的研究	(103)
二、古代西方对光线直进的研究	(107)
三、光线直线传播性质的应用	(107)
第二节 光的反射及应用	(110)
一、反射原理	(110)
二、镜面成像	(111)
三、凹镜和凸镜	(113)
第三节 光的折射	(114)
一、光的折射定律	(114)
二、折射定律的发现	(115)
第四节 棱镜与光谱	(120)
一、牛顿揭开了扉页——光谱的发现	(120)
二、光谱的获得——棱镜	(122)
三、棱镜种类和光谱仪	(124)
第五节 全反射及光纤通信	(128)
一、光纤通信的发展史	(128)
二、光导纤维及光导纤维的传光原理	(129)
三、光纤通信	(130)
四、光导纤维的其他应用	(131)
第八章 光的本质	(133)
第一节 光的波动说	(133)
一、光的波动说的创建	(133)
二、光学的进一步发展	(134)
第二节 光的干涉——托马斯·杨时代	(135)

一、杨氏双孔(缝)实验	(135)
二、干涉及其应用	(137)
第三节 光的衍射	(137)
一、托马斯·杨的工作	(137)
二、菲涅耳的衍射理论	(138)
第四节 光的电磁波理论的创建	(140)
一、磁致旋光现象——法拉第效应	(140)
二、光的电磁理论	(141)
三、电磁理论的实验验证	(143)
四、光的发现与扩展	(144)
第五节 光谱和光谱分析	(145)
一、光谱发现的曲折历程	(145)
二、对太阳光谱中神秘图谱的解释	(148)
第六节 光的微粒说	(152)
第七节 光电效应	(153)
一、光电效应的发现	(153)
二、光电现象的解释——量子力学的提出	(155)
三、光电效应的运用	(158)
第八节 光的波粒二相性	(161)
一、历史的回顾	(161)
二、波动说和微粒说统一	(162)
第九节 光本质是在矛盾中发展前进的	(163)
第九章 原子与原子核	(165)
第一节 打开原子之门的前夜	(165)
一、从盖斯勒管说起	(165)
二、1895年时的物理学	(166)
第二节 原子的核式结构的发现	(166)
一、电子的发现	(167)
二、原子模型的发展	(168)
第三节 玻尔的原子模型——能级	(170)
一、原子光谱的实验规律	(170)
二、玻尔的原子模型	(171)
三、对原子光谱实验规律的简单解释	(173)
第四节 天然放射现象	(173)
一、X射线的发现	(174)
二、放射性的发现	(174)
三、放射线	(176)
四、放射性元素的衰变	(177)

五、放射性元素的衰变规律·····	(178)
第五节 放射性同位素·····	(178)
一、放射性同位素的发现·····	(179)
二、向原子核发动的一次进攻·····	(180)
三、放射性的存在·····	(181)
四、放射性同位素的应用·····	(182)
第六节 核能·····	(183)
一、质能方程·····	(183)
二、核子的结合能·····	(184)
三、质量与能量·····	(185)
第七节 重核的裂变、轻核的聚变·····	(185)
一、结合能曲线·····	(185)
二、重核的裂变·····	(187)
三、轻核的聚变·····	(188)
第八节 核反应堆的应用·····	(189)
一、水下环游地球·····	(189)
二、女王按下开关·····	(190)
三、揭开拿破仑死因之谜·····	(192)
四、中子治癌及其他·····	(193)
第十章 狭义相对论简介·····	(196)
第一节 相对论原理·····	(196)
一、牛顿和“绝对运动”·····	(196)
二、“以太”怪物·····	(197)
三、“以太风”·····	(198)
四、两个新原理·····	(199)
第二节 时间、距离和相对论·····	(200)
一、时间、距离的相对性·····	(200)
二、时间、距离在相对论中的定量关系·····	(205)

第一章 静电场

第一节 迈入电学时代

电现象是人类最早认识的自然现象之一。但是它真正成为一门科学并因对人类文明与进步产生巨大的影响而形成电学,是经过了许多物理学家的艰苦努力才获得的。生活在现代社会中的我们要感谢这些科学家们的不懈努力,更应当回顾这些人类的杰出代表们的奋斗一生,继承他们留下的宝贵遗产,并且加快我们前进的步伐。

一、古代电现象的观察和发现

虽然电的深入研究和广泛应用是在近代科学技术的发展中兴起的,但是人们对电现象的发现、观察,却有着悠久的历史。

远在三四千年前的我国殷商时代,甲骨文中就出现了“雷”字;西周时代,在青铜器的铭文——金文中就出现了“电”字。可见自然界中风云变幻、雷电交加的壮观景象,早就引起了人类的注意。在神话里,人们把雷电现象比做是“雷公”、“电母”,认为是神力作用的结果。但是也有人试图用自然现象来解释雷电。在西汉刘安的《淮南子》中有这样的文字:“阴阳相搏为雷,激扬为电。”这就是说,把雷看做是阴阳相互作用的产物,把电看做是激发的气。而我们现在知道,雷电是由于两块带有异种电荷的云层接近的时候,发生火花放电引起的。可见古人对雷电的解释,从直观的角度上讲,已经比较接近我们近代关于电的学说了。

另一类在生活中普遍存在,并且早就为人所认识的电现象就是摩擦起电。我国东汉时代的王充讲“顿牟掇芥”,就是讲琥珀经过摩擦后可以吸引轻微的物体;古希腊人也同样发现了这一点。后来,16世纪的英国科学家吉伯还发现许多其他的物体也有这样的性质。由于最先发现可以通过摩擦起电的是琥珀,于是他就把这一类物体都称做“琥珀体”,在拉丁文中写做 *electrica*。这也是今天的“电”——*electricity*(英文)这个词的来源。这位科学家恐怕不可能想到,他所命名的“电”竟会在其后的几百年里,对人类文明的进步产生如此巨大的影响吧!

另外一类摩擦起电和静电放电现象是由于放电的过程中伴随着放光发声的现象而被观察记载的。西晋张华的《博物志》中写道:“今人梳头、脱着衣时,有随梳、解结有光者,亦有咤声。”由于古代用骨、角或漆木制成的梳子,用丝绸或皮毛做成的衣服都是绝缘体,梳头时,梳子和头发摩擦;脱衣或穿衣时,质料不同的外衣与内衣摩擦,在干燥的空气中都会摩擦起电,再放电而放出火星和声音。这一放电过程从原理上来讲,和自然界的雷电现象

是类似的。

二、摩擦起电机的发明——打开电学实验的大门

科学的发展,永远是建立在探索、解疑、求进和永不自满的基础之上的。人们在认识到许多物体都具有摩擦起电的性质后,又感觉到用手摩擦物体很费劲,于是有人就想:能不能发明一种机械,来自动产生大量的电呢?第一个把这种想法变成现实的是德国的物理学家格里克。他是一个多才多艺的人,曾经在马德堡市当过35年的市长,对科学研究很感兴趣。他发明过抽气机,著名的证明大气压存在的马德堡半球实验也是他做的。他在研究摩擦起电的过程中,感觉到用手摩擦很累,便发明了摩擦起电机。他自己说的制造方法是这样的:“取婴儿头大小的玻璃瓶,把研成粉末的硫磺倒入其中,靠近火使其充分液化。等它冷却后,打碎玻璃瓶,取出硫磺球,然后将其放在干燥处。再沿直径穿孔,插入铁轴,安装在座架上,使其能绕铁轴转动。”转动时,把干手掌放在它上面,它便与手掌发生摩擦,从而产生电。人类创造的东西,总是从简单到复杂。别看这个机器简单,这可是人类历史上的第一个起电机呢(图1-1)!

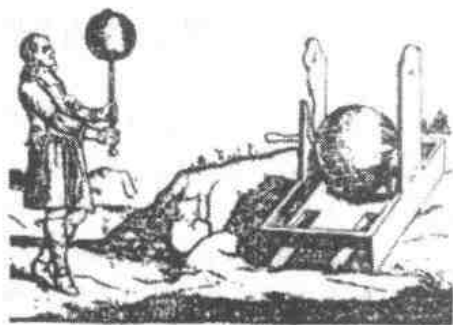


图1-1 格里克的摩擦起电机

要发现新的东西,常常需要新的工具,而新工具的发明,也常常会带来新的发现。格里克就利用他发明的这个摩擦起电机,做了许多有意义的实验。例如他说:“用这球甚至可以看到排斥现象。因为它不仅会吸引轻物体,而且还会排斥轻物体,直到它们接触某个其他东西之前,它不再吸引它们。”他把摩擦过的硫磺球从架子上取下来,手拿着它的轴,把羽毛吸引到它上面后,羽毛又因被排斥而离开它。他拿着硫磺球排斥羽毛,不让羽毛落下,使羽毛在空中飘浮。“羽毛张开着,在某种程度上像活的一样。”从此,人们知道电不仅可以使物体相互吸引,也可以使物体相互排斥。他在试验中还发现,这羽毛喜欢靠近他“前面任何物体的尖端,并且能够让它粘着在任何物体的突出部分。”“但是,如果在桌上放一支点着的蜡烛,把羽毛驱赶到离烛火上方约一掌宽的距离时,羽毛便突然后退,并飞向硫磺球。”这些实验表明,他已观察到物体的尖端对电的特殊作用以及烛火使羽毛失去电的作用。

对于另一个实验,他说:“如果你把一根亚麻线吊在硫磺球的上方,下端几乎接触到硫磺球,用手指或其他东西试着去碰它,线便后退,不让手指接触它。”于是他取一根长约45英寸的亚麻线,吊在一根细杆的一端,这细杆固定在桌子上。亚麻线垂下时,它的上下两端与其他物体的距离约为一拇指宽;当把摩擦过的硫磺球拿近支持线的细杆时,发现线的下端翘起向着附近的物体。他说:“这让人亲眼看到,效力在亚麻线中伸展甚至达到下部,它在那里或者是吸引,成者是自己被吸引。”“这个实验直观地显示,由摩擦激发了的硫磺球,也能通过45英寸长或更长的亚麻线行使它的效力,在那里吸引某个东西。”这是人类最早观察到电的传导现象。他还提到,如果“你把硫磺球拿到暗室中摩擦,特别是在夜里,会发

出光来。”他还看到手和硫磺球间的刷形放电,并听到“噼啪”声。

自格里克之后,又有许多人对摩擦起电机提出了改进,例如牛顿用玻璃球代替硫磺球;豪克斯比用空心玻璃球代替实心玻璃球;又有人将玻璃球换成玻璃圆柱;后来又换成平玻璃板,加上脚踏板,用脚踏代替手摇;用皮革垫子代替手掌进行摩擦等等。经过改进的摩擦起电机,效力和威力都有很大程度的提高(图1-2)。

摩擦起电机的出现,为实验研究提供了电源,对电学的发展起了重要作用。经过英国和德国科学家们改进后的摩擦起电机,效力和威力都有提高,能够产生强大的火花,特别是能从人体上生出火花来,引起了世人的惊奇,促使人们对电的本质、物质结构以及雷电现象等进行探索,从而促进了电学的发展。

另一方面,这种由人工产生的新奇的电现象,也引起了社会上的关注。不仅一些王公贵族观看和欣赏电的表演,连一般老百姓也受到吸引。特别是在18世纪40年代的德国,整个社会都对电的现象感兴趣,普遍渴望获得电的知识。电学讲座成为广泛的要求,演示电的实验吸引了大量的观众,甚至大学上课时的电学演示实验,公众都挤进去看,以至达到把大学生挤出座位的地步。

当时摩擦起电机市场销路很好,简单的仪器,能产生惊人的结果,许多平民大众,出于好奇心,也买回去自己做实验。这就大大地普及了电学知识,为电学的进一步发展打下了广泛的基础。

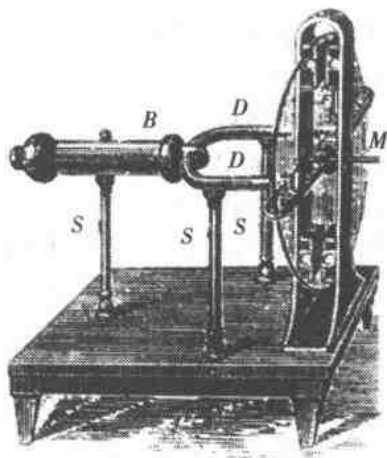


图1-2 玻璃圆盘起电机

三、“把电存起来”——莱顿瓶的发明

有了摩擦起电机以后,人们可以随时获得大量的电了。可是人们发现产生的电过一段时间就在空气中消失了,能不能把这些电存起来,等到用的时候再拿出来呢?首先,大家想到实验各种各样的物质,看看哪种物质适于存储电。结果一位名叫格雷的物理学家发现物质可以分为两类:一类可以传导电,而另外的大多数则不能传导电。这就是我们今天知道的导体和绝缘体。于是人们很自然就想到,要保存电荷就要让带电体与导体隔离。开始,有人把带电体放在绝缘支架上或用绝缘丝线将它们吊起来。这样做虽然有一定效果,但是电荷往往会慢慢散发到空气中,特别是在有风或空气潮湿的情况下,电荷散失得更快。因此,有些人干脆把荷电体放在一个密封的绝缘体内,将它们严严实实地包起来。荷兰莱顿城的几位科学家用水作为电荷的保持剂,把一些金属球放入一个盛有水的玻璃瓶里而,再插入一根金属杆,让金属杆与水接触,然后用摩擦起电机通过金属杆将电荷传进瓶内。有一次一位科学家在拿玻璃瓶的时候,一只手无意识地摸了一下插在瓶中的金属杆,顿时感到受了猛烈的电击。用他自己的话说:“我的手臂和身体产生了一种无法形容的可怕的感觉,总之,我以为这下子我可完蛋了。”当时他还不知道他手里拿的正是一个大电容器(图1-3)。

这种能够把电存储起来的瓶子很快就像摩擦起电机一样,在社会上流行开了,并被命

名为“莱顿瓶”。由于莱顿瓶能产生强烈的电击和火花,也引起了王公贵族和一般市民对这种奇妙的瓶子的兴趣。他们喜欢看这种新奇的玩意儿,并乐于亲身体会一下电击的滋味。所以在当时的欧洲,时兴表演电学实验,不仅在实验室、集会厅表演,而且还在街头表演。有些人还以此为业,带着摩擦起电机和莱顿瓶以及一些简单的器具,到处表演。在一次为法国国王的表演中,他们让国王的180个卫兵手拉手,然后通过一个大的莱顿瓶给卫兵们放电,结果他们同时感受到电击并且向上跳起,把国王逗得哈哈大笑。

有许多科学家还对莱顿瓶做了进一步的研究,发现在玻璃瓶的里外都加上金属敷层,可以加强电击的效果。而且瓶子越薄,瓶子内外导体接触面积越大,电击的效果也就越强;也就是说,它能存储的电也就越多。这就相当于我们今天知道的平板电容器的面积越大,电容值也就越大。这与平板电容器存储电荷的规律是一致的:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$$

式中, S 为平板的面积, d 为两板间距。

在莱顿瓶实验中,人受到电击时,只是胳膊和胸部受到电击,而身体的其他部分并未受到电击,根据这一事实,科学家还推断:在电击时,有某种东西从莱顿瓶经过受电击者的胳膊和胸部通过,这种东西走的是最短的或最易传导的路径。这就是最早的关于电路的概念。

莱顿瓶是最早的电容器。后来,人们根据电容器的电容变化的规律,又制造了各种各样的电容器,它们在电学和电子技术的发展中起到了重要的作用。

从构造上看,常用的电容器可分为固定电容器和可变电容器两类。

固定电容器的电容是固定不变的,由于所用的电介质不同,又可分为纸介电容器、云母电容器、瓷介电容器、电解电容器等。下面我们说明一下纸介电容器和电解电容器。

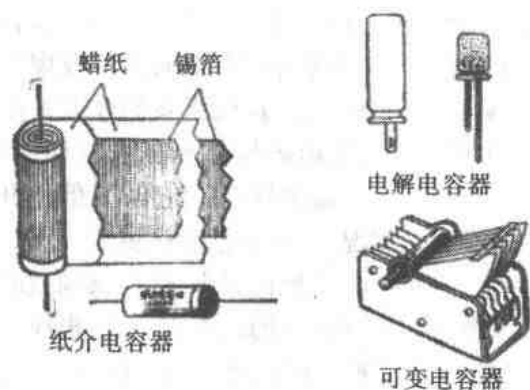


图 1-4 几种常用的电容器
器是利用电解现象制成的。

可变电容器的电容是可以改变的,它由两组铝片组成,固定不动的一组铝片叫定片,



图 1-3 莱顿实验

纸介电容器是在两层锡箔或铝箔中间夹以在石蜡中浸过的纸,一起卷成圆柱体而制成的(图 1-4)。纸浸过石蜡后,可以避免潮气侵入,使绝缘能力大大增强。改变锡箔或铝箔的面积,可以制成电容大小不同的纸介电容器。这种电容器的特点是容易制造出电容较大的电容器,而且价格较低。

电解电容器外形如图 1-4。这种电容器的极性是固定的,使用时正负极不能接反,并且不能接在交流电路中,否则它将不能工作,这是它跟其他电容器不同的地方。电解电容

可以转动的一组铝片叫动片。定片和动片之间的电介质,通常就用空气。转动动片,两组铝片的正对面积发生变化,电容就随着改变。

此外还有半可变电容器,能微小地调整两极片间的距离或改变它们的正对面积,使电容发生微小改变。

在闪电光下

在大雷雨的晚上,在电光短促的一闪中,你一定看到,人停留在跑步的姿势里,腿都悬空了;车同样也停着不动,车轮上的每一根辐条都可以看得清清楚楚……

这种好像静止的现象,究其原因,在于闪电的持续时间非常短促。原来闪电也同所有的电火花一样,它的一闪的时间短到不能用普通的方法来测量。可是利用间接的方法却可以查出,每次闪电持续的时间常常只有千分之一秒。在这样短的时间间隔里,物体的位置的移动是不容易被人眼察觉的。所以熙熙攘攘的街道,在闪电光下似乎变得完全不动,那是一点也不奇怪的:要知道我们在闪电光下能够看到物体的时间不到千分之一秒啊!在这样短的时间里,即使是迅速奔驰着的汽车,车轮上的每一根辐条也只能移动几万分之一毫米。这样的运动在人眼里当然跟静止没有分别。又因为印象留在视网膜上的时间要比闪电的持续时间长得多,因此这也增强了静止的印象。

闪电值多少钱

在从前人们把闪电当做神的时候,提出这样的问题会被认做是亵渎神的行为的。但是在科学发达的今天,电能已经变成了一种商品,它同一切别的商品一样,可以计量和估价。这时候提出“闪电值多少钱”的问题,当然不会被认为是毫无意义的。这个计算题的内容包括:计算出闪电放电的时候所消耗的电能,以及按照电灯电的价格算出它值多少钱。

算法是这样:依据最新的资料,闪电放电的电压等于 50 000 000 伏特;电流据估计大约是 200 000 安培(顺便说一说,这数字是根据铁芯被电流磁化的程度来确定的,电流是在打雷的时候通过避雷针来到线圈里的)。把伏特数和安培数相乘,就可以得到电功率的瓦特数了。不过这里应该考虑到,在放电时候电压会一直降落到零,所以计算闪电的电能得用平均的电压,换句话说,就是初值的一半。

所以我们的算式是:

$$\text{电功率} = \frac{50\,000\,000 \times 200\,000}{2} = 5\,000\,000\,000\,000 = 5\,000\,000\,000(\text{kW})$$

得出来的数目里有这么多的零,你自然会认为闪电的价钱一定也是一个很大的数目。可是如果用电灯费通知单里所用的计电单位千瓦小时来表出这些电能,那得到的数目就要小得多。闪电的持续时间不会超过千分之一秒,在这一个时间内,消耗掉的电能不过是 $\frac{5\,000\,000\,000}{3\,600\,000} \approx 1\,400$ 千瓦时(也就是度)。如果按照每度电收 0.40 元就不难算出闪电的价钱:

$$0.40 \times 1\,400 = 560(\text{元})$$

所得的结果是惊人的。功率比重炮弹大一百多倍的闪电,却只值 560 元!

有趣的是,现代的电工技术已经能够制造闪电了。但是这种人工制造的闪电跟自然界的闪电相比较,其功率还是相当小的。

第二节 电学基本规律的总结

摩擦起电机和莱顿瓶的出现,使得电学家们可以在实验室里利用小的器械来研究自然的电现象。电学从此由完全依赖思考的思辩电学的时代进步到以实验为主的实验电学的时代。这一段时期内,最重要的成就是发现了电学的三个基本原理——“同性相斥,异性相吸”、电荷守恒定律和静电感应原理。

一、电学的第一个基本原理——“同性相斥,异性相吸”

人们认识电,最早是从带电体可以吸引轻小的物体开始的。可是从格里克开始,人们知道了电还可以产生排斥的作用。同样都是电,为什么会产生两种截然相反的作用呢?法国的科学家迪菲在做了大量的实验后认为有两种性质完全相反的电,他把这两种电分别叫做“玻璃电”和“树脂电”,并且确认,同种电荷相互排斥而异种电荷相互吸引。他认为电中性的物体中包含的这两种电荷数量相等而相互抵消了,带电的物体则具有多余的“树脂电”或“玻璃电”。这就是电学的第一条基本原理——“同性相斥,异性相吸”。

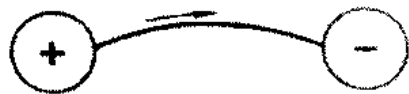


图 1-5 正电和负电

美国的富兰克林则提出了不同的解释。他认为“玻璃电”是惟一存在的一种电,两种不同的带电现象只是这种电的过剩或缺少。因此,他把带有过剩“玻璃电”的物体(例如摩擦过后的玻璃棒)称为带“正电”的物体,而把缺少“玻璃电”的物体称为带“负电”的物体。当两种物体中有一种具有过剩的“玻璃电”而另一种不足时,如果它们碰到一起就一定有电流从“玻璃电”过剩的物体流向不足的物体。迪菲和富兰克林的这两种假说,在当时看来都有一定的道理,也能解释当时所遇到的现象,但又是截然不同的,因而在这两种假说的支持者之间,引发了一场不小的争论。

到底谁的观点正确呢?我们现在知道迪菲的两种电的观点比富兰克林的观点更接近实际,因为物体间确实存在着两种性质相反的电荷。但是富兰克林把正和负的观点引入电学的研究,这是电学史上第一次用数学上的正负概念来说明电荷的性质,是一个了不起的进步(图 1-5)。而且我们知道,如果是在导线中流过电流的情况下,电荷的移动完全是由于电子的移动,这时富兰克林的观点更接近真实情况,只不过这时电子带的是“树脂电”而不是“玻璃电”。总之,我们说两个人的观点都有合理的地方,而发现电学的第一个基本原理——“同性相斥,异性相吸”的功劳应当属于迪菲。而富兰克林呢,我们下面就要讲到

他更为重要的贡献。

二、电学的第二个基本原理——电荷守恒

电荷守恒的观点是富兰克林通过一个著名的实验提出来的。他的实验是这样进行的：让A和B两人并排站在和地面绝缘的蜡板上，C直接站在地上。开头，A用手摩擦玻璃管，使玻璃管带电。然后B用手指接触A手里的玻璃管，B身上也带了电。最后，A、B两人分别和C接触，结果在接触的时候都出现了电火花。但是，如果B和A手里的玻璃管接触之后，又和A的身体接触，那么他们分别接触C的时候，就都没有火花产生。为什么呢？富兰克林解释说，A、B和C三人所带的电本来处于正常状态，因为摩擦使A身上的一部分电转移到玻璃管上，B接触玻璃管的时候电就转移到B身上。这样一来，A身上的电减少了，而B身上的电增多了。因此当他们分别接触电量处于正常状态的C的时候，就产生了电火花，使三者所带的电量重新处于正常状态。如果B接触玻璃管以后又接触A，电就会在他们之间流通，使A和B达到摩擦以前的正常状态。因此A、B接触C的时候就不会有电火花。

富兰克林认为，电不是摩擦“创造”出来的，只是从一个物体转移到另一个物体，并且在任何一个绝缘的体系中总电量是不会变化的。这就是电荷守恒定律的最早表述。

“守恒”是物理中的一个重要思想。因为它联系着物理过程中的对称性，反映物理作用的本质问题。所以物理学家在研究复杂的物理过程时，首先就要研究有哪些守恒量。我们已经知道的物理学中的守恒定律有质量守恒、能量守恒、动量守恒以及电荷守恒，此外还有角动量守恒、宇称守恒等等，对这些守恒定律的研究贯穿整个近代和现代物理学的始终。到目前为止，在人类已知的物理过程中，电荷守恒仍然是被精确地遵守着的。由此可见，电荷守恒定律不仅是电学的基本原理，而且还是整个物理学中的一条基本原理。富兰克林为电磁学理论大厦奠定了第一块颇为重要的基石。

三、电学的第三个基本原理——静电感应

静电感应原理是英国自然哲学家康顿最早提出的。这个原理是指，如果把一块导体带进一个带电体的影响范围之内，无需接触带电体，在导体的远端就会出现与荷电体上电荷相同的电，而在导体近端出现的电荷与荷电体上的电荷性质相反。

我们用一组实验来说明静电感应原理：

① 把一根金属棒放在一块玻璃底板上，棒的两端用金属线连接在验电器上。另外，我们还要有一根硬橡皮棒和一块绒布(图1-6)。

实验进行如下：先察看一下验电器上的两块金箔是否合在一起，因为这是它们的正常位置。万一它们没有合拢，那么用手指接触一下金属棒，让它们合拢起来。做了这些初步工作以后，用绒布用力摩擦橡皮棒，再使它接触金属棒，两片金箔就立刻分开，甚至在橡皮棒移开以后，它们还是分开的。

② 我们再做一个实验。它所用的器具和以前的一样，开始实验时金箔仍然要合在一起。这次我们不使橡皮棒接触金属棒，而只放在金属棒附近。验电器的金箔又重新分开。但

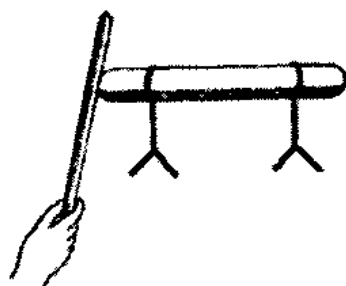


图1-6 第一个实验