

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 3-1

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究中心



人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 3-1

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社

主 编：彭前程

副 主 编：马宇澄 孙 新

编写人员：陈 行 杜 敏 黄恕伯 李 明

马宇澄 苗元秀 孙 新 唐果南

责任编辑：苗元秀 孙 新

图书在版编目 (CIP) 数据

普通高中课程标准实验教科书教师教学用书. 物理. 3—1:
选修/人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中
心编著. —3 版. —北京:人民教育出版社, 2014. 5

ISBN 978 - 7 - 107 - 18271 - 6

I. ①普… II. ①人… III. ①中学物理课—高中—教学
参考资料 IV. ①G633

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 019424 号

人民教育出版社 出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京四季青印刷厂印装 全国新华书店经销

2010 年 5 月第 3 版 2014 年 5 月第 18 次印刷

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张: 11.25 字数: 286 千字

定价: 16.60 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与本社出版二科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

说 明

本书是在《普通高中课程标准实验教科书物理选修 3-1 教师教学用书》的基础上,根据几年来实验地区的一些反映,修订而成的。旨在帮助教师更好地使用《普通高中课程标准实验教科书物理选修 3-1》,为教学提供一些参考。

本书介绍了教科书的特色,新的教学理念和一些新的教学方式、方法,与教科书采取“紧密配合”的方式,逐章逐节进行分析说明。本书的主要结构如下:

课程标准的要求 摘录了《普通高中物理课程标准(实验)》(以下简称《课程标准》)的相关内容,作为教学的依据。

本章教材概述 主要介绍本章教科书的编写意图,主要内容和教材结构的特点,以及在选择内容和讲述方法上的考虑。

教材分析与教学建议 根据《课程标准》及教科书,对每一节教学内容提出了具体的教学目标,并且对教材内容提出了比较详细的建议,包括教学过程中可能遇到的问题,供选择的教学方法,怎样发展学生的非智力因素,怎样使用教科书中的栏目、插图,怎样以课程理念处理教学问题,如何发展教师自身的教学能力,如何处理数字化教学,如何帮助学生进行探究等。

问题与练习 从“内容分析”和“解答与说明”两部分对教科书“问题与练习”中的问题给出了较为详细的解答。

教学设计案例 主要目的是给实验地区的教师提供一些教学设计方面的参考,包括一些重点难点的分析、把握、处理,整堂课的设计思想、具体安排等。

教学资源库 是与教学内容相关的教学资源,包括“概念、规律和背景资料”“联系生活、科技和社会资料”“实验参考资料”三个部分。课程新理念需要教师进一步提高职业素质,需要教师尽早进入终身学习的轨道,我们在这里围绕教学的需要选择了一些拓展性的内容,为教师的素质发展提供一些线索。

补充习题 教科书由于篇幅所限,不可能编写太多的习题。我们在这里补充了一些习题,供老师们在教学中选用。

本书原编写者还有:王雄、吴高文、周智良。

本书在编写过程中得到北京市、浙江省、江苏省、山东省、重庆市、天津市、安徽省、江西省、辽宁省等全国各地教研室的热情支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

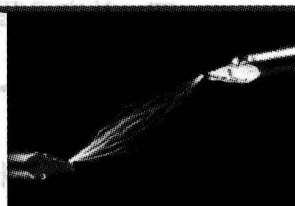
对于书中存在的缺点和错误,欢迎教师和物理教育工作者们及时批评、指正。来函请寄:100081 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 人民教育出版社物理室 收。

人民教育出版社 物理室

2010 年 4 月

目 录

第一章 静电场	1
一、本章教材概述	1
二、教材分析与教学建议	4
第1节 电荷及其守恒定律	4
第2节 库仑定律	8
第3节 电场强度	12
第4节 电势能和电势	18
第5节 电势差	23
第6节 电势差与电场强度的关系	25
第7节 静电现象的应用	28
第8节 电容器的电容	31
第9节 带电粒子在电场中的运动	36
三、教学设计案例	39
电势能	39
四、教学资源库	43
(一) 概念、规律和背景资料	43
(二) 联系生活、科技和社会资料	54
(三) 实验参考资料	55
五、补充习题	65



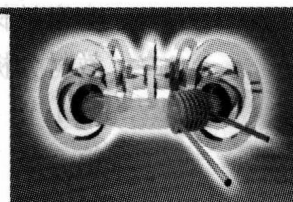
第二章 恒定电流	73
一、本章教材概述	73
二、教材分析与教学建议	77
第1节 电源和电流	77
第2节 电动势	80
第3节 欧姆定律	82
第4节 串联电路和并联电路	86
第5节 焦耳定律	89
第6节 导体的电阻	92
第7节 闭合电路的欧姆定律	95
第8节 多用电表的原理	99
第9节 实验：练习使用多用电表	101



第10节 实验：测定电池的电动势和内阻	103
第11节 简单的逻辑电路	106
三、教学资源库	104
(一) 概念、规律和背景资料	110
(二) 联系生活、科技和社会资料	116
(三) 实验参考资料	117
四、补充习题	122

第三章 磁场

一、本章教材概述	129
二、教材分析与教学建议	129
第1节 磁现象和磁场	132
第2节 磁感应强度	134
第3节 几种常见的磁场	137
第4节 通电导线在磁场中受到的力	140
第5节 运动电荷在磁场中受到的力	144
第6节 带电粒子在匀强磁场中的运动	147
三、教学设计方案	149
带电粒子在匀强磁场中的运动	149
四、教学资源库	153
(一) 概念、规律和背景资料	153
(二) 联系生活、科技和社会资料	159
(三) 实验参考资料	165
五、补充习题	169



第四章 电磁感应

一、本章教材概述	171
二、教材分析与教学建议	171
第1节 电磁感应	174
第2节 感应电动势	178
第3节 楞次定律	182
第4节 法拉第电磁感应定律	186
第5节 涡流	190
第6节 电磁感应中的能量问题	194
三、教学设计方案	197
楞次定律	197
法拉第电磁感应定律	197
电磁感应中的能量问题	197
四、教学资源库	201
(一) 概念、规律和背景资料	201
(二) 联系生活、科技和社会资料	205
(三) 实验参考资料	209
五、补充习题	213

第一章 静电场

课程标准的要求

1. 了解静电现象及其在生活和生产中的应用。用原子结构和电荷守恒的知识分析静电现象。
2. 知道点电荷，体会科学研究中的理想模型方法。知道两个点电荷间相互作用的规律。通过静电力与万有引力的对比，体会自然规律的多样性与统一性。
3. 了解静电场，初步了解场是物质存在的形式之一。理解电场强度，会用电场线描述电场。
4. 知道电势能、电势，理解电势差。了解电势差与电场强度的关系。
5. 观察常见电容器的构造，了解电容器的电容。举例说明电容器在技术中的应用。

一、本章教材概述

本章是选修3系列的第一章，是高中阶段电学内容的开始。这一章的内容是高中阶段基础的内容之一。它既是电磁学知识的基础，又是光学等其他物理学知识的重要基础。

本章的核心内容是电场的概念及描述电场特性的物理量。教科书从电荷在电场中受力入手，引入电场强度的概念，明确它是表示电场强弱的物理量。然后，通过将静电力做功与路径无关和重力做功与路径无关类比，得出电荷在电场中具有由位置决定的能量——电势能。在此基础上，同引入电场强度的方法相同（比值定义法），引入电场的另一种描述，即电势的概念。这样，通过几个相关物理概念的讨论，完成对静电场性质的初步认识。

本章知识内容共有9节，大致可以分为三个单元。

第一单元包括第1、2节，即“电荷及其守恒定律”和“库仑定律”，为本章的后续学习打下基础；

第二单元包括第3、4、5、6节，分别是“电场强度”“电势能和电势”“电势差”“电势差与电场强度的关系”，是关于电场强度和电势概念的具体讨论，是本章的核心内容；

第三单元包括第7、8、9节，即“静电现象的应用”“电容器的电容”“带电粒子在电场中的运动”，是前面各节内容之间以及与力学知识的综合。

这三个单元是按照物理学自身发展的过程以及教学中循序渐进的原则来安排的。先认识电荷、电荷之间相互作用的规律，再认识描述场的性质的相关物理量。在此基础上，通过核心内容的拓展和应用，如静电现象的应用、电容器的电容、带电粒子在电场中的运动等，提高学生综合运用物理知识的能力。

在编写本章内容时有以下一些思考：

1. 注意渗透电磁学与力学的紧密联系

本章处于承上（力学）启下（电磁学）的重要位置。我们知道，人类对静电现象的认识和研究是物理学产生和发展的源头之一。尽管电磁学已经发展成为一门独立而完整的学科，但它仍然保持着与力学的紧密联系。力、功和能量等仍然是电磁学的主要概念。本章研究静电场产生的静电场的性质，就是从电荷在电场中受力和电荷在电场中具有能量两个角度出发，有效地描述电场的基本特性。力学中的一些基本概念（如力、能量）和规律，对人们认识电现象起到了非常重要的作用。

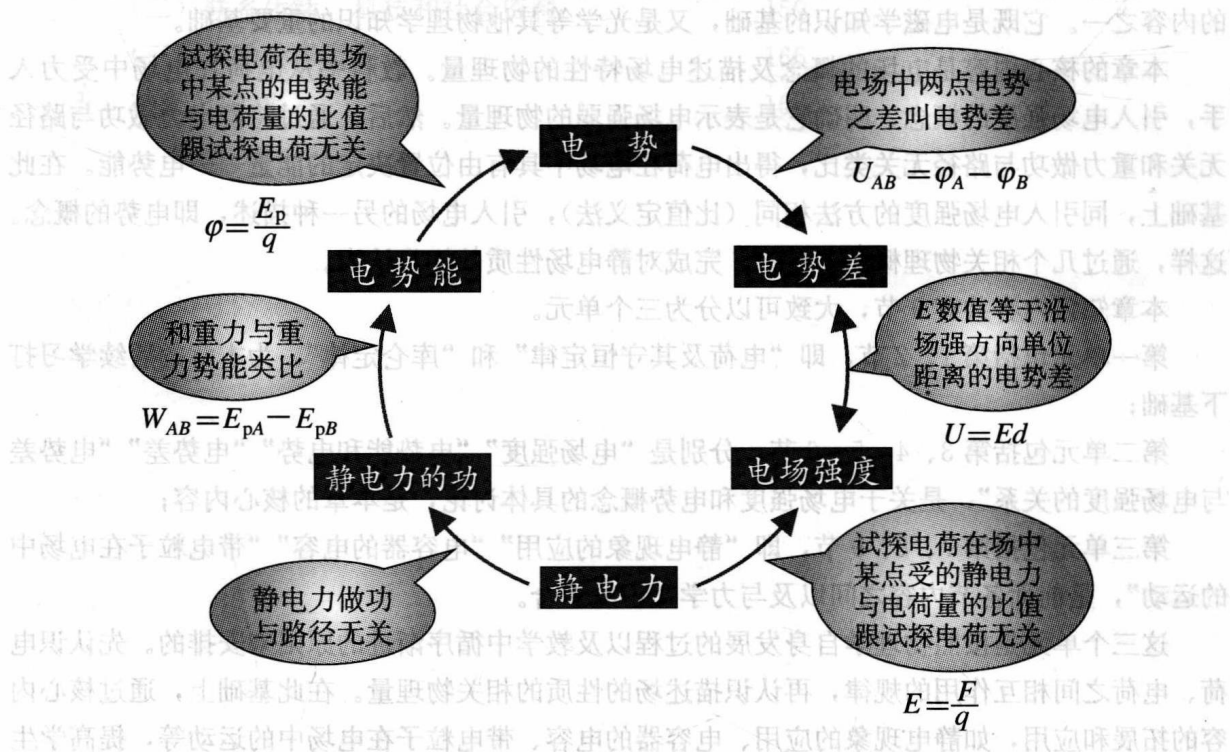
在此之前，学生学习的都是力学的有关内容，从这章开始，学生就要学习电学的有关知识。由于电学中的有关内容较力学更为抽象，而通过已有的知识可以帮助学生发现新的现象，认识和理解新的规律，所以教科书采用类比的方法将有关的电学知识与力学知识有机联系。例如，在介绍库仑定律时，将它与万有引力定律类比，分析二者的相同与不同；在介绍电势及电势能的有关内容时，同样借助介绍重力势能的一些思路，等等。这种紧密联系的方法既对学生学习、理解新的知识有帮助，也有利于学生用相互联系、相互影响的观点去看待事物。这样的处理对学生进入电学的学习是十分有益的。

2. 内容结构的设计形成了较紧密的“知识链”

有人说，从本章内容的选取和结构设计来看，好像有些过分强调知识的系统性，目的是要追求物理学科知识体系的严谨性吗？

应该指出的是，电势能、电势、电势差的概念得出的先后顺序新旧教科书有所不同。过去的教科书从学生实际接触比较多的电压，即电势差的概念入手，从而进一步学习电势、电势能的内容，而新教科书则正相反。这样变化的主要思考是新教科书自始至终贯穿了“通过做功研究能量变化”的思想。

由下面的图示可以看出，这样的处理，使整章内容形成了较稳固的“知识链”结构。



从教科书内容结构的设计来看，形成稳固的“知识链”设计，有利于突出知识间的递进关系。学生学习新知识，需要原有的知识为基础。知识间的联系越紧密，就越容易为教学提供一

个比较清晰的知识线索,确保学生的学习循序渐进。

正如前面所说,教科书在整体设计上始终抓住“功和能的关系”这条主线来展开问题的讨论。例如,在《物理必修2》第七章“机械能守恒定律”中就曾有过充分的讨论。新教科书之所以按电势能—电势—电势差的逻辑关系设计知识结构,目的就是要渗透“通过做功研究能量变化”的科学思想。教科书在分析了静电力做的功与路径无关之后,很自然地就会得到电势能的概念,随后,由于电势能的大小与检验电荷的电荷量成正比,于是又得到了电势……

另外,在教学中还需要进一步明确的是,具有清晰的知识线索的教学,可以避免知识的简单堆砌。它是学生获得新知识的一条有效途径,是提出、整理、检验关于自然的种种解释的一个过程,是经验与理性思维的碰撞。也许,这正是教学的基本价值所在。所以,教科书中这样的设计绝不是单纯追求物理学科知识体系的严谨性,目的仍然是要全面落实课程的“三维”目标。

3. 有效地把握知识要求的层次

静电场是继引力场之后,教学中又一次面临的有关“场”的问题。电场的概念及其特性的描述一直是教学的难点。由于概念比较抽象,不能用感官直接感受,加上电场是分布在空间中的,所以需要有较强的抽象思维能力和空间想像能力,才能形成正确的物理图景。因此,在教学中要充分运用各种形象化的教学手段,帮助学生形成正确的认识。

对于《课程标准》中“了解静电场,初步了解场是物质存在的形式之一”的教学要求,我们应该如何理解呢?

可以说,相当多的学生对场是除实物以外物质存在的另一种形式的理解是有困难的。教科书对这一问题的处理,只要求学生通过电场对电荷的作用来检验其存在,对其他内容不要求拓展。

另外,需要进一步说明的是,对于初步了解场是物质存在的形式之一的教学要求,仅靠本章内容的学习是无法达到的。在学生对电场强度和电势的概念及其相互联系有所认识的基础上,还需要学习磁场及电磁波等知识,在此之后才可能对场的物质性有进一步的认识。换句话说,相关的知识在高中电磁学内容的相关部分都有阐述和渗透。因此,学生只有通过学习电场和磁场的知识,知道电场和磁场的基本性质,了解电场和磁场规律在科学技术、生产和生活中的应用,才能加深对于世界的物质性和物质运动的多样性的认识。所以,在教学中,应该通过整个电磁学的教学,逐步引导学生加深对场的物质性的认识。

课时安排建议

教科书中的每节课,是根据《课程标准》的要求和知识内容的相对完整性来划分的。对课堂教学设计来说,有的内容可能多一些,有的内容可能少一些。这就要求教师根据具体情况,在对整章内容进行分析的基础上,划分好单元,确定实际课堂教学的课时分配。下面的课时安排建议仅供参考。

第1节	电荷及其守恒定律	1课时
第2节	库仑定律	1课时
第3节	电场强度	2课时
第4节	电势能和电势	2课时
第5节	电势差	1课时
第6节	电势差与电场强度的关系	1课时
第7节	静电现象的应用	1课时
第8节	电容器的电容	1课时
第9节	带电粒子在电场中的运动	2课时

二、教材分析与教学建议

第1节 电荷及其守恒定律

1. 教学目标

- (1) 知道自然界存在两种电荷，并且只存在两种电荷。知道同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。
- (2) 经历摩擦起电和感应起电的实验过程，了解使物体带电的方法，能从物质微观结构的角度认识物体带电的本质。
- (3) 理解电荷守恒定律。
- (4) 知道电荷量的概念及其国际单位。
- (5) 关注存在元电荷的事实，知道元电荷的概念，知道电荷量不能连续变化。

2. 教材分析与教学建议

本节由电荷、电荷守恒定律、元电荷三部分内容组成。它们是本章的预备性知识。关于静电现象方面的知识，初中已有介绍，而高中更侧重从物质微观结构的角度认识物体带电的本质。结合摩擦起电和感应起电的具体情景，理解电荷守恒定律是本节的重点。

新教科书之所以把“电荷守恒定律”单列一节来处理，目的是要进一步突出守恒的思想。我们知道，各种守恒定律都是物理学的基本定律，它们不是科学家在盲目摸索中得来的。“守恒”始终是物理学家追求的目标。为了突出守恒的思想，在力学中学习功和能的关系时就是从“追寻守恒量”开始的。

过去的教科书常常习惯把“摩擦起电”和“感应起电”作为单独的两个知识点来处理，而新教科书是将它们放在从属于“电荷守恒定律”的地位。教学中要通过对这两个现象的分析，使学生的思考达到电荷可能守恒的合理推测，从而进一步深化对电荷的认识。

(1) 电荷

针对学生常常会出现的“凭什么说自然界只有两种电荷”的思考，或者说，“怎见得没有第三种电荷”的疑问，教科书中以“人们没有发现对上述两种电荷都排斥或都吸引的电荷。这表明，自然界的电荷只有两种”的表述，呈现出一种严谨的逻辑关系。应该说，这是一种理性思维，或者说是一种批判性思维，同时也在进行科学态度的教育。

如果有学生问道，教科书中为什么说“整个原子对外界较远位置表现为电中性”？应该告诉学生这是一种比较严密的说法。因为从原子结构的知识可知，原子内部正、负电荷并不重叠在一起，所以在离原子较近的位置观察原子的带电状况时，说原子表现为电中性就不恰当了。

摩擦起电和感应起电两个内容不仅为“两种电荷”以及电荷间的相互作用提供了感性材料，而且为理解电荷守恒定律铺设了台阶。所以做好摩擦起电和感应起电两个实验，尤其是感应起电的实验是本节教学的关键。教学中应该重视这两个实验的教学设计。

(2) 电荷守恒定律

摩擦起电 学生以前学习物理、化学知识时，对原子结构已经有所接触，所以教科书直接

从物质微观结构的角度阐述物体带电以及物体电中性的本质。学生也已经知道：通过摩擦可以使原来不带电的物体带电；带电体与不带电的导体接触，可以使不带电的导体带电（注意：学生虽然知道这个现象，但认识并不深入，下节“库仑的实验”中有所涉及）。本节教学是从物质微观结构的角度认识摩擦起电的本质。

对于摩擦起电的本质，教科书中的表述是：“……摩擦时，一些束缚得不紧的电子往往从一个物体转移到另一个物体，于是原来电中性的物体由于得到电子而带负电，失去电子的物体则带正电。”这里需要明确：

- ① 两个互相摩擦的物体一定是同时带上种类不同的电荷，且电荷量相等。
- ② 同一物体分别与不同种类的物体摩擦，该物体所带电荷的种类可能不同。所以，不要以为摩擦过的玻璃棒总是带正电。

对程度较好的学生可以进一步介绍图 1-1 所示的实验结果：棉布分别与丙烯塑料板（图甲）和乙烯塑料板（图乙）摩擦，所带电荷的种类是不同的。补充这样的内容，一方面有利于学生理解教科书中“……摩擦时，一些束缚得不紧的电子往往从一个物体转移到另一个物体”的内容；另一方面，有利于消除学生一提玻璃棒就认为一定带正电的思维定势。

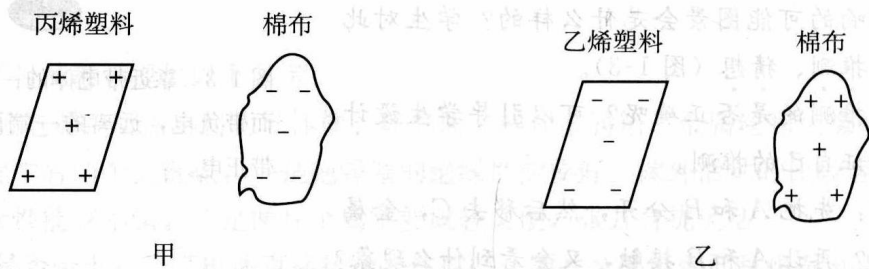


图 1-1

感应起电 感应起电实验是学习电荷守恒定律的又一准备。通过教科书中“实验”栏目的感应起电实验可将金属导体的带电过程展示在学生面前，丰富学生的感性认识。要让学生理解感应起电的微观过程，关键是要了解金属内部自由电子的运动状况。教学中可以给出简化的金属结构的物理模型（图 1-2）。

教科书中，“实验”栏目的呈现形式有了很大的改进。栏目中的实验表述没有说明可以观察到的具体现象，也就是说，没有给出结论性的内容。这主要是考虑到实验现象应该由学生自己去观察，而不应事先写出。教科书这样的呈现方式，体现了将科学探究思想渗透于各教学活动之中的设计宗旨。应该说，实验教学如果只要求学生停留在找出正确答案的层面是不够的。原因是学生在说出正确答案时，其思维程度可能还仅仅停留在对问题的一种推测、猜想，培养学生思维能力的目标还没有达成。所以，在进行这部分教学时，既要重视知识和实验技能的训练，还要重视逻辑关系及理性思维的训练。应该设计一些有梯度、能提升思维强度的问题，使学生切实做到独立思考、师生互动、同伴交流。

从教科书中这个实验的结果可以看出，带电是电子（离子）移动引起的电中性被破坏的现象。另外，实验中需注意：做好这个实验的关键是保证两部分导体对地的绝缘性能良好（课本图 1.1-1），A、B 的底座可以选用聚四氟乙烯（塑料王）；让物体 C 带尽可能多的电荷；为避免导体 A、B 与周围空间产生放电，导体表面需打磨光滑。

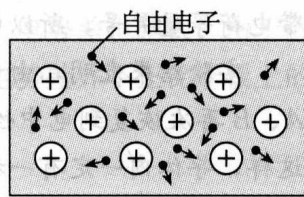


图 1-2 金属结构



对感应起电现象的分析

提出问题：把带正电荷的物体 C 移近导体 A 、 B ，金属箔有什么变化？再将物体 C 移开，使它远离导体 A 、 B ，金属箔又有什么变化？

实验观察：金属箔由闭合变为张开，表明导体 A 、 B 两端都带了电；再将物体 C 移开，金属箔又由张开变为闭合，表明导体 A 、 B 又恢复到原来的电中性状态。要求学生根据教科书关于金属的微观结构的论述分析产生这一实验现象的原因。

分析推测：这既不是接触带电，也不是摩擦起电，这是一种新的带电方式，表明带电体对导体内部的电荷分布带来了影响。它影响的是金属导体中自由电子的移动吗？是否由于同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引的原因，使靠近带电体的导体内部的电荷重新分布？这个影响的可能图景会是什么样的？学生对此会提出自己的推测、猜想（图 1-3）。

怎样证实推测的是否正确呢？可以引导学生设计新的实验来验证自己的推测。

问题导引：先把 A 和 B 分开，然后移去 C ，金属箔是否有变化？再让 A 和 B 接触，又会看到什么现象？

实验观察：先把 A 和 B 分开，然后移去 C 时， A 和 B 两端的金属箔仍然张开，但张角却有些变小了。再让 A 和 B 接触，可以看到 A 、 B 两端的金属箔都闭合了。

分析论证：因为 C 棒的正电荷吸引金属导体中的自由电子，在 A 端有多余电子积累而带负电， B 端因失去电子带正电， A 、 B 分离时 A 带负电， B 带正电，并且 A 、 B 两导体所带电荷等量异号。移去 C 棒后，积累在 A 端和 B 端的电荷会在两部分导体中重新分布，原来积累在 A 、 B 两端的电荷有一部分会分散掉，所以金属箔张角变小。再让 A 、 B 接触，由于它们所带电荷等量异号，所以电荷中和，金属箔闭合。

实验结果表明，由于导体中正、负电荷的分离，使原来电中性的导体分别带了电。带电体 A 、 B 再次恢复到电中性的状态，说明导体内部电荷的种类和数量达到等量、异号。如果不是这样，导体内一定有一种电荷多于另一种电荷， A 、 B 也就不可能成为电中性体。

小结：实验过程中导体没有与其他物体接触，并且导体与周围绝缘，所以总电荷不可能增减。也就是说，感应起电的实验过程中导体 A 、 B 没有与其他物体接触， A 、 B 都带电时总电荷没有增加， A 、 B 接触时总电荷也没有减少。

从教科书的整体设计来说，这套教科书更加强调“守恒”思想的渗透，这在《物理必修2》“追寻守恒量”“能量守恒定律”的引入，以及《物理选修3-5》“研究物体碰撞的不变量”中都有体现。而电荷守恒定律是自然界主要的守恒定律之一，所以教科书也有介绍。

在有效完成“电荷”教学的基础上，学生能够认识到，无论是摩擦起电还是感应起电，其本质都是微观带电粒子（如电子）在物体之间或物体内部的转移，而不是创造出了电荷。有了这样的认识，就可以顺利引出教科书中关于电荷守恒定律的第一种表述。针对这一表述，在教

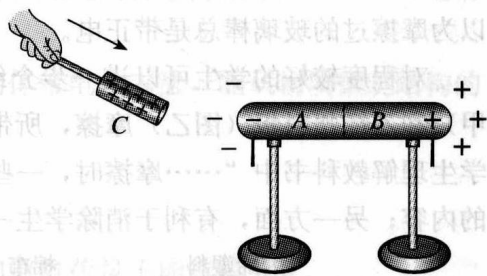


图 1-3 靠近带电体的一端因电子过多而带负电，远离的一端因电子缺少而带正电。

学中可以提出以下三个问题：

- ① 电中性物体中是否有电荷存在？
- ② 所谓“电荷的中和”是不是正、负电荷一起消失了？
- ③ 对于“电荷的总量保持不变”中的“电荷的总量”你是怎么理解的？

引导学生认识到：电中性物体中是有电荷存在的，只是电荷的代数和为 0；“电荷的中和”是指电荷的种类和数量达到等量、异号，这时正、负电荷的代数和为 0；“电荷的总量”是指电荷的代数和。

如果学生能够正确理解上述三个问题，就容易理解教科书中关于电荷守恒定律的第二种表述了。

注意：关于正、负电子湮没转化为光子等现象，在教学中不宜要求过高。可以告诉学生，这部分内容以后还会学习，现在只要知道随着人类研究领域的扩大和深入，电荷守恒定律有了新的表述即可。

对于“做一做”栏目的教学，可以从两方面考虑。一是动手制作验电器，这样有助于学生了解验电器的功能及使用方法；二是让学生通过观察和实验进一步理解接触带电、静电感应等方面的知识。

关于此栏目的教学提供以下参考：

- ① 制作验电器：所需材料为导体棒、玻璃瓶、两片金属箔、金属丝和绝缘塞。

制作过程中有两个关键点：一是绝缘塞的绝缘性能要好。课外活动时比较容易找到的材料是石蜡，绝缘性能就不错。二是两片金属箔要既轻又硬，张开合拢灵活。

- ② 检验是否带电：当带电体直接接触导体棒时，两片金属箔带同种电荷相互排斥而张开；当带电体靠近导体棒，并不与其接触时，两片金属箔因静电感应都带了与带电体不同种的电荷而张开。两种方式都可以判断物体是否带电。

- ③ 检验电荷的种类：先使金属箔带上某种已知电荷，再将待测带电体靠近验电器的导体棒，根据金属箔张角的增减判断带电体电荷的种类。

关于静电计，在学完本章“电容器的电容”内容后就会清楚它的原理，此处只是让学生学习它的使用方法。我们知道，静电计是通过静电感应检测带电体带电的相对数量的静电仪器。它是通过测量导体棒与金属外壳间的电势差来定标的，指针偏转越大，电势差也越大。由于静电计这个“电容器”的两个极板太简陋，受外界影响太大，极板间的电势差并不正比于板上的电荷量，所以只能用它定性地估计电势差。

(3) 元电荷

对于元电荷的概念，最重要的是把握电荷量子化的思想，这是学生第一次接触“量子化”，要为以后的学习打个伏笔。由于电荷的多少是可以量度的，所以也就有了“电荷量”这一物理量。教科书首先阐明了存在元电荷的事实：电子带有最小的负电荷，质子带有最小的正电荷。在此基础上，通过“实验还指出，所有带电体的电荷量或者等于 e ，或者是 e 的整数倍。这就是说，电荷量是不能连续变化的物理量”的表述，渗透出电荷是量子化的观点。教师授课时不必过早提出“量子化”的名词，可先以人群的最小量是一个人为例，让学生知道不连续变化的含义，然后引出电荷量是不能连续变化的物理量的事实，并介绍电荷量的定义、单位。最小的电荷量最早是由美国物理学家密立根通过实验测出来的。一般情况其值可以取 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

需要说明的是，教科书在给出元电荷概念的基础上，还要给出比荷（荷质比）的概念。比

荷是带电微观粒子的基本参量之一，曾为人类认识微观世界作出了重大贡献，比如汤姆孙发现电子的存在就与比荷的测量有关。

3. 问题与练习

内容分析

本节问题与练习围绕电荷守恒定律这一中心展开，习题联系生活实际，关注学生对物质的微观结构的认识，重视培养学生对静电感应知识的应用能力。

第1题联系生活实际，考查应用物理知识解释身边现象的能力。题目以说理题的形式出现。

第2题要求学生运用静电感应知识解决实际问题。即，要求学生根据金属导体内部的微观结构，说明自由电子受到C棒所带正电荷的吸引向左端移动。然后根据元电荷的概念计算B失去电子的数目。

第3题同样要求学生运用静电感应知识解决实际问题。

第4题要求从能量转化的角度解释静电现象。学生都知道永动机是不可能制成的，本题的关键是找到使电动机转动的能量来源，对培养科学世界观有积极意义。题目侧重基本概念和说理分析，对运算的要求不高。

解答与说明

1. 在天气干燥的季节，脱掉外衣时，由于摩擦，外衣和身体各自带了等量、异号的电荷。接着用手去摸金属门把手时，身体放电，于是产生电击的感觉。

2. 由于A、B都是金属导体，可移动的电荷是自由电子，所以，A带上的是负电荷，这是电子由B移动到A的结果。其中，A得到的电子数为 $n = \frac{10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{10}$ ，与B失去的电子数相等。

3. 图1-4是此问题的示意图。导体B中的一部分自由电子受A的正电荷吸引会积聚在B的左端，右端会因失去电子而带正电。A对B左端的吸引力大于对右端的排斥力，A、B之间产生吸引力。

4. 此现象并不是说明制造出了永动机，也没有违背能量守恒定律。因为，在把A、B分开的过程中要克服A、B之间的静电力做功。这是把机械能转化为电能的过程。



图1-4

第2节 库仑定律

1. 教学目标

(1) 通过演示实验，定性了解电荷之间的作用力大小与电荷量的多少以及电荷之间距离大小的关系。

(2) 明确点电荷是个理想模型。知道带电体简化为点电荷的条件，感悟科学研究中建立理想模型的重要意义。

(3) 知道库仑定律的文字表述及其公式表达。通过静电力与万有引力的对比，体会自然规

律的多样性和统一性。

(4) 了解库仑扭秤实验。

2. 教材分析与教学建议

本节内容的核心是库仑定律，它不仅是电磁学的基本定律，也是物理学的基本定律之一。库仑定律阐明了带电体相互作用的规律，为整个电磁学奠定了基础。

教科书在库仑定律教学的处理上,首先通过“演示”栏目中“探究影响电荷间相互作用力的因素”的定性实验导入。在此基础上,展示库仑定律建立的历史背景。一方面突现类比的方法在该定律建立过程中所起的重要作用;另一方面,库仑的实验是建立该定律的重要基础,该实验结果有力地证实了多位科学家的猜想。所以,本节的教学要特别注意实验教学。

(1) 影响电荷间相互作用力的因素

教科书中的“演示”栏目，虽然介绍的是一个定性的实验，但这个实验在本节课的地位却十分重要。因为它不仅丰富了学生的感性认识，而且体现了探究电荷间相互作用力与哪些因素有关的过程与方法。

教学片段

影响电荷间相互作用力的因素

实验中需思考及注意的问题:

①用感应起电盘反复多次使球形导体O带上足够多的电荷。

注意：带电体的底座要有良好的绝缘性。 O 的表面一定要光滑，否则容易漏电。带电体 O 也宜选择略大一些的，这样可以使其带有较充足的电荷。

②把静电摆与带电体O接触，静电摆就因带上了同种电荷而受到排斥。移动静电摆到适当的位置，观察静电摆与铅垂线的偏角大小。

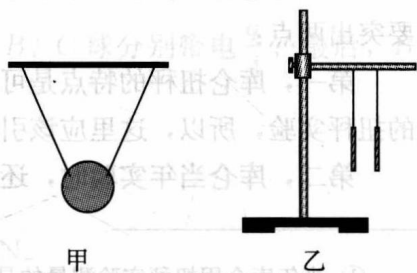
③增大带电体O与静电摆间的距离,观察静电摆与铅垂线的偏角大小如何变化。

④使带电体 O 与静电摆恢复到原来的距离，用不带电的静电摆与原来的静电摆接触，原静电摆所带的电荷量减少。再观察静电摆与铅垂线的偏角大小如何变化。

静电摆的制作：材料应该用导体，如果用泡沫塑料，外面应该包一层铝箔纸。也可以用很薄的金属箔，以圆柱形笔筒为芯把箔纸卷成筒状，再剪一枚直径与箔纸筒相同的圆箔纸片封住箔纸筒的底。把细丝线一端打个结穿过圆形箔纸片的圆心，线长约 80 cm 左右，线的另一端悬挂在绝缘支架上。

实验的难点是如何保证两个静电摆材质、形状、大小基本相同。只有这样，两个静电摆接触时才会达到电荷量均分的目的。

下面采用的方法可以帮助我们突破这个难点。即，用金属箔片制作两个大小相同的圆片，再穿两根绝缘细线组成双线摆，如图 1-5 甲（正面图示）。实验时把两个圆片悬挂在水平绝缘杆上，如图 1-5 乙（侧面图示）。



实验之前先让两金属圆片带等量电荷，其余步骤同上。

(2) 库仑定律

在完成上述实验的基础上，需要向学生明确的是，该实验属于定性研究，据此还不能得出库仑定律。教学中有必要将库仑定律建立的历史背景加以介绍，目的是向学生传达一个信息，即，科学定律的建立仅凭实验事实还不够，还需要推理、需要创新。科学家以广博的知识和深刻的洞察力为基础进行的猜想，才是最有创造力的思维活动。

在18世纪中叶，库仑定律发现的前夕，对万有引力的研究已经相当深入，人们已经知道了“平方反比”规律的各种表现。例如，把质点放到均匀物质球壳中的任何一点，球壳对它的引力都是0。18世纪60年代，富兰克林做了一个实验：把一个带电的软木球吊在带电的罐头盒正中，结果发现软木球受带电罐头盒的力为0。另一位物理学家爱普里斯特利据此猜测静电力也与万有引力一样具有“平方反比”的规律……所有这一切还只能说是一种猜测，因为实验条件并不一样：罐头盒并不是均匀带电的球壳。同时，还有其他人由于受不同事实的启发，也推测静电力存在“平方反比”的规律。库仑就是在这样的背景下进行他的扭秤实验的。

对库仑定律的教学应明确以下几个问题：

①知道点电荷的物理意义，以及在具体的物理情境中建立点电荷模型的条件，体验物理理想模型的研究方法，感悟科学研究中建立理想模型的重要意义，并能在其他场合中尝试运用这种方法研究物理问题。“点电荷”是学生在电磁学中接触的第二个理想模型，可以把它与学过的“质点”理想模型联系起来，以加深学生对这种方法的体验。如，在两带电体之间距离接近0时，由于已经失去了简化为点电荷的前提条件，因此不能根据库仑定律得到静电力无穷大的结论；而在两带电体间的距离非常大时，不管形状如何，总是可以把它们看做点电荷，它们之间的作用力等于0。

②叙述库仑定律的内容不仅要说明静电力的大小，而且要说明静电力的方向。可以告诉学生，严格地说，这个定律只适用于真空中的两个静止的点电荷，但实际上对空气中两个静止点电荷，或者运动速度不大的两个点电荷，也可以用库仑定律计算它们的静电力。学生如果问：为什么强调“静止的”点电荷？可以告诉他们这个问题在以后学习电磁场与电磁波时就会明白。

③万有引力与物体的质量有关，静电力与电荷的电荷量有关；万有引力只存在引力，而静电力有引力和斥力，这说明了自然规律的多样性。另一方面，万有引力定律与库仑定律都遵循距离的“平方反比”规律，表达形式也十分相似，相互作用都是相关“场”的作用。可见，自然界的事物尽管是多种多样的，但却具有统一的一面。通过对上述问题的分析、类比，可以使学生进一步体会到自然界的和谐与多样的美。

(3) 库仑的实验

由于库仑扭秤实验在中学很难做成，可介绍库仑扭秤实验的设计思路与实验方法，其中需要突出两点：

第一，库仑扭秤的特点是可以定量测量微小的力，由于《物理必修2》没有介绍卡文迪许的扭秤实验，所以，这里应该引导学生仔细观察课本图1.2-2，了解扭秤的工作原理①。

第二，库仑当年实验时，还不知道怎样测量物体所带的电荷量，甚至连电荷量的单位都没

① 当年库仑用扭秤实验测量的是同种电荷的排斥力，而异种电荷的吸引力的关系，库仑是用静电摆进行测量的，这与卡文迪许扭秤测万有引力常量是有所不同的。

有。库仑根据实验现象判断：两个相同的带电金属小球互相接触后所带的电荷量相等。应该要求学生理解库仑作出这一判断的实验依据，这不仅能够培养学生严谨的科学态度，而且能够培养学生的理性思维能力。

静电力常量是个重要的常量，教学中要求学生根据库仑定律的公式推导出它的单位。

另外，教科书中选取的两道例题具有很强的针对性，教学中要认真加以分析。

例题 1 是通过定量计算，使学生进一步明确在微观带电粒子（电子、质子、原子核和失去外层电子的离子等）的相互作用中静电力远远大于万有引力。了解这样的差别，有助于学生理解科学家在研究微观带电粒子时的合理简化，也会使学生对《物理必修 1》第三章第一节中的“四种基本相互作用”有进一步的认识。

例题 2 是多个点电荷对同一点电荷作用力的叠加问题。此题一方面巩固对电荷在电场中受力的分析，另一方面，也为下一节电场强度的叠加作了铺垫。

对于学习能力较强的学生，可以结合教科书图 1.2-3 提出更高的要求。即例题 2 可以改为：“如果从 q_1 到 q_2 是一根均匀带电的直棒，所带的电荷量为 $(q_1 + q_2)$ ，那么，此棒对 q_3 的作用力方向如何？”启发学生把直棒分割成很多小段，每一小段都可以看做一个点电荷，利用点电荷位置的对称性分析合力的方向。这样做有利于学生理解教科书中关于“任何一个带电体都可以看成是由许多点电荷组成的”表述。

教科书中的“科学漫步”栏目，介绍了静电喷漆、静电植绒和静电复印。可以指导学生自学这篇文章，了解上述静电技术的原理都是基于静电力的作用。对于复印机的技术细节只要一般了解即可。可以介绍学生读些课外科技读物，以求拓宽知识面。

3. 问题与练习

内容分析

问题的重点是训练运用库仑定律解决问题的能力。其要求是逐步提高的，梯度比较合理。

第 1 题帮助学生了解库仑的实验，巩固库仑的实验中巧取不同电荷的方法，对学生理性思维的训练是有益的。

第 2 题让学生通过计算，明确原子核内两质子间的作用力很大，为今后讲解核力打下伏笔。

第 3 题中电荷量分配是对第 1 题所述能力的再次训练。同时，训练库仑定律的应用。

第 4 题训练静电力的叠加和力的平行四边形定则，要求比较高。

第 5 题是电学与力学的综合题，不仅提供了一种测量电荷量的方法，而且可以起到复习力的分解知识的作用，要求也是比较高的。

解答与说明

1. 根据库仑的发现，两个相同的带电金属球接触后所带的电荷量相等。所以，先把 A 球与 B 球接触，此时，B 球带电 $\frac{q}{2}$ ；再把 B 球与 C 球接触，则 B、C 球分别带电 $\frac{q}{4}$ ；最后，B 球再次与 A 球接触，B 球带电 $q_B = \frac{\left(\frac{q}{2} + \frac{q}{4}\right)}{2} = \frac{3q}{8}$ 。

$$2. F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{e^2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(10^{-15})^2} \text{ N} = 230.4 \text{ N}.$$

提醒学生，原子核中的质子间的静电力可以使质子产生 $1.4 \times 10^{29} \text{ m/s}^2$ 的加速度！