

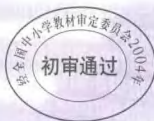
经全国中小学教材审定委员会2004年
初审通过

普通高中课程标准实验教科书

物理

(选修 3-1)

广东基础教育课程资源研究开发中心物理教材编写组 编著



普通高中课程标准实验教科书

物理

(选修 3-1)

W U L I

主 编: 保宗悌

副 主 编: 布正明 王笑君

本册主编: 陶力沛

本册编者: 邓 琼 王笑君 布正明 许鹤龄 陈胜春

周子龙、保宗悌 陶力沛 徐荣华 詹伟琴

(以姓氏笔画为序)

绘 图: 李德安

普通高中课程标准实验教科书
物 理
(选修3-1)

广东基础教育课程资源研究开发中心
物理教材编写组 编著

*

广东教育出版社出版
(广州市环市东路472号12-15楼)
邮政编码: 510075

网址: <http://www.gjs.cn>

广东省新华书店发行
广东广彩印务有限公司印刷
(南海市盐步镇河东)

890毫米×1240毫米 16开本 6.5印张 130 000字

2004年7月第1版 2006年7月第5次印刷

ISBN 7-5406-5486-4/C·4865

定价: 7.30元

著作权所有, 请勿擅用本书制作各类出版物, 违者必究
如有印装质量问题, 请与本社联系。

联系电话: 020-87613102

同学们，欢迎你们走进绚丽的电磁科学殿堂！

说到电和磁，大家一定不陌生。当你在明亮的电灯下，复习一天的课时；当你打开电视机，欣赏精彩的文艺节目时；当你登上电气化火车，奔驰在祖国的辽阔大地时；当你坐在计算机前，通过互联网与远方朋友轻松地交流时……你无一不是在和电磁这对兄弟打交道。

生活中应用电和磁的例子，你一定还能举出更多。可以毫不夸张地说，在现代生活中，人们一天都离不开电和磁！

电磁世界是多姿多彩的，又是奇妙有趣的。

工厂里的静电除尘装置为什么能锁住烟囱吐出的黑烟？楼道上的光声控制电灯为什么会自动亮熄？电视机的彩色图像是如何显示在屏幕上的？超导磁悬浮列车为什么能浮起在路轨之上？科学家如何能使带电粒子跑得几乎跟光一样快？对于这许许多多的为什么，大家一定很想知道其中的奥妙。

本书将带领同学们走进探求电磁奥秘的科学世界，踏着物理学家探索自然规律的足迹，你将学习电磁领域的新知识，你将了解物理学研究的基本方法，你也将体验科学探究过程的艰辛和成功的喜悦！

为了使同学们的学习活动更加丰富多彩，本书设计了若干特点鲜明的栏目。你可以在“实验与探究”中动手实践，探究物理学的真谛，领悟科学研究的方法。“讨论与交流”让你畅所欲言，经过与老师、同学的相互交流，彼此促进，相得益彰。通过“观察与思考”，你能从课堂演示实验中学会观察，养成独立思考、科学思维的习惯。课后的“实践与拓展”，为你留下思考、想像、实践、创新的空间。“资料活页”和“我们的网站”以不同的方式，向你展示现代科技成果，提供社会发展信息，让你开阔视野，发展兴趣，培养自主学习的能力。“本章小结”为你勾画一章的知识脉络，请你回顾与评价自己的探究过程。总而言之，这些栏目将忠实地为你服务，与你一起遨游五彩缤纷的电磁世界。

祝愿同学们的科学探索之旅充实、有趣、富有收获！

目 录

第一章 电场.....	1
第一节 认识静电	2
起电方法的实验探究	2
电荷守恒定律	3
第二节 探究静电力	5
点电荷	5
库仑定律	6
第三节 电场强度	9
电场	9
电场的描述	9
怎样“看见”电场	11
第四节 电势和电势差	14
电势差	14
电势	15
等势面	16
第五节 电场强度与电势差的关系	17
探究场强与电势差的关系	17
电场线与等势面的关系	18
第六节 示波器的奥秘	20
带电粒子的加速	21
带电粒子的偏转	21
示波器探秘	22
第七节 了解电容器	23
识别电容器	24
电容器的充放电	24
电容器的电容	25
决定电容的因素	25
第八节 静电与新技术	28
锁住黑烟	28
防止静电危害	29

第二章 电路	35
第一节 探究决定导线电阻的因素	36
电阻定律的实验探究	36
电阻率	38
第二节 对电阻的进一步研究	40
导体的伏安特性	40
电阻的串联	41
电阻的并联	42
第三节 研究闭合电路	44
电动势	44
闭合电路的欧姆定律	44
路端电压跟负载的关系	46
测量电源的电动势和内阻	47
第四节 认识多用电表	49
多用电表的原理	50
学会使用多用电表	52
第五节 电功率	54
电功和电功率	54
焦耳定律和热功率	55
闭合电路中的功率	56
第六节 走进门电路	58
与门电路	58
或门电路	59
非门电路	60
门电路的实验探究	61
第七节 了解集成电路	63
集成电路概述	63
集成电路的分类	64
集成电路的前景	64
第三章 磁场	69
第一节 我们周围的磁现象	70
无处不在的磁	70
地磁场	71
磁性材料	71
第二节 认识磁场	73
磁场初探	73
磁场有方向吗	74
图示磁场	75
安培分子电流假说	76
第三节 探究安培力	78
安培力的方向	78
安培力的大小	79
磁通量	81

第四节 安培力的应用	83
直流电动机	83
磁电式电表	84
第五节 研究洛伦兹力	85
洛伦兹力的方向	85
洛伦兹力的大小	86
第六节 洛伦兹力与现代技术	89
带电粒子在磁场中的运动	89
质谱仪	90
回旋加速器	91

第一章 电 场

远古时代的一个风雨交加的漆黑夜晚，我们的祖先——一群用兽皮树叶遮体的古人，为躲避风雨的侵袭，蜷缩在一个天然的山洞中。突然，整个山洞都被照亮，人们不由自主地向外望去，漆黑的穹苍被数道“之”字形的亮光撕裂。紧接着而来的是震耳欲聋的巨响，人们赶紧收回刚刚向外望去的目光，大家挤得更紧了……这就是人们对电的最早认识。

雷电是那样的神秘，它来去匆匆，稍纵即逝。它给人们带来甘霖，同时也给人们带来恐惧。几千年以来人们一直想探究其中的奥秘，更想将它驾驭于手中。美国科学家富兰克林就曾冒着生命危险，尝试用风筝去捕捉雷电。

电是那样的实在，给我们的生活带来极大的方便。今天人们生活中的电灯、电视、电话、电风扇等哪一样不与电有关？电又是那样的神奇，让人看不见，摸不着。

电是什么？我们又该如何认识它呢？



第一节 认识静电

专业术语

电荷

electric charge

在干燥的冬天，你也许有过这样的经历：当你经过铺有地毯的走道来到房间门口，在伸手接触金属门把的一刹那，突然听到“啪”的一声，手被麻了一下，弄得你虚惊一场（图 1-1-1），是谁在恶作剧？回答可能有点意外，原来是电荷在作怪。



图 1-1-1 原来是电荷在作怪

章首图是一幅闪电的照片，聚集在云层中的电荷在瞬间跃向另一云层或大地，并伴随着强烈的闪光和震耳的响声，据估算，夏季雷雨中的一次闪电，消耗的能量高达 $3 \times 10^8 \text{ J}$ 。雷击的破坏力巨大，它会造成森林火灾、建筑物损毁和人员伤亡。

起电方法的实验探究

公元前 600 年左右，希腊人泰勒斯发现毛皮摩擦过的琥珀能吸引羽毛、头发等轻小物体；我国西汉时期也有“玳瑁吸屑”的记载，说的是经过摩擦的玳瑁能够吸引微小物体。物体有了这种吸引轻小物体的性质，我们就说它带了电，或有了电荷。图 1-1-2 和图 1-1-3 都是物体带电的例子。



图 1-1-2 带电的玻璃棒



图 1-1-3 带电的气球

人们经过大量的实验发现：自然界中只存在两种电荷。习惯上将用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做正电荷，用毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电荷叫做负电荷。同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。

使物体带电称为起电。从以上实验可知,摩擦可以起电,此外,还有什么方法可以使物体带电呢?

实验与探究

1. 摩擦能使物体带电,请你用一小块泡沫塑料和薄膜包装袋摩擦来验证这一点。如何检验泡沫塑料块带的是正电荷还是负电荷?请你设计实验方案并完成实验。

2. 如图 1-1-4,三个相同的金属导体球 A、B、C 就在三个绝缘支架上,A 带有电荷,B、C 不带电,不借助其他的器具,你如何通过实验,使 B、C 带上与 A 电性相同的电荷?

3. 条件同上,你如何通过实验,使 B、C 带上电性相反的电荷?又如何使 B、C 上的电荷消失?

4. 小结一下,把你知道的起电方法写在下面。



图 1-1-4

电荷守恒定律

如何表示一个带电体带了多少电荷呢?我们先观察一个实验。

观察与思考

观察验电器(图 1-1-5),了解其结构。

将正、负电荷分别加到已带有正电荷的验电器上,仔细观察出现的现象。

思考一下,从中你能得到哪些启示。

物体所带的电荷一般是不相同的,电荷的多少叫做电荷量。正电荷的电荷量用正数来表示,负电荷的电荷量用负数来表示,等量的异种电荷完全抵消的现象叫做中和。

我们知道,物质由中性的原子组成,原子由原子核和电子组成。原子核中的质子和电子带有等量而异种的电荷,质子的电荷量 $e = 1.60 \times 10^{-19}$ 库仑。实验指出,任何带电体的电荷量都是 e 的整数倍。因此,电荷量 e 被称为元电荷。

电荷量 e 是由实验测定的,根据 1999 年发布的数据,元电荷的精确值



图 1-1-5 验电器

专业术语

验电器

electroscope

专业术语

电子

electron

专业术语

电荷守恒定律

law of conservation of
charge

$$e = 1.602176462(83) \times 10^{-19} \text{ 库仑}$$

式中库仑是国际单位制中电荷量的单位，简称库，用C表示。

实验表明，使物体带电的过程实际上就是使物体中的正、负电荷分离的过程。在摩擦起电的过程中，其中一个物体得到电子而带负电，同时另一个物体失去电子而带等量正电。由这些事实可以得出结论：电荷既不能创造，也不能消灭，它们只能从一个物体转移到另一个物体，或者从物体的一个部分转移到另一部分。在转移的过程中，电荷的代数和不变。这一结论叫做电荷守恒定律。

近代科学实践表明，电荷守恒定律不仅在一切宏观物理过程中成立，而且也是一切微观物理过程（如核反应过程）所普遍遵守的规律。



讨论与交流

用原子结构和电荷守恒定律分析本节开始提及的两个例子，说明电荷是如何产生和消失的。



实践与拓展

通过实地调查和查阅资料，了解避雷针的作用。

资料活页

富 兰 克 林

富兰克林 (Benjamin Franklin, 1706—1790)，美国科学家、政治家。

富兰克林对电学的发展有许多重要贡献。他对当时的电学知识（如电的产生、转移、感应、存储等）作了比较系统的整理。他把多个莱顿瓶连结起来，以储存更多电荷。他用实验证明莱顿瓶内外金属箔所带电荷数量相等，电性相反。他提出了电的单流质理论，并用数学上的正、负来表示多余或缺少这种电流质。他还认为摩擦起电只是使电荷转移而不是创生，所生正、负电荷一定严格相等，这个思想后来发展为电学中的基本定律之一——电荷守恒定律。

富兰克林的另一个重大贡献是统一了天电和地电，消除了人们对雷电的恐惧。他分析了莱顿瓶放电火花与雷电火花的相同之处，而且通过风筝实验（图1-1-6）予以证明。他发明的避雷针成了人类破除迷信、认识自然的一项重要技术成果。富兰克林在电学方面的研究成就有力地推动了电学、电工学的发展。



图 1-1-6 富兰克林做风筝实验

http://我们的网站 (physics.scnu.edu.cn/gzwl)

摩擦起电的解释

练习

1. 手握铜棒与丝绸摩擦，铜棒不能带电；若带上橡皮手套，握着铜棒和丝绸摩擦，铜棒就会带电。为什么？
2. 1 C 的电荷量相当于多少个质子所带的电荷量？
3. 给你两个带绝缘支架的相同金属小球 A、B，一块丝绸，一根玻璃棒，你能使这两个小球带等量异种电荷吗？

第二节 探究静电力

在发现电现象后的二千多年间，人类对电的了解一直处于定性的阶段。受牛顿的万有引力定律的启示，18 世纪的科学家推测带电物体间的相互作用力也是跟距离的平方成反比的。18 世纪末，法国科学家库仑通过实验总结出静止电荷间的相互作用力，即静电力的规律。

点电荷

观察表明，带电体之间的作用力除与电荷量及相对位置有关外，还与带电体的形状和大小有关，这大大增加了研究这一问题的复杂性。为了方便研究，我们引入点电荷这一物理概念。点电荷是指这样的带电体，它本身的大小比起它到其他带电体的距离小得多。这样，在研究它与其他带电体的相互作用时，可以忽略电荷在带电体上的具体分布情况，把它抽象成一个几何点。点电荷是一种理想化的物理模型，和力学中的质点模型一样，是一种科学的抽象。

理想模型方法是物理学常用的研究方法，当研究对象受多个因素影响时，在一定条件下人们可以抓住主要因素，忽略次要因素，将研究对象抽象为理想模型。这样可以使问题的处理大为简化。

讨论与交流

一个带电体在什么情况下可以看作点电荷？与研究问题所要求的精确度有无关系？

专业术语

点电荷

point charge

理想模型方法

库仑定律

现在通过实验来研究两个点电荷间的相互作用力。实验装置如图 1-2-1，其中 A 是一个固定摆放的导体小球，B、C 是两个相同的轻质导体小球。当轻质小球与 A 带同种电荷时，静电力使两者相互排斥，轻质小球的偏角越大，表示两电荷间的静电力越大。



图 1-2-1

观察与思考

变量控制法

点电荷之间的相互作用力涉及电荷量、距离等多个因素，我们用变量控制法来进行探究。步骤如下：

1. 研究相互作用力 F 与距离 r 的关系。

使 A、B、C 带同种电荷，且 B、C 的电荷量相等。观察 B、C 的偏角。思考 r 增大时， F 的大小如何变化，并记下你的结论：

2. 研究相互作用力 F 与电荷量的关系。

使 A、B 带同种电荷，观察 B 的偏角。设 B 原来的电荷量为 q ，使不带电的 C 与 B 接触一下即分开，这时 B、C 就各带 $q/2$ 的电荷量。保持 A、B 的距离不变，观察 B 的偏角。思考当 B 球带的电荷量减少时， F 的大小如何变化。并记下你的结论：

3. 综合以上两种情况，你的结论是什么？

在前人工作的基础上，法国物理学家库仑用实验研究了电荷之间的相互作用，总结出如下规律：在真空中两个点电荷之间的作用力，跟它们的电荷量的乘积成正比，跟它们间的距离的二次方成反比。作用力的方向在它们的连线上，同种电荷相互

专业术语

库仑定律

Coulomb's law

排斥, 异种电荷相互吸引. 人们把这一规律称为库仑定律. 电荷之间的这种作用力称静电力, 又叫做库仑力.

如果用 q_1 、 q_2 表示两个点电荷的电荷量, 用 r 表示它们之间的距离, F 表示它们之间的静电力, 则库仑定律的公式为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中 k 是一个常量, 叫静电力常量. 若式中各量均使用国际单位制, 即力的单位用 N, 电荷量的单位用 C, 距离的单位用 m, 通过实验可以得出 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$. 它表示真空中两个相距为 1 m、电荷量都为 1 C 的点电荷之间的相互作用力为 $9.0 \times 10^9 \text{ N}$.

例: 氢原子由一个质子和一个电子组成. 根据经典模型, 电子绕核做圆周运动, 轨道半径 r 是 $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$. 已知质子的质量 m_p 为 $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 电子的质量 m_e 为 $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 万有引力常量 G 为 $6.7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$. 求:

- (1) 电子受到的静电力.
- (2) 电子受到的万有引力.
- (3) 电子受到的静电力是万有引力的多少倍.

解: 电子的电荷量是 $-e$, 质子的电荷量为 e , 它们之间的静电力是引力. 由库仑定律, 求得两粒子间的静电力的大小为

$$F_e = k \frac{e^2}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N} = 8.1 \times 10^{-8} \text{ N}$$

由万有引力定律, 求得两粒子间的万有引力

$$F_g = G \frac{m_e m_p}{r^2} = \frac{6.7 \times 10^{-11} \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.7 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N}$$

$$= 3.7 \times 10^{-47} \text{ N}$$

静电力与万有引力之比

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{8.1 \times 10^{-8}}{3.7 \times 10^{-47}} = 2.2 \times 10^{39}$$

从这个例子可以看出, 氢原子中电子与质子的静电力远比万有引力大. 因此, 在研究微观带电粒子的相互作用时, 通常可以忽略万有引力.



讨论与交流

对比静电力与万有引力, 如何认识自然规律的多样性与统一性?



实践与拓展

谈谈你对科学研究中使用理想模型方法的体会.

资料活页

库仑扭秤实验

库仑 (Charles Augustin de Coulomb, 1736—1806), 法国物理学家。他在 1785 年通过扭秤实验总结出了电学中的基本定律——库仑定律。这项成果意义重大, 它标志着电学研究从定性走向定量。



图 1-2-2 库仑



图 1-2-3 库仑扭秤

扭秤结构如图 1-2-3 所示。在细金属丝下面悬挂一根横杆, 它的一端有一小球 A, 另一端有一平衡小球 P, 在 A 旁还另有一个与它一样大小的固定小球 B。为研究带电体之间的作用力, 先使 A、B 各带一定量的电荷, 这时横杆会因 A 端受力而偏转, 转动悬丝上的旋钮 M, 使小球回到原来位置。这时, 悬丝的扭力矩与小球 A 上的电力矩的大小相等。如果悬丝的扭力矩与扭转角度之间的关系已事先标定, 则由旋钮 M 上指针转过的角度和已知的横杆长度, 可以算出在此距离下 A、B 之间的相互作用力。

为纪念库仑对物理学的重要贡献, 电荷量的单位以他的名字命名。

练习

1. 铁原子核里有两个质子相距 $4.0 \times 10^{-16} \text{ m}$, 求它们之间的静电力。
2. 有两个完全相同的金属小球 A 和 B, A 带电荷 $3Q$, B 带电荷 $-Q$ 。已知它们相距为 r 时的静电力为 F , 现将它们互相接触再分开, 并使二者距离为 $2r$, 求 A、B 之间的静电力。
3. A、B 两小球分别带 $9Q$ 和 $-3Q$ 的电荷, 固定在相距为 L 的位置上。现有一电荷量为 Q 的小球 C, 问将它放在什么位置受到的静电力为零。

第三节 电场强度

我们知道，两个相隔一定距离的电荷之间有相互作用力，这种相互作用力与手推车的推力、绳拉船的拉力、滑块在桌面滑动受到的摩擦力不同：后者都存在于直接接触的物体之间，而电荷之间的相互作用力却可以发生在两个相隔一定距离的物体之间，那么它们之间是如何发生作用的呢？

电场

经过长期的科学研究，人们认识到：电荷之间的相互作用是通过电场发生的，场是物质存在的形式之一，引进场的概念对物理学的发展有重要意义。凡是有电荷的地方，在它周围就存在电场，电场对处于其中的其他电荷有力的作用。如图 1-3-1 所示，电荷 q_1 通过它的电场对电荷 q_2 产生力的作用，同时电荷 q_2 也通过自己的电场对电荷 q_1 产生力的作用。



图 1-3-1

本章只研究相对观察者静止的电荷周围存在的电场，即静电场。

电场的描述

如何来研究电场呢？

电场的基本性质是对放入其中的电荷有作用力，因此可以通过这一性质来研究电场。放入电场中探测电场性质的电荷称为试探电荷。试探电荷的电荷量应足够小，使到它放进电场后不会影响原有电场的分布；另外，它的线度也应足够小，这样才能研究电场中各点的情况。

观察与思考

实验装置如图 1-3-2 所示，图中 A 是一带电导体球，试探电荷与 A 带同种电荷。

观察同一试探电荷 q 放在导体 A 的电场中的不同位置时，它受到的电场力是否相同（图 a）。

在导体 A 的电场中的同一位置放电荷量不同的试探电荷时, 比较它受到的电场力是否相同 (图 h)。

为了方便比较, 实验时可把两个电荷量相同的试探电荷 q_1 、 q_2 放置在 A 的两边。

根据对称性, 实验时可以把电荷量不同的两个试探电荷 q_1 、 q_2 放在 A 的两边, 并使它们到 A 的距离相等。

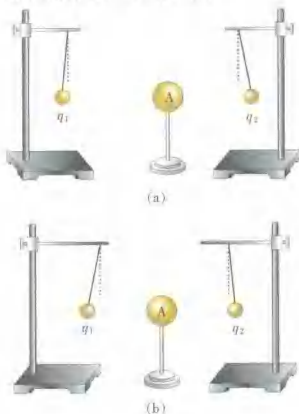


图 1-3-2

思考是否可以用试探电荷受到的电场力来描述电场的性质。

同一试探电荷放在电场中的不同位置时, 它受到的电场力的大小一般并不相同, 这表明电场中不同的点的电场强弱不同。另一方面, 不同的试探电荷在电场的同一点上受到的电场力的大小不同, 这表明电场力与试探电荷的电荷量有关, 所以不能用试探电荷所受的电场力来表示电场的强弱。

定量的实验表明, 在电场的同一点, 电场力的大小与试探电荷的电荷量的比值是恒定的, 跟试探电荷的电荷量无关。它只与产生电场的电荷以及试探电荷在电场中的具体位置有关, 即比值反映电场自身的性质。因此, 我们可以用这一比值表示电场的强弱, 这一比值称为电场强度, 简称场强。通常用 E 表示电场强度, 则

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-2)$$

电场强度是一个矢量, 电场中某点的电场强度的方向与正电荷在该点受到的电场力的方向相同。

由(1-2)式可见, 电场中任意一点的电场强度在数值上等于单位电荷在该点所受的电场力。在国际单位制中, 电场强度的单位为 N/C 。

如果电场中各点的场强大小和方向都相同, 这种电场叫做匀强电场。

专业术语
电场强度
electric field intensity

比值定义法