

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 1-1

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心



 人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 1-1

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

普通高中课程标准实验教科书

物 理

选修 1-1

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 出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

山东新华印刷厂德州厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张: 8 字数: 150 000

2004 年 5 月第 1 版 2005 年 12 月第 14 次印刷

ISBN 7-107-17807-5 定价: 10.40 元
G·10896 (课)

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, 请与出版科联系调换。

(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)

总 主 编：张大昌

副总主编：彭前程

主 编：申先甲

副 主 编：杜 敏

编写人员：谷雅慧 李艳平 申先甲 陶 澄

绘 图：王凌波 张 良

责任编辑：谷雅慧

版式设计：张万红

审 读：王存志

致 同 学 们

同学们！在学完共同必修模块后，你们已经领略了物理学冰山的一角。选修1系列的两个模块将继续向你们展示物理学的其他有趣的内容。在这个系列里我们将侧重物理学与社会科学和人文学科的融合，强调物理学对人类文明的影响。希望你们在本书的学习中，能主动地、生动活泼和富有个性地学习物理知识与技能，提高科学思维能力，发扬创新精神，为你们的终身发展及科学世界观、科学价值观的形成打下基础。

结合本教材的特点，先和同学们谈几个有关的话题。

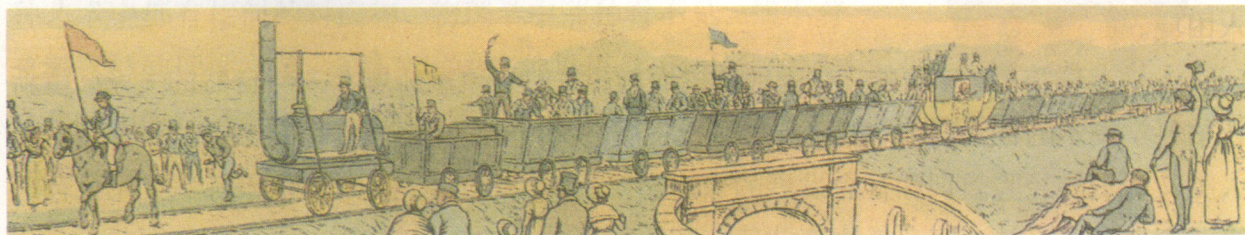
物理学与人类文明

几千年的历史表明，物理学是人类文明的重要源泉。从茹毛饮血的原始社会到高度文明的现代社会，人类是伴随着包括物理学在内的科学技术的一次次突破，一步步地走过来的。在远古蛮荒的文明之初，投掷、尖劈、杠杆等知识帮助原始人群度过了漫长的旧石器时代。由于能力的低下，人类创造了听命于自然的图腾文化。弓箭、钻木取火的发明，是最早的技术革命，它催生了畜牧业以及制陶和冶金技术。金属农具的普遍使用，使人类进入到农业社会，产生了具有田园意趣、以自然启示人格和艺术的人文文化。

从近代欧洲的文艺复兴开始，科学实验开辟了科学革命的道路，理性精神深深地渗透到文化当中，把人类推进到科学文化的时代。17世纪的牛顿力学和18世纪中叶的量热学，导致了蒸汽动力的普遍应用，推动了近代第一次工业革命，人类进入到“蒸汽时代”，产生了资本主义的工业文明。19世纪40~60年代，能量转化和守恒定律的建立及电磁场理论的发展促进了“蒸汽时代”向“电气化时代”的转变。



元代耕织图



铁路通车典礼

20 世纪以来，以相对论和量子力学为理论支柱的微观物理学的发展，引发了现代科学革命，推动了今日高科技社会的诞生。科学技术的高速发展，使人类改造自然的能力空前增强。

在古典神话小说《封神演义》中，作者幻想了许多超人的能力：雷震子肋生双翅翱翔长空，土行孙缩身入地日行千里，哼哈二将怒射白光杀敌制胜，千里眼顺风耳探事千里之



实现飞行的梦想



全球定位系统接收器能够显示经度、纬度和海拔高度，能够引导飞机和船只辨别它们的确切位置。

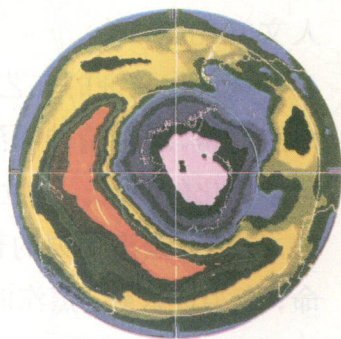
外。今天，飞机、地铁、激光、电视、互联网等技术已经使这些幻想变为现实。上天入地、腾空泛海、生光驭电、变幻万物，人类几乎达到了无所不能的地步。而这一切成就，都是基于科学技术的进展，可以说，物理学与其他学科一起创造了现代文明。

但是，一切技术应用，既可以成为打开自然宝库的钥匙，也可以成为对自然肆意施虐和毁灭人类文明的魔剑。今天，人们在惊叹高科技的辉煌成就的同时，似乎又听到了英国作家狄更斯（Charles Dickens 1812—1870）在《双城记》中发出的警世哲言：

这是最好的时候，这是最坏的时候；
这是智慧的年代，这是愚蠢的年代；
这是信仰的新纪元，这是怀疑的新纪元；
这是光明的季节，这是黑暗的季节；
这是希望之春，这是失望之冬；
我们将拥有一切，我们将一无所有；
.....

今天，环境污染，生态破坏，新疾病不断发生，自然资源匮乏，人口爆炸……如果这些问题得不到控制，人类的前途就会陷入困境。

人是有理智、有感情的。在这种危机面前，我们必须重新思考人与自然的关系，重新评估科学技术的社会功能，重新规划科技发展的路线图，更多地考虑自然与人的关系，从人类文明史的经验教训和社会发展的未来出发，把自然文化、人文文化和科学文化整合起来，创造出人、社会与自然生态共荣，和谐发展的新的文化模式。



环境污染造成大气上层的臭氧空洞

物理学之美

在一些人的心目中，物理学是那样枯燥，那样难懂，哪有什么“美”可言？事实并非如此。



大自然——美的源泉

美的源泉是大自然。美为什么会在物理学中泄露芳容呢？那是因为物理学之美源于自然美。

大自然拥有丰富多彩、十分绚丽的环境，有色彩之美、风格之美、对称之美、音韵之美、奇特之美、奥秘之美。物理学研究的对象，正是这样一个自然界。自然界所拥有的各种美的品格，当然会在物理学的内容和理论形式中反映出来。

简单、普适、和谐、统一是物理学之美的最普遍特征。尽管自然万物五彩缤纷、斑驳陆离、瞬息万变，然而它们的存在状态和变化却遵从一定的规律。为数不多的规律支配着自然界的一切，体现了自然界质朴的统一与和谐之美，赋予了科学理论的审美价值。爱因斯坦说：“从那些看来同直接真理十分不同的各种复杂现象中认识到它们的统一性，那是一种壮丽的感觉。”牛顿定律、万有引力定律、库仑定律、熵增加原理等，都以其简洁性、普适性与和谐性给人以美的震撼。它们既向人们展示出一个个未知王国如何在杂乱中包含有序、在繁杂中包含简单、在对立中包含统一，又给人们一种美的冲动，启迪人们的灵感和智慧，去创造更为壮丽的科学杰作。

自然界存在多种多样的对称美。对称性不仅体现在绘画、建筑、园林、城市规划中，物理学中同样反映出大自然的这种对称性。很多物理学理论都有一种赏心悦目的对称美，本书中，我们可以通过电与磁的规律领略一二，而在微观领域，还将看到更多、更深刻的对称性。

物理学中美的特点，在绘画、音乐，甚至诗歌、舞蹈等各种艺术中都有相似的对应物。物理学中那种看不见、摸不着、充满智慧的理性之美，正是艺术中那种见得着、听得到的感性之美的相似物；物理学家和艺术家通过不同途径追求的正是相同的目标。



京剧脸谱中的对称美

物理学与科学文化素养

有一个看法：如果一个人没有读过唐诗宋词、《红楼梦》和莎士比亚的作品，会被认为文化素养不高；但是一个人不知道牛顿、爱因斯坦的理论，却不被看做缺少文化。20世纪下半叶波澜壮阔的现代科技革命，极大地冲击了这种偏见。物理学家拉比（I. I. Rabi, 1898—1988）指出：“只有把科学和人文学科融为一体，我们才能期望达到与我们时代相称的智慧的顶点。”

或许你将来从事与物理学没有直接关系的工作，但是也应该对物理学有一定的认识。这不是要求你死记硬背物理定律和公式，而是要求你了解一些重要概念和规律的科学实质，经历一些物理学的探索过程，体会一些物理学的思维方式和研究方法，知道一些与物理学相关的基本知识。这对你分析和处理问题能力的提高，甚至你的日常生活，都是十分重要的。今天，物理学已经深入到社会生活的各个方面，无论你从事何种职业，都离不开与物理学相关的技术和产品。汽车、飞机、电视、空调、电脑、网络、手机、磁卡……不具备基本的物理学知识和技能，如何能更好地适应这种现代生活呢？



当代物理学发展的特点之一，是它与社会科学之间的沟通与渗透。人类生活在大自然中，人类社会的发展不能不受制于自然的法则，因而社会领域的许多问题，也可以借用物理学的概念、规律、思想和方法来研究和处理。近年来，在社会科学中广泛采用了自然科学的研究方法，我们必须造就具有较高自然科学素养的一代公民。

致同学们	1
------------	---

第一章 电场 电流



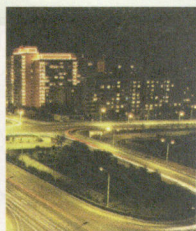
一、电荷 库仑定律	2
二、电场	8
三、生活中的静电现象	12
四、电容器	16
五、电流和电源	19
六、电流的热效应	23

第二章 磁场



一、指南针与远洋航海	30
二、电流的磁场	34
三、磁场对通电导线的作用	38
四、磁场对运动电荷的作用	44
五、磁性材料	49

第三章 电磁感应



一、电磁感应现象	54
二、法拉第电磁感应定律	60
三、交变电流	64
四、变压器	71
五、高压输电	74
六、自感现象 涡流	78
七、课题研究：电在我家中	83

第四章 电磁波及其应用



一、电磁波的发现	90
二、电磁波谱	94
三、电磁波的发射和接收	101
四、信息化社会	105
五、课题研究：社会生活中的电磁波	112

附录 课外读物及网站推荐	117
--------------------	-----

我们思想的发展在某种意义上常常来源于好奇心。

——爱因斯坦^①

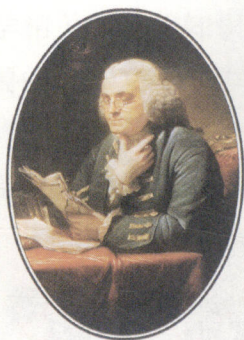
第一章 电场 电流



今天，我们闭合开关就可以接通电路：电灯发出柔和的光，收音机播放动听的乐曲，电视机播映声情并茂的节目……这一切早都习以为常。电的大规模应用基于人们对电的认识。然而，人类是怎样获得有关电的知识的？

关于电，人类是在好奇心的引导下，从研究神奇的静电现象开始的。

^① 爱因斯坦(Albert Einstein, 1879—1955)，20世纪杰出的物理学家。他建立了狭义相对论和广义相对论，提出了光量子的概念，以量子理论完满地解释了光电效应，并获1921年诺贝尔物理学奖。



富兰克林 (Benjamin Franklin, 1706—1790), 美国科学家、发明家、政治家, 美利坚合众国的创始人之一。



同学们千万不要重复这样危险的实验!

一、电荷 库仑定律

接引雷电下九天

电闪雷鸣是常见的自然现象, 有时甚至表现得神秘恐怖。虽然人们早就知道雷电现象能给人带来灾难, 但又无法解释、无法抵抗。蒙昧时期的人们认为雷电是“天神之火”, 在很长的历史时期内对它充满畏惧。欧洲的文艺复兴使得科学精神得到解放。活跃的科学思想和对丰富多彩的自然现象的好奇心, 鼓舞着人们摆脱传统观念和进行独立思考的勇气, 在对自然的研究上, 也给了人们丰富的思想营养。



电闪雷鸣

18 世纪, 各种静电现象首先引起了学者们的关注和研究。莱顿瓶^①发明后, 由于能产生强烈的电击和火花, 静电现象也开始引起了贵族和一般市民的兴趣, 他们喜欢观看这种新奇的东西, 乐于亲身体验一下电击的滋味。所以在当时的欧洲流行人体带电和电击一类的“魔术”表演。这种表演使观众感受到了电的神奇和威力, 激起了公众的好奇。

1746 年, 在美洲波士顿的街头上, 富兰克林看到了欧洲人表演的电学实验。新奇的现象激发了他极大的兴趣, 通过欧洲科学界的朋友, 他很快就得到了一套实验仪器, 并立即开始重复实验和研究。

人们对闪电的研究是由对火花放电现象的观察开始的。在记载了各种物质放电时产生的火花后, 研究者们发现, 火花的发声、发光和瞬间即逝的特点, 跟天上的闪电非常相似。为了研究闪电与摩擦产生的电有什么异同, 富兰克林勇敢地探索了雷电现象。

1752 年 6 月的一个雷雨天, 富兰克林冒着生命危险在美国费

^① 一种可以储存电荷的仪器, 详见本章第四节。

城进行了著名的风筝实验,要把天电引下来看一看。他用绸子做了一个大风筝,在风筝顶上安了一根细铁丝,一根麻线的一端连接铁丝,另一端拴一把钥匙并塞在莱顿瓶中。他和儿子一起把风筝放到天上,牵着风筝的一根丝绳系在遮雨棚内。当一阵雷电打下来,他看见麻线末端的纤维散开,并且莱顿瓶也带上了电。

富兰克林成功地将天电引入莱顿瓶,还用引下的电做了实验,证明了天电和摩擦产生的电是相同的。

富兰克林的实验证明闪电是一种放电现象,与摩擦产生的电没有区别。他统一了天电和地电,使人类摆脱了对雷电现象的迷信。

富兰克林为我们揭开了天电的奥秘——它跟地上的电是一样的。那么,地上的电有什么性质?它从哪里来?它的存在跟我们的生活有哪些关系?

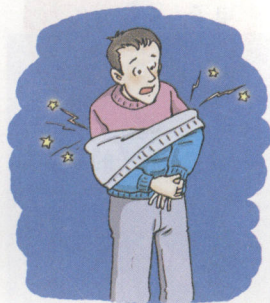


图1.1-1 如果天气干燥,晚上脱毛衣时,会听到“噼啪”声,还会看到电火花。这时你已经制造了一些小小的“雷电”。

电荷

经过摩擦的物体,如塑料笔杆、玻璃棒,能够吸引轻小物体,我们说这些摩擦过的物体带了**电荷(electric charge)**。这些电荷静止在物体上,这类现象叫做静电现象。

人们最早注意到的静电现象是摩擦起电。公元1世纪,我国学者王充在《论衡》一书中记述了“顿牟掇芥”。“顿牟指玳瑁的甲壳。”“掇芥”的意思是吸引芥子之类的轻小物体。古希腊人也发现了琥珀等物体经摩擦后能吸引草屑等小物体的静电现象。欧洲文艺复兴时期,由于思想的解放,人们对自然的好奇心很强,静电现象重新受到关注。英国学者吉尔伯特(William Gilbert, 1544—1603)崇尚实验研究方法,发现许多物体都有跟琥珀一样的性质,并把这类物体叫做“琥珀体”,在拉丁文中写做 *electrica*, 这也就是今天拉丁语系文字中“electricity”这个词的来源。



图1.1-2 左侧装置叫做验电器,金属杆下端的两片金属箔能因带同种电荷而张开,显示带了电。右侧是一种特殊的验电器,叫做静电计,指针偏转的角度可以表示带电的多少。

要想知道物体是否带了电,可以使用验电器(图1.1-2)。

在大量的摩擦起电实验中,人们发现:电荷有两种,正电荷和负电荷。用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电荷,用毛皮摩擦过的硬橡胶棒带负电荷。**同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。**

电荷的多少叫做**电荷量(quantity of electricity)**,用 Q (或 q)表示。在国际单位制中,电荷量的单位是**库仑(coulomb)**,简称**库**,用符号C表示。通常,正电荷量用正数表示,负电荷

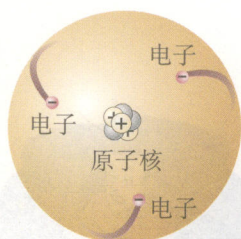


图 1.1-3 原子的电结构

量用负数表示。库仑是一个很大的单位，通常一把梳子与衣袖摩擦后所带的电荷量不到百万分之一库仑，但是闪电之前在巨大云层中积累的电荷，可以达到数百库仑。

我们已经知道，物质的原子是由带正电的原子核和带负电的电子组成的。原子核的正电荷数量与周围电子的负电荷数量一样多，所以整个原子对外表现为电中性。在摩擦起电过程中，一些被原子核束缚得不紧的电子转移到另一个物体上，于是失去电子的物体带正电，得到电子的物体带负电。在用丝绸摩擦玻璃棒时，玻璃棒上的电子跑到丝绸上去了，玻璃棒因缺少电子而带正电，丝绸因有多余的电子而带负电。

人们还发现，除摩擦外其他方法也可以使物体带电。

演 示

感 应 起 电

取一对用绝缘支柱支持的金属导体 A 、 B ，使它们彼此接触。起初它们不带电，贴在它们下面的金属箔是闭合的（图 1.1-4 甲）。

1. 带正电荷的球 C 移近导体 A ，可以看到 A 、 B 上的金属箔都张开了，这表示 A 、 B 上都带了电（图 1.1-4 乙）。

2. 如果把 A 、 B 分开，然后移去 C ，可以看到 A 和 B 仍带有电荷（图 1.1-4 丙）。

3. 让 A 、 B 接触，金属箔就不再张开，表明它们不再带电了。

这说明 A 、 B 所带的电荷是等量的，互相接触时，等量的正、负电荷发生了中和。

把电荷移近不带电的导体，可以使导体带电的现象，叫做**感应起电**。感应起电使导体中的正负电荷分开，使电荷从导体的一部分转移到另一部分。

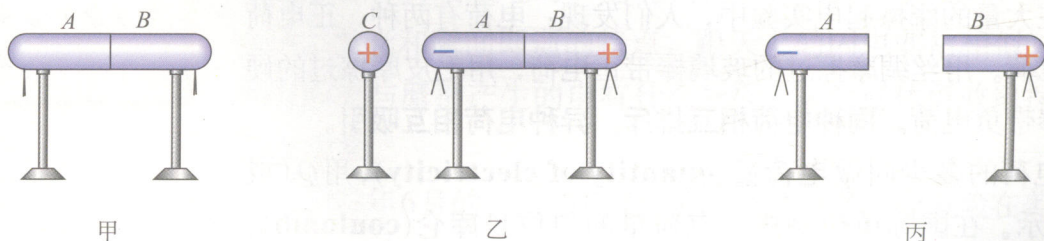


图 1.1-4 感应起电

电荷守恒

大量事实表明,电荷既不能创生,也不能消灭,只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分。在转移的过程中,电荷的总量不变。这个结论叫做**电荷守恒定律(law of electric charge conservation)**,是物理学中重要的基本定律之一。

到目前为止,科学实验发现的最小电荷量是电子所带的电荷量。质子、正电子带有跟电子等量的异种电荷。这个最小的电荷用 e 表示

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

实验指出,所有带电物体的电荷量或者等于 e , 或者是 e 的整数倍。因此,电荷量 e 叫做**元电荷(elementary charge)**。

我们知道,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。这说明电荷之间存在作用力。电荷之间的作用力是怎样发生的?有什么规律?

库仑定律

我们用实验来研究电荷之间作用力的大小与哪些因素有关。

实验

用软纸在两张塑料透明片上摩擦。然后把它们相互靠近。两张塑料片之间会发生什么作用?反复实验几次,说明它们之间作用力的大小可能跟哪些因素有关。

下面再看一个演示,检验我们的观察是否正确。

演示

把一个带正电的物体放在 A 处,另把一个带正电的轻质小球系在丝线上,先后挂在 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置(图 1.1-6)。小球所受电荷作用力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度显示出来。观察小球在不同位置时丝

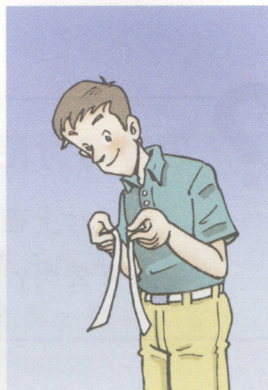


图 1.1-5 摩擦后的两张塑料片之间有力的作用

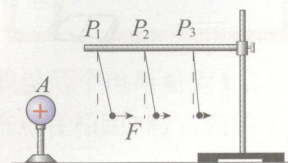


图 1.1-6 根据丝线偏离的角度,可以比较带电小球在不同位置时受力的大小。

线偏离竖直方向的角度，可以比较小球所受力的

再把小球挂在某个位置，增大或减小它所带的电荷量，比较小球受力大小的变化。



思考与讨论

通过对上面实验现象的观察，你认为电荷之间作用力的大小跟它们之间的距离有关吗？电荷之间作用力的大小跟电荷量的大小有关吗？



库仑 (C. A. de Coulomb, 1736—1806), 法国物理学家、工程师。

18世纪，许多科学家都在探索电荷之间作用力的规律，由定性实验表现出来的规律使一些科学家猜测，电荷之间相互作用力的规律可能与万有引力定律具有相似的形式。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作用力，证实了这个猜测。

真空中两个静止点电荷之间的相互作用力，跟它们电荷量的乘积成正比，跟它们距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上。这个规律是库仑在1785年发现的，人们把它叫做库仑定律(Coulomb law)。

电荷间的这种相互作用力叫做静电力(electrostatic force)或库仑力。库仑定律中所说的“点电荷”指的是一种没有大小的带电体。一般来说，如果带电体间的距离比它们自身线度的大小大得多，以至带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计，这样的带电体就可以看做点电荷。

如果用 Q_1 和 Q_2 表示两个点电荷的电荷量，用 r 表示它们之间的距离，用 F 表示它们之间的相互作用力，库仑定律可以表示为

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

式中的 k 是一个常量，叫做静电力常量(electrostatic force constant)。如果上式中各个物理量都采用国际单位制单位，即电荷量的单位用C，力的单位用N，距离的单位用m，由实验可以得出 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

点电荷的概念与质点的概念一样，是理想化的物理模型。



库仑定律是电磁学的基本定律之一,它给出的虽然是点电荷间的静电力,但是任一带电体所带的电荷都可以看成是由许多点电荷组成的。因此,如果知道带电体上的电荷分布,根据库仑定律和力的合成法则,原则上就可以求出带电体间的静电力的大小和方向。



思考与讨论

看到库仑定律的数学表达式,我们有似曾相识的感觉。原来它跟万有引力的数学表达式在形式上相似。比较一下:它们在哪些方面相似?哪些方面不同?

关于库仑力与万有引力之间的相似,物理学家们早就在认真思考:它们之间是否有内在的联系?它们是不是同一种相互作用的不同表现?至今,一些物理学家还在致力于这方面的研究。

问题和练习

1. 验电器可以用来检验物体是否带电。同学们可以自己动手做一个简易的验电器(图 1.1-7)。所用的材料很容易找到:一小段金属丝,两条长约 2 cm、宽约 4 mm 的金属箔,一个带有塑料瓶盖的玻璃瓶。制作时要注意瓶盖和瓶子一定要干净,也不能潮湿。

使摩擦过的塑料梳子接触金属丝,如果金属箔张开一定的角度,就可以说梳子带电了。

找来各种不同材料的物体,摩擦以后看一看,哪些物体通过摩擦能够带电。

2. 一根带电棒能吸引干燥的软木屑。木屑接触到棒以后,往往又剧烈地跳离此棒。试着做这个实验。说说为什么木屑会跳离。

3. 不带电的梳子与羊毛衣袖摩擦后带有 10^{-7} C 负电荷。这些电荷的电子数目跟地球人口数相比,哪个大?相差多少倍?

4. 1 C 的电荷量究竟有多大?一位同学想从力学的角度来认识它:假设两个电荷量为 1 C 的点电荷相距 r 时它们间的静电力等于 F ,如果某两个质量都等于 m 的质点在相距 r 时它们的万有引力也等于 F ,这时 m 是多大?

5. 自然界的电荷只有正电荷和负电荷两种,而没有第三种、第四种,这已成了常识。请为此说出理由,你凭什么事实支持这种结论?



图 1.1-7 简易验电器

二、电 场

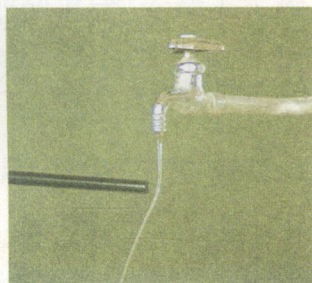
电 场

弹力和摩擦力都是在两个物体互相接触的情况下产生的。而两个带电体没有接触,就可以发生静电力的作用。那么,电荷之间的相互作用是通过什么发生的?

经过长期的科学研究,人们认识到,电荷周围存在着一种叫做**电场(electric field)**的物质,电荷之间是通过电场发生相互作用的。

只要有电荷存在,电荷的周围就有电场。电场的基本性质是对其中的电荷有力的作用。

场的概念的建立,是人类对客观世界认识的一个重要进展。现在,人们已经认识到,实物和场是物质存在的两种不同形式,虽然我们看不见电场和磁场,但它们也是客观存在的物质。



带电橡胶棒与水流没有接触,就可以发生静电力的作用。

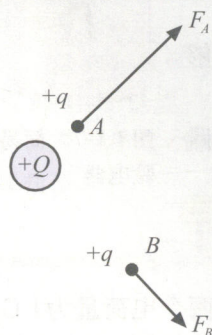


图 1.2-1 试探电荷在电场中

电场强度

根据电荷在电场中受到力的作用,可以知道电场的存在。

研究电场,必须在电场中放入电荷。这个电荷的电荷量非常小,放入之后,不致影响原来要研究的电场。它的体积也要充分小,便于研究电场中各点的情况。这样的电荷叫做**试探电荷**。

把试探电荷 q 放在电荷 Q 产生的电场中(图 1.2-1),电荷 q 在电场中的不同点,受到电场力的大小一般是不同的。这表示各点的电场强弱不同。电荷 q 在距电荷 Q 较近的 A 点,受到的电场力较大,表示这点的电场较强;电荷 q 在距电荷 Q 较远的 B 点,受到的电场力较小,表示这点的电场较弱。