

# 物理探索 6

## 电荷

## ELECTRIC CHARGES

Shandong Education Press  
山东教育出版社



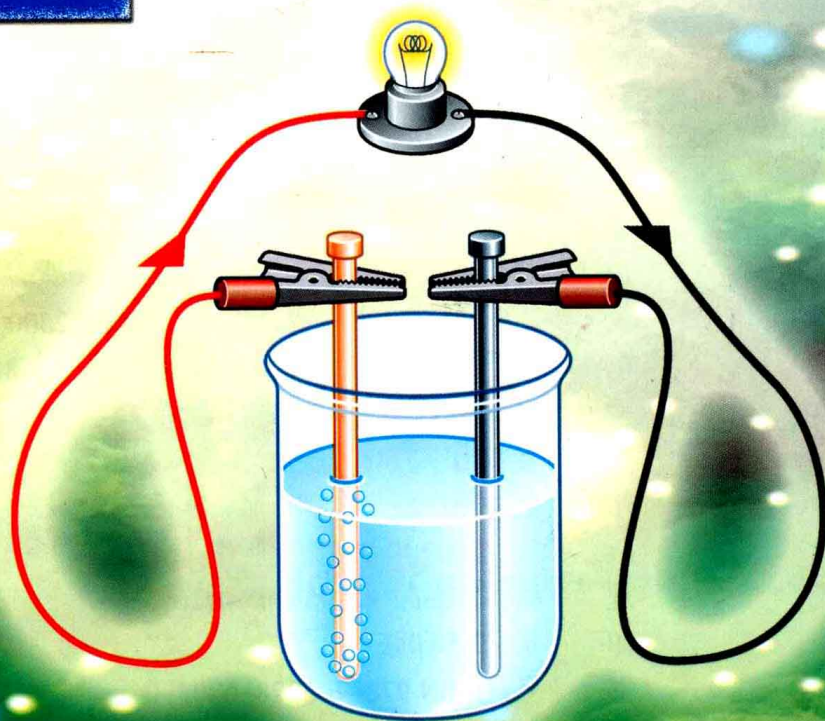
# 物理探索

6

## ELECTRIC CHARGES



Shandong Education Press  
山东教育出版社



## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

电荷 / (英) 克拉克 (Clark, J. O. E.) 著; 谭星, 郑琼译.  
— 济南: 山东教育出版社, 2009  
(物理探索; 6)  
ISBN 978-7-5328-6203-0

I. 电… II. ①克…②谭…③郑… III. 电荷—青少年读物 IV. 0441.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 033917 号

山东省版权局著作权合同登记号 图字: 15-2005-098

Copyright © Andromeda Oxford Limited 2001

The moral right of the proprietor has been asserted.

中文简体字版由 THE BROWN REFERENCE GROUP PLC 授权  
山东教育出版社全球独家出版发行。

版权所有 侵权必究

物理探索

第 6 卷

电荷

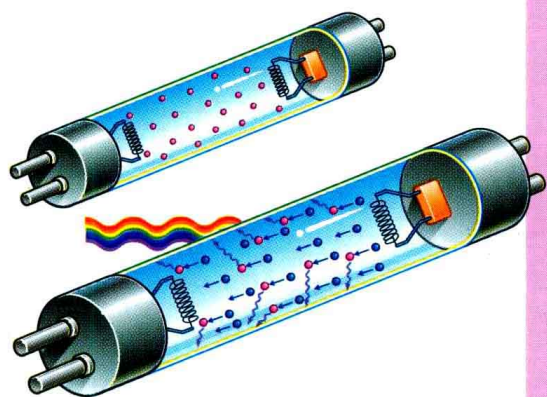
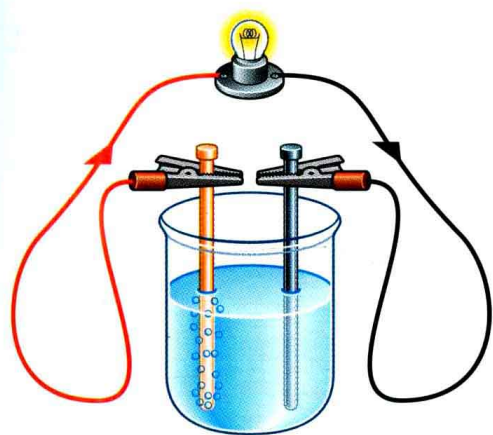
约翰·克拉克 著 谭星 郑琼 译

---

主 管: 山东出版集团  
出 版 者: 山东教育出版社  
(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)  
电 话: (0531) 82092663 传真: (0531) 82092661  
网 址: <http://www.sjs.com.cn>  
发 行 者: 山东教育出版社  
印 刷: 山东新华印刷厂临沂厂  
版 次: 2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷  
规 格: 272mm × 195mm 1/16  
印 张: 3.5 印张  
书 号: ISBN 978-7-5328-6203-0  
定 价: 15.00 元

---

(如印装质量有问题, 请与出版者联系调换)



## 目 录

|              |    |
|--------------|----|
| 阅读指南 .....   | 4  |
| 电荷的产生 .....  | 6  |
| 吸引和排斥 .....  | 8  |
| 发现电荷 .....   | 12 |
| 电场 .....     | 16 |
| 生成高电压 .....  | 18 |
| 雷和闪电 .....   | 22 |
| 静电的利用 .....  | 26 |
| 运动的电荷 .....  | 30 |
| 带电的原子 .....  | 34 |
| 溶液中的离子 ..... | 36 |
| 电解 .....     | 38 |
| 电解的应用 .....  | 40 |
| 电池 .....     | 42 |
| 探究活动 .....   | 46 |
| 术语表 .....    | 52 |

阅读指南

《物理探索》的设计意图是：以生动有趣的方式对中学生以及物理爱好者讲解物理学及其在日常生活中的应用，希望读者能够通过阅读此书而更加喜欢物理学。为激发读者的阅读兴趣，将“物理学”这一“貌似生硬”的科学讲解得深入浅出而又精彩纷呈，编者采用了大量颇具参考价值的照片和插图（为保持这些图片的清晰度，需要用质量较高的纸张印刷），同时在每一分册的最后设置“探究活动”栏目（带有详细的实施方案），为读者提供一个自己动手进行物理探索

的机会，以期更加深刻地理解和体会该分册中讲解的物理学原理及其在生活中的应用。

物理学是有关物质和能量（变化）的科学，内容相当广泛。为使读者全面而又系统地了解基础物理科学，编者按照物理学本身的系统性和逻辑性，将全部内容分为10部分（即10卷）依次呈现：1. 物质、2. 力学、3. 热、4. 光、5. 声、6. 电荷、7. 电流、8. 磁学、9. 电子学、10. 核物理。每卷分为若干章节，每章2~6页不等，章节顺序严格按照知识的内在逻辑性排列。

每章的标题（主题）下面用一段

示意图：补充说明科学原理

章标题

本章概要

本卷卷名

### 原子的结构

物质是由原子组成的，原子核细小，肉眼观察不到。虽然原子很小，但是依然具有由更小的粒子组成的复杂结构。我们每天所接触的各种不同物质，其特性就是由原子的结构决定的。

**超重原子的诞生**  
超新星爆发（Supernova）即为大质量恒星死亡（爆炸）的过程。爆炸后的星云会向外扩散，形成明亮的红超新星。这些星云物质可能成为新的恒星及行星系的形成物质。

**我们周围的所有物质都是由原子组成的，原子非常小，我们的一个指甲盖能容纳下大约1亿个原子，我们的身体里大约含有 $7 \times 10^{27}$ 个原子。然而，1897年英国物理学家汤姆孙（J.J. Thomson）发现，原子中含有更小的粒子，这种粒子后来被称作电子。**

电子带负电荷。那么，原子内就必须有平衡负电荷的正电荷。汤姆孙认为，在原子中，电子“镶嵌”在带正电荷的球体周围，就像葡萄干布丁一样。但是，新西兰物理学家卢瑟福（Ernest Rutherford）后来发现，原子的正电荷和绝大部分质量都存在于原子的核心——原子核。原子是由

带正电的原子核和带负电的电子之间的电性吸引结合而成的。

**原子核的组成**  
随后的实验证明：原子核本身也是由两种粒子组成的。一种是质子，携带的正电荷与电子携带的负电荷数量相同，质量大约是电子的2000倍。另一种粒子是电中性，故称作中子。质量和质子相当。

150亿年前，在宇宙大爆炸的初期，质子、中子、电子形成原子。但是这些只是最轻的、最简单的原子。然后，这些轻原子在星云中心形成较大的原子，如碳原子、氧原子、氮原子和其他促使命运超重的原子。在超新星爆发时，上述所有原子都将扩散到广袤的星际空间中。

**早期的原子模型**  
汤姆孙“葡萄干布丁”模型（1897年）  
道尔顿“台球”模型（1803年）  
电子  
卢瑟福“电子云”模型（1913年）  
原子核  
玻尔“固定轨道”模型（1913年）

**原子的元素**  
氢（1）  
氦（2）  
锂（3）  
铍（4）

**早期的原子理论**  
研究者，例如道尔顿（John Dalton），认为原子没有结构。后来，汤姆孙发现原子含有负电子。卢瑟福认为，用来平衡电子负电荷的正电荷集中在原子核内。玻尔则计算出了电子轨道的大小。

**原子核内最轻的原子核，只有一个带正电的质子。其他元素的原子核内含有更多的质子和中子。中子是电中性，质子的正电荷由原子核外等量的电子来平衡。原子核内质子的数量也叫原子序数（范围内的数字），所有同一原子序数的原子属于同一化学元素。在没有形成离子的情况下，原子序数=核电荷数=核外电子数。**

**波尔·索尔**  
丹麦物理学家，生没有发生，但他认为电子于1885年，最早提出原子在固定的轨道上运动。他提出：原子，并计算出了最简单电子绕原子核运动，就的氢原子的大小和能像行星绕太阳运动一样。玻尔于1922年荣获诺贝尔物理学奖。他根据当时的理论，是转的大丰富并发展了微观物理学。他通过此理论，理解量子力学理论，并预测出物质并瞬间深入，以此为基础建立了现代原子核内。玻尔理论无原子模型，取代了之前法解释这种状况为什么的简单原子模型。

照片：自然界中的物理学原理及其应用

人物传记

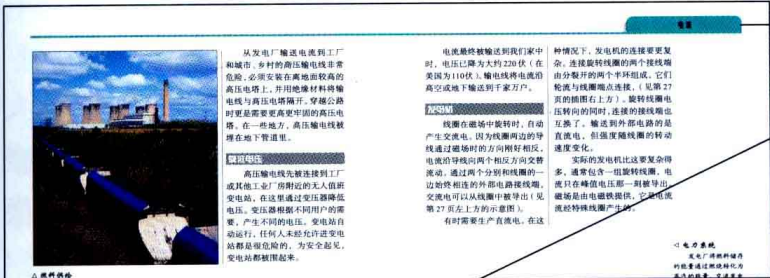
前后文参照：本章部分“关键内容”在各分册中的位置

话概括介绍本章主要(重要)内容,兼有阅读提示作用。然后以文图搭配的形式将本章内容分为若干部分逐一讲解。采用的图片分为照片和示意图两种。照片用来举例介绍物理学原理及其在生活中的应用,示意图用来解释物理学原理以及对正文内容进行补充说明。值得一提的是,部分章节设置有“人物传记”栏目,介绍一位著名物理学家在本领域内取得的成就。

每一卷的最后都设置有丰富的科

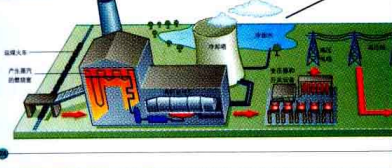
学探究活动,指导读者用日常生活用品进行有趣的实验,帮助读者理解物理学基本原理。

书中还有一些特色设计,用以帮助读者实现轻松阅读、系统而连贯地获取知识。例如:在每一章开始部分(右首页)的页脚处设置有“前后文参照”栏目,以关键词检索的形式列出关键内容在各分册中的位置;在每一卷最后设置“术语表”,方便读者随时查阅书中出现的科学术语。



小煤样燃烧

大量的燃料,主要的大煤块被源源不断地运送到发电厂,其中还可看到重工业的发电厂分厂。



从发电厂输送电流到工厂和城市,乡间的输电线路电压要低得多,它们安装在离地较高的高压电路上,并用绝缘材料将输电线路与高压电隔离。穿越公路时更是需要更高更坚固的高压电塔。在一些地方,高压输电线路建在地下管道里。

高压输电线路连接到工厂或城市工业厂房附近的人无变电站,在这里通过变压器降低电压。变压器根据用户的需求,产生不同的电压。变电站自动运行,任何人未经允许进入变电站都是很危险的。为安全起见,变电站都被围起来。

电流最终被输送到我们的家中。电压已降为大约220伏(在美国为110伏)。输电线路电流的高空或地下输送到千家万户。

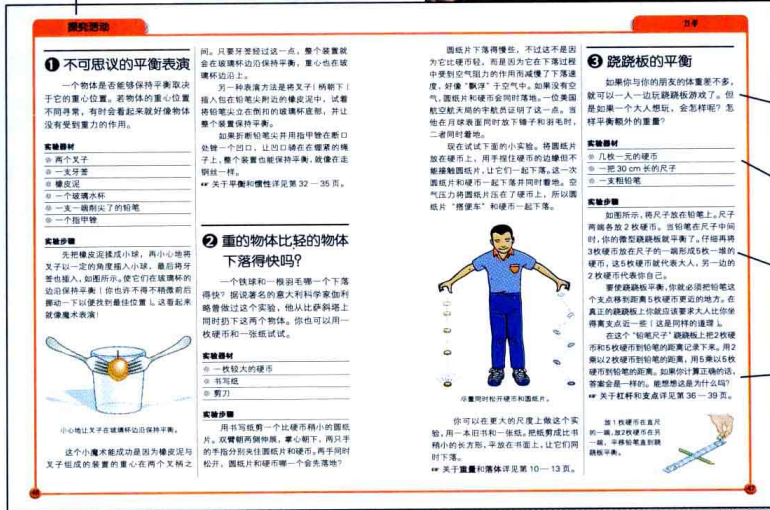
线圈在磁场中旋转时,自由产生交流电。因为线圈两边的导线通过磁场时的方向刚好相反,电流沿导线向两个相反方向交替流动。通过两个分别连接到线圈一边的导线连接到外部电路线圈,交流电可以从线圈中被导出(见第27页左上方的小插图)。有时需要产生直流电,在这种情况下,发电机的连接要更复杂。连接旋转线圈的两个接线端部分旋转的轴并组成,它们与交流与线圈端点连接。(见第27页的插图右上方)。旋转线圈电压转向的同时,连接的接线端也旋转了。通过外部电路的是直流电,但强度随线圈的转动速度变化。

实际的发电机比这要复杂得多。通常包含一些旋转线圈,电压只在峰值电压那一瞬间输出。磁场是由电磁铁提供,它通过电流给特殊线圈产生。

书眉彩条(每卷颜色不同)

流程图:描述生产过程中的科学原理

探究活动:利用日常用品进行科学实验,理解科学原理



### 1 不可思议的平衡表演

一个物体是否能够保持平衡取决于它的重心位置。若物体的重心位置不同,有时看起来就像物体没有受到重力的作用。

实验器材

- ① 两个叉子
- ② 一支铅笔
- ③ 橡皮泥
- ④ 一个玻璃杯
- ⑤ 一支夹在叉子上的铅笔
- ⑥ 一个玻璃杯

实验步骤

先把橡皮泥揉成小球,再小心地将叉子以一定的角度插入小球。最后将橡皮泥也插入,如图所示。使它们在玻璃杯的边缘保持平衡!你也许不得不稍微移动一下以便找到最佳位置!这看起来就像魔术表演!



小心地让叉子在玻璃杯边缘保持平衡。

这个小魔术能成功是因为橡皮泥与叉子组成的装置的重心在两个叉柄之间。

### 2 重的物体比轻的物体下落得快吗?

一个铁块和一根羽毛哪个下落得快?据说著名的意大利科学家伽利略曾做过这个实验,他从比萨斜楼上同时扔下这两个物体。你也可以用一枚硬币和一张纸试试。

实验器材

- ① 一枚较大的硬币
- ② 一张纸
- ③ 剪刀

实验步骤

用剪刀剪下一个比硬币稍小的圆纸片。将硬币和圆纸片叠在一起,两只手的手指分别夹住圆纸片和硬币,两手指同时松开,圆纸片和硬币哪个先落地?



你可以在更大的尺度上做这个实验,用一本书和一张纸,把纸剪成比书稍小的长方形,平放在书上,让它们同时下落。

关于重量和速度详见第10—13页。

### 3 跷跷板的平衡

如果你与你的朋友的体重差不多,就可以以一人一边玩跷跷板游戏了。但是如果是两个人一起玩,会怎样呢?怎样平衡呢?

实验器材

- ① 几枚一元硬币
- ② 一根30cm长的尺子
- ③ 一支铅笔

实验步骤

如图所示,将尺子放在铅笔上,尺子两端各放2枚硬币。当铅笔在尺子中间时,你的微型跷跷板平衡了。仔细再放几枚硬币在尺子的另一端或另一端,这5枚硬币就代表大人,另一边的2枚硬币代表自己。

要使跷跷板平衡,你必须把那把尺子这个支点和硬币放在适当的地方。在真正的跷跷板上你就要要求大人让你坐得离支点近一些!这是同样的道理!

在这个“铅笔尺”跷跷板上把2枚硬币和5枚硬币分别放在两端记下来,用2厘米以2枚硬币到铅笔的距离,用5厘米以5枚硬币到铅笔的距离。如果你计算正确的话,答案会是一样的。想想这是为什么吗?

### 固体的形变

固体与气体和液体相比,具有较强的抗形变能力,但这也是有限范围内的。即使是对强度很大的固体,如果施加足够大的力,它们也将发生形变,当发生较小的形变时,外力去除后,它们会恢复原状。

固体的两个重要属性是强度和硬度。这些属性对建筑的影响最大。到目前为止,最好的建筑材料是石块、砖、混凝土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

最早的桥梁建筑材料不是石头和绳索,而是石头。最简单的桥由两个立柱和横在上面的一块石板构成,称作梁式结构。但

桥的跨度只限于石板的长度。后来,一种人工切割的方形石砖得到广泛应用。使用这种材料建造好的桥梁是拱形桥。拱形桥在土和钢。通过研究建筑工人和工程师如何解决桥梁建设问题,我们可以对它们做一下对比。

示意图:科学原理的实际应用

实验目的

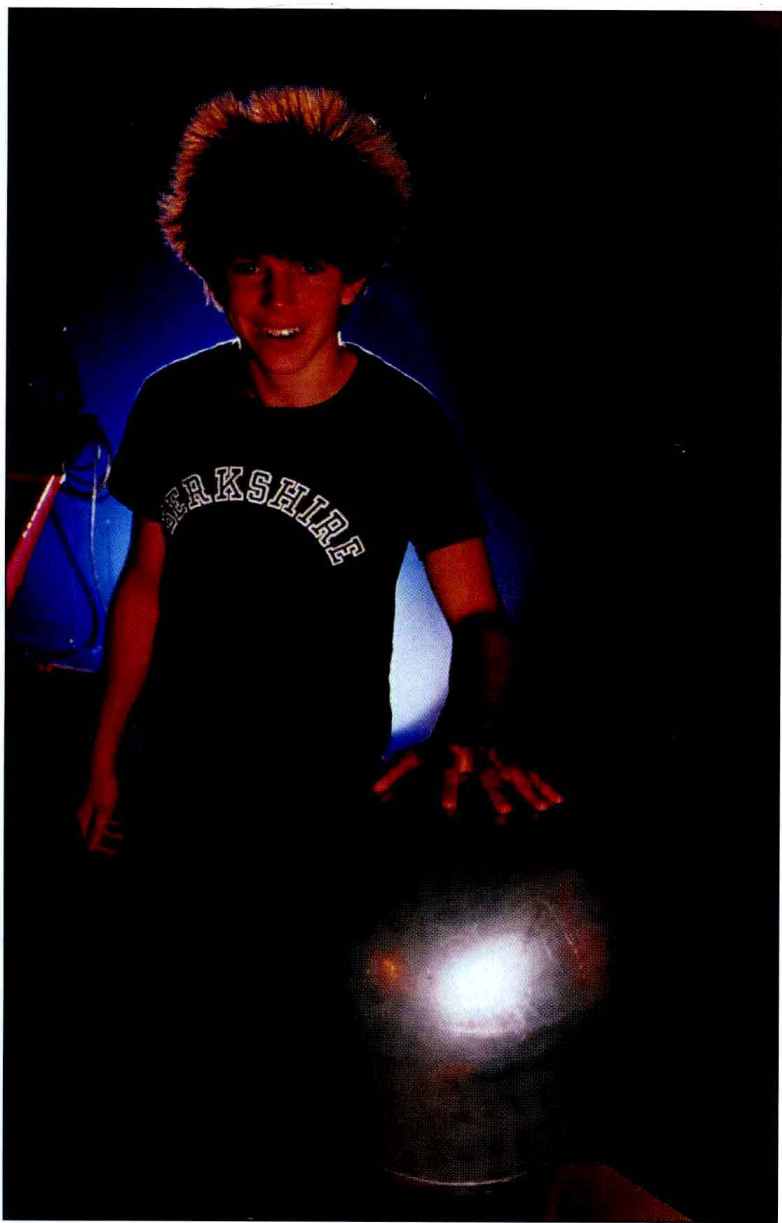
实验器材

实验步骤

前文参照:实验背后的科学原理在前文中出现的位置

# 电荷的产生

电是现代生活的必需品，它为我们提供了照明、取暖、通讯和动力。在古代，人类就知道了电——当电荷在物体上聚集时就会产生电，这种类型的电叫做静电。



2 500多年前，古希腊人泰利斯发现，琥珀与布摩擦后能够吸起细碎的纸片，就像磁铁吸起大头针一样。当17世纪的科学家们开始研究该现象的时候，他们创造出了电（electricity）这个词。“electricity”来自希腊词“elektron”，后者的意思是琥珀。可是，到底什么是静电？它是从哪里来的呢？

## 静电产生的原因

就像物理学中的许多问题一样，最终的答案与原子有关。原子是由位于中心的原子核和绕原子核旋转的电子组成的，原子核带正电荷，电子带等量的负电

### ◁ 头发直立实验

左侧照片中的男孩把手放在了一个带有大量静电的金属球上，结果他的头发因为也带上大量的电荷而直立起来。他看上去像是受到了惊吓，实际上并没什么感觉。

荷，总的说来原子不带电荷。然而，当你用一块布擦拭一把塑料尺子时，尺子上原子中的一些电子会被“擦掉”，而跑到布的原子上了。结果，塑料尺子因失去电子而带正电荷，而布却因为获得额外的电子而带负电荷。

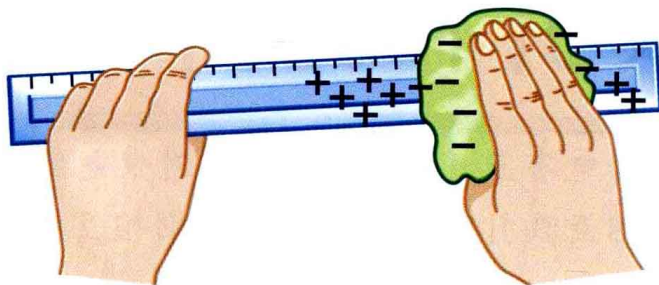
用摩擦的方法使物体带电，叫做摩擦起电。你或许已经遇到过摩擦产生的静电。如果你拖着脚缓慢走过一块尼龙地毯，然后再接触暖气片等金属物时，你会感到被电轻轻地击一下。如果你在干燥的日子里脱掉一件毛衣，有时会听到微小的电火花产生的劈啪声。在黑暗的房间里，你甚至会看到这些火花。如果你用衣服使劲地擦一个气球，气球会因为带上电而贴在墙上。你也可以用带电的气球让人的头发直立起来，就像上一页照片里的男孩一样。

## 两种电荷

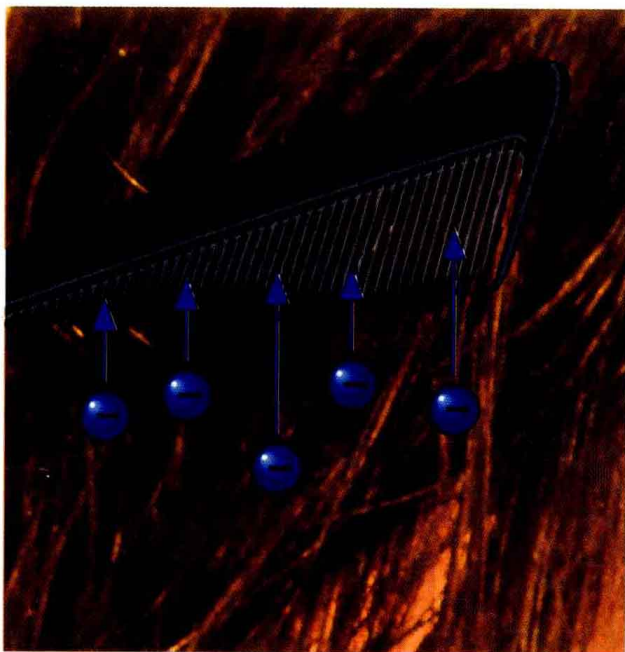
摩擦所用的物质不同，物体所带电荷的种类也不同。例如，塑料和布摩擦，塑料带正电；玻璃棒和丝绸摩擦，玻璃棒带正电；但是，橡胶棒和毛皮摩擦，橡胶棒会带上负电。你也可以重做一下泰利斯2500年前的实验：用一把塑料梳子在你的头发上梳大约20次，你会发现，带上负电的梳子可以吸起碎纸片。

值得注意的是，在上面的这些例子中我们并没有创造电荷。

## 摩擦起电



用布擦拭一把塑料尺子，结果电子从尺子转移到布上，因而尺子带上了正电，布带上了负电。



用头发做实验，效果会更好。用塑料梳子梳头发大约20次，结果梳子带上了负电，而带正电的头发会直立起来，就像上一页照片里的男孩一样。

电荷已经存在于物体的原子中，摩擦的作用是把电荷从一个物体转移到另一个物体。结果，两个物体都带上了电——获得电子的带负电，失去电子的带正电。

# 吸引和排斥

静电有正、负两种。通过对带电物体的研究，我们会很快发现：一些电荷相互吸引，而另一些电荷则相互排斥。



## △ 危险的火花

静电产生的火花有时会很危险。上图中的油轮起火是由火花点燃了汽油蒸气而引发的。

我们在第6、7页看到，利用摩擦可以使塑料尺子或者梳子等物体带上电，带上电的物体如尺子又可以使其他物体带上电。假定我们在一根线的末端挂一个小塑料球，然后擦拭塑料尺子，使其带上正电。如果塑料球与这把尺子接触，尺子上的电荷就会传递到塑料球上，使其带上正电。

用类似的方法，用毛皮摩擦橡胶棒，橡胶棒就会带上负电。当与橡胶棒接触后，挂在线末端的塑料球就会带上负电。

在上面两个例子中，一旦塑料球带上了电，它都会立刻与使它带电的物体分开。即带正电的尺子排斥带正电的球，而带负电的橡胶棒排斥带负电的球。

## 相同和不同的电荷

可以用一个简单的实验来演示电荷间的吸引和排斥。假定两个悬挂着的塑料球彼此很接近, 如果一个带上正电, 另一个带上负电, 你认为会出现什么现象? 右图 a 表明: 两个球摆到了一起。这个实验说明, 异种电荷相互吸引。

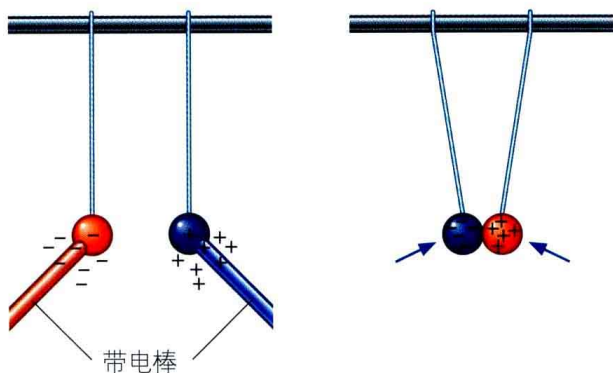
现在再让两个小球带上同种电荷, 如正电荷, 这时两个球会分开 (见右图 b), 这说明两个正电荷相互排斥。如果用两个都带负电荷的小球重复这个实验, 结果是相同的, 即两个球会分开 (见右图 c), 这说明两个负电荷也相互排斥。事实上, 同种电荷总是相互排斥的。

可以用一句简短的话来总结: 异种电荷相互吸引, 同种电荷相互排斥。

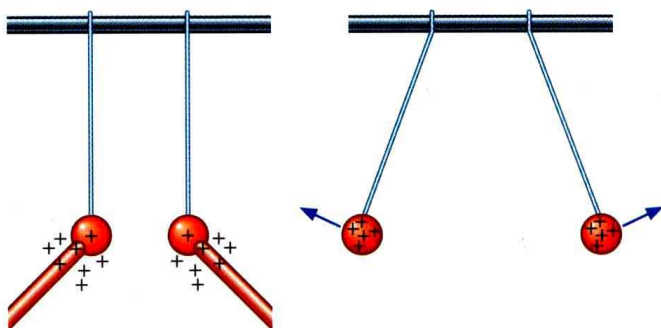
这些实验证实存在两种电荷: 正电荷和负电荷。也初步解释了为什么带电的梳子会吸起碎纸片: 梳子穿过人的头发时会带上负电, 当把带负电的梳子放到碎纸片旁时, 它就会排斥纸中的一些负电荷 (因为同种电荷相互排斥), 与梳子最靠近的纸片表面就会剩下正电荷, 异种电荷相互吸引, 梳子就会把碎纸片吸起来。相当多的设备都利用了电荷间的吸引和排斥, 其中一些将会在第 26—29 页介绍。

## 吸引还是排斥?

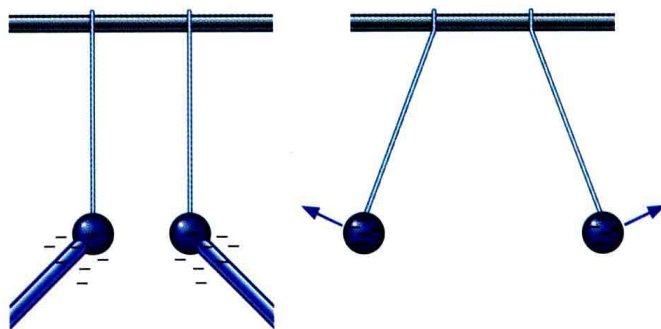
(a)



(b)



(c)



两个带异种电荷的小球相互吸引 (图 a), 两个都带正电荷 (图 b) 或两个都带负电荷 (图 c) 的小球相互排斥。即异种电荷相互吸引, 同种电荷相互排斥。

## 静电力

物理学中的一个基本事实是只有力才可以使物体运动或者停止运动，如是重力使苹果从树上落到地面。那么，是什么力使带电的物体相互靠近或远离呢？这个力就是静电力。

我们可以重复第9页上的三个实验，这次我们可以增大或减少小球所带的电荷量，也可以把小球挂得更近些或者更远些。事实上，早在1785年法国物理学家库仑就做过这些实验。他发现，电荷之间的作用力与电荷量的乘积成正比。他还发现，电荷距离越近，它们之间的作用力越大。精确地说，电荷间的作用力和它们的距离的二次方成反比。

### 查尔斯·库仑

库仑是法国物理学家，他提出了著名的库仑定律。库仑生于1736年，他最早接受的是工程师的训练。他在海外为军队工作了9年，在加勒比海的马提尼克岛设计防御工事。1772年，库仑回到法国，之后他离开了军队。法国大革命期间（1789年），库仑生活在乡村，并且从事物理研究。1802年，他成为拿破仑领导下的公众教育督察员。库仑最初研究的是摩擦和力学中的各种问题，之后开始研究电荷以及电荷间的作用力。此外，他对磁力也有研究。1806年，库仑去世。在国际单位制中，电荷量的单位是以他的名字命名的。

这个规律叫做库仑定律。库仑定律的公式如下：

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

式中 $F$ 是作用力， $Q_1$ 和 $Q_2$ 代表电荷量，而 $d$ 是它们之间的距离， $k$ 是一个数学常量，它与电荷所处的介质（是在空气里还是在真空中，等等）有关。

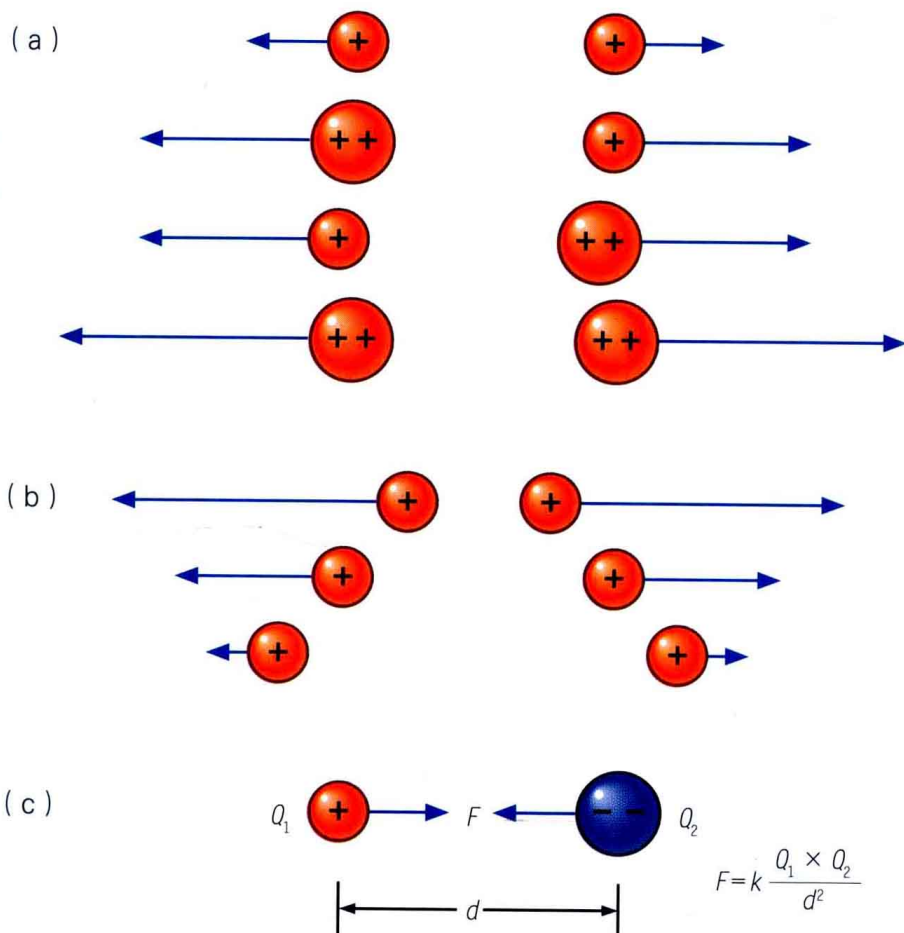
### 静电力的大小和方向

像所有的力一样，静电力是一个矢量，即它既有大小又有方向。在我们上面描述的实验里，静电力的方向在两个电荷的连线上。如果同时存在着若干电荷，则确定静电力的方向就变得复杂一些。

除了提出库仑定律外，库仑还用他的名字命名了电荷量的单位——库仑。库仑是一个很大的单位，实际上，1库仑相当于 $6 \times 10^{18}$ 个电子所带的电荷量，两个相距1米、各带1库仑的电荷产生的力为 $9 \times 10^9$ 牛。现实中，能够生成的最大电荷要比1库仑小很多很多。

库仑定律告诉我们，如果电荷所带的电荷量很小，并且间隔“正常”的距离，电荷间的吸引力或排斥力也非常小。这就是为什么带电的梳子只能吸起少量碎纸片的原因。但是如果电荷相距非常近时（即在库仑定律的公式

## 库仑定律



根据库仑定律，电荷量越大，电荷间的力就越大（图 a）。当然，力的大小也与电荷间的距离有关（图 b）。图 c 中的公式描述了库仑定律。

中， $d$  的值很小）， $d^2$  的值当然就变得非常小。在原子的结构中，原子核带正电，电子带负电，而原子核和电子之间的距离非常近，它们之间的吸引力当然就非常大。实际上，正是这种力使原子能够保持完整。这种力在分子的结构中也非常重要，它们负责使晶体结构中的离子保持在固定

的位置上。

我们已经看到如何通过摩擦使物体带电：摩擦使物体获得或失去电子，使它带上负电或正电。在电荷的转移过程中，总的净电荷量不变。实际上，在一个孤立的系统中，净电荷量是一个常数，这个结论叫做电荷守恒定律。

# 发现电荷

对电具有绝缘性的物体能够通过摩擦带上电。但是，我们如何才能知道它是否带上了电？如何才能确定它带的是正电还是负电？我们可以使用验电器来找到答案，该仪器的一对金属箔可带上电荷。

**验** 电器是一种古老的科学仪器。从18世纪90年代晚期开始被使用以来，它几乎没有什么变化。最简单的验电器包括一个金属杆，金属杆的下端贴有两个薄的金属箔，金属杆的上端是一个金属盘，金属杆穿过一块橡胶或者塑料，后者将金属杆与验电器的金属外壳隔开。

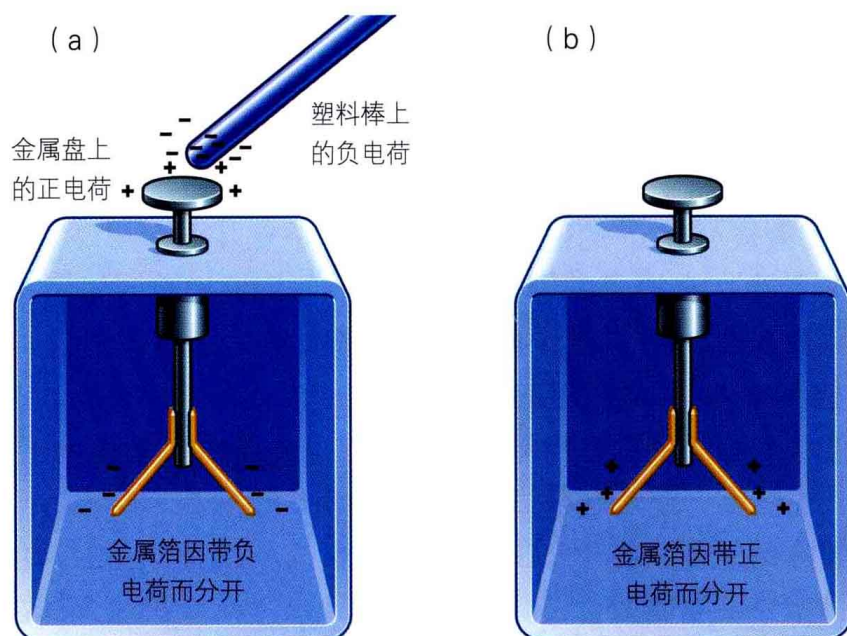
最简单的使验电器带上电的

办法是让一个带电的物体与金属盘接触，这称做接触起电。带正电的物体使金属箔带上正电，带负电的物体使金属箔带上负电，这两种情况都会使两片金属箔带上同种电荷。由于同种电荷相互排斥，两片金属箔分开。电荷量越大，分开得越远。

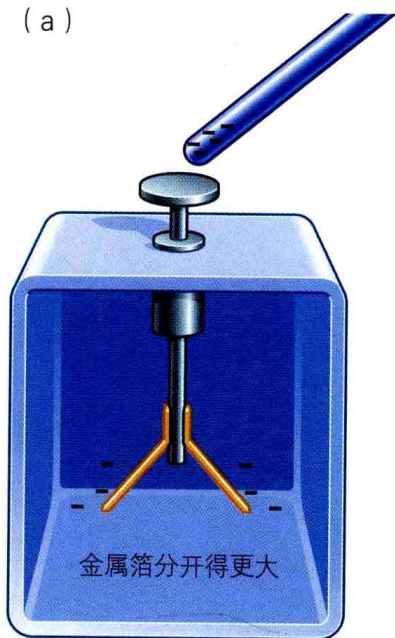
在使用验电器时，通常会让它的金属外壳接地。当然，这种

## 感应起电

不与金属盘接触，也可能使验电器带上电。首先使带电棒移向金属盘（图a），但并不与它接触，这时金属箔是分开的。然后用一个手指触摸金属盘，电子会通过实验者的身体转移到地面，这时金属箔是闭合的，而正电荷仍然留在金属盘上。移走带电棒，这时正电荷转移到金属箔上（图b），金属箔再次张开。

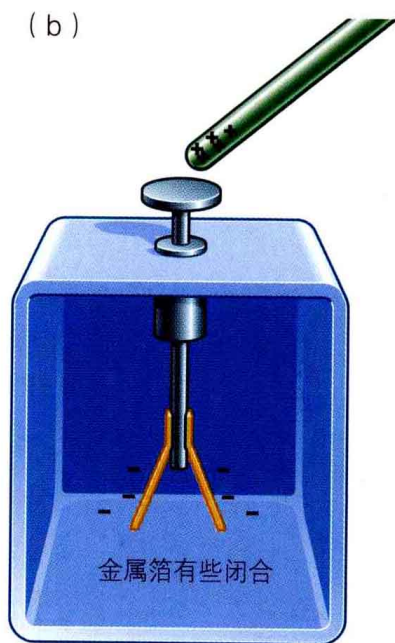


(a)



金属箔分开得更大

(b)



金属箔有些闭合

### 检验电荷

如果知道了验电器带的是正电还是负电，我们就可以用其来检验带电体所带电荷的正负。让物体靠近验电器的金属盘，如果金属箔分开得更大（图 a），则带电体与验电器带同种电荷。如果金属箔有些闭合（图 b），则带电体与验电器带异种电荷。

预防措施并不是绝对必需的。

### 感应起电

另一种使验电器带上电的方法是感应起电。如果让一个带负电的物体靠近金属盘，但并不让它们接触，电子会因受到排斥而转移到金属杆的下端，金属箔因带上负电荷而分开。

如果实验者随后触碰金属盘，电子会通过实验者的身体转移到地面。此时，金属箔闭合，而金属盘上带有正电荷。最后，把带负电的物体移开，金属盘上的正电荷会转移到金属杆和金属箔上，后者会因带上正电荷而分开。用这种方法，带负电的物体使验电器的金属箔带上了正电。当然，如果开始时选用带正电的物体，用这种方法就会使金属箔

带上负电。

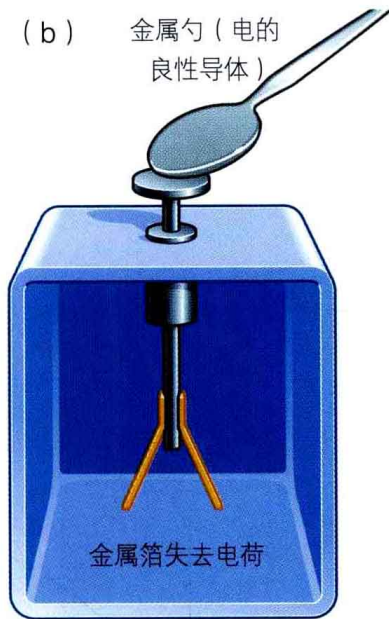
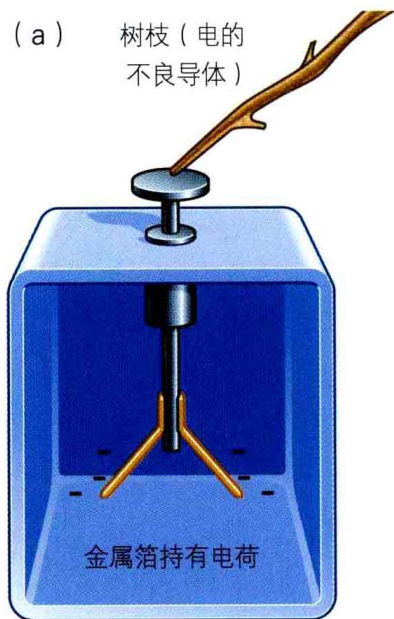
另外一个简单的实验也可以说明静电感应。调节冷水的水龙头，使水流如同一股紧挨着的水滴。把一个大的塑料勺子在布上摩擦，使之带电。接着让勺子的外侧靠近水流，勺子上的电荷就会使靠近勺子一侧的水流带上相反的电荷。由于异种电荷相互吸引，水流就会改变垂直下落的状态，向勺子所在的方向弯曲。这一原理在工业上得到了应用，如在回收利用废品的工厂，人们应用此原理来分离废品中的不同成分。

### 正电还是负电？

我们现在已经知道如何使验电器带上电，以及它带的是正电还是负电。那么，利用验电器我

## 测定导电性

我们可以用一个带电的验电器来测定物体是导体还是绝缘体。绝缘体不会把电荷转移走,因而验电器的金属箔不会闭合(图a);而导体能够把电荷转移走,因而验电器的金属箔闭合(图b)。



们就可以检验其他物体所带电荷的正负。为便于说明,我们先假定验电器的金属箔带负电。我们使未知电荷靠近验电器的金属盘。如果金属箔分开得更大,则说明未知电荷带负电。如果金属箔闭合,则未知电荷带正电。当然,更好的检验正电荷的方法是使带电体靠近带正电验电器的金属盘,金属箔会分开得更大。

### 导体还是绝缘体?

验电器甚至能够告诉我们关于待测物的更多信息,如它们的导电性等。其中一种办法就是使物体与验电器的带电金属盘接触。如果该物体是电的不良导体(即电的绝缘体),那么电荷会留在验电器上,金属箔仍然分开。如果该物体是电的良性导体(如

金属),它会迅速把电荷转移走,验电器的金属箔会迅速失去电荷而闭合。

所有能够通过摩擦带电的材料(玻璃、塑料、橡胶等)都是绝缘体,只有它们才不会把电荷转移走。用一块金属与布或毛皮摩擦,金属绝不可能带上电。导体通常不会通过摩擦而带电,因此不管你拿一把金属梳子如何用力梳你的头发,你都不可能用它吸起碎纸片!

### 电荷的分布

对于任何带电体来说,电荷都发布在其外表面,在固体材料的内部没有电荷。例如,一个球体上的电荷均匀分布在球面上。这是因为同种电荷相互排斥,它们到处移动,直到所有电荷彼此

间距离相等。然而，在一个梨形物体上，更多的电荷集中在它的尖端，而不是钝端。物体形状越尖，它所带的电荷就越多，就有更多的电荷被吸引，这就是避雷针上有许多尖的原因。

如果让一个带尖的导体靠近一个带电体，导体的尖端会因静电感应带上相反的电荷。可是这些电荷很快会转移走，使导体的另一端留下与尖端电荷相反的电荷。用这种方法，可以有效地把电荷从原来的带电体转移到带尖的导体的钝端。因此，带尖的导体可以被用来收集电荷。正是因为这个缘故，表面覆有灰尘的导体不能保存电荷，因为灰尘颗粒就像导体表面上一个个小的尖端，电荷很容易从这些灰尘颗粒上转移走。

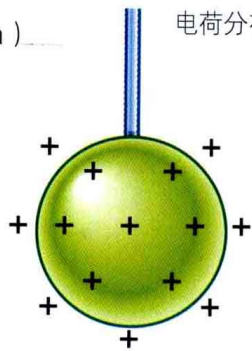
对于一个中空的带电体，电荷总是分布在带电体的外表面。150多年前，英国物理学家法拉第通过一个巧妙的实验验证了这一结论。他用导线做了一个网兜，然后让网兜带上电，并分别从里面和外面测试。他发现，只有网兜的外面有电荷，里面没有电荷。然后，通过拉动缝在网兜内侧角上的丝线，他小心地把网兜的里面翻出来。法拉第发现，这时电荷分布在网兜新的外面上，并且没有一点电荷留在新的里面。

为了研究感应现象，法拉第又做了一个著名的实验。他把一

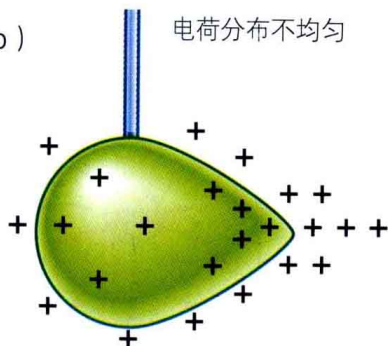
个开口的金属桶放在验电器的金属盘上（实际上，法拉第用的是盛冰的铁桶，因此该实验又被称做法拉第冰桶实验），然后把一个带电的小球放在桶的底部，但并不与桶底或其侧面接触，此时验电器的金属箔分开。当他移开小球后，金属箔闭合。他接着重复了这些步骤，但当金属箔分开后，他让小球接触金属桶的内侧，金属箔继续分开。当他移开小球后，发现小球不再带电，小球所带的电荷已被金属桶内侧因感应而生成的异种电荷中和掉。这个实验也证明了导体所带的电荷完全分布在它的外表面。

### 电荷的分布

(a) 电荷分布均匀



(b) 电荷分布不均匀



对于一个苹果形的带电球体，电荷在其表面均匀分布（图a）。而对于一个梨形的带尖的物体，电荷的分布是不均匀的，它主要集中在物体的尖端（图b）。带尖的导体甚至能够带走带电体的电荷，有效地将其中和掉。

# 电 场

电荷能够对其附近的其他电荷产生作用，这说明电荷的周围必定存在一个向各个方向延伸的电场，正像磁铁的周围存在磁场一样。

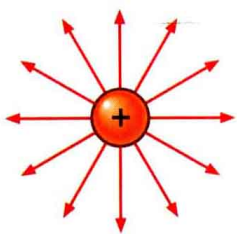
**点** 电荷的电场向各个方向延伸，它对放入其中的其他电荷有力的作用。电场可以用电场线来形象地描述。科学家们规定，某点的电场方向为正电荷在该点移动的方向。因此电场线从正电荷出发，到负电荷终止。

两个电荷间电场的特性与这两个电荷是同种（同正或同负）还是异种有关。同种电荷相互排斥，因此它们间的电场线是相互推离的。异种电荷相互吸引，因此它们间的电场线是从正电荷出发一直延伸到负电荷的一系列曲线。

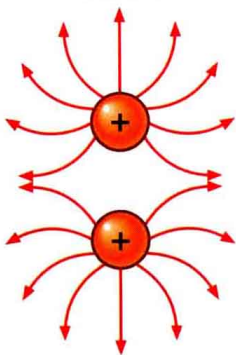
## 点电荷的电场

一个正电荷的电场线从该正电荷出发向各个方向延伸（图a）。两个正电荷间的电场线是在其周围的一系列分叉的曲线（图b），两个负电荷间的电场线与两个正电荷间的电场线形状相同。所以，同种电荷相互排斥。两个异种电荷间的电场线是连接两个电荷的一系列曲线。如果你把电场线想象为看不见的弹力线的话，那么你可以看到它们是如何把两个异种电荷拉到一起。所以，异种电荷相互吸引。

(a) 点电荷周围的电场



(b) 两个正电荷间的电场



## 带电体周围的电场

除了点电荷之外，带电体周围也存在电场。梨形带电体的电荷分布不均匀，电荷主要分布在其尖端。中空带电体的内部没有电场（其内部没有电荷），其外部的电场集中于其尖端或拐角处。

两个带电的金属板之间也有电场。如果它们彼此平行并携带相反的电荷，则它们之间的电场是均强电场，电场线是从带正电的金属板出发延伸到带负电的金属板的平行直线。从光谱仪到电视机中的阴极射线管，在许多电器设备中都有该类电场。