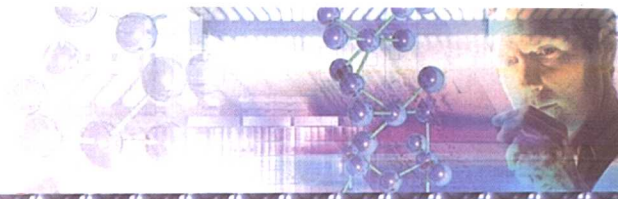


科学图书馆 >>

我们世界中的物理

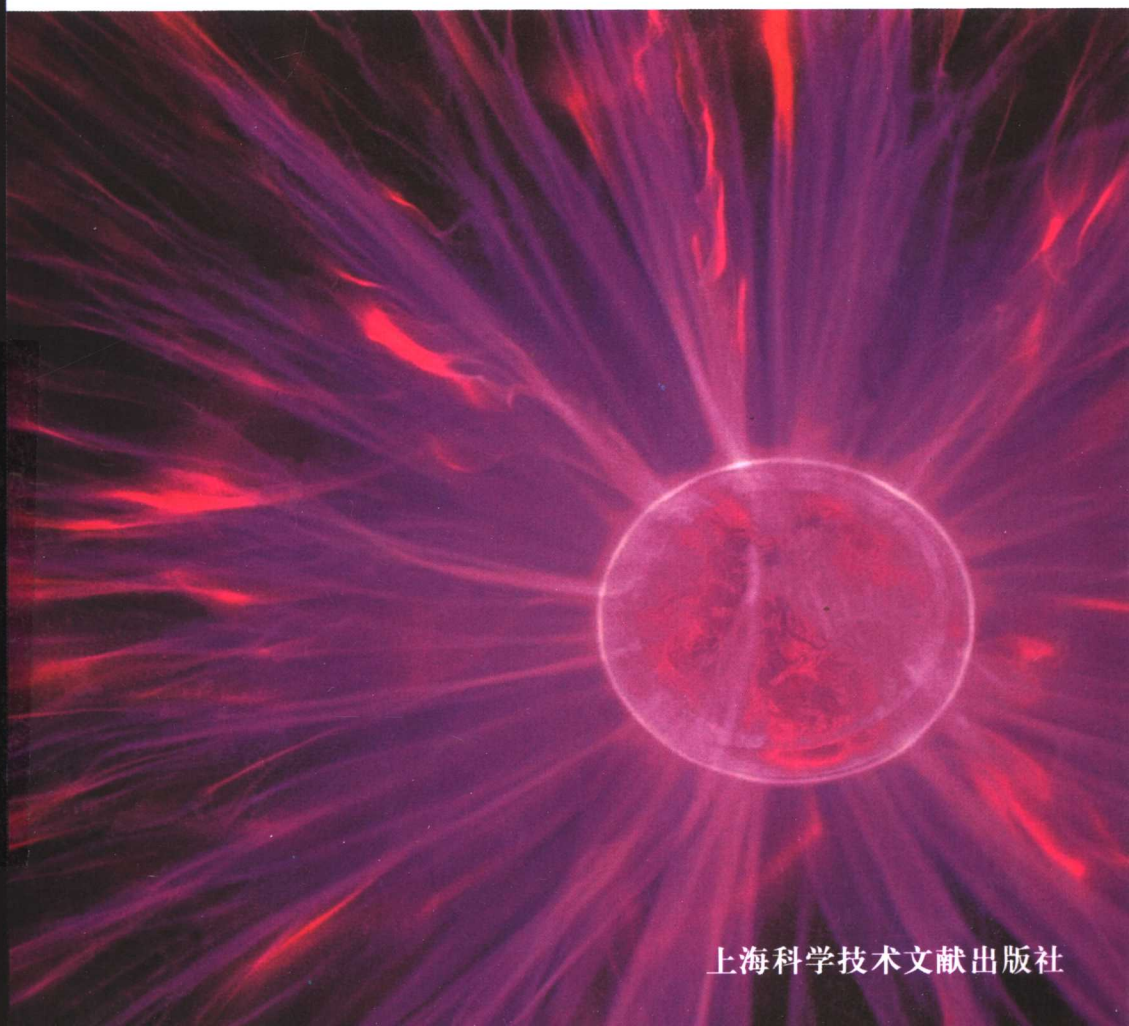
PHYSICS IN OUR WORLD



电学与磁学

ELECTRICITY AND MAGNETISM

[美] 凯尔·柯克兰德 著 王瑶 译



上海科学技术文献出版社

0441/53

2008

科学图书馆 >>

我们世界中

的物理

电学与磁学



[美]凯尔·柯克兰德 著

王 瑶 译

上海科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

电学与磁学 / (美)凯尔·柯克兰德著;王瑶译. —上海:上海科学技术文献出版社,2008.4

(我们世界中的物理)

ISBN 978-7-5439-3513-6

I. 电… II. ①凯…②王… III. ①电学—普及读物
②磁学—普及读物 IV. 0441-40

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 032250 号

Physics in Our World: Electricity And Magnetism

Copyright © 2007 by Kyle Kirkland

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only) ©
2008 Shanghai Scientific & Technological Literature Publishing House

All Rights Reserved

版权所有,翻印必究

图字:09-2008-207

责任编辑:陶 然

封面设计:徐 利

电 学 与 磁 学

[美]凯尔·柯克兰德 著

王 瑶 译

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

江苏昆山市亭林彩印厂印刷

*

开本 740×970 1/16 印张 7.75 字数 138 000

2008年4月第1版 2008年4月第1次印刷

印数:1-5 000

ISBN 978-7-5439-3513-6

定价:16.00 元

<http://www.sstlp.com>

内 容 简 介

电磁学是研究电、磁和电磁的相互作用现象及其规律和应用的物理学分支学科。人们从很早就认识了电现象和磁现象。但是,人类对电磁现象的系统研究却是在欧洲文艺复兴之后逐渐发展起来的,到了 19 世纪,才真正建立了比较完整的电磁学理论。

电磁学的研究对人类社会的进步有巨大的影响。在当前出现的新技术中,与电磁学息息相关的微电子技术和计算机技术扮演着十分重要的角色,它们广泛应用于各个领域,正在给我们的生活带来前所未有的变化。

本书对电磁学的基本理论进行了通俗易懂的讲解,同时利用物理学定律解释了生活中的各种有趣的现象,对生活中的很多电气设备,比如收音机、电视机等从物理学原理方面做了详细的介绍。

本书涉及生活中的各个方面,力求从多方面阐述电磁学定律在生活中的应用,以及电磁学在生活中的重要作用。

前言

1945年，两枚核弹终结了第二次世界大战，这是对物理学威力的一次展示，让人惶恐而又令人信服。由世界上最杰出的一些科学头脑酝酿出的这次核爆炸摧毁了广岛和长崎这两座日本城市，迫使日本不得不无条件投降。应该说，物理学和物理学家的身影贯穿于第二次世界大战的始终，而原子弹只是最生动的一个例子。从那些用于炸坝的在水中跳跃前进的炸弹，到那些感应到船体出现便发生爆炸的水下鱼雷，第二次世界大战实际上也是一场科学的较量。

第二次世界大战让所有人，包括那些多疑的军事领导人相信，物理学是一门很重要的科学。然而，物理学的影响远远延伸到了战场之外，物理学原理几乎关系到世界的每个部分，触碰了人们生活的方方面面。飓风、闪电、汽车引擎、眼镜、摩天大厦、足球，甚至包括我们怎么走、怎么跑，所有这一切都要服从科学规律的安排。

在诸如核武器这样的话题或者有关宇宙起源的最新理论面前，物理学和我们日常生活的关系往往显得黯然失色。“我们世界中的物理”这套丛书的目标就是去探究物理学应用的各个方面，描述物理学如何影响科技、影响社会，如何帮助人们理解宇宙及其各个相互联系的组成部分的性质和行为。丛书覆盖了物理学的主要分支，包括如下主题：

- ◆ 力学与动力学
- ◆ 电学与磁学
- ◆ 时间与热力学
- ◆ 光与光学
- ◆ 原子与材料
- ◆ 粒子与宇宙

“我们世界中的物理”丛书的每一册都阐释了有关某个主题的基本概念，然后讨论了这些概念的多种应用。虽然物理学是数学类学科，但这套丛书主要聚焦于思想的表达，而数学知识并不是重点，书中只涉及一些简单的等式。读者并不需要具备专门的数学知识，当然，对于初等代数的理解在有些时候还是很有帮助的。实际上，每一册可

以讨论的话题的数量几乎是无限的,但我们只能选取其中的一部分。令人遗憾的是,不少有趣的东西就这样不得被省略掉。然而,丛书的每一册都涉猎了非常广泛的材料。

我曾经参加过一个讨论会,会上一位年轻学生问教授们,是否需要备有最新版本的物理教科书。有一位教授回答说,不,因为物理学的原理“多年来一直没有改变”。这个说法大体上是对的,但这只是对物理学的效力的一个证明。物理学的另一个支撑来源于建立在这些原理之上的令人吃惊的诸多应用,这些应用仍在不断扩展和变化,其速度之快非同寻常。蒸汽机已经让位给了用在跑车和战斗机上的强大内燃机,而电话线也正在被光导纤维、卫星通讯和手机等取代。这套丛书的目标就是鼓励读者去发现物理学在各个方面、各个领域所起的作用,现在的、过去的以及不远的将来的……

鸣 谢

感谢我的老师,是他们尽了自己最大的努力理解包容我。感谢乔治·格斯坦(George Gerstein)、拉里·帕姆(Larry Palmer)和斯坦利·斯密特(Stanley Schmidt)博士,是他们在迷失方向的时候帮助我找到自己的路。我很感激乔迪·罗治(Jodie Rhodes)先生,是他帮助我发起了这个工程,感谢执行编辑弗兰克·达姆斯达(Frank K. Darmstadt)以及其他推动这项工程的编辑和制作人员,感谢许多为本书提供宝贵时间和见解的科学家、教育工作者和作家们。我尤其要感谢伊丽莎白·柯克兰德(Elizabeth Kirkland),她是一位有着非凡力量并能明智地运用这种力量的伟大母亲。

简介

电(Electricity)这个词来自于希腊词汇 elektron,意思是琥珀。琥珀是来自植物的一种硬的、黄色的物质。古希腊人发现,如果用一块毛纺面料去摩擦琥珀,材料就会产生奇特的效应,比如可以产生火花或吸引起小的、轻的物质。希腊人不知道为什么会发生这样的现象,其他的古代文明也都对此一无所知。

很多个世纪以来,人们都对电一无所知。在 18 世纪,本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin)证实了闪电是一种电现象,直到 19 世纪末,约瑟夫·约翰·汤姆森爵士(Joseph John Thomson)才发现了电子,它是一种微小的带电颗粒,摩擦时在琥珀和毛纺面料之间传递,使得材料带电。因为电是一种既便宜又方便的提供能量的方法,所以人们可以把电线连起来,为住宅和工作单位传输电。

以相似的方式,人们发现了磁。古希腊人在镁砂附近发现了磁化的铁,这些磁化的铁可以用来做指南针在海上指引方向。但是,早期的水手们并不知道是什么力量使得指南针的指针总是指向北方。

到了 19 世纪,在汉斯·克里斯汀·奥斯特(Hans Christian Oersted)和米切尔·法拉第(Michael Faraday)的实验中,发现了电和磁的现象以及使磁化铁指向南北方向的地球磁场。奥斯特发现电流可以产生磁场,法拉第发现改变的磁场可以产生电流。这样,电和磁就被紧密地联系在了一起。

《电学与磁学》这本书介绍的是电学、磁学和二者之间的关系,电磁之间的关系使得电磁学成为当今世界中一个极其重要而普遍存在的组成部分(光,也是一种电磁现象,将在《我们世界中的物理》丛书中的另一本书中讲述)。很少有仪器设备不需要电来运转,这就导致 2003 年 8 月在美国东北部和加拿大部分地区发生的停电事故成为一种巨大的灾难。如果没有电车、地铁、电灯、路灯和其他需要电的必需设备,纽约市和其他城镇的生活就会骤然停止,无法进行下去。

《电学与磁学》的各章节介绍了这个物理分支的主要定律,并介绍了这些定律在生活中的广泛应用。对电和磁的理解使得人们能够更有效地利用电磁,增加现有的电气设备的基数。电气设备不仅对乘车上下班的人们来说很重要,对那些战斗机飞行员来

说也极其重要,它可以帮助飞行员驾驶着战斗机在高空中快速灵敏地飞翔。还有一些电气设备会经常被用来保存和录制音乐,这些设备从最早的铁或蜡制成的圆柱体一步步改进,发展到今天的压缩光盘(CDs)。现代社会中电脑无处不在,它改变着人们的交流方式,供人们开展业务,阅读新闻——其中很多都是通过浏览互联网来实现的,而这些都是依赖电来支持的。未来的社会中还将会有更多的改变。

电不仅是现代文明科技发展的推动力量,也是人体科学发展的推动力量。这个事实在对骨骼肌、心脏和大脑的生物特征的理解上非常重要,在皮耶罗·加尔瓦尼的实验中,用电刺激青蛙腿时,青蛙的腿会抽搐,这些内容会在《电学与磁学》这本书的最后一章中讲到。许多动物,比如某些鸟类、海龟和大螯虾身体上带有磁场,它们可以利用磁场去指引方向。电在科技、生物和自然现象,譬如闪电等多个领域中扮演着重要角色,电磁学所产生的效应已经扩大到了整个世界,并影响着世界上的所有生物。

目 录

前言	1
鸣谢	1
简介	1
1 电学	1
闪电	1
库仑定律和电场	3
粘在一起的袜子和跳动的火花	4
导体和绝缘体	5
创造完美的复制品:复印机	6
电线和流动的电荷	8
电路	9
2 磁学	13
地球的磁场	13
磁力和磁场	16
看穿人体:核磁共振成像技术	19
磁悬浮列车	22
3 电磁学	24
电磁铁	24
电流和磁场	25
寻找隐藏起来的武器:金属探测器	26
法拉第定律	27
录音机和电脑光盘	29

电磁学在银行中的应用:信用卡和提款卡.....	30
4 电 力	33
电池和直流电	33
欧姆定律	35
电力公司和交流电	37
与地面接触的重要性	41
断电和使灯光暗淡	42
未来电力的资源	43
5 电力产生的运动	47
使用电力驱动	47
电动机	48
电力汽车和电力火车	51
未来的电力工业	55
6 电子工程	60
硅与微型集成电路片	61
二极管和晶体管	62
计算机	65
收听——收音机调频器	69
电容器和电感器	70
远距离观看:电视机.....	72
超导体	74
7 记录和储存、音乐和电影	77
通过设备听音乐	77
波谱分析和傅立叶变换	78
唱片和磁带	82
模拟和数字	84
CDs 和 DCDs	86

音乐和电影播放器的未来	87
8 电学、磁学和生命	89
带电动物	89
离子和离子通道	90
骨骼肌的电活动	93
心脏的电活动	95
大脑的电活动	97
带有内置指南针的动物	100
结语	103
国际单位制及其转换	105
译者感言	108

1 电学

很久以前，罗马人记载了一种生活在地中海里的鱼，这种鱼能够从很远的地方发射出令人感到痛的刺和针。人们对这种鱼的特性感到十分吃惊，因为它所发射出的针只能让人感到痛，但人们却根本看不到它。罗马物理学家曾经用这种鱼来治疗令人痛苦的关节炎，也可以用它来治疗头痛和其他不适。

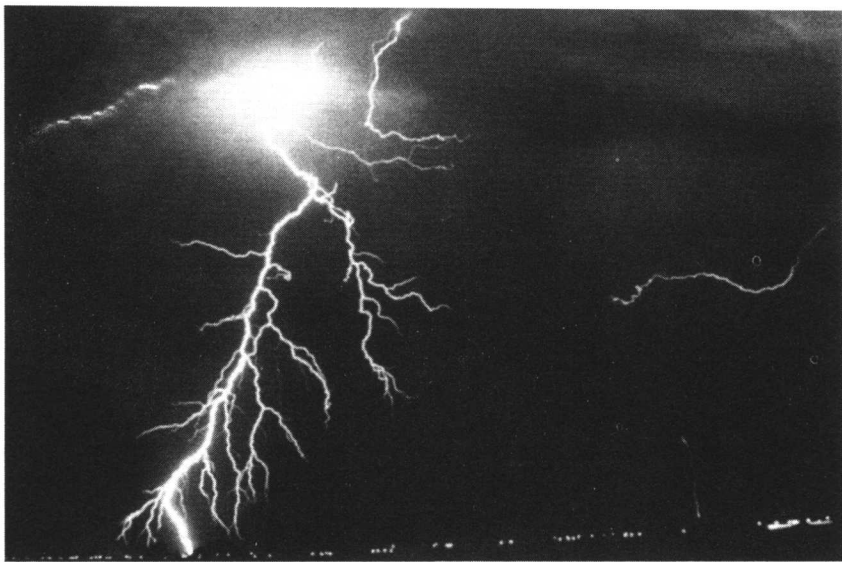
这种叫做鱼雷的鱼，是电鱼的一种。所有伟大的古代文明，包括罗马文明、埃及文明和希腊文明都对至少一种电鱼有很全面的了解。但是却没有人知道，究竟这种鱼有一种什么样的神秘力量，能够让它在水中远距离地使人感到麻木。

当今很多的技术都需要电来维持，虽然这些电的产生和电鱼产生电的方式不同，但是原理是一样的。古代的人们无法有效地利用这种巨大的能量，是因为他们不懂得电学。电在现代社会和自然中都是普遍存在的。它具有广泛的应用，一个令人极其难忘的例子可以在雷雨时的天空中看到。

闪电

虽然闪电发生在瞬间，但是却不可能被人们忽视。闪电的亮度差不多有 100 万个灯泡那么亮，它的能量可以使任何东西烧焦或蒸发，闪电是能量最大的电现象。

在人们知道闪电是一种电现象之前，人们看到闪电时总是带着敬畏之情，并被它的魅力所吸引。最早的有关闪电的理论和电没有什么关系，这是因为闪电看起来和电鱼没有什么相似之处，它和古希腊人摩擦产生奇特吸引力和排斥力的琥珀和毛纺面料也没有什么共同之处。直到美国著名的政治家、实业家、科学家本杰明·富兰克林发现之后，人们才知道闪电和电有关。



这张照片显示在一个暴风雨的夜晚里发生的闪电的多次电击。(NOAA/OAR/ERL/NSSL)

1752年,富兰克林在一个雷雨天气里在户外用风筝和钥匙做了一个实验。通过实验,富兰克林得出电是由流动的电荷引起的,而闪电则是由大气层中的电荷引起的结论。在富兰克林的实验中,这些电荷沿着湿的风筝线传下来,富兰克林用系在风筝线上的钥匙上发出的火星证实了这些电荷的存在。

现在,物理学家们已经知道了大气中的摩擦产生了电荷。当一些小的颗粒,比如水滴或冰相互碰撞或相互摩擦时就可以发生这样的现象。在其他因素中,风吹散这些电荷,于是在地面和空气上方就产生了巨大的电场力(由库仑定律得出,在知识窗中会有讲解)。有时候电力很大,可以被人们感觉到,人们就会感到头发竖了起来。这是一个电现象:头发上聚集了相同电性的电荷,它们相互排斥,使得头发之间相互排斥,头发就竖了起来。

大气中的电荷和电场有着很强的相互作用。异种电荷相互吸引,如果可能的话它们就会聚集到一起,但是有力量会阻止它们的聚集,所以,它们是不可能聚集到一起的,直到这种阻力增强到一定程度,就会穿过天空,放射出一道亮线,这就是闪电。

闪电通常是由一系列的电击形成的,通常由4次电击组成。电荷的运动,称为电流,使得异种电荷聚集到一起。闪电是两种物质或两个部分之间的电荷流动,这两种物质可以是两片云团或一片云团和地面。在极短的时间里,由电流产生的能量就可以

知识窗

库仑定律和电场

自然界存在着两种电荷,本杰明·富兰克林命名它们为正电荷和负电荷。没有人真正知道电荷是什么,但是电荷的性质可以简单地通过它们彼此间的作用来确定。正电荷和负电荷相互吸引,但是正电荷之间是互相排斥的,负电荷之间也是互相排斥的。在电学中,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。

相距一定距离 r 的一对电荷 Q_1 和 Q_2 之间的相互作用力可以用以下公式计算:

$$F = kQ_1Q_2/r^2$$

k 是常数。这个公式叫做库仑定律,以法国物理学家查理斯·奥古斯汀·德·库仑(Charles Augustin de Coulomb, 1736—1806 年)的名字命名(电荷的单位也以库仑的名字命名。公式中的两个 Q 都代表了一定库仑的电荷量)。这个公式也适用于地球上两个物体间的吸引力——将每一个 Q 值替换成 m (代表质量),将常数 k 替换成引力常数 G ,得出的结果就是计算万有引力的公式。为什么会这样仍旧是自然界中众多有趣的谜之一。

库仑定律证明了任意一个电荷都会对它邻近的电荷产生力的作用。物理学家发现,想象出一个电场来解决电荷的问题会很方便。电场是一个抽象的名词,它可以表现出电场力施加在电荷上产生的效应。物理学家利用电场的概念使得这些力变得更加形象。

使闪电的温度骤然间上升到几千华氏度,使得空气中的分子释放出光。闪电温度非常高,如果它射到地面上,可以熔化沙土,形成一种透明的物质,叫做闪电熔岩。

在任意的时间里,全世界都有大约 2 000 场雷雨。每秒就可以产生 100 道闪电。闪电可以引起大火,击碎木头,破坏电击附近的电气设备。闪电还可以电击使人致死。仅仅在美国,每年就有大约 80—100 人因为被闪电电击而死。

虽然现在人们知道了闪电是一种电现象,但是,在几百年前,人们相信钟声可以避免闪电。这种错误的信念使得很多敲钟人不得不在雷雨天爬到很高的建筑物上去拉绳敲钟,因此,很多敲钟人都因为被电击而受重伤。直到物理学家指出在雷雨中最危险的行为是攀登到高处,此后这种奇怪而可悲的行为才得以停止下来。由库仑定律可以得出,当两个电荷之间的距离缩小时,它们之间的电场力会增加。大气中电荷间的电场力十分巨大,

大到可以从地面上高的物体上吸引火花——这无疑是在向闪电的电击发出盛情的邀请。

人们可以利用闪电的这种更易于电击最高物体的性质,使其他物体避免受到电击。闪电在一定程度上是不可预计的,但是它电击的目标只和高度有关。在某种意义上,这是事实,因为并非在雷雨袭击范围内的最高的物体就会被电击,而是在闪电发生附近相对最高的物体会受到电击——也就是说,在群体中任何一个相对高度突出的物体。一棵树或一栋房子,要是比周围其他物体高,那它就会被电击到,或者一位站在平坦的高尔夫球场上的运动员,他比周围物体高,他就有可能受到电击。摩天大楼是闪电电击的最好目标。每年,闪电都会数百次地电击像芝加哥的希尔斯大楼和纽约的帝国大厦这样的摩天大楼。

金属为电荷流动提供了很好的通道,也就成为电击的最好目标,这在之后的章节内会详细讲述。这也是为什么人们在猛烈的雷雨中最好不要待在管道、水甚至电话旁边的原因。如果流动的电荷不能找到一条方便快捷的金属通道,或是因为一些原因流动受到了阻挡,那么它们就会寻找其他通路,这些通路也包括人体。

为电荷寻找一条安全快捷的通道流动就是避雷针的原理。本杰明·富兰克林最早发明了避雷针,它可以为电荷的流动提供一条最简捷的通路,如果避雷针安放正确,它会比周围的其他物体都高。避雷针可以将闪电的电击传到地面,如果电击袭来,它就会顺着避雷针传到地面,不会造成伤害,地球足够大可以供电荷分布。

粘在一起的袜子和跳动的火花

粘在一起的袜子看起来和闪电没有什么共同之处,但是事实上它们有相似之处。它们都是静电的一种。

任何一种摩擦都可以分离电荷。用毛纺面料摩擦琥珀可以分离电荷,大气中的粒子碰撞也可以。在甩干机里翻滚的袜子也可以产生电荷,摩擦分离出正电荷和负电荷,由库仑定律得出,它们彼此间存在相互作用力。这种力被称为静电力,因为它们电场力的一种,但相对不变,保持静止——直到放电现象发生。闪电是最令人印象深刻的例子,而静电力产生的火花却随处可见。

或许每个人都见过静电放电现象,它是一种微弱的电击。这种现象经常发生在一个人走在干燥的地毯上,之后去触摸金属物体,比如门把手。因为脚或鞋与地毯之间的摩擦,电荷在人身体上积聚起来。这个过程中有一种微小的带电粒子进行传递,它就是电子,通过电子的传递,人们身体就带上了电荷。电荷通过阻力最小的通路传到地面,这种阻力最小的通路通常是一种金属,就像闪电通过避雷针传到地面一样。

知识窗

导体和绝缘体

所有的材料都可以允许电荷的通过,从某种意义上讲,任何物体都是导体。但有些材料导电能力非常差,被称为绝缘体,如橡胶、塑料和木头就是很好的绝缘体。被称为电子的微小带电颗粒通常是固体中传导电荷的载体(电子这个词 electron 是由 elektron 演变而来,在希腊文中是琥珀的意思),因为它们运动的。电子在金属材料中极其活泼,这就是为什么金属是良好的导体的原因。

阻力与传力力相对抗,阻力意味着电流很难通过。良好的导体,如金属的阻力就很小。良好的绝缘体,如大部分的塑料就有着很强的阻力。人类皮肤的阻力介于这两者之间,所以皮肤既不是一个良好的导体,也不是一个良好的绝缘体,当然,这还取决于皮肤的湿润程度。虽然纯水并不是一个良好的导体,但是盐水,比如汗液是一个很好的导体。盐水包含有很多离子,这些离子带有电荷,可以在水中运动传导电流。电可以通过一个浑身湿透的人的皮肤传导。

静电力是普遍存在的。毕竟,生活中处处都有摩擦发生。但有一个重要的因素需要注意:有些物体传导电荷的能力比其他物体强。如知识窗中讲解的那样,那些可以使电荷流动阻力相对较小的材料被称作导体。

因为金属是一种良好的导体,所以人们利用金属制成避雷针和电线,但是其他物体也可以导电。摩擦产生的电荷不会释放出炽热的火花,它只能通过缓慢稳定的电流释放。湿润的空气可以导电——虽然导电能力不如金属,但依旧是一种良好的导体。空气的湿润程度称为湿度,潮湿的空气中富含着水蒸气。静电不太可能在潮湿的环境中产生,因为摩擦分离出的电荷通过潮湿的空气会很快地聚集在一起。人们在高温、潮湿的天气中拖着脚在地毯上走就不会产生静电,干燥的条件对静电的产生更加有利。

几百年前,人们唯一了解到的电现象就是静电。有事业心的人们制造出巨大的机器设备通过摩擦产生电荷,早期有些人利用金属球或玻璃球,通过用手或布摩擦金属球或玻璃球产生静电。一旦静电产生,金属球或玻璃球就会产生火花(火花可以消耗电荷)。电荷产生后要立即被人们利用,因为它们很快就会通过空气传导而消失。当今的科技中很少利用静电力和火花,当然也有个别例外,比如在汽车里通过火花塞可以引燃发动机缸体内的汽油。

问题是静电力总是会以任何形式出现,随处可见,这并不是一件好事,因为火花可