

二十一世纪青少年科学素质教育全书

# 奇妙的

# 电与磁

★ 新课标 新知识 图文版

★ 开拓学习视野 启迪智慧窗口

★ 21世纪青少年获取新世纪

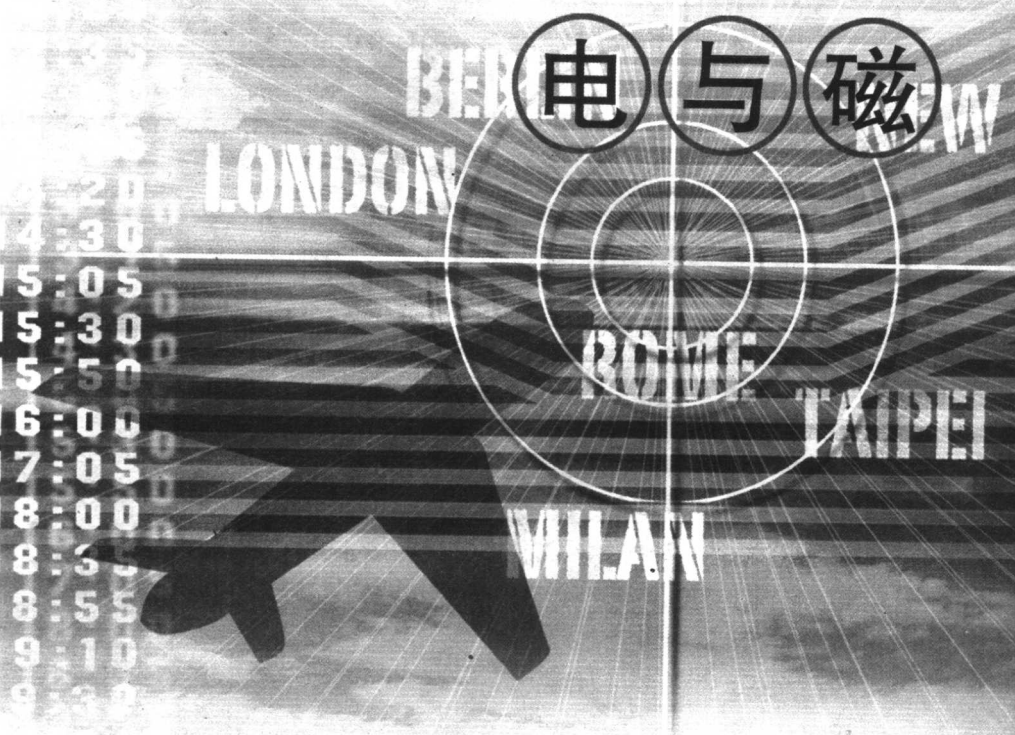
新公民科技身份证的必由之路

内蒙古人民出版社

21世纪青少年科学素质教育全书

# 奇妙的

电与磁



内蒙古人民出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

21 世纪青少年科学素质教育全书/韩泰伦等编.  
—呼和浩特:内蒙古人民出版社,2004.4  
ISBN 7-204-06381-3

I .2... II .韩... III .自然科学—青少年读物  
IV .N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 026160 号

### 21 世纪青少年科学素质教育全书(全 48 册)

---

出版发行:内蒙古人民出版社出版发行  
(呼和浩特市新城西街 20 号)

印 刷:北京金华印刷有限公司  
开 本:850×1168 32 开  
印 张:310  
版 次:2004 年 5 月第 1 版  
印 次:2004 年 5 月第 1 次印刷  
书 号:ISBN 7-204-06381-3/G·1438  
定 价:760.00 元(全 48 册)

# 《21 世纪青少年科学素质教育全书》

## 编 委 会

顾 问：邱运华（首都师范大学教授，全国青少年  
读书活动指导委员会成员）

王龙彪（湖南师范大学教授，全国青少年  
素质教育研究会常务理事）

主 编：韩泰伦 谢 宇

副 主 编：吴剑锋 胡玉林 张 朋

执行主编：张幻强 杜海龙 邹德剑

编 委：韩泰伦 吴剑锋 胡玉林 张 朋

张幻强 杜海龙 邹德剑 窦惠娟

袁海霞 展艳利 朱 勇 刘 伟

雷 力 杨 剑 王 伟 季 明

## 目 录

|                        |       |   |
|------------------------|-------|---|
| <b>第一章 认识电与磁</b> ..... | ( 1 ) |   |
| 早期的静电研究 .....          | ( 1 ) | 青 |
| 富兰克林的发现 .....          | ( 7 ) | 少 |
| 库仑定律的发现 .....          | (10)  | 年 |
| 动物电的发现 .....           | (13)  | 科 |
| 电磁感应现象 .....           | (16)  | 学 |
| 电磁效应的奥秘 .....          | (22)  | 素 |
| 电磁波的发现 .....           | (25)  | 质 |
| 霍尔效应的发现 .....          | (32)  | 教 |
| <b>第二章 神秘的电</b> .....  | (35)  | 育 |
| 静电杀手 .....             | (35)  | 全 |
| 鱼群的回游 .....            | (36)  | 书 |
| 交流电与直流电 .....          | (37)  |   |
| 神奇的太空电波 .....          | (39)  |   |
| 地磁风暴 .....             | (40)  |   |
| 磁性武器 .....             | (41)  |   |
| 人体电波 .....             | (42)  |   |
| 传感器的奥秘 .....           | (43)  |   |
| 电荷与静电 .....            | (47)  |   |

## 奇妙的电与磁

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 放 电 .....                 | (51)  |
| 电路的测量 .....               | (53)  |
| 串联与并联 .....               | (58)  |
| 安全用电 .....                | (60)  |
| 能装电的瓶子 .....              | (65)  |
| 神奇的电流效应 .....             | (67)  |
| <b>第三章 磁的具体与抽象</b> .....  | (71)  |
| 最早的发现 .....               | (71)  |
| 神秘的“魔力” .....             | (74)  |
| 历史的转折 .....               | (75)  |
| 地球磁场 .....                | (77)  |
| 超导体的奥秘 .....              | (80)  |
| 极光和磁爆 .....               | (82)  |
| 探索磁的性质 .....              | (84)  |
| 电流和磁场 .....               | (91)  |
| 电磁铁 .....                 | (95)  |
| <b>第四章 电磁波的神奇作用</b> ..... | (98)  |
| 雷 达 .....                 | (98)  |
| 遥感技术 .....                | (105) |
| 反辐射导弹 .....               | (108) |
| 准确制导 .....                | (111) |
| 夜视技术 .....                | (115) |
| 红外伪装 .....                | (118) |
| 人类生活的好帮手 .....            | (122) |
| 开发新能源 .....               | (124) |

|                          |       |   |
|--------------------------|-------|---|
| 马可尼的伟大发明 .....           | (127) |   |
| 无线电广播 .....              | (129) |   |
| 无线电的运用 .....             | (132) |   |
| 电视机的诞生 .....             | (137) |   |
| 短波通信 .....               | (141) |   |
| 微波通信 .....               | (143) |   |
| 卫星通信 .....               | (146) |   |
| 激光通信 .....               | (150) | 青 |
| <b>第五章 电磁波与战争</b> .....  | (155) | 少 |
| 电子战 .....                | (155) | 年 |
| 美国电子间谍 .....             | (160) | 科 |
| 计算机参与战争 .....            | (165) | 学 |
| 电磁波与航天 .....             | (167) | 素 |
| 电磁波与军用航天器 .....          | (170) | 质 |
| 激光炮 .....                | (175) | 教 |
| <b>第六章 步入电气化时代</b> ..... | (180) | 育 |
| 电磁铁生电 .....              | (180) | 全 |
| 用电传信 .....               | (183) | 书 |
| “人造光” .....              | (186) |   |
| 法拉第的发明 .....             | (192) |   |
| 麦克斯韦的发现 .....            | (195) |   |
| 赫兹的试验 .....              | (197) |   |

# 第一章 认识电与磁

## 早期的静电研究

1660年左右，德国马德堡市的市长格里克创制了一种机械装置，可以连续摩擦生电。他取一只儿童脑袋一般大的圆形玻璃烧瓶，把碎硫磺放进瓶里，一起加热，使硫磺融溶，在加热过程中不断加硫磺，最后，瓶里充满融化了的硫磺。再插入一根木柄，等硫磺冷却后，打破玻璃，得到一个漂亮对称的硫磺球。他把硫磺球支在木架上，让硫磺球转动，同时把一只手按在球上摩擦，于是硫磺球就会显示地球吸引万物的特性。另外一张图实验者正举着带电的硫磺球，球体移到哪里，那里一切轻质物体都受到吸引。纸片、羽毛纷纷朝它飞来，水珠滚动，枯叶摇晃。手指靠近，闪光、爆破声，与雷电无异。

为什么格里克会想到做一个旋转的硫磺球来做实验呢？原来他并不是单纯为了演示电现象，而是为了证明地球吸引力乃是某种“星际的精气”，他曾做过许多真空实验，也和

## 奇妙的电与磁

这个总目标有关。著名的马德堡半球实验就是他在 1654 年做的，在这个实验中，他演示了抽空的两个半球在大气压的作用下用十六匹马也没有拉开。

格里克的硫磺球实验确实模拟了地球的吸引作用，甚至还显示了硫磺球的引力比地球吸引力大。然而，他也发现两者有不同之处。在硫磺球周围，也会有物体被排斥，羽毛在硫磺球和地板之间会上下跳动。格里克开始领悟到，重力并不能归结于电力，它们各有特点。接着，格里克又做了许多电学实验，其中包括电的传导和静电感应，可惜没有得到别人的重视。

格里克发明摩擦起电机的消息和他的真空泵一起在欧洲各国传开了。人们竞相仿制并改进他的起电机。人们发现，格里克的摩擦起电机其实不必把玻璃瓶打碎，甚至不用硫磺，直接用玻璃瓶就可以做实验。很多人对电感兴趣，有的是为了研究电的性质，有的则是用于表演魔术，让王宫贵族取乐。但是人们在有意无意的探索活动中，逐渐摸清了电的性质。

牛顿对电学也很感兴趣。1675 年他用玻璃球起电机研究了电的吸力和斥力、火花放电等现象。1703 年 12 月 5 日，英国皇家学会热闹非凡，这一天他们有两件新鲜事。一件是牛顿就任皇家学会主席，一件是牛顿任命他的助手豪克斯比担任实验师，牛顿希望在皇家学会提倡实验，恢复实验风气。豪克斯比当众表演了精彩的真空放电实验。他用摩擦起电机使真空发出辉光，说明真空也会产生电的现象。



电机产生静电

进一步，豪克斯比还用棉线显示了电力，演示了“电风”。他做了一块玻璃圆柱体，长7英寸（约16厘米），直径也为7英寸，周围是一根木箍，上面等距离地连着许多条棉线，当他旋转并摩擦圆柱体时，棉线沿半径方向伸直，趋向一个中心。豪克斯比没有忘记他的恩师，他把这一事实联

## —— 奇妙的电与磁

系到牛顿的宇宙学说，解释说：这些线条就像是受到了重力，沿直线方向吸向中心。

1720年，又有一位英国人格雷，他对电的传导进行了研究，发现摩擦过的玻璃棒所带的电可以转移到木塞上，再经细绳传到20米以外的骨质小球。他还让一个小孩做人体带电试验。他用丝绳把小孩吊在顶篷下，在小孩身下放许多轻质物体，例如羽毛之类。然后将摩擦过的玻璃管接触小孩腿部，结果小孩的手和头部都能吸引羽毛。

格雷通过实验，发现了电的传导性，而且分清了导体与绝缘体。

下一步进展是法国的杜菲作出的。格雷的实验引起了他很感兴趣，他总结了前人的经验，提出了许多问题，例如：

1. 是不是所有物体都可以靠摩擦带电，电是不是物质的普遍属性？

2. 是不是所有物体当接触或靠近带电体时都可以获得电？

3. 哪些物体会使电的传递停滞，哪些利于电的传递？哪些物体最容易被带电体吸引？

4. 斥力和吸力之间有什么关系？它们之间是否有联系，抑或是完全独立的？

5. 在虚空处在压缩空气中，在高温下，电的强度是增还是减？

6. 电和产生光的能力之间有什么关系？这一关系可以得出什么结论？

为了解答这些问题，杜菲进行了一系列实验。他首先发现能够带电的不仅限于琥珀之类的物品，任何东西，包括金属都可以带电，于是纠正了前人将物体分为“电的”和“非电的”两类的做法。为了证实一切物体都可以带电，杜菲以自己的身躯做实验。他让助手用绳子把自己悬吊在天花板上，然后带上电；当另一个人接近他时，从他身上发出电火花，产生噼噼啪啪的声响。

杜菲最大的贡献是分清两种电。他把两小块软木包上金箔，用丝线悬挂在天花板下，取一玻璃棒，用丝绸摩擦后，分别接触这两块软木，结果软木互相排斥。他又做了一个实验，取一松香棒，用羊皮摩擦后接触一软木，而用丝绸摩擦后的玻璃棒接触另一软木，结果发现两块软木互相吸引。他再用其他许多材料继续实验，发现有的相互吸引，有的互相排斥。于是杜菲认定电有两种。他把玻璃产生的电称为“玻璃电”，松香产生的电叫“松香电”。

莱顿瓶的发明使电学研究又上了一个台阶。1745年，德国的克莱斯特（1700—1748）做了一个实验。他用铁钉把电通到窄口药瓶中，瓶中盛水，瓶子与其他物体绝缘。原来他是想把电存在水中。读者也许会觉得他的想法太幼稚，请不要讥笑他，原始的观念往往导致科学的重大发明，克莱斯特试验果然有一定效果，他再用铁钉将瓶内的水和外界接通

## ——奇妙的电与磁

时，出现了强烈的放电现象。

克莱斯特没有放过这一现象，而是进一步寻找储存电的规律。他发现，瓶口及外表面必须干燥（注：不然电就会沿表面爬走了）；如果瓶里装的是水银或酒精，效果更好。

克莱斯特把这一发现写信告诉了好几位友人，他们都回信说重复做了实验却没有能够得到同样的结果，原来克莱斯特在信中少说了一句话：实验者在用钉子通电时，要手持瓶子的外表面，人站在地上（注：也就是说，瓶子的外表面必须接地）。由于这个原因，克莱斯特的发现没有引起注意。

与时同时，另外有一位实验家在荷兰也做了类似的实验。他是莱顿大学物理学教授穆欣布罗克。他把金属枪管悬挂在空中，与起电机联接，另从枪管引出一根铜线，浸入盛水的玻璃瓶中，助手一只手拿着玻璃瓶，穆欣布罗克在一旁摇摩擦起电机。正在这时，助手无意识地将另一只手碰到枪管，顿时感到电击。于是穆欣布罗克自己来拿瓶子，当他一只手碰到枪管时，果然也遭到强烈电击。

穆欣布罗克不久写信给友人，信中写道：“蒙上帝怜悯，我才免于死。我就是为法兰西王国也不愿再冒这个险了。”信中他详细描述了实验的条件，所用器材和人的姿势。写得如此真切，令有冒险精神的读者无不跃跃欲试。后来这封信公开发表。许多人重复了莱顿的实验，莱顿瓶也由此得名。

在用莱顿瓶做试验的人当中，有一位法国电学实验家叫诺勒特最出色。他改进了莱顿瓶，大大提高了电的容量。

1748年他在巴黎让二百多名僧人（修道士）在巴黎修道院前手拉手排成圆圈，让领头的和排尾的手握莱顿瓶的引线，当莱顿瓶放电时，几百僧人同时跳起来，使在场的贵族们无不目瞪口呆。诺勒特组织的表演使电的声威达到了高潮。

莱顿瓶的神奇不胫而走，消息传到了美利坚合众国，又引出一番轰轰烈烈的情景，这时有一位有名的人物做了许多实验。他就是美国驻英大使富兰克林。

## 富兰克林的发现

1746年，在美国波士顿举行的电学实验讲演会上，有一位听众入神地听着莱顿瓶实验的故事，他就是富兰克林，这时已40岁。他是美国著名的政治活动家和外交家，原先当过印刷学徒工，自学成才，对自然科学很有兴趣，但直到40多岁，才有工夫从事电学研究。

他第一个提出电荷概念，用数学上的正负概念来表示两种电荷的性质，并且通过实验确定电荷守恒定律。大家都知道，避雷针是富兰克林的一项重大发明，由于有了避雷针，人类避免了许多自然灾害。富兰克林这项研究成果，不仅对电学的发展有重大意义，而且有助于破除人们对自然的迷信，了解雷电的真实性质。

自古以来，天电、地电互不相关，地面上人们已经进行了许多实验，对电的性质已有了解，但天上的雷电却仍是神秘莫测。到18世纪叶叶，不少人认为闪电和电火花类似。

## 奇妙的电与磁

富兰克林也和他們一樣，通過對此說明兩者的相似性，不過富蘭克林的認識比別人深刻，例如：他在一封書信中列舉了十二條：



富兰克林的发现

“电流体与闪电在如下特点上一致：（1）发光；（2）光的颜色；（3）弯曲的方向；（4）快速运动；（5）被金属传导；（6）爆发时有霹雳声或噪声；（7）在水中或冰中仍能维

持；(8)劈开它所通过的物体；(9)杀死动物；(10)熔化金属；(11)使易燃物燃烧；(12)硫磺气味。”然而他又认为，仅仅靠对比，还不足以作出科学论断。要确证天电、地电的一致性，最好的证据是捉住天电，也就是把天电引到地面上来做对比实验。为此他提出了一个方案，在高处安一岗亭，利用尖端把低云掠过时所带的电引到地面上来。

第一个按照富兰克林建议进行实验的是法国的达里巴尔德。他在巴黎近郊马里村的高地上建造了一所岗亭，岗亭上树立起高44英尺的铁杆。1752年5月10日，黑云压天，雷雨将临，达里巴尔德和他的同事成功地把天电引进了莱顿瓶。5月13日，他向法国科学院报告了这一实验，并且说，实验的成功不但证明了闪电和电的等同性，还表明可以利用富兰克林的方法保护房屋建筑免遭雷击。

从此，到处都在重复金属尖端做避雷器的试验。富兰克林则认为，巴黎实验用的铁杆还不够高，难以证明电是从云端引下来的，一个新的思想掠过他的脑海，何不用风筝把天电引下来做试验呢？于是，他用两根轻的杉木条做成小十字架，把丝绸手帕蒙上，扎好。取一根尖细铁丝固定在十字架的一头，伸出一尺多长，拴上牵风筝的亚麻绳，亚麻绳的下端接丝绸带，在接头处挂一把钥匙。在他儿子的陪同下，把风筝放上天，只等雷雨天气的到来。1752年10月19日，他在给友人柯林孙的信中描述了实验的情况。由于雨水打湿了风筝和牵引风筝的亚麻绳，云层中的电沿湿绳传到莱顿瓶

## 奇妙的电与磁

里。等雨过后，拆下莱顿瓶，再按通常的方法使莱顿瓶放电，放出的电跟用摩擦起电机产生的电毫无两样。富兰克林写道：“由此即可完全证明电物质和闪电纯属同一回事。”

富兰克林还做过一个有名的金属桶实验，目的是设法从带电的金属桶内取出电来，他用木髓球与金属桶的内表面接触，看木髓球是否带电，可是无论如何都无法使木髓球带电。富兰克林只好写信给他的英国朋友请教，这一请教，竟导致了一个新定律的发现。这个新定律甚至奠定了电学的基础。这就是所谓的库仑定律。

### 库仑定律的发现

上节说到富兰克林的风筝实验，证明了天电和地电原来是一回事。富兰克林做过的许多电学实验，有一个是金属桶实验，实际上就是拿一个罐头盒，把木髓球悬吊着放在里面，让罐头盒带电，看木髓球受不受影响。富兰克林注意到，不管木髓球处在什么位置，都丝毫不受电的作用。富兰克林百思不解，就写信问他的好友英国人普列斯特利，请他重复这一实验并作出解释。普列斯特利虽然是化学家，对物理特别是电学也很熟悉，并且很了解牛顿的学说，他肯定了富兰克林的实验，把牛顿的力学原理联系上来。牛顿从理论上证明，如果吸引力遵守平方反比定律，在空心的均匀球壳中任一质点，它所受各个方向的吸引力应互相抵消。普列斯特利想，这一现象会不会正好是说明电力和万有引力之间的