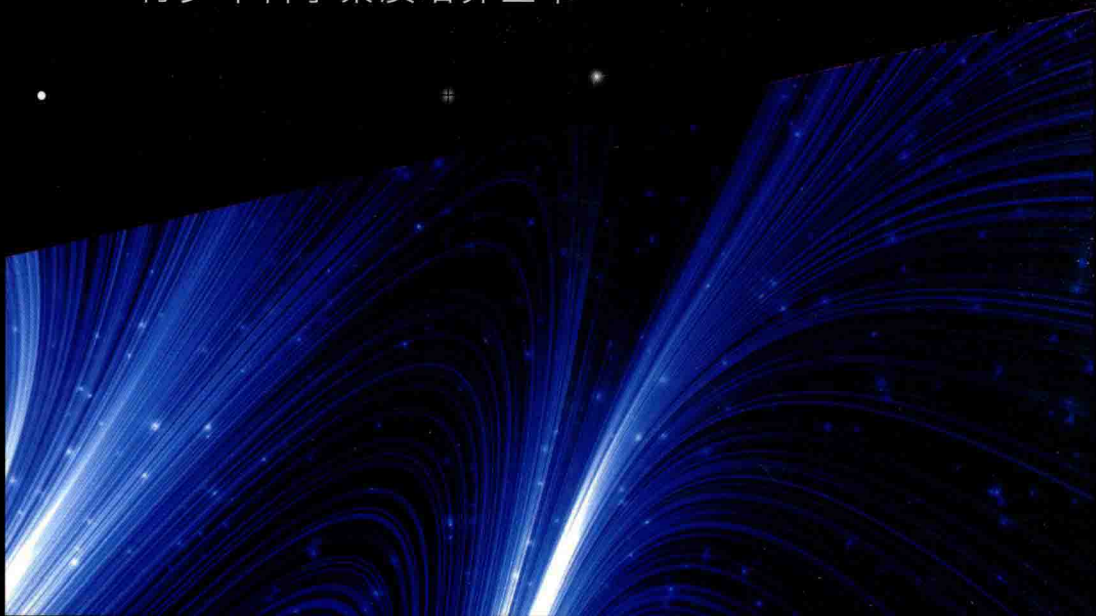


· 青少年科学素质培养丛书 ·



# 奇妙的 电与磁

主编 谢 宇 李 翠

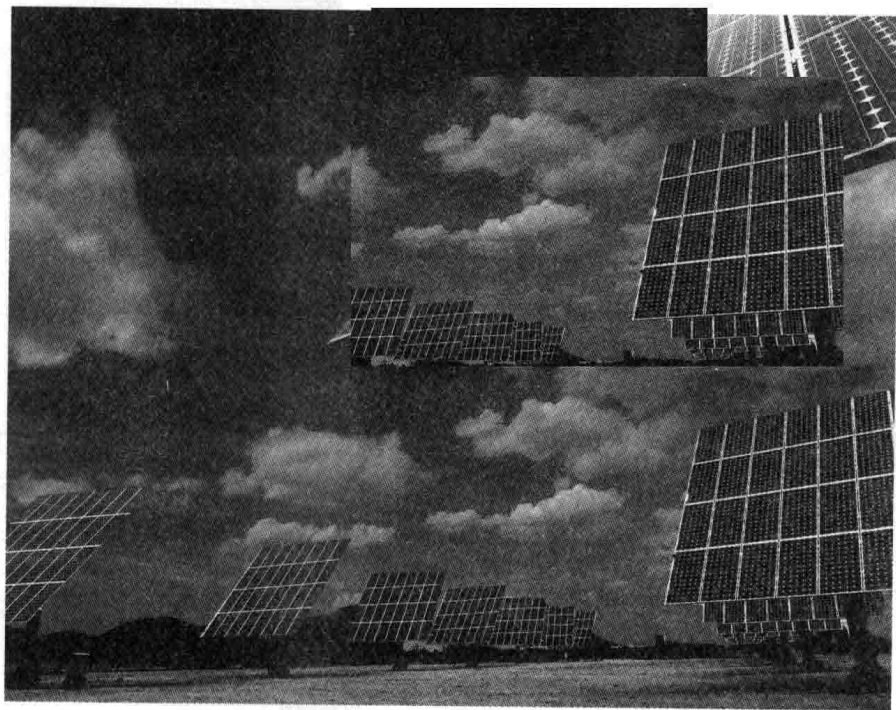


河北出版传媒集团  
河北少年儿童出版社

青少年科学素质培养丛书

# 奇妙的电与磁

主编 谢宇 李翠



河北出版传媒集团  
河北少年儿童出版社

## 图书在版编目 (C I P) 数据

奇妙的电与磁 / 谢宇, 李翠编著. -- 石家庄: 河北少年儿童出版社, 2012.9  
(青少年科学素质培养丛书)  
ISBN 978-7-5376-4972-8

I. ①奇… II. ①谢… ②李… III. ①电学 - 青年读物  
②电学 - 少年读物 ③磁学 - 青年读物 ④磁学 - 少年读物  
IV. ①O441-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第149917号

## 奇妙的电与磁 主编 谢宇 李翠

---

责任编辑 孟玉梅

出版 河北出版传媒集团

河北少年儿童出版社

地址 石家庄市中华南大街172号 邮政编码: 050051

印刷 北京市联华宏凯印刷有限公司

发行 新华书店

开本 700×1000 1/16

印张 11

字数 286千字

版次 2012年9月第1版

印次 2012年9月第1次印刷

书号 ISBN 978-7-5376-4972-8

定价 21.80元

## 编委会

主 编 谢 宇 李 翠

副 主 编 马静辉 马二力 李 华 商 宁 刘士勋

王郁松 范树军 矫清楠 吴 晋

编 委 刘 艳 朱 进 章 华 郑富英 冷艳燕

吕凤涛 魏献波 王 俊 王丽梅 徐亚伟

许仁倩 晏 丽 于承良 于亚南 王瑞芳

张 淼 郑立平 邹德剑 邹锦江 罗曦文

汪建林 刘鸿涛 卢立东 黄静华 刘超英

刘亚辉 袁 玫 张 军 董 萍 鞠玲霞

吕秀芳 何国松 刘迎春 杨 涛 段洪刚

张廷廷 刘瑞祥 李世杰 郑小玲 马 楠

## 前言

在当今社会，“科学技术是第一生产力”的观念早已深入人心。人们已经认识到，先进的科学技术是一个国家取得长足发展的根本，一个充满活力的民族必然是一个尊重科学、崇尚真理的民族。

宇宙的无穷奥妙均蕴涵于科学之中，如变幻莫测的星空、生机勃勃的动植物王国、令人称奇的微生物、包含诸多秘密的地球内部……各个领域的无数令人惊奇的现象都可以用科学知识来解答，科学知识就是打开自然神秘大门的钥匙，它的不断发展使世界发生了天翻地覆的变化。掌握了科学知识的青少年，就像插上了一双翅膀，可以无拘无束地向着美好的未来飞去。

青少年是一个民族得以发展的未来中坚力量，正如梁启超在《少年中国说》中所写到的：“少年智则国智，少年富则国富，少年强则国强……”因此，提高青少年的科学素养，培养青少年的科学精神，成为当今社会最重要的问题。为了提高青少年学习科学知识的兴趣，我们结合青少年的年龄结构特点推出了这套《青少年科学素质培养丛书》，用于帮助广大青少年在课外补充学习简明、基础的科普知识。

考虑到青少年的阅读习惯，本套丛书按照学科种类进行组织编写，将复杂纷繁的科学内容分为五十部分，如人造奇观、生物工程、纳米技术、疫病、考古发现、生命遗传、医学发现、核能科技、激光、电与磁、物理、中外发明、自然景观、微生物、人体、地理发现、数学、能源等，据

此编辑为该套丛书的五十分册。这套丛书从浩瀚无垠的科学知识殿堂中精心挑选了对读者最有了解价值的内容，将当今主要学科领域的知识具体而又直观地介绍给读者，拓宽读者的视野，启迪读者的思维，引领读者一步步走进奥妙无穷而又丰富多彩的科学世界。这套丛书始终贯穿着探索精神和人文关怀，是一套将知识性和趣味性完美地融合在一起的科普读物。每一本书都精选了几十个主题，旨在揭开神秘世界的诸多奥秘，为青少年读者奉上一桌营养丰富的精神大餐，希望青少年朋友们能在妙趣横生的阅读中体会到学习科学知识的快乐。

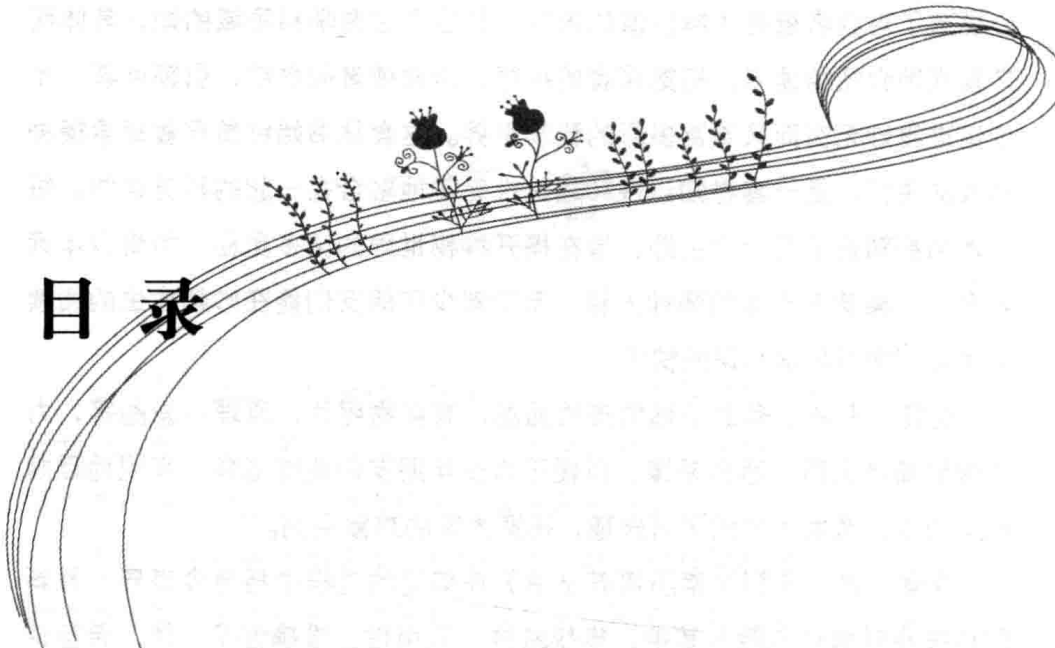
这套丛书还配有上千幅精美的插图，有实物照片、原理示意图等，力求做到简单实用、通俗易懂，以便于青少年朋友们能够形象、直观地理解科学知识，激发大家的学习兴趣，拓宽大家的想象空间。

这套《青少年科学素质培养丛书》在编写的过程中将当今世界上最新的科技和时事动态融入其中，集权威性、实用性、准确性于一体。希望这套丛书就像神奇的帆船一样，能够将青少年朋友们轻松地带进浩瀚的科学海洋，使大家爱上科学，成为有科学头脑、有科学素养的人。

本书在编辑过程中得到了很多人的关心和指导，在此表示诚挚的感谢。另外，由于时间仓促，书中难免有不当之处，请读者批评指正。

编者

2012年9月



# 目 录

|           |    |
|-----------|----|
| 第一章 走近电与磁 | 1  |
| 早期的静电实验   | 1  |
| 天才富兰克林的发现 | 6  |
| 著名的库仑定律   | 8  |
| 伽伐尼与动物电   | 11 |
| 法拉第的贡献    | 14 |
| 电磁效应的发现   | 18 |
| 赫兹与电磁波    | 21 |
| 霍尔的成就     | 25 |

## 第二章 探索电的奥秘.....27

静电也有危害.....27

海洋电流.....28

交流电的势头.....29

詹斯基的发现.....31

地磁风暴产生的原因.....32

事先规定的方式.....34

神奇的人体电波.....35

传感器的类型与应用.....36

电荷与静电的关系.....39

放电现象.....42

欧姆定律.....44

串联电路与并联电路.....48

危机重重的电.....50

盛电的瓶子.....54

神奇的电流效应.....56

## 第三章 揭开磁场的面纱.....59

磁的最早发现.....59

电磁铁的“魔力”.....62



|                |    |
|----------------|----|
| 认识的飞跃·····     | 64 |
| 地磁三要素·····     | 66 |
| 超导体的特性与应用····· | 68 |
| 极光是怎样产生的·····  | 70 |
| 探索磁的奥秘·····    | 72 |
| 电流和磁场的研究·····  | 77 |
| 电磁铁的用途·····    | 80 |

#### 第四章 电磁波的威力·····82

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 雷达的性能和特点·····   | 82  |
| 遥感技术的过去和未来····· | 87  |
| 美国的三代反辐射导弹····· | 90  |
| 准确制导的类型与应用····· | 93  |
| 夜视技术的优缺点·····   | 96  |
| 红外也能隐身·····     | 99  |
| 电磁波的功劳·····     | 103 |
| 卫星太阳能发电站·····   | 105 |
| 马可尼的卓越贡献·····   | 108 |
| 费森登的发明·····     | 110 |
| 无线电的蔓延·····     | 112 |
| 贝尔德与电视机·····    | 117 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 短波的优势·····       | 120 |
| 微波技术的应用·····     | 122 |
| 卫星通信的发展史·····    | 124 |
| 激光大气通信和光纤通信····· | 128 |

## 第五章 电磁波的勇猛·····132

|                   |     |
|-------------------|-----|
| “第四维”战场·····      | 132 |
| “梯队”间谍系统·····     | 135 |
| 计算机参战·····        | 138 |
| 电磁波与航天的联系有多大····· | 140 |
| 军用航天器的出现和使用·····  | 142 |
| 激光炮的震慑力·····      | 147 |

## 第六章 电磁波的功劳·····150

|                |     |
|----------------|-----|
| 世界上最早的发电机····· | 150 |
| 使用电流传信号·····   | 153 |
| 电灯的发明·····     | 156 |
| 电磁感应现象·····    | 161 |
| 伟大的麦克斯韦·····   | 163 |
| 赫兹试验的成功·····   | 165 |

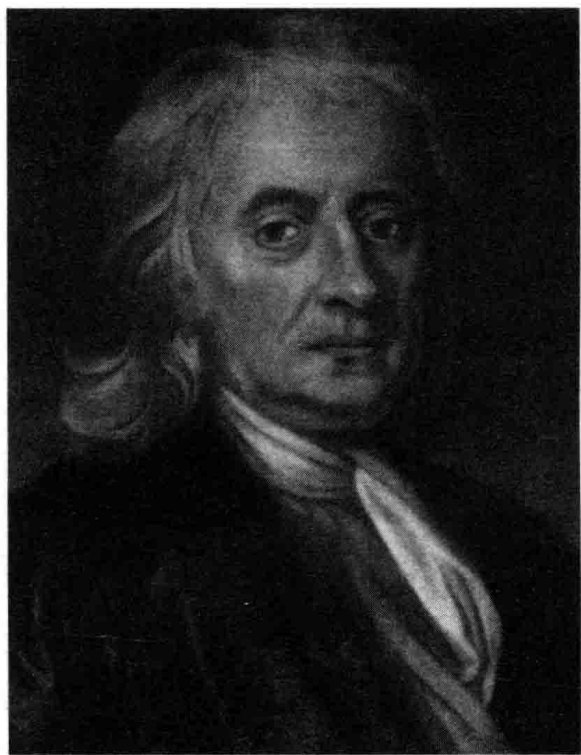
## 第一章 走近电与磁

### 早期的静电实验

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。另外一名实验者举着带电的硫磺球，球体移到哪里，那里一切轻质物体都会受到吸引。纸片、羽毛纷纷朝它飞来，水珠滚动，枯叶摇晃。手指靠近后，闪光、爆破声，与雷电无异。

为什么格里克会想到用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是某种“星际的精气”，他曾做过许多真空实验，也和这个总目标有关。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，甚至他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



牛顿像

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。

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



静电现象

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的腿部，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做出的。格雷的实验引起了很大的兴趣，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) 是不是所有物体当解除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，于是他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了两种电。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。

与此同时，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。正当这时，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200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。



## 天才富兰克林的发现

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，所以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世纪中叶，不少人认为闪电和电火花类似。富兰克林也和他们一样，通过对此说明两者的相似性，不过富兰克林的认识比别人深刻，例如：他在一封书信中列举了十二条：

“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，在远处安一岗亭，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。富兰克林只好写信向他的英国朋友请教，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”。