

前言

科学技术是人类文明的标志。每个时代都有自己的新科技，从火药的发明，到指南针的传播，从古代火药兵器的出现，到现代武器在战场上的大展神威，科技的发展使得人类社会飞速的向前发展。虽然随着时光流逝，过去的一些新科技已经略显陈旧，甚至在当代人看来，这些新科技已经变得很落伍，但是，它们在那个时代所做出的贡献也是不可磨灭的。

从古至今，人类社会发展和进步，一直都是伴随着科学技术的进步而向前发展的。现代科技的飞速发展，更是为社会生产力发展和人类的文明开辟了更加广阔的空间，科技的进步有力地推动了经济和社会的发展。事实证明，新科技的出现及其产业化发展已经成为当代社会发展的主要动力。阅读一些科普知识，可以拓宽视野、启迪心智、树立志向，对青少年健康成长起到积极向上的引导作用。青少年时期是最具可塑性的时期，让青少年朋友们在这一时期了解一些成长中必备的科学知识和原理是十分必要的，这关乎他们今后的健康成长。

科技无处不在，它渗透在生活中的每个领域，从衣食住行，到军事航天。现代科学技术的进步和普及，为人类提供了像广播、电视、电影、录像、网络等传播思想文化的新手段，使精神文明建设有了新的载体。同时，它对于丰富人们的精神生活，更新人们的思想观念，破除迷信等具有重要意义。

现代的新科技作为沟通现实与未来的使者，帮助人们不断拓展发展的空间，让人们走向更具活力的新世界。本丛书旨在：让青少年学生在成长中学科学、懂科学、用科学，激发青少年的求知欲，破解在成长中遇到的种种难题，让青少年尽早接触到一些必需的自然科学知识、经济知识、心



理学知识等诸多方面。为他们提供人生导航、科学指点等，让他们在轻松阅读中叩开绚烂人生的大门，对于培养青少年的探索钻研精神必将有很大的帮助。

科技不仅为人类创造了巨大的物质财富，更为人类创造了丰厚的精神财富。科技的发展及其创造力，一定还能为人类文明做出更大的贡献。本书针对人类生活、社会发展、文明传承等各个方面有重要影响的科普知识进行了详细的介绍，读者可以通过本书对它们进行简单了解，并通过这些了解，进一步体会到人类不竭而伟大的智慧，并能让自己开启一扇创新和探索的大门，让自己的人生站得更高、走得更远。

本书融技术性、知识性和趣味性于一体，在对科学知识详细介绍的同时，我们还加入了有关它们的发展历程，希望通过对这些趣味知识的了解可以激发读者的学习兴趣和探索精神，从而也能让读者在全面、系统、及时、准确地了解世界的现状及未来发展的同时，让读者爱上科学。

为了使读者能有一个更直观、清晰的阅读体验，本书精选了大量的精美图片作为文字的补充，让读者能够得到一个愉快的阅读体验。本丛书是为广大科学爱好者精心打造的一份厚礼，也是为青少年提供的一套精美的新时代科普拓展读物，是青少年不可多得的一座科普知识馆！

目录

contents

目录

CONTENTS

第一章

认识电与磁

- 早期的静电研究 / 002
- 富兰克林的发现 / 006
- 库仑定律的发现 / 009
- 动物电的发现 / 011
- 电磁感应现象 / 014
- 电磁效应的奥秘 / 018
- 电磁波的发现 / 021
- 霍尔效应的发现 / 026



第二章

神秘的电

- 静电杀手 / 030
- 鱼群的洄游 / 031
- 交流电与直流电 / 032
- 神奇的太空电波 / 033
- 地磁风暴 / 034
- 磁性武器 / 036



- 人体电波 / 037
- 传感器的奥秘 / 038
- 电荷与静电 / 041
- 放 电 / 044
- 电路的测量 / 046
- 串联与并联 / 050
- 安全用电 / 052
- 神奇的电流效应 / 056

第三章

磁的具体与抽象

- 最早的发现 / 060
- 神秘的“魔力” / 062
- 历史的转折 / 064
- 地球磁场 / 065
- 超导体的奥秘 / 067
- 极光和磁爆 / 070
- 探索磁的性质 / 071
- 电流和磁场 / 076
- 电磁铁 / 079



第四章

电磁波的神奇作用

- 雷 达 / 082
- 遥感技术 / 087
- 反辐射导弹 / 090
- 准确制导 / 092
- 夜视技术 / 095

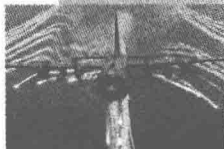


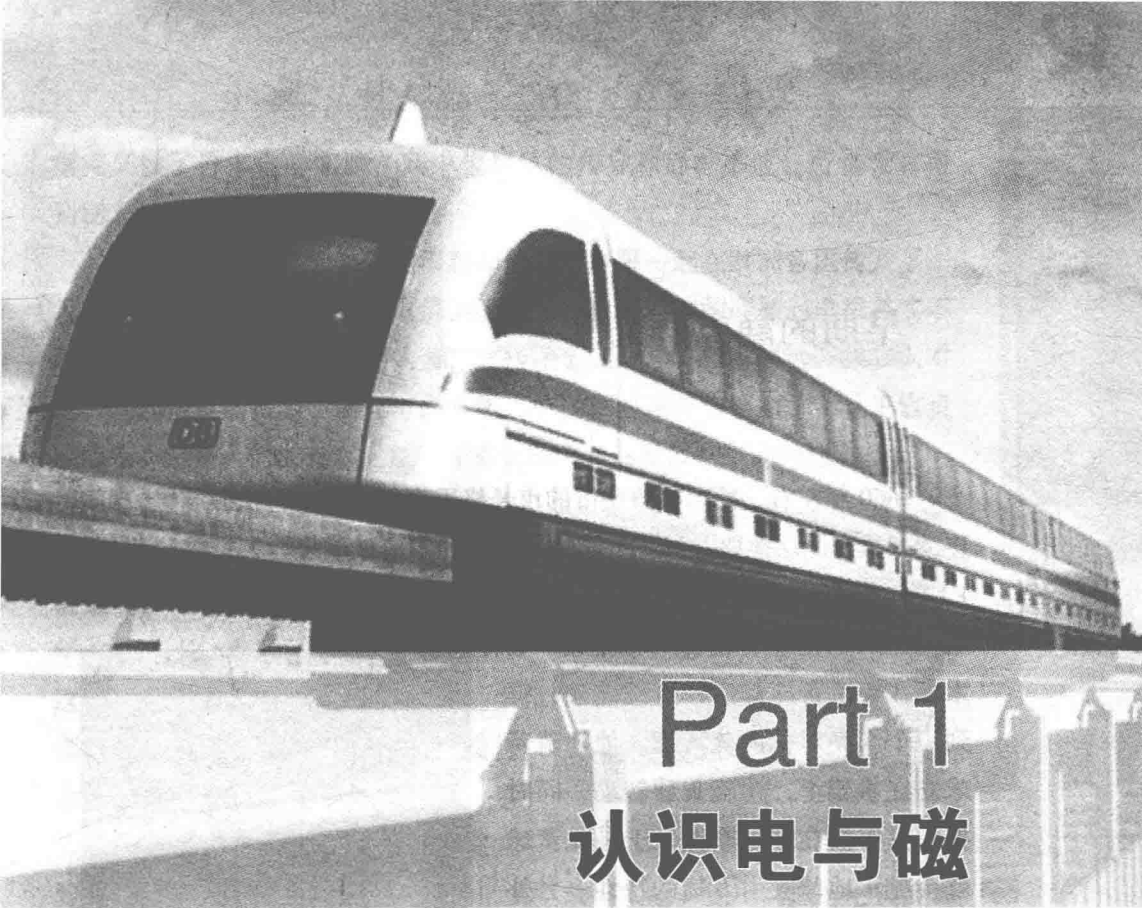
- 红外伪装 / 098
- 人类生活的好帮手 / 101
- 开发新能源 / 103
- 马可尼的伟大发明 / 106
- 无线电广播 / 108
- 无线电的运用 / 110
- 电视机的诞生 / 114
- 短波通信 / 117
- 微波通信 / 119
- 卫星通信 / 121
- 激光通信 / 125

第五章

电磁波与战争

- 电子战 / 130
- 美国电子间谍 / 133
- 计算机参与战争 / 137
- 电磁波与航天 / 139
- 电磁波与军用航天器 / 141
- 激光炮 / 145

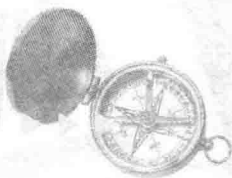




经典电磁学是研究宏观电磁现象和客观物体的电磁性质的学科。人们很早就接触到电和磁的现象，并知道磁棒有南北两极。我国早在两千年前就发明了司南，这就是四大发明之一的指南针，这说明在两千年前人类就开始接触磁。

18世纪，电和磁的研究有了突飞猛进的发展，当时发现的电荷有两种：正电荷和负电荷。不论是电荷还是磁极都是同性相斥，异性相吸，作用力的方向在电荷之间或磁极之间的连接线上，力的大小和它们之间的距离的平方成反比。在这两点上和万有引力很相似。18世纪末发现电荷能够流动，这就是电流。19世纪，电和磁之间的联系被人们发现，并利用它们研究了许多发明。

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，把碎硫黄（图 1）放进瓶里，一起加热，使硫黄融溶，在加热过程中不断加硫黄，最后，瓶里充满融化了的硫黄。再插入一根木柄，等硫黄冷却后，打破玻璃，得到一个漂亮对称的硫黄球。他把硫黄球支在木架上，让硫黄球转动，同时把一只手按在球上摩擦，于是硫黄球就会显示地球吸引万物的特性。另外一个实验中，实验者正举着带电的硫黄球，球体移到哪里，那里的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。手指靠近时有闪光、爆破声，与雷电无异。

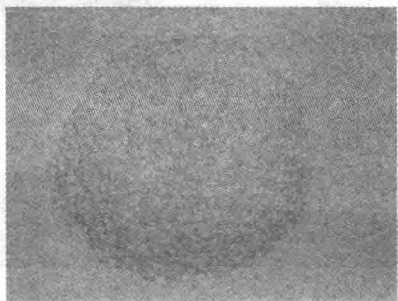


图 1

为什么格里克会想到做一个旋转的硫黄球来做实验呢？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 16 匹马也没有拉开。

格里克的硫黄球实验确实模拟了地球的吸引作用，甚至他还显示了硫黄球的引力比地球吸引力大。然而，他也发现两者有不同之处。在硫黄球周围，也会有物体被排斥，羽毛在硫黄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，甚至不用硫黄，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（图2）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光辉，说明真空也会产生电的现象。

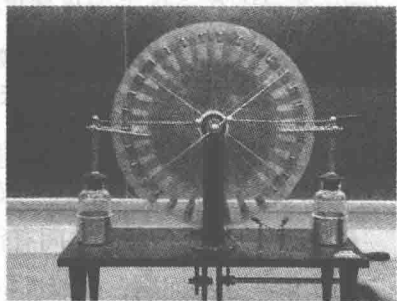


图2

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。

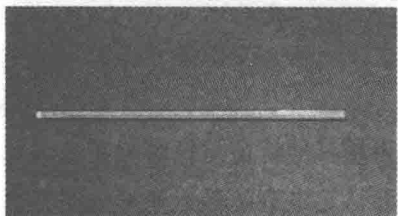


图3

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（图3）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（图4）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”。



图4

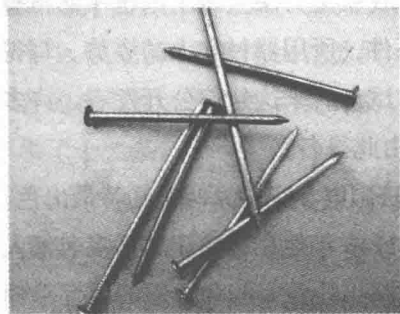


图5

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（图5）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。你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，他在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

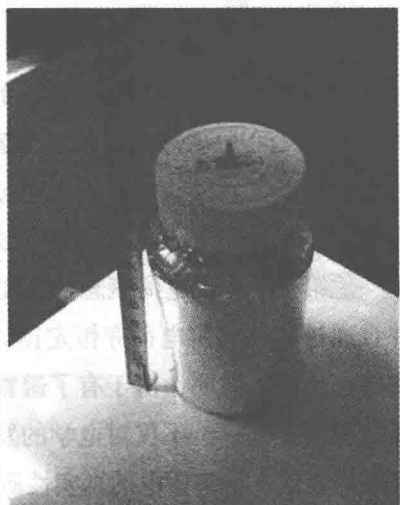


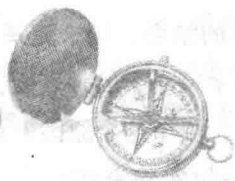
图6

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，令有冒险精神的人无不跃跃欲试。后来这封信公开发表。许多人重复了莱顿的实验，莱顿瓶（图6）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（图7）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世纪中期，不少人认为闪电和电火花类似。富兰克林也和他们一样，通过对比说明两者的相似性，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硫黄气味。”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（图8）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

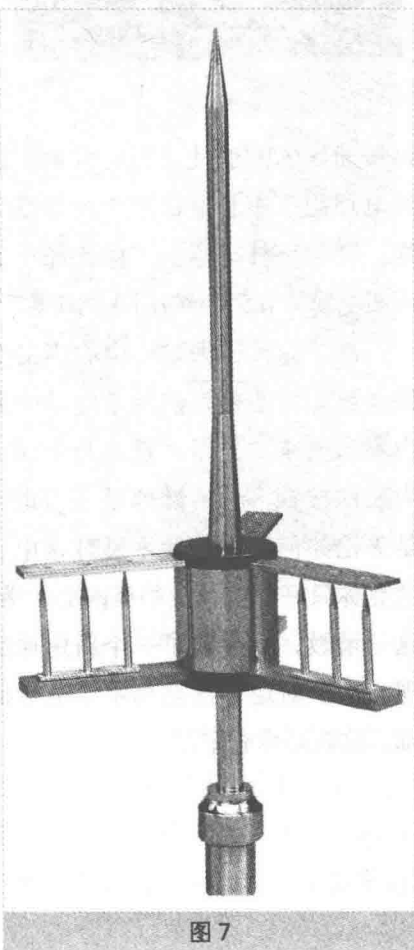


图7



图8

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。在儿子的陪同下，他把风筝放上天，只等雷雨天气的到来。1752年10月19日，他在给朋友柯林孙的信中描述了实验（图9）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，

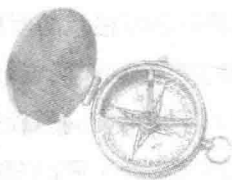
再按通常的方法使莱顿瓶放电，放出的电跟用摩擦起电机产生的电毫无两样。富兰克林写道：“由此即可完全证明电物质和闪电纯属同一回事。”

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，这就是库仑定律。



图9

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（图 10）的学说，他肯定了富兰克林的实验，把牛顿的力学原理联系起来。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相似性呢？既然万有引力遵守平方反比定律，电力会不会也遵守平方反比定律呢？牛顿在一个世纪以前就曾指出，重力、电力和磁力都属于同一类型的力（即所谓的长程力），遵守平方反比定律会不会就是它们之间的共同属性呢？于是，普列斯特利根据类比方法作出了科学的预测。他的这种看法，在当时有一定的代表性，因为牛顿力学的巨大成就，使人们很自然地想到力学规律的普遍性。



图 10

1759年德国柏林科学院院士爱皮努斯，1760年法国数学家D.伯努利都曾做过类似的猜测。但是真正要作出科学结论，还需从实验予以确证。

最早在这方面进行实验的是苏格兰的罗比逊。1769年，他注意到爱皮努斯写的书，对爱皮努斯的猜测感兴趣，就设计了实验装置。这个装置很精巧，它是利用重力和电力互相平衡的原理来测电力跟距离的关系。设两小球带同性电，斥力会使转臂离开平衡位置改变距离，转动带有指针的支梁，直至使两球距离符合实验要求时为止，从转过的角度即可算出转矩，从而求出电力 f 跟距离 r 的关系。这个关系可以用公式 $f \propto \frac{1}{r^{2+\delta}}$ 表示，其中 δ 叫指数偏差。罗比逊根据实验得出 $\delta=0.06$ ，他认为指数偏大原因应归于实验误差。

虽然罗比逊只对同性电的斥力进行过测量，但仍不失为从实验定量测量电力的首创者，也可以说他是库仑定律的最早发现者。遗憾的是，罗比逊对自己的工作缺乏信心，没有及时发表。

另一位实验者是英国人卡文迪什。他在1773年用两个同心金属做实验，外球壳是两个半球，合拢正好与内球同心。内球直径12.1英寸（31厘米），外球直径13.3英寸（34厘米），厚1/20英寸（0.127厘米）。先用一根导线将莱顿瓶接到外球，使外球带电，内外球间也有导线相联，外球壳带电后即拆去联线。然后打开外球壳，用木髓球验电器试验内球虽否带电。结果发现，木髓球验电器没有指示，证明内球没有带电，电荷完全分布在外球壳上。卡文迪什将这一实验重复了多次，确定指数偏差不超过0.02。

这是一个十分精确的实验，设计思想相当巧妙。然而，卡文迪什用的

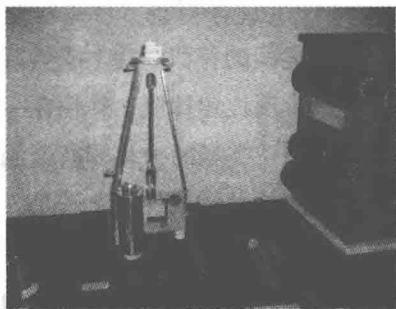


图 11

却是极其简陋而原始的实验仪器，他成功的关键在于，以牛顿的力学原理为借鉴，通过数学分析，将直接测量变为间接测量，用示零法来判断结果，这就充分发挥了人的主观能动性。

但是，卡文迪什的工作也没有及时发表。他的实验（图11）比库仑还早15年。直到1879年，一百年过去了，

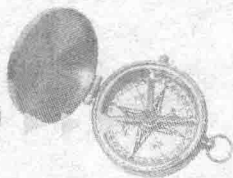
他的手稿由麦克斯韦整理发表，这件事才为世人所知。

库仑用扭秤直接测量电力和磁力的实验是众所周知的，他的电扭秤是一个直径和高均为 30 厘米的玻璃缸，上面盖一块玻璃板，盖板上开了两个洞。中间的洞装有一支高 60 厘米的玻璃管。管的顶端有一螺旋测角器，下连银丝，银丝下端挂一横杆，杆的一端为一小球，另一端贴一纸片作配平用。圆缸顶上刻有 320 个分格，可以读数。实验时先使一个小球带电，再使另一同样大的小球与之接触，于是两球均分电荷，产生斥力而分离。然后藉银扭丝恢复两球的原始位置，从扭丝的转角可以测知电力的大小。库仑从几次实验记录判定：电力与距离的平方成反比。

库仑没有改变电量与作用力的关系，他没有研究异性电荷的吸力，就径直得出电力与距离的平方成反比的普遍定律。显然库仑也是得益于牛顿的万有引力定律。牛顿力学的启示，使电学的发展缩短了相当长的路程，少走了许多弯路。否则，要从实验数据的积累总结归纳出实验定律，这个过程将会何等曲折！可见，类比的方法在科学发展的历程中起了多么重要的作用！

电力的平方反比定律也叫库仑定律，它的地位和引力的平方反比定律一样，在电学中是一个重要的基本定律。有了库仑定律，静电学的发展就势如破竹，很快形成了系统的理论。就在这个时候，能产生稳定电流的电池出现了。电学研究又出现了新局面。19 世纪成了电学大发展的时代。

动物电的发现



18 世纪末，电学研究从静电领域发展到电流领域，这是一个了不起的飞跃，这个飞跃开始于动物电的研究。意大利学者伽伐尼和伏打在这方面起了先锋作用。

伽伐尼是一位解剖学教授，他是在解剖青蛙时偶然发现电效应的。1780年9月的一天，他和学生一起做解剖实验（图12），一个学生用手术刀轻轻触到了青蛙的小腿神经，这只青蛙立即抽搐了起来。当时，另一学生正在附近练习使用摩擦起电机。伽伐尼注意到青蛙抽搐时，正好是起电机发出电火花的那一瞬间，他没有放过这一机会，立即研究起来。他早



图12

就知道，动物有某些特殊行为与电有关。例如从古代人们就发现有两种会放电的鱼，叫电鳗和电鳐。莱顿瓶发明后，人们开始考虑电鳗的电效应可能与莱顿瓶类似。1772年，英国的华尔士发现电鳗的放电是在背脊和胸腹的两点之间，解剖的结果是在鱼体内有一长圆柱体，电就是从那里发出来的。

伽伐尼敏锐地感到这是研究动物电的一个极好案例。他想会不会在青蛙体内也有类似的组织？这个现象和手术刀有什么关系？为什么正好在这时起电机也放电呢？

为了掌握其中的规律，伽伐尼安排了一系列实验，选择不同时间，采用不同材料，改变地点和条件，重复进行青蛙试验。起先只用刀尖触青蛙神经，然后只让起电机打电火花，但都不能使蛙腿抽搐。



图13