

林盛通 编著
王 运

在电子世界里

● 科学新世界丛书 ●

当今的时代是电子时代，当今的世界是电子世界。放眼寰宇：小自儿童玩具，大到原子能反应堆，近自手表电视，远到太空探险，到处都有电子技术在大显神通。

随着微电子学的崛起，无人工厂、硅片司机、电脑医生、电子住宅、“无纸”办公室和电子国防军等将会越来越普遍……

辽宁科学技术出版社

在 电 子 世 界 里

Zai Dianzi Shijie Li

林盛通 王 运 编著

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)
辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 6 字数: 133,000

1985年9月第1版

1985年9月第1次印刷

责任编辑: 董 平

插 图: 钟 仁

封面设计: 秀 中

责任校对: 周 文

印数: 1—4,300

统一书号: 13288·16 定价: 0.96元

前 言

就科学技术而言，当今的时代是电子时代。所谓电子时代，是指社会生活各个领域已跨入自动化、信息化和电脑化的时代。虽然现代社会还是刚刚进入电子时代，但在社会的各个领域，从科学实验到企业管理，从工农业生产到家庭生活，从海洋开发到宇宙航行，几乎到处都有电子技术在大显神通。以电子科学技术为基础的现代信息技术革命，正在迅速推动科学、技术、生产和经济的发展，正在改变着人类生活的面貌。

电子科学技术，是研究电子和电磁波运动规律及其效应的一门综合性较强的科学技术，同时又是应用于信息作业和能量转换作业等广泛领域的一种物质手段。现在，人们已能够在指甲盖大小的半导体硅片上置放上百万个电子元件。这种微电子器件的迅速发展和广泛应用，正在使电子产品向微型化、数字化和智能化方向发展。为了使超大规模集成电路片的密度由现在的最高水平100万个电子元件增加到1000万个电子元件，微电子学家们正在采取“五子登科”的开发战略，集中力量从立体集成电路、集成光路、约瑟夫逊超导器件、海量存贮器和人机通话系统等五个方面进行攻关。据未来学家预测，到本世纪末，一个指甲盖大小的微电子芯片上可集成1亿个电子元件，具有思维能力的微电脑将发挥巨大作用。智能化微电脑的广泛应用，将带来生产自动化、管理信

息化、家庭电子化和通信网络化,人们的劳动时间将由现在的每周40个小时减少到20个小时左右。知识生产将成为第一工业,那时,体力劳动和脑力劳动的消耗比例将达到1:9。

由于电子技术、特别是微电子技术的结晶——微型电脑的应用,给世界各国的社会生产和人民生活带来了深刻变化,所以作者认为,加紧普及电子技术教育,了解和研究世界电子技术发展的新情况,已成为我国的当务之急。正是基于这一认识,我们先后花费了七年的时间,汇集了学到的和看到的国内外电子技术方面的知识和信息,几经易稿和修改,最后写成了《在电子世界里》这本书。

编写《在电子世界里》一书的宗旨,是向广大群众和青年普及电子科学知识。我们作为电子世界的导游者,将同读者们一道,首先进入比小米粒还要小得多的“大千世界”,去探索电子的奥秘,了解电子运动、电磁波传播、电路理论和信息传输的一般规律。尔后,我们再由微观探索转入宏观应用,饱览人类利用电子运动规律和电磁理论所造出的各种元件、器件、设备和系统,以及将其应用到国民经济、国防建设、人民生活 and 科学实验等各个领域所产生的种种人间奇迹。最后,我们还向读者展示了电子技术的最新发展动向。

本书在编写过程中,张国峰等同志不仅审阅了初稿,而且还提出了一些修改意见。在此,我们表示感谢。

编 者

一九八四年十二月

目 录

前 言

一、电子的秘密	(1)
二、奇妙的电磁波	(17)
三、电子管家族	(33)
四、半导体的奥妙	(46)
五、小巧的电子亲家	(58)
六、大变小的学问	(74)
七、光电子学的崛起	(83)
八、天涯万里如咫尺	(94)
九、电视的由来和发展	(108)
十、蝙蝠、雷达和声纳	(123)
十一、探测微观世界的眼睛	(135)
十二、神机妙算的电脑	(151)
十三、电子机器人	(161)
十四、电子与国防	(169)
十五、根深叶茂的电子树	(181)

一、电子的秘密

在自然界的无数秘密中，有我们所需要的一切。

从古至今，我们人类为了自身的生存和发展，揭开了一个又一个的秘密，并在不断揭示自然界秘密的道路上阔步前进。科学是打开一切自然界中秘密大门的金钥匙。只要我们掌握了这把金钥匙，就一定能够揭开自然界的一切秘密。

电子并不神秘

我们生活在电子时代，是电子时代的主人。我们还要在电子时代把我国建设成为一个现代化的社会主义强国，奔向美好的共产主义的明天。

一提到电子，人们总觉得电子这个东西，看也看不见，摸又摸不着，神秘抽象，无法问津。至于现代电子技术，就更使有些人觉得高深奥妙，难懂难学，令人望而生畏，大有望洋兴叹之感。

其实，电子并不是深奥莫测的，电子技术也不是高不可攀的。只要下定决心，刻苦钻研，循序渐进，坚持不懈，总是可以打开电子技术的大门的。

物质运动的各种现象，是科学发现的先导。电子的发现，也不例外。由于电子是客观存在的物质，每时每刻都在无尽无休地运动着，因而势必会有种种表现。在日常生活

中，人们的肉眼是看不到电子的，但是电子运动的现象却是可以看到的。所以，人们对电子运动现象的认识，远远早于对电子本身的认识。

大约在2500年前，有一位古希腊的自然哲学家，名叫泰勒斯。他发现一位毛纺工人用毛皮摩擦琥珀之后，琥珀能吸引羽毛、纱线、头发等一些又轻又小的东西。泰勒斯把琥珀和毛皮拿来亲自做试验，结果也是那样。他把这个重要的发现记载下来并称之为琥珀现象。在古希腊文里，琥珀一词读作“依列科特伦”（ELECTRON）。后来，希腊人把这种摩擦生电的电子活动，叫作“依列科特伦”现象。

泰勒斯的这一发现流传到欧洲，欧洲各国的学者们又试着用呢绒或丝绸摩擦玻璃棒、火漆、硫磺、水晶和胶木等，结果也发现这些物体经过摩擦后，能吸引碎纸片等轻微物体。这样一来，学者们就得出了一个结论：“物物相擦则生电”，并且沿用了希腊文的叫法，把这种现象称做“依列科特伦”，即今天的“电子”一词。直到现在，在英文、法文、俄文、德文、西班牙文里都把电子一词读作“依列科特伦”。由此可见，电子早在2500多年前就已得名。

我国东汉时期有一位学者，名叫王充，他也发现了同样的“琥珀”（电子）现象。他在他的名著“论衡”中记下了“顿牟掇芥”一段话。在古文里，“顿牟”指的是琥珀，“掇芥”则指的是能吸引轻微物体的现象。翻译成现代汉语，就是琥珀具有吸引微小物体的能力。

古代学者的发现告诉我们，人类在古代就已发现了电子活动的种种现象。但是限于当时的科学技术水平，人们对电子本身是怎样一回事，仍然是一无所知的。所以，古希腊人都认为，在琥珀中有神的意志和力量。其实，琥珀吸引轻微

物体，并不是什么神的意志和力量，而是琥珀的原子外层轨道中的一些电子，由于同毛皮摩擦受热而跑到毛皮的原子中去，使琥珀带电的一种现象。

从一场争论谈起

那么，究竟什么是电子呢？为了说明这个问题，还得从对物质微观结构的认识上讲起。

人们对于物质的微观结构的看法，自古以来就有两个学派，一直争论不休。一派学者认为，物质细分到组成它的基本单元时，就不能再细分下去了；另一派学者则认为，物质的微观世界同宏观世界一样，一个是无限大，一个是无限小，可以不断地细分下去。这个学术争论最早起源于我国，发生在2000多年前的春秋战国时期。那时候，我国的学术已很发达，三教九流，诸子百家，学派林立。这种百家争鸣的局面，大大地促进了我国古代科学技术的发展。

有一次，宋国的学者庄子去访问鲁国的学者墨子。庄子手里拿着一根1尺长的木棒对墨子说，这根木棒我今天把它砍去一半，明天把剩下的一半再砍去一半，照这样办法每天不停地砍下去，即使砍上30万年，也砍不完，这说明物质是可以永远不断地细分下去。墨子则反对庄子的这种看法。墨子却认为，凡事都有一个限度，物质也是一样，不可能无限制地细分下去，当分到构成物质的最小颗粒“端”的时候，就不能再分下去了。

在庄子和墨子争论后相当长的时间里，科学家们通过各种科学实验，对物质一而再、再而三地细分下去。当细分到原子这一物质运动层时，他们说这是小到不能再小了，到了

顶端了。有些人则断定，原子是组成世界上千变万化的各种物质的基本砖块，是不可再分的物质的基本单元。

原子这个名词也来源于古希腊文，读作“阿托木”（ATOM），其原意就是永远不变、不可再分的原始单位。

可是，到了本世纪初，科学家们通过实验又意外地发现，原子也是可分的，它是由原子核及围绕原子核运动的电子所组成的。1932年，英国的物理学家发现了中子，弄清楚了原子核是由质子和中子构成的，证实了原子核也是可分的。这时候，许多主张物质有“端”的西方科学家们又断言，电子、质子、中子等粒子是组成物质的基本单元，并名之曰“基本粒子”。其实，“基本粒子”也并不基本，所以要给它加上引号。这是因为最新的科学实验又证明，电子等“基本粒子”还可以继续分成更微小的颗粒——层子（国外叫“夸克”）。

可以肯定，在不久的将来，随着科学技术的高度发展，人们将会发现，就是层子这个物质运动层也可以继续再细分下去。事实正如无产阶级革命的导师列宁所预言的那样：

“电子和原子一样，也是不可穷尽的；自然界是无限的，而且它无限地存在着。”所以我们说，在这场争论中，还是庄子说得对。

在为2000多年前的一场学术争论评定是非的过程中，我们自然而然地了解到：电子是原子世界里的居民，是构成物质的“基本粒子”之一，它存在于一切物质之中。

“金粟世界”

在佛经里有一个故事，讲的是一粒粟米所包含的就是一

个神奇的大千世界，那里光怪陆离，气象万千，真可谓“金粟世界”。根据佛家的幻想，一粒粟米要算是很小的了，可是同一个原子相比，却成了庞然大物。小小的原子，1亿个排成单行队伍，也不过只有一厘米长。原子虽然是个小不点，但在它的内部却有着一个奇妙的世界。那么，奇妙的原子世界是个什么样子，电子、中子、质子又是怎样分布和运动的呢？

自1803年英国的著名化学家约翰·道尔顿提出原子论，用实验的方法证明物质是由原子组成后，物理学家们曾经对原子内部的结构作出过种种猜测。有的说原子内部是一团烟雾，有的说是空虚无物的空间，还有的说是由正电荷和负电荷组成的中性体。议论纷纷，其说不一。

世界上第一个揭开原子内部之谜的荣誉应属于著名的英国物理学家汤姆生。1897年，他在研究气体放电时发现，在电火花中原子经常发射出一些微小的带电粒子，它的半径还不到千万亿分之一厘米。这些带电粒子都一模一样，而且带的都是负电荷。于是，他便把这种粒子定名为“依列科特伦”（电子）。通过实验，汤姆生确定原子内部肯定存在有电子，并计算出电子的质量是 9.11×10^{-28} 克，约为化学元素家族中最轻的氢原子质量的一千八百四十分之一。在此基础上，这位物理学家提出了一种假说。他猜想，原子就象一个充满正电荷的西瓜，里面有一大群电子在流动。带负电的电子的电荷总数与正电荷数相等，所以原子在总体上不呈现电性（图1）。

从汤姆生当时所绘制的原子构造模型中可以看出，正电荷象西瓜的瓜瓤一样，散布在整个原子中，而带负电荷的电子则象西瓜中的瓜子那样，一粒一粒地分布在原子的不同位

置上。其实，汤姆生关于正电荷均匀分布在原子中的设想是不符合实际的。但是，由于他在电学理论方面所做的贡献，当时的大多数物理学家都迷信于他的权威，接受了他的这个猜想。

青出于蓝而胜于蓝，事物的发展总是后来居上。汤姆生提出的跟西瓜很相似的原子模型没有盛行多久，就被他的学生——新西兰的物理学家卢瑟福所提出的原子行星模型所代替。

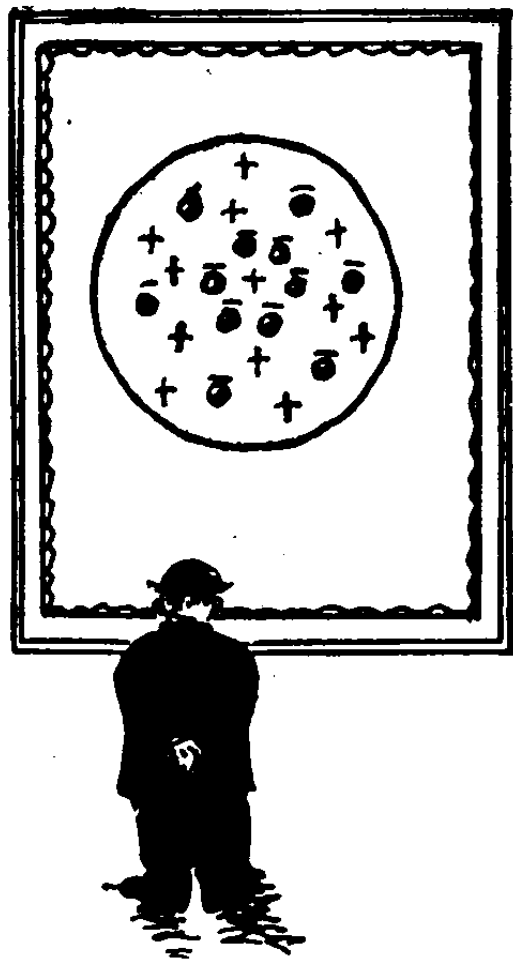


图1 汤姆生的原子构造模型

1909年，卢瑟福做了一次有名的试验。他用镭发射源作大炮，发射一种快速高能的阿尔法（ α ）粒子炮弹，向神秘的原子堡垒——一块很薄的金属片发动了攻击。

按照卢瑟福的事先设想，假如原子象他的老师汤姆生所提出的模型那样，阿尔法粒子炮弹肯定会全部穿透金属原子，打在金属片后的荧光屏上。可是，轰击的结果却出乎所料，许多阿尔法粒子炮弹都被弹了回来，而且是被反射到不同的方向上。这一试验结果证明，汤姆生对原子内正电荷体均匀分布的猜想与实际不符，在原子内部肯定会有一个带正电的体积非常小、而质量却非常大的核子存在，否则是不能把阿尔法粒子反射回来的。这个核就是原子核，它的直径只有原子直径的万分之一，可是重量却占整个原子重量的

99.97%。

卢瑟福细心地测量了不同方向上被弹回来的阿尔法粒子的数目，经过反复的试验和精心的计算，终于在1911年提出了比较切合实际的原子结构模型。这就是著名的原子行星模型，它是近代原子结构的基本观点。

按照卢瑟福的原子行星模型，在原子的中心有一个小而重的带正电的核，在距核很远的地方，有一些带负电的电子绕核旋转。这种结构与太阳系很相似（图2），原子中的原子核好比是太阳，电子好比是围绕太阳运行的行星。电子一

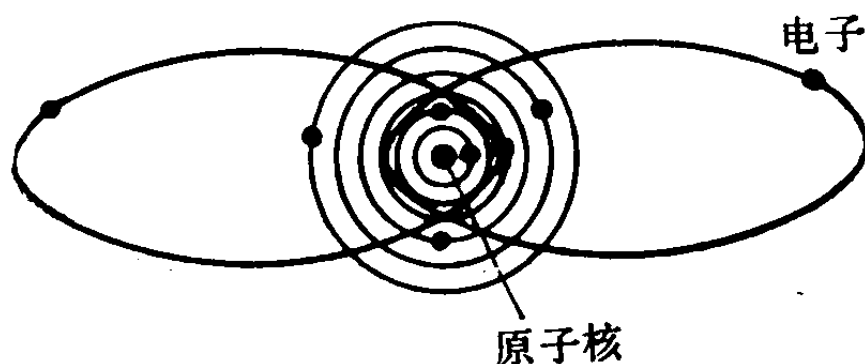


图2 原子结构同太阳系比较图

面自旋，一面绕核公转，就象行星绕太阳那样运行。电子和原子核之间相当空旷，也如同行星和太阳之间有广阔的空间一样。非常有趣的是，近代的许多物理试验证明，微观的原子同宏观的太阳系的确有许多相似之处。比如：原子核占整个原子质量的99.97%，太阳则占整个太阳系质量的99.87%；电子间的距离与电子直径之比也是接近1000倍；原子核与电子之间的电吸引力与两者距离的平方成反比，太阳与行星间的万有引力也是与其两者距离的平方成反比。滴水之微，可见大海。随着科学技术的发展，人类将会进一步发现，微观的原子世界正是宏观宇宙的缩影。

自由和被俘的后果

在卢瑟福提出原子行星模型以后，卢瑟福的学生莫塞莱又通过反复试验和分析研究，确定了每种原子的电子数和原子核的电荷数，进一步证实了他的老师卢瑟福所创立的原子结构理论。

近代物理学告诉我们，各种原子在受到贝塔（ β ）射线轰击时都会发出 x （爱克斯）射线。不同种类的原子，发出的 x 射线的波长也不同。这种 x 射线叫原子的特征 x 谱线。莫塞莱就是通过对各种原子的特征 x 谱线的研究，发现决定原子在化学元素周期表中的排列次序的，并不是它们的原子量，而是它们的原子核所带的正电荷数。由于整个原子对外不显电性，原子核的正电荷数必然同电子的负电荷数相等。这样一来，只要我们知道一种原子的核外电子数，就可以推算出原子核中的质子数和电荷数。比如，氢原子核外有1个电子，那么它的原子核中就一定有1个质子和1个正电荷单位；硫原子核外有16个电子，那么它的原子核中就一定有16个质子和16个正电荷单位；铀的原子核外有92个电子，那么它的原子核中就一定有92个质子和92个正电荷单位。这里所说的电荷单位，就是指一个电子所带的最小的恒定电量，我们称它为基本电荷，大约等于 1.6×10^{-19} 库伦，一切带电体的电量都是它的整数倍。

我们知道，目前世界上已经发现的物质多达600多万种。追根求源，这600多万种物质，不论是有生命的还是无生命的，都是由迄今已发现的106种元素中的某些原子所组成的。从现代的化学元素周期表上可以看出，106种元素之间

的差别，主要是所含电子数目的不同，原子序列中的每种原子都比它前面的原子多出1个电子。由此可见，各种原子中的电子数目是彼此不同的，最少的是1个，最多的则有106个。

人们不禁要问，这许多电子在原子中是怎样分布，它们又是怎样围绕原子核旋转呢？根据光谱分析，电子象行星围绕太阳那样，一面绕着原子核旋转，一面又象陀螺那样自转。电子的运行轨道是固定的，有的呈圆形，有的是椭圆形，就象洋葱头那样一层一层地排列着。如果说洋葱头的葱心是原子核，那么在葱心以外的那些层就是电子的轨道。电子可以由一个轨道跳到另一个轨道上，但是不能停留在两个轨道之间。各层电子轨道上的电子数目都是固定不变的：在离原子核最近的第一层轨道上，只能容纳2个电子；在第二层轨道上可容纳8个电子；在第三层轨道上可容纳18个电子……但是，在离原子核最远的那一层最外层电子轨道上，则只能容纳8个电子。各种原子中的电子都是从靠近核的第一层开始填充，填满一层，再填下一层。例如，氢原子只有1个电子，在第一层轨道上；氦原子有2个电子，正好填满第一层轨道；铝原子有13个电子，它的前10个电子占满第一、二层后，剩下的3个电子则只好放在最外层；氩原子比较典型，它的18个电子把第一、二层占满后，剩下的8个电子恰好填满最外层的8个空位子。

科学实验证明，各种原子的化学性质都取决于它们的电子分布情况，特别是外层电子的分布情况。根据外层电子的分布情况，原子大体上可分作三类。

一类是原子最外层轨道上的电子数在4个以下。在这类原子中，由于外层轨道上的电子数目少，离核较远，联系不紧密，受力后很容易脱离轨道，变成自由电子，跳到另一种

原子的轨道上。比如钠原子的外层只有1个电子，遇到外层电子只有7个而不足8个的氯原子时，就要跳到氯原子外层的轨道上，把那个空位填满。在这种电子转移中，钠原子失去1个电子就要带正电，氯原子俘获了1个外来电子则要带负电。这两个带电原子在静电引力的作用下，结合在一起，就形成了氯化钠分子。

另一类原子的外层电子不足8个，却在4个以上。这类原子往往要“绑架”其他种原子中的自由电子，来填满它外层电子轨道上的空位置。如在氧原子的最外层轨道上有6个电子，要凑成8个还缺少2个电子，它就得“绑架”2个氢原子，于是便凑成一个水分子（ H_2O ）。

第三类原子的外层电子正好是8个，是典型的稳定结构。这类原子既不送出自由电子，也不纳进自由电子，那些不愿同别种原子发生关系的惰性原子氦、氖、氩、氪等，都属于这一类。

上面所说的电子转移情况，我们在日常生活中是看不到的。但是，我们却可以看到两个物体在一起摩擦时，电子从一个物体转移到另一个物体上的现象。假如你用一块丝绸摩擦一根玻璃棒，玻璃棒上的电子因受热而变成自由电子，转移到丝绸上。这时玻璃棒则由于失去电子而带正电荷，于是可以看到玻璃棒吸起纸片的情形。如果用那根玻璃棒靠近经过丝绸摩擦的、悬挂起来的另一根玻璃棒，便可看到它们互相排斥，其原因就是它们都带有同一性质的正电荷。从这里可以学到电子学上的一个基本原理：同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。同时，由此可以证明，古希腊泰勒斯和我国古代学者王充所发现的琥珀吸物现象，正是电子转移的结果。

孪生兄弟—电和磁

在原子的内部，电子绕原子核运动时，不仅形成微小的环形电流，而且还产生磁力。所以说，电和磁是一对孪生兄弟。但是，千百年来，人们一直都把电和磁看作是互不相干的两种现象，直到十九世纪二十年代才发现他们之间有着亲密的兄弟关系。

人类对磁现象的认识已有几千年的历史。传说早在几千年前，在地中海的一个小岛上住着一个名叫马格尼兹的牧羊人，他牧羊时使用的是一根包有铁尖的牧羊杖。有一天，他惊奇地发现，有一块黑石头附在牧羊杖的铁尖上。原来，那黑石头就是我们现在所说的“磁石”。从那以后，人们便用这个牧羊人的名字给具有吸铁性质的天然磁石命名，称其为“马格尼兹”（MAGNET）。

我国古代人民在公元前三世纪的战国时期，也注意到磁石吸铁的现象，还发现磁石具有指南指北的特性。于是，便利用磁石的这种特性造出了有名的中国磁车，叫做“司南”。车上装有一个可以转动的人像，人像的手臂永远指向南方。我国古代学者对电现象也有过相当的研究，古书上就有过“阴阳相激为电”的记载。早在美国大发明家富兰克林发明避雷针以前，我国人民就已开始采用与地连通的金属棒来保护建筑物，使其免受雷击了。

尽管中外学者曾对磁现象和电现象都做过长期的研究，但却未能解开磁与电的亲缘关系这个谜。

直到1822年，丹麦的实验物理学家汉斯·克理斯琴·奥斯特才解开了电和磁的关系之谜。当时，奥斯特把伏打电池两

端连接的一根导线平放并与磁针平行，他惊奇地发现磁针发生了偏转。同时，他还发现，当导线中的伏打电流中止时，磁针又回到原来的位置上。这一现象说明，电流通过导线时，其周围就会产生磁场。后来，电机工程师就是根据电流可以产生磁场这一原理，把导线绕成线圈，制成了电磁体。在制造发电机、电动机、电磁起重机、电铃、电话和电报机时，都少不了这种电磁体。电流使磁针发生偏转，在现在看来这是十分简单的事情，但当初为了寻找这个电与磁的关系，奥斯特竟花费了30年的时间。

在奥斯特发现电流能够产生磁场以后，英国物理学家米哈伊尔·法拉第又在1831年发现：磁的变化也能够引起电流，即电磁感应现象。在科学的道路上常常会遇到“山重水复疑无路”的困难局面，但是只要能锲而不舍，坚持到底，就能迎来“柳暗花明又一村”的顺利局面。法拉第就是这样做的。法拉第出身贫苦，从小没进过学校，但他刻苦自学，坚持科学实验，终于成为当时最卓越的科学家之一。他为了找到由磁产生电的捷径，整整花了11年的时间，经受了无数次的失败。但是他一直不灰心丧气，始终坚持实验，最后终于在一次实验中发现：把磁铁棒插入线圈或从线圈中拔出时，线圈内便感生电流；磁铁棒在线圈中移动速度越快，电流越强，而移动停止时电流则随之消失。法拉第发现的这一电磁感应规律，为现代电工学的发展奠定了基础。我们所熟知的发电机，就是根据这个基本原理制成的（见图3）。

奥斯特和法拉第的实验结果，引起了后来的物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦的极大兴趣。他在总结前人对各种电磁现象研究成果的基础上，用数学语言表示出电场和磁场的关系，建立了电磁场的基本方程，并创立了电磁理论。他