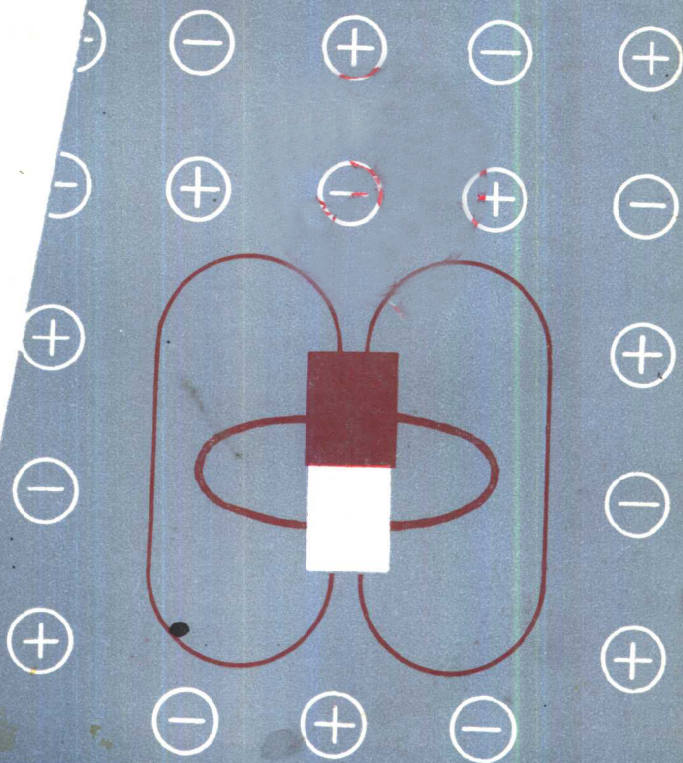




磁生电的故事



FRANKFURT XIAOJUNSHU

自然科学小丛书

北京出版社

自然科学小丛书

磁生电的故事

童寿康 束炳如

编辑说明

《自然科学小丛书》是综合性科学普及读物，包括数学、物理、化学、天文、地学、生物、航空和无线电电子等学科。主要介绍这些学科的基础知识，以及现代科学技术成就。编写上力求深入浅出，通俗易懂，使它具有思想性、知识性和趣味性，可以作为中学的课外辅导读物，并适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

自然科学小丛书

磁生电的故事

童寿康 束炳如

★

北京出版社出版

(北京北三环中路6号)

新华书店北京发行所发行

广益印刷厂印刷

★

787×1092毫米 32开本

3.375印张 52,000字

1987年8月第1版

1987年8月第1次印刷

书号：13071·162

定价：0.60元

《自然科学小丛书》

编辑者：北京市科学技术协会

主 编：茅以升

副主编：高士其 徐剑平 鲁 刚

编 委：秦元勋 沈克琦 王 璉

李鉴澄 袁见齐 汪振儒

谢 础 吴佑寿 陈正仁

褚圣麟

责任编辑：曹 超

封面题字：马光兆

封面设计：魏 佳

ISBN7 - 200 - 00034 - 5 / 0 · 3

书号：13071·162 定价：0.60元

目 录

一	历史的回顾.....	(2)
	奥斯特的发现 (3) 安培的成功与失败 (5)	
	科拉顿“跑”失良机 (8) 法拉第的成功(11)	
	伟大寓于平凡 (15)	
二	规律的描述.....	(18)
	同一问题的两种描述 (18) 右手的记忆作用(26)	
	楞次的贡献 (31) 用有形的运动来计算 (34)	
	无形的变化更能解决问题 (39) 用电子论来解释 (40)	
三	发电的方法.....	(45)
	新生的“婴儿” (45) 门罗公园的奇才 (47)	
	发电有方 (49) 时来时往与忽强忽弱 (51) 来而不往 (57) 向新的发电领域迈进 (61)	
四	电的变换.....	(65)
	各有所需 (65) 电压的改变 (66) 远距离输电用高压好 (73) 能者多劳 (77)	
五	自感及其他.....	(81)

自己影响自己 (81) 自觉的守卫者 (83) 电流
的漩涡 (86) 制动和驱动 (88)

六 麦克斯韦的卓越贡献..... (91)

从法拉第到麦克斯韦 (91) 变化的磁场产生电
场 (94) 变化的电场产生磁场 (96) 架设在光
和电磁间的桥梁 (98)

七 结束语..... (102)

今天“电”对于我们实在是太重要、太熟悉了。电灯、电话、电视机、电子计算机……都离不开电。可以说，在现代社会的生产、生活和科学研究的各个领域里，几乎到处都离不开电。

你一定知道，电是从电厂里的发电机发送出来的。发电机是什么样子？电动机你曾看见过吧！发电机的外貌和电动机差不太多。外面是一个机壳，里面有一个可以旋转的转子。当发电机的转子快速转动时，就能发出电来。为什么发电机的转子转动就能发出电来呢？发电机是谁发明的？它是怎样问世的？世界上第一台发电机又是什么样子呢？

为了弄清这些问题，让我们沿着前人的足迹作一次考察吧！

一 历史的回顾

人类对“电”的认识，可以追溯到遥远的古代。古希腊人已经知道摩擦过的琥珀能吸引微小的草屑和毛发等；我国古籍中也有“琥珀拾芥”的记载。之后很长时间没有什么大的进展。直至十七世纪初，英国女王伊丽莎白的御医吉尔伯特发现，除了琥珀以外，象玻璃、硫磺等东西，跟丝绸摩擦，也能吸引轻而小的物体。他把这种现象叫做“电”。在英文中，“电”这个词就是吉尔伯特借用了希腊文里的“琥珀”而产生的。

吉尔伯特还把电现象和磁现象加以比较，指出了这两种现象的区别。例如，他指出：磁是磁体本身具有的一种性质，它只对铁类物质产生力的作用；而电则需要通过摩擦才能得到，并且可以吸引任何轻小的物体。他仔细地对比了电现象和磁现象后断言，电和磁是两种截然不同的现象，它们之间没有什么关系。此后，许多科学家都认为电和磁没有什么关系。

电和磁之间到底有没有联系呢？

奥斯特的发现

尽管吉尔伯特断言电和磁是没有什么联系的，后来甚至还有一些著名的科学家，例如，一生热心于研究电现象和磁现象的库仑也曾证明过电和磁不可能有什么联系。但是，电和磁是不是有联系这个问题却一直是某些科学家们探索的课题。然而，由于那时人们缺少获得大量电荷的手段，靠摩擦或起电机获得的电荷实在太少，因而在放电过程中所形成的电流太短暂、太微弱，很难使人从容而有效地研究电流所引起的种种效应，这就很难发现电与磁之间的内在联系。在这方面，我们现在初中学生所知道的知识，要比那时的大科学家掌握的知识高深得多。

直到1800年，意大利的伏打发明了电池，提供了获得持续电流的手段，于是，研究电流的新人和他们的新发现现象雨后春笋似地涌现出来，科学杂志上不断地刊登新奇的消息，研究电流的热潮一浪高过一浪。

但是，科学研究毕竟是艰巨的事，自然界的奥秘并不是一朝一夕就能揭开的，就在这兴奋与激动之中，时光也在悄悄地流逝。一晃就是二十年。

1820年，在欧洲北部的丹麦，有一个人在探索着

电流的奥秘，他就是奥斯特。丹麦在波罗的海与北海之间，丹麦的首都哥本哈根，是海上交通要道，又是全国最大的商港，处于这样的地位，当然消息灵通，各国科学上的发现与动向，很快就能传到哥本哈根。正在哥本哈根大学讲学的奥斯特，当然也就能较快地知道这些情报。

奥斯特在长期的学习和研究工作中，形成了这样一个思想，自然界的各种现象是相互联系的。对于电与磁，他认为磁可能是电的一种潜在形式。为了找到证据，奥斯特在课堂上做了一个实验：让电流通过一根导线，并把这根导线放在磁针之上而与磁针垂直，结果磁针未受丝毫影响，实验失败了。课后，奥斯特来到实验室，重做这个实验。他把一条直的导线南北向放置在水平位置上，下面放一磁针，磁针与导线相隔四分之一英寸。当这根导线接上电源通过电流的时候，磁针马上离开原来静止的方向，并偏转到另一个位置上，如图 1

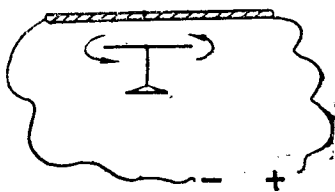


图 1

所示。为了弄清磁针的偏转与电流的关系，奥斯特先后做了六十多个实验，甚至在载流导线跟磁针之间用玻

璃等非磁性的物质隔开来做实验。实验结果发现,电流总是使磁针偏转,并转向与导线垂直的方向。

消息传开,不少人重复了奥斯特的实验,并得到同样的结果。以前人们只知道磁铁可以使磁针偏转,那是因为磁铁具有磁性;奥斯特的实验使人们确信:电流也能使磁针偏转,也具有磁性,这就是说,电能产生磁。

从前,电和磁是互不相关的两种现象,现在发现了电能产生磁,看来,电和磁之间是有联系的。人们自然要想到:“磁能不能产生电呢?”不少科学家提出了这个激动人心的问题。

安培的成功与失败



安培

安培比奥斯特大两岁,当他得知奥斯特的实验以后,立刻意识到实验结果的重要性。他不但重复了奥斯特的实验,还发展了奥斯特的实验。他将两根直导线平行地挂起来,然后同时通以电流,他发现,当这两根平行的直导线中通过的电流方向相同的时候,这两根导线就互相吸引;如果通过的电流的方向相反,这两根导线就互相排斥(如图2)。他再换用两

个通电的活动线圈来做实验，也观察到相同的结果。于是他得出结论：电流不但对磁针产生磁力的作用，电流对电流也产生磁力的作用。

电流产生的磁力大小跟哪些因素有关系呢？安培通过实验来研究，同时又用数学来证明这个问题。最后，他得出结论：就每一小段电流而言，它在离开它距离为 r 远的地方所产生的磁力，跟 r 的平方成反比，这就是著名的安培定律。安培定律中的磁力跟距离的关系，和人们已经知道的库仑定律，也就是两个点电荷之间的电力跟这两个电荷之间距离的平方成反比，是何等相似呀！

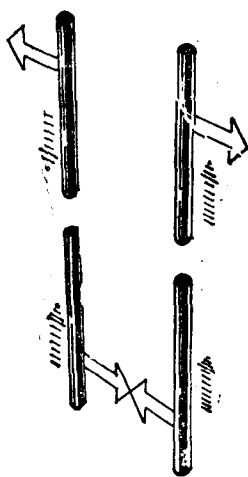


图 2

值得指出的是：安培在获悉奥斯特的发现之后，就集中力量研究电流之间的相互作用，并在不到三个月的时间内，就得到了以他的名字命名的安培定律，这是安培的一大成就。

奥斯特的发现和安培的成就，当然更促使人们去进一步探索电与磁之间的关系，去研究磁能不能产生

电的问题。

安培也想到这个问题,他设想用强电流通过线圈,从而在线圈附近产生磁力,然后再利用这个磁力来产生电。在1821年,四十六岁的安培就按这个想法在法国的巴黎做了实验。他用导线在一个绝缘的圆筒上绕上很多匝,做成一个线圈。线圈绕上很多匝的目的,是想在通以电流的时候,线圈产生的磁力强一些。他又用铜导线做了一个小线圈,这个小线圈的大小做得使它在大线圈里刚好能自由转动,再用一根细的悬丝把这个小线圈吊起来,并使大小线圈的平面互相平行(如图3)。

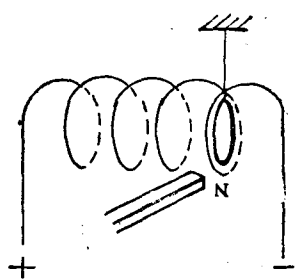


图 3

他想,当大线圈中通过强电流的时候,这个强电流的磁就能在小线圈中产生电流,当然,在小线圈中产生的电流可能很弱。为了检验这个弱电流的存在,他想用一块磁铁靠近小线圈,使它

发生偏转。因为有电流的小线圈相当于一个磁体,将与磁铁相互作用。

一切准备好以后,实验开始了,他先将大线圈接上电源,然后拿一块磁铁靠近小线圈,结果使他失望,

小线圈并没有发生偏转。他认为，这是因为磁铁不大（当然磁性也弱）、小线圈中电流不够强，也就是实验装置的灵敏度不够的缘故。

1822年，安培来到了瑞士的日内瓦。在日内瓦，有一块磁性强的大磁铁，他请当地的二十一岁的物理学家德拉里夫帮助，重做那个实验。事后他说，在大线圈中有强电流通过的时候，强磁铁似乎使小线圈偏转了；而当大线圈中没有电流的时候，小线圈又恢复到原来的位置。但是，他的这个说法并没有被世人接受，而他的研究兴趣，也转移到了另外的课题上，于是对于这一问题的研究，安培以失败告终。

科拉顿“跑”失良机

1825年的某一天，在静悄悄的实验室里，有一个人正忙碌着，他就是前面提到的日内瓦年轻的物理学家德拉里夫的助手，名叫科拉顿。科拉顿当时只有二十三岁，五光十色的物理世界吸引着这个年轻人的心，他也正站在“磁产生电”这幅美丽的、但暂时还被迷雾遮住的图画面前流连忘返。

科拉顿的实验是这样做的：他用导线绕成一个线圈，再用一只灵敏的电流计来检查线圈中是否有电流存在，如果线圈中有电流，跟线圈连在一起的灵敏电

流计的指针就会偏转。他不象安培那样，用通过强电流的大线圈来产生磁场，而是直接用一个磁铁来产生磁场。他想，当这个磁铁插进线圈的时候，可能会在线圈中产生电流。由于灵敏电流计的指针是很容易摆动的，为了避免磁铁对灵敏电流计的影响，他把灵敏电流计放到另外一个房间里，然后用导线将灵敏电流计跟隔壁房间里的线圈连接起来（如图4）。

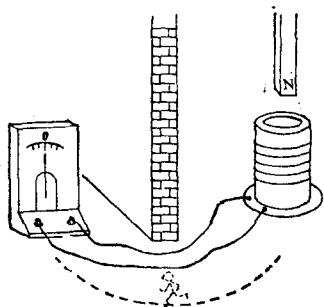


图 4

周围没有人，没有一点声响，科拉顿似乎听到自己心脏的跳动，他稳定一下自己的情绪，将一块磁铁插进了线圈，然后放下磁铁，让它留在线圈里，迅速奔向另一个房间。当他跑到灵敏电流计面前的时候，灵敏电流计的指针仍然停在零点位置，他没有看到他所期望的指针偏转的现象。

他回到放着磁铁和线圈的房间，把磁铁从线圈中抽了出来，又跑到灵敏电流计面前，还是没有看到电流计指针的偏转。

亲爱的读者，你做过这个实验吧？你也看过物理老师做过这个实验吧？所用的器材不是跟科拉顿用的

一样吗？也是一块磁铁、一个螺线管、一只灵敏电流计。你不是看到灵敏电流计的指针偏转了吗，为什么科拉顿看不到呢？原来，当科拉顿跑到电流计面前的时候，电流计的指针经过一次偏转以后，又转回到了原来的位置。

噢！在科拉顿从一个房间奔向另一个房间的过程中，指针偏转的现象早已经结束了。多可惜啊！他就这样跑来跑去，不仅辛苦，而更重要的是，失去了观察到指针偏转的良机。如果科拉顿有一个助手坐在灵敏电流计面前监视着电流计的指针；如果科拉顿不是将电流计放在另外的房间里，而是和线圈一样放在自己面前，那磁产生电的问题就可能提前六年得到答案。这样，发现电磁感应现象的荣誉将不属于法拉第，而是落在二十三岁的科拉顿头上了。

有位科学家曾说：倒霉的科拉顿，你在跑来跑去中失去了良机！

你也许会从心底里为科拉顿惋惜，他的失误使人类对电磁感应现象的认识推迟了六年。

但是，看了下面法拉第获得成功的经过，你会知道，安培的失败、科拉顿跑来跑去失去良机，并不是偶然的，而是与他们对这个问题的研究思想，以及他们采用的研究方法有关。

法拉第的成功

奥斯特发现的电生磁的现象（电流的磁效应）公布以后，引起了法拉第很大的兴趣。他反复地进行实验，仔细地分析了奥斯特和安培等人的研究成果，并且联系到磁铁可以使铁块感应带磁，静电可以使导体感应带电等事实，产生了这样一个想法：既然电流能够产生磁作用，那么反过来，磁也应当可以在导线中产生出电流来。在1822年的日记中，他写下了新的研究课题：

“把磁转变成电”。

起初，他的想法比较简单，他认为用强大的磁铁放在导线的近旁，导线中就会产生出稳定的电流；或者，在一根导线中通以强大的电流，那么，在与它靠近的另一根导线中也会产生出电流来。为此，他做了大量的实验，都没有得到预期的结果。失败并没有使他灰心，将磁转为电的想法，一直萦绕在他的心头，他甚至把一些实验器材放在口袋里，一有空他就拿出来进行实验。

试验、失败、再试验、再失败……历时十年，直至1831年8月29日，他终于取得了突破性的进展。下面是他在这天实验的部分记录。