

KE XUE WEN CONG

科学文丛

五彩缤纷的物理世界

——电与磁的世界

er

广州出版社

科学文丛

五彩缤纷的物理世界

——电与磁的世界

(15)

广州出版社出版

目 录

一、磁学的诞生	(1)
二、静电学的发展	(4)
起电机与“电气魔术”	(4)
电可以传导	(6)
莱顿瓶与“电震”现象	(9)
揭开雷电之谜	(11)
避雷针的故事	(15)
三、跨入动电时代	(20)
伽伐尼的“动物电”	(20)
伏打电堆的发明	(23)
电流的化学效应	(27)
电流的磁效应	(30)
法国的电磁学研究热潮	(35)

电磁转动	(39)
电流的热效应	(41)
四、电磁统一	(43)
让磁生电	(43)
螺丝管引起的困惑	(48)
发电机	(50)
光就是电磁波	(53)
检测电磁波	(57)
五、造福人类	(62)
电报	(62)
跨大洋通讯	(65)
电话	(68)
电灯	(73)
发明家爱迪生	(77)
无线电技术的发展	(80)
六、现代科技前沿	(84)
电子	(84)
X 射线	(88)
超导电性	(91)
磁存储	(97)
磁与生命	(101)
未来能源与磁	(106)

一、磁学的诞生

早在公元前数百年,人们就已经发现了磁石吸铁现象,我国古代四大发明之一的指南针最晚在 12 世纪初已用于航海,但对磁现象进行系统研究,使磁学成为一门科学的是 16 世纪末、17 世纪初的一位英国学者威廉·吉尔伯特(1544 ~ 1603)。吉尔伯特通过大量电学和磁学实验,获得了许多重要发现,提出了一些重要的观点和假说,奠定了磁学的基础。1600 年,吉尔伯特发表一部巨著《论磁》,总结了他的研究工作,这是英国诞生的第一部物理学著作,它标志着磁学的诞生,开始了电磁现象研究的新纪元。

吉尔伯特出生于英国一个比较富裕的家庭,14 岁进剑桥大学,两年后就获得了学士学位。后来,他又学习医学,25 岁获得博士学位。毕业后,吉尔伯特到欧洲大陆进行学术旅行,并在当时欧洲科学活动的中心意大利留学。在当时学术交流活动很不广泛的情况下,学术旅行是学者们广泛了解科学研究的新成果,进行学术交流探讨,并在他们之间建立友谊与经常持久联系的一种重要方式,16、17 世纪的学者中有许多人得益于这

种学术交流形式,取得了科学上的重大成果。后来,吉尔伯特定居伦敦行医,很快成为一名医术高超和有很高声望名誉的医生,不到 40 岁就被聘为皇家医学院的研究员。1600 年,56 岁的吉尔伯特被任命为英国皇家医学院的院长,并被聘为英国女王伊丽莎白一世的御医。也正是这一年,他 17 年科学研究成果的系统总结《论磁》发表了。

与前人对电磁现象的观察和认识比较,吉尔伯特的研究特点是用实验方法进行系统的研究,因此有很多新的发现。与经验观察不同,实验是一种有目的的,按预先设计好的方案对自然进行干预,并获得对自然认识的一种手段。实验中要用到各种仪器,要变革自然过程,要在人工产生和控制的条件下实现可重复的观察,以获得普通意义的科学认识。吉尔伯特有一个最著名的实验称为小地球实验。

吉尔伯特把一块大的天然磁石磨制成一个大磁石球,用小铁丝制成小磁针放在磁石球上面。结果发现这些小磁针的全部行为与指南针在地球上的行为完全一样。他用粉笔把小磁针排列的方向画成一条条线,画出了许多磁子午圈,与地球上的经度线很相像。这些子午线汇交于磁球上两个正好相对的点,吉尔伯特将这两个点称为磁极。小磁针在两极中间平行于球面,在两极处则垂直指向球面。当磁针在磁石表面移动时,它对表面的倾角随着它离两极的距离而变化。这使吉尔伯特想起磁针在地球上不同纬度时与地球表面的夹角不同的现象,导致他把地球想象为一个巨大的磁石,而将他实验中所用的磁

球称为“小地球”。

吉尔伯特指出,许多磁现象都与地球这个大磁石有关。他预言,地球北端的磁倾角一定比他所生活的伦敦的磁倾角大。在吉尔伯特逝世以后,1680年,吉尔伯特的这一预言被部分证实,探险家赫德森在美洲北极地区探险航行时发现,向北航行磁倾角增大,在北纬75度,磁针几乎取垂直位置,这说明地球的磁极和地理上的南北极不完全重合。吉尔伯特还提出一个普遍原理:每一个磁体的磁北极吸引别的磁体的磁南极,而排斥它们的磁北极。

吉尔伯特还发现了在两极装上铁帽的磁石,磁力大大加强,这是铁被磁化的结果。他还注意到铁的极化发生的极快,并且会达到饱和,他描写道:“它是立刻发生的,不需要任何时间间隔,也不像热进入铁那样是逐步的;当铁与磁石接触时,它就全部磁化了。”“磁石可以使没有完全失去磁性的磁体恢复磁性,并能使它们达到比以前更强的磁性;但对于那些按其本性已处于最理想磁性状态的磁体来说,再增大强度便不可能了。”他还发现了磁力的大小与磁石的大小成正比的关系,以及磁石的两极永远不可分的现象。

吉尔伯特系统地实验研究,将磁学知识与当时存在的各种猜测、幻想和迷信区别开来,提取出磁的现象和规律,他使磁学真正成为一门学科。这已有300余年,至今磁学既是一门古老的学科,也是一门与现代科学理论前沿和高新技术密切相关的科学,随着磁学研究工作的深入,应用领域在不断扩大。

二、静电学的发展

起电机与“电气魔术”

17 世纪的中后期,德国马德堡市有一位多才多艺的市长格里凯,他不仅热心政务,在城防设计及军事工程方面颇为专长,而且醉心于科学研究,做过许多著名的科学实验,在科学界也很有影响。格里凯很善于组织科学实验表演,其中最著名的是马德堡半球实验。用此证明了大气压力的强大:当把合起来的两个半球内的空气抽出去后,它们就会挤得这样紧,以致 16 匹马也可能分不开它们;而当空气进入半球中时,要分开它们是很容易的。1660 年左右,格里凯发明了起电机,并用它做了许多有趣的实验,获知了更为强烈和丰富多彩的电现象。新现象吸引了一大批学者,起电机迅速改进,使演示的实验给人以强烈的印象,普通大众也被吸引了。人们看到学者们用十分简单的仪器,就能产生惊人的现象,便把他们称为“电气魔术师”,有时为了观看电气魔术,公众挤进了教室,大学生们却被挤出了

座位。

格里凯开始进行电学研究时，感到要经常用手摩擦很费事，便设计制造了一台简易的摩擦起电机。他用一个婴儿头般大小的玻璃瓶，把研成粉末的硫磺倒入其中，用火加热，使硫磺全部熔化。等冷却下来之后，把玻璃瓶打碎，就得到一个硫磺球。沿硫磺球直径穿孔，插入铁轴，安装在座架上，使球能绕铁轴转动。他将干手掌放在硫磺球表面上，不断地转动硫磺球，硫磺球的表面与手掌摩擦而起电，获得大量电荷。这就是人类制造的第一个起电的机器。

格里凯首先发现了电的排斥现象。他把摩擦过的硫磺球从架子上取下来，手拿着它的轴，把羽毛吸引到它上面后，羽毛又被排斥离开了它。格里凯拿着硫磺球，在羽毛下面继续排斥羽毛，不让它落下来，使羽毛在空中漂浮。他描述道：“羽毛张开着，在某种程度上像活的一样。”他还发现，羽毛喜欢靠近任何物体的尖端，但是，如果在桌上放一支点着的蜡烛，把羽毛驱赶到离烛火上方约一掌宽的距离时，羽毛便会突然后退，并飞向硫磺球。这表明，格里凯已观察到物体的尖端对电的特殊作用，以及烛火使羽毛失去电的作用。

起电机在使用中被不断改进，硫磺球很快被玻璃球取代。脚踏代替了手摇，安装在弹簧上的皮革垫子代替了干手掌等等。改进后的起电机效力大大提高，能产生强烈的火花，可以点燃酒精，杀死小鸟。特别是能从人的手指上引出火花，引起了世人的惊奇。有人用巨大的飞轮架在木头支架上，带动大型

玻璃柱转动,通过皮带与玻璃柱的摩擦起电,然后设法将电荷转移到附近悬空的物体上,例如枪管、炮身之类的物体上。19世纪末,英国科学家维姆胡斯(1832 ~ 1903)创造出圆盘式静电感应起电机,它由两个玻璃圆板同轴反向转动,效率很高,很快取代了摩擦起电机。现在我们在静电演示实验中经常用这种静电感应起电机,不过结构上已有了改进,使用它可以连续得到大量电荷,因而获得较高的电压(数万伏)。

电吸引、电排斥、火花实验、电力杀伤小动物等等,这一系列魔术般的新现象广泛吸引了人们的注意。人们喜欢观看这种新奇现象,乐于亲身体验一下带电的滋味。在当时的欧洲,时兴表演电学实验,不仅在实验室、集会厅表演,而且还在街头表演;有些人竟以此为业,带着一些简单仪器,走城串镇,有的欧洲人还把这种表演搬到了美洲的街头。这大大促进了电学研究和电学知识的普及,我们熟悉的美国科学家富兰克林的电学研究,就与在街头上观看电气魔术有关。

电可以传导

真正发现电传导的是英国科学家格雷(1670 ~ 1736)。

格雷出生于一个手工艺家庭,受环境熏陶,他十分精于工艺制造。他曾进行过 10 余年的天文观测工作,以其细心而可靠的观测而著名。大约是 1707 年,剑桥大学准备建造一座新天文台,为了筹建工作,格雷被请到了剑桥。在这座世界著名学府,格雷有机会看到了电学实验表演,年近 40 岁的天文学家

一下子就被新奇的现象所吸引,仔细观察后,他也自己试着动手做起来。这以后,格雷一直致力于电学研究,由于实验的系统、深入,他取得了一系列重要发现,赢得了英国皇家学会的第一枚科普勒奖章。

1729年,格雷做摩擦起电实验,用的是长约一米,直径约3厘米的玻璃管,为了防止灰尘进入管内,管的两端都用软木塞堵住。有一种现象引起了格雷的注意:羽毛总是被木塞吸引,并且能一连吸引和排斥多次。格雷似乎觉得电力是从软木塞发出来的。格雷对此感到很惊奇,并得出结论,电力通过摩擦过的玻璃管传递给软木塞了。

格雷进一步提出的问题是:吸引效力能够传到多远?他随手找了一个10余厘米长的小木棍,把它的一端插入软木塞,棍的另一端有一个象牙球,当玻璃管受到摩擦时,象牙球就能吸引黄铜箔。为了增大距离,他用一条长金属线,后来又用一根很长的麻线代替木棍做试验,但是,开始实验进行得不顺利。因为线拉长了就需要在中间加一些支架或吊具,结果,电就在他没有注意到的这些地方漏得一干二净,还没有到达象牙球已荡然无存了。一位皇家学会的朋友惠勒建议他用丝线吊起通过电效力的水平线,进行实验,这次成功了。惠勒家有一条20余米长的走廊,实验就在这里进行,他们发现,电效力通过那条20余米的线并不比通过10余厘米的线困难。他们很高兴,接着把线绕几个来回以增加长度,最后达到近90米的长度。

再增加长度时,由于丝线经不起重量,断了。格雷换用比

丝线结实的金属丝作吊线,可是,不论他们怎样用力摩擦玻璃管,线端的小球,始终不吸引轻小物体。失败使他领悟到,以前的成功是由于用来支持传输线的那些线都是丝质的,而不是由于它们很细。他意识到电效力会从黄铜线上跑掉。后来,他们用多股丝线支持,使电力成功地传导了约 200 米。

在实验中,格雷还提出一个问题:电效力的传导是否与象牙球有关?于是他去掉象牙球,换上其它东西进行实验,发现砖头、石头、瓦片、粉笔、硬币及各种植物都有吸引力。根据朋友的建议,他使站在树脂板上的小孩带上了电。通过对实验的分析研究,格雷把物体分为“本质上带电的物体”和“非电性的物体”两类。本质上带电的物体是指可以用摩擦办法使它们带电的物体,这就是我们今天称为绝缘体的那一类物体;非电性物体则指不能用摩擦办法只能用与带电体接触的办法使它们带电的物体,即导体。

格雷还做过一些静电感应实验,其中有一个电“透过”玻璃的实验,曾经轰动一时。他在玻璃罩内的一个木台上安装一根羽毛,把带电体移近玻璃罩,并来回移动,结果罩内的羽毛也移动起来。

格雷孜孜不倦地从事电学研究,从未松懈,即使在他生命的最后一刻,他还在病榻上向他的学生和助手讲述他的电学思想。格雷虽是半路出家闯入电学领域,但是他善于思考,勤于动手,能抓住实验中的新现象,并不断提出新问题,将实验研究引向深入。电传导现象在格雷之前已有人看到,但没有人像格

雷这样追根求底地系统研究,当然也没有人取得像他那样丰富的成果。正是由于他的孜孜不倦的努力,他的研究工作涉及电学领域十分广泛的问题,他也提出了许多有创见的思想,他为电学成为独立学科奠定了实验基础。

莱顿瓶与“电震”现象

摩擦产生的电很容易在空气中逐渐消失,为了获得强的电效应,人们希望找到一种保存电的方法。怎样把看不见抓不到的电保存起来呢?这似乎是一个有点异想天开的问题。然而,提出问题正是科学创造过程的开始。本世纪的大科学家爱因斯坦说过:“提出一个问题往往比解决一个问题更重要,因为解决一个问题也许仅是一个数学上的或实验上的技能而已。而提出新的问题、新的可能性,从新的角度看旧的问题,却需要有创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步。”问题的答案在哪儿呢?物理学是一门实验科学,无疑要向实验要答案。人们注意到带电体与导体接触电会立即消失,有风和空气潮湿的情况下,电散失得也更快。因此有些人想到把电体放到密封的绝缘体内,也许可以把电保存起来。18世纪50年代,已经出现了一种不错的保存方法;先把酒精或水银注入一个细颈玻璃瓶内,再插入一根金属杆,使金属杆与酒精或水银接触,然后用摩擦起电机通过金属杆把电传进瓶内,充电以后把金属杆拿走,瓶内酒精或水银上的电可以长时间保留而不减损。初期,人们还不明白玻璃瓶保存电的原理。

1746年,荷兰莱顿大学的教授穆欣布罗克(1692~1762)也发现了类似的储电方法,他选择水作为保持剂,有一次在实验中受到了强烈的电击。他将这次实验的情况告诉了他的朋友——一位法国物理学家,他在信中说:“我希望告诉你一个新奇但可怕的实验,但我警告你无论如何也不要再重复这个实验。我在从事一项研究来决定电的强度。为此我用两条丝线吊起一根枪管,它接收从一个玻璃球传来的电。玻璃球由一个操纵者使它快速绕轴自转,而另一个人则用手掌压在它上面起电。在枪管的另一端吊一根黄铜线,其下端放入装了一些水的玻璃瓶内。这瓶子我用右手拿着。我的左手试图从枪管引出火花。突然间我的右手受到了一下打击,这电击是如此之猛烈,以致我的全身像受到雷击那样的震颤。瓶子尽管是玻璃的,但没有破,手也没有因震颤而移动,但手臂和身体则产生了一种我无法形容的可怕感觉。总之,我以为我命休矣。”接着穆欣布罗克说,瓶子的形状并不重要,10余厘米直径的白色玻璃瓶可能产生足够致死的电击。

虽然穆欣布罗克不愿再做这个实验,但他由此得出结论:把带电体放到玻璃瓶内可以把电保存下来。后来,人们就把这个蓄电的瓶子称作“莱顿瓶”。“电震”现象的发现,轰动一时,大大增加了人们对莱顿瓶的关注。穆欣布罗克的警告起到了相反的作用,人们在更大规模地重复进行着这种实验,有时这种实验简直成了一种娱乐游戏。有人用莱顿瓶作火花放电杀老鼠的表演,有人用它来点燃酒精和火药。其中法国科学家诺

莱(1700—1770)曾组织过一次规模壮观的表演。诺莱邀请了法国国王路易十五和皇室成员临场观看表演。国王的180个卫兵手拉手,让莱顿瓶通过他们放电,他们同时感受到电击,几乎同时跳了起来,在场的人无不为之目瞪口呆,国王大为惊喜。诺莱以令人信服的证据向人们演示了电的巨大威力。由于诺莱的宣传,莱顿瓶很快就在科学界传开了,在欧洲引起轰动,甚至影响到了美国。装备了莱顿瓶的电气魔术师们,表演了更为强烈的电现象。

后来,有人建议用锡箔或铅箔从内外两面把莱顿瓶包围起来,发现能够产生更强烈的电击,这样的莱顿瓶具有了现在我们在一般的物理实验室中所能见到的形式。今天我们知道莱顿瓶实质上是一个大电容器,瓶子内外的导体是电容器的两极。在莱顿瓶的使用中,从产生的电击的强弱,人们能够知道瓶子保存电的多少,很快人们就确定了,瓶子越薄,它能储存的电就越多;瓶子内外导体的面积越大储存的电也越多,这实际上是在实验中发现了电容器的规律。

莱顿瓶的发明,为科学界提供了一种储存电的有效方法,为进一步深入研究电现象提供了一种新的强有力手段。“电震”现象的发现更强烈地刺激了人们的好奇心,普及了电学知识,促进了电学研究。

揭开雷电之谜

电闪雷鸣是常见的自然现象,但是它所释放的巨大能量让

人感到神秘而可怕。自古以来,许多民族都有解释雷电起因的神话,有些甚至流传至今。18世纪,有些人认为雷电是“毒气爆炸”,更多的人相信是“上帝之火”。是上帝发怒的表现。自从人类发现摩擦起电产生的电火花以后,由于电火花与闪电有很多相似之处,便有人想到闪电和电火花是同一种现象,即闪电是一种大规模放电现象。1752年,美国杰出的科学家富兰克林(1706—1790)成功地将雷电引入实验室,并用实验证明雷电与摩擦产生的电是相同的,揭开了雷电之谜。富兰克林的实验轰动了全世界,他为人类摆脱对雷电的恐怖心理提供了科学认识,人们称赞他的天才和勇敢,称他为“抓住闪电的人”。

富兰克林是美国第一位伟大的科学家,也是一位成功的实业家、外交家和政治家,美国独立革命的领导人之一。富兰克林出身贫苦,只上过两年初等学校,10岁辍学,12岁到印刷所当学徒工。他勤奋自学,大量阅读,靠自学通晓了法语、意大利语、西班牙语和拉丁语,掌握了欧洲各国历史、哲学和文学方面的丰厚知识。后来,富兰克林在费城从事印刷事业,刊行历书,出版杂志,创办报纸,为政府印刷纸币,实业上获得了成功。但这并没有改变富兰克林读书的爱好,他组织读书俱乐部,并在费城创立了北美第一个公共图书馆。

1746年的一天,富兰克林走在街头上,他看到欧洲人在表演称作“电气魔术”的电学实验,感到极为新鲜,又惊又喜,看了很久。不久,他收到英国皇家学会的一位朋友寄来的一根玻璃管和作实验的说明书,他立即动手重复所看到的实验,另外还

加上了一些新实验。此时,富兰克林已年近 40,事业有成,是一位社会名人,十分繁忙,但他全心投入了电学研究。他说:“我以前在任何研究上,从未像现在这样全神贯注过。”以致几个月来,“没有余暇顾及其他任何事情。”不久,富兰克林就作出了成绩,他的电学研究持续近 10 年,有些方面的工作超过了欧洲的电学家。

在开始做电学实验不久,根据所观察到的现象,富兰克林就认为闪电和电火花是同一种东西,它是带电的云的大量放电造成的。他对闪电和电火花进行了详细比较,列出了它们的相同特点:“1. 发光;2. 光的颜色;3. 弯曲的方向;4. 迅速的运动;5. 能被金属传导;6. 爆发时的吼声和噪声;7. 在水或冰里存在;8. 使经过的物体破裂;9. 毁坏动物;10. 熔化金属;11. 使易燃物着火;12. 硫磺的气味。”由此我们看到富兰克林的观察十分仔细,然而这些相同点,只能说明两者相似,进一步还要证明它们是同一种东西。

1750 年,富兰克林提出可以用所谓“岗亭”实验来证明云层中的电和摩擦电的同一性。他所说的岗亭,是建在高塔或房屋尖顶上的方形木楼。他建议,岗亭要做得刚好能容纳一个操作者和一个绝缘支架那样大。固定在绝缘支架上的铁杆,从岗亭顶端穿出,笔直伸向天空,高出岗亭 10 米左右。操作者站在绝缘木板上,密切注视天空,当乌云掠过上空时,就手持绝缘环将一根接地导线拿近铁杆,使它的尖端对着铁杆,但留出点空隙。富兰克林断言,在导体和铁杆之间将有电火花出现。