

中外科学家发明家丛书

# 麦克斯韦



655

KS

中国国际广播出版社

李S3B-7

44.68  
MK

中外科学家发明家丛书

# 麦克斯韦

李大鹏 编著

## 目 录

- |                  |      |
|------------------|------|
| 一、勤奋好学的少年 .....  | (1)  |
| 二、负笈剑桥 .....     | (8)  |
| 三、土星光环 .....     | (14) |
| 四、踏入电磁学的大门 ..... | (21) |
| 五、力线理论的突破 .....  | (28) |
| 六、《电磁学通论》 .....  | (36) |
| 七、身后 .....       | (44) |

麦克斯韦是英国物理学家，是物理学上经典电磁理论的奠基人。

19世纪初提出的电磁理论，曾经导致了物理学界的一次革命。从奥斯特、安培发现电流的磁效应开始，到法拉弟对电磁学进行实验研究和完善，直至最终电磁学理论的建立，前后经历了半个世纪的历程。而最终用数理科学方法使电磁学理论体系建立起来的，就是物理学家麦克斯韦。

有人这样评价他为：“自牛顿以来最伟大的数学物理学家”，这可能有些夸大的成份，但是就麦克斯韦本人来说，应该赢得属于他的荣誉。在他生前，麦克斯韦本人的自负和谦虚使他并未享有他所应当享有的盛名，但是在今天，我们有必要去了解这个科学史上的伟人。因为不谈他的主要理论在今天科学世界的实际作用，就是他的其他的细小的理论成就也使我们今天的实际生活丰富和幸福，比如彩色电视和彩色照相。

所以，对于物理学家而言，麦克斯韦有权得到最高承认。

## 一、勤奋好学的少年

詹姆斯·克拉克·麦克斯韦 1831 年 11 月 13 日生于苏格兰古都爱丁堡，他是佩尼奎克的克拉克家族的后裔。麦克斯

韦的母亲也是大家族的女儿，很有教养，是主教派教会的会员。麦克斯韦的启蒙教育是由母亲承担的，母亲教他读书，启发他的好奇心。但不幸的是麦克斯韦八岁时母亲死于肺结核。这种病在今天是不难治愈的，但在100多年以前，因为没有特效药，得肺病的人就如被判死刑。40多年以后，麦克斯韦也同母亲一样，死于同一病因，同一年龄。

麦克斯韦的父亲约翰是一名不随流俗的机械设计师，他对麦克斯韦的影响非常大。他是长老会教友，但思路开阔，思想敏锐，讲求实际，特别能干。家里的事情，不分巨细，他都料理得很好。修缮房屋，打扫庭院，给孩子们制做玩具，乃至裁剪衣服，他样样都能胜任。

母亲的去世对于未成年的麦克斯韦是一个无比沉重的打击。在生活上，这个家庭的生计变得日益艰难，在心灵上，给小麦克斯韦蒙上了驱不散的阴影。他深爱自己的母亲，后来他谈到母亲时曾说：“虽然我同母亲只相处了8年，并且一切均有我的父亲做伴，但多年来我总有丧母之忧，因而羡慕那些有母亲的人，他们生活得多么美满和幸福。”

母亲去世后，性格渐渐变得孤僻、内向的麦克斯韦便与父亲相依为命。能干的父亲担负起了抚养、教育他的全付担子。小麦克斯韦童年的最大乐趣，就是形影不离地跟着父亲，好奇地问这问那，给父亲当一个小小的帮手。父亲的倔强性格，心

灵手巧以及做事的细致入微对麦克斯韦的影响非常深。

麦克斯韦 10 岁的时候，父亲把他送入了城里的爱丁堡公学就读。这所学校建于 1824 年，办学宗旨是按照英格兰的方法向苏格兰青年提供一种正统教育。因为在当时英格兰人看来，苏格兰人处于一种不文明不开化的状态之中，因而苏格兰式的教育方式不是正统的、正规的，所以真正称得上受过教育有教养的人要按照英格兰式的方法接受英格兰的教育。

公学的校长约翰·威廉斯牧师就是一个接受过正统英格兰牛津教育的威尔士人。他为人豁达、风趣、开朗，办学上有见地。他使爱丁堡公学迅速英格兰化并使之成为苏格兰的一流学校。但是这所学校的大多数教职员都是苏格兰人，所以苏格兰的传统教育方法也体现在这所公学的某些方面。这样，年幼的麦克斯韦就处于苏格兰教育思想和英格兰教育思想的交织和对峙状况之中，并在这种矛盾和融合下发展，这种状况在他毕生事业中一直存在并对他的气质有着深刻的影响。

如果说这种潜移默化的冲突是一种长期性的隐性行为，那么小麦克斯韦首先要面对的是更为世俗的冲突，那就是城市与乡村的冲突。

麦克斯韦生长于父亲的老家盖洛韦乡村，因此操着浓浓的盖洛韦乡音。他是在学期中插班来上课的，第一天上课，就受到了同学们的嘲笑。那是在老师点名叫他回答问题的时候，

麦克斯韦刚一开口，那浓重古怪的口音便引得同学们哄堂大笑。有一次因为他发音实在是太古怪了，连一位文绉绉的女教师都忍不住笑出了眼泪。因此老师们便很少再在课上向他提问，麦克斯韦也更趋于孤僻。

在服饰上，麦克斯韦也与众不同。在19世纪，英国人是十分讲究衣饰打扮的，女流以华贵为时髦，男子要戴高筒礼帽，穿着笔挺的衣服，衬衫的领子要做得硬梆梆的。而麦克斯韦那灵巧的父亲则认为这样的服饰一来不利于活动，二来洗起来也不方便，于是他自己动手设计、剪裁，按照苏格兰人简朴、实用的原则为儿子做了一套简便的紧身衣，可以不穿外套，也没有累赘的硬领。不仅如此，麦克斯韦的皮鞋也是父亲做的，也许是为了缝合时的方便，皮鞋头是方形的，鞋帮上用金属扣扣紧。

不料这些“奇装异服”使麦克斯韦成了同学们嘲笑和攻击的对象，城里孩子不仅讥笑他，排挤他，而且还撕破他的衣服，偷走他的腰带。他们还给他取了一个外号——“傻瓜”，这个外号在学生时代一直跟着他，实际上它的意思与其说是指愚蠢，更不如说是指古怪。

父亲见儿子如此受到侮辱，深感痛惜，决定不再让孩子穿自己设计的衣服。麦克斯韦尽管眼泪汪汪，但是却倔强地坚持要穿到底，因为他信任自己的父亲，认为他的设计是无可非议

的，为此他决不向暴力屈服。

麦克斯韦依然穿着那样的服装进出课堂，为了捍卫自己的尊严，他转向那些欺侮人的家伙，并且不停地挥舞拳头，打得他们不敢吱声。

城里的孩子发现这农村学生并不是可以随意欺侮的，于是开始有意地孤立他。麦克斯韦因此也很少与大家来往，课下，他总爱独自坐在树下读读诗歌，画一些只有自己才看得懂的图画，或者一个人躲在教室的角落里，专心致致地演算父亲给他出的数学题。在班里，面对同学的冷嘲热讽，他沉默着，但却从没低下头，当忍无可忍的时候，他就用尖刻的话语来回击。整个爱丁堡公学只有两个人与麦克斯韦要好——坎贝尔和泰特，他们也是在班里受欺侮的，三人同命相怜。这两个人后来也和麦克斯韦一样有作为，坎贝尔成了古典文学学者，泰特成了数学和物理学家（自然哲学家）。

麦克斯韦最初在爱丁堡公学时就是这样，尝尽了冷眼和孤独，但是天才的光芒是永远不会被埋没的。到了中年级的時候，奇迹出现了。在一次学校举行的数学和诗歌比赛中，麦克斯韦脱颖而出，一举夺得了两个项目的最高奖。结果一经公布，不仅让全班同学目瞪口呆，就连老师们也大感意外，他们这才意识到，班里这个独来独往的“傻瓜”原来有着如此的才华。

这次比赛改变了麦克斯韦在班上的地位，优秀的学生总是受人崇敬的。于是再也没有人取笑他的口音和衣服，同学们开始敬重他，有了疑难问题也都向他请教。麦克斯韦成了全校的尖子生，获得了许多奖励。

麦克斯韦的光彩，看起来象是突然迸发出来的，实际上这与他的勤奋刻苦是分不开的。他对数学和物理有着浓厚的兴趣，特别是数学。在数学方面，他很早就表现出较好的天赋。一次父亲教幼小的麦克斯韦练习画静物写生，所画对象是插满金菊的花瓶。画完后父亲一看，满纸涂得都是几何图形：花瓶是梯形，菊花成了大大小小的一簇圆圈，叶子用一些奇怪的三角形表示。父亲见他对图形的把握性很强，又有空间立体感，于是便教他几何，后来又教他代数。麦克斯韦因此与数学结下了不解之缘，而且他的数学才华，很快突破了学校教授的范围。十四五岁的时候，他就自个儿发现了次多面体。他写了一篇论文，发表在《爱丁堡皇家学会学报》上，论文题目是讨论二次曲线的几何作图。这种曲线首先是被笛卡尔发现加以研究，并描述过绘制这种曲线的方法；但麦克斯韦这次所用的方法是崭新的。在那时，一个最高机构的学报刊登孩子的论文，是非常罕见的，麦克斯韦的父亲以此自豪。这篇论文的想法十分巧妙，而且显示出了麦克斯韦一生中治学的两个特色：严密性和对几何论证的偏爱，这正是苏格兰传统教育的体现。



这篇论文的最重要价值是使麦克斯韦进入到爱丁堡的学术界。他和父亲一起，出入于爱丁堡皇家学会的会议，也因此接触了更多的有识之士，增长了见识。

少年时代的麦克斯韦还酷爱诗歌，不仅爱读，而且擅写。他的诗自成一格，常常即兴而作，博得友人的喜爱。同学之间也常常传抄、朗诵。麦克斯韦从来没有想过当一名诗人，但他一生都没有放弃过写诗的爱好的。

在中学时候，麦克斯韦常爱玩两种玩具，一是提螺，它类似于中国的空竹，玩的时候用绳子提拉，一面飞速旋转，一面发出嗡嗡的声响。据说麦克斯韦毕生都爱玩这个，还教他的朋友们玩。二是一种叫活动画筒的玩具，他也极感兴趣。这种玩具大概类似于万花筒。麦克斯韦的这两种游乐兴趣，并不仅仅是出于娱乐，因为这两种看似简单的玩具中，包含着复杂的科学原理。而在以后，这些原理都被他应用到科学上。

1847年，麦克斯韦16岁，中学毕业，进入爱丁堡大学学习。这里是苏格兰的最高学府。他是班上年纪最小的学生，但考试成绩却总是名列前茅。他在这里专攻数学物理，并且显示出非凡的才华。他读书非常用功，但并非死读书，在学习之余他仍然写诗，不知满足地读课外书，积累了相当广泛的知识。

在爱丁堡大学，麦克斯韦获得了攀登科学高峰所必备的基础训练。其中两个人对他影响最深，一是物理学家和登山家

福布斯，一是逻辑学和形而上学教授哈密顿。福布斯是一个实验家，他培养了麦克斯韦对实验技术的浓厚兴趣，一个从事理论物理的人很难有这种兴趣。他强制麦克斯韦写作要条理清楚，并把自己对科学史的兴趣传给麦克斯韦。哈密顿教授则用广博的学识影响着他，并用出色的怪异的批评能力刺激麦克斯韦去研究基础问题。

在这些有真才实学的人的影响下，加上麦克斯韦个人的天才和努力，麦克斯韦的学识一天天进步，他用三年时间就完成了四年的学业，相形之下，爱丁堡大学这个摇篮已经不能满足麦克斯韦的求知欲。为了进一步深造，1850年，他征得了父亲的同意，离开爱丁堡，到人才济济的剑桥去求学。

## 二、负疚剑桥

剑桥大学创立于1209年，是历史悠久的大学，也是英国首屈一指的高等学府，它有着很好的科学传统。牛顿曾在这里工作过30多年，达尔文也毕业于此。麦克斯韦初到剑桥，年仅19岁，他这个青年对大千世界的一切都感到新鲜。他几乎每天都和父亲通信，谈论这时的所见所闻和自己的学习收获。

在剑桥，麦克斯韦依然保持着惯有的勤奋作风。他的学

习出类拔萃，第二年以优异的成绩考取了奖学金。按剑桥的规定，获得奖学金的学生在同一桌吃饭，麦克斯韦因而结识了一群有志有为的年轻人。他也渐渐克服了少年时代的羞怯，变得爱与人交往，因为这些有才华的年轻人毕竟情投意合，而且相互钦佩。

在这所学校中，有一群才华横溢使学校四壁生辉的自由古典派学者，他们组织了一个团体称为使徒俱乐部。这是一个科学团体，意为耶稣的 12 个门徒，人数以 12 人为限，实际上是一个有建设性的学会，只有有真才实学的学生才有资格参加。麦克斯韦的才华引起了这个团体的注意，他们吸收他为会员。

在剑桥，麦克斯韦专攻数学，读了大量的专著。此时，他的学习方法还很没有条理性、系统性，有时候为了钻研一个问题，他接连几周目不旁顾，而有的时候，他又不加选择，漫无边际地博览。课余时间，他常常和使徒社的朋友们聚在一起，探讨各式各样的问题。他们宣讲论文，进行辩论，提出批评，交流意见，有时也即兴作诗。朋友们十分欣赏麦克斯韦的诗才，但是与他谈话交流却非常困难，因为麦克斯韦说起话来和他读书一样，思维跳跃性非常大，常常如天马行空，自己心中明白，表达出来却前言不搭后语，往往一个论题没有讲完，又跳到另一个题目上。而且他的思路怪异，总爱提出一些让人摸不着头

脑的怪问题，比如什么“死甲虫为什么不导电？”，“活猫和活狗摩擦可不可以生电？”，让人无从回答。尽管同伴们与他交流起来困难，但是仍把麦克斯韦看做他们中间独一无二的人。麦克斯韦惊人的想象力，敏捷的思维，讥诮的诗句使他们折服了。

一块朴玉，要有名师的雕琢才能成为佳品，一个奇才，也需要名师点拨才能有所成就。在剑桥，麦克斯韦通过一次极为偶然的的机会遇到了一位好老师，那就是剑桥的教授、著名数学家霍普金斯。一天，霍普金斯因研究需要要借一深奥的数学专著，到图书馆一查，发现这本书已经被一位青年借走了。这本书一般学生是不可能读懂的。霍普金斯感到诧异，询问借书人的名字，管理员告诉他是“麦克斯韦”。他找到麦克斯韦，发现他正在埋头做摘抄，笔记上涂得五花八门，毫无头绪。霍普金斯觉得这个年轻人不一般，走上前去诙谐地说：“小伙子，如果没有秩序，你永远成不了数学物理学家。”就这样，麦克斯韦成了霍普金斯私人班级的第15个学生。

霍普金斯是个学识渊博的人，也是一名地球物理学家，人们称之为“造就数学学位考试一等生的工匠”。如果一个教师的水平通过他教出的学生水平来鉴定的话，霍普金斯毫无疑问地荣登榜首。在他门下，卓越的人才层出不穷：汤姆孙、斯托克斯、凯利、费勒斯、奈特、劳思……

麦克斯韦在导师的影响下，首先克服了原先那种杂乱无

章的学习方法。霍普金斯是个很严谨的人，他对麦克斯韦的每一个选题乃至每一步运算的要求都很严格。更重要的是，霍普金斯不是一个抽象派的数学家。在数学史上，数学家们大抵分为两派，一派以古希腊的毕达哥拉斯为创始人，认为世界的本源就是抽象的数，一切客观事物都是由数构成的；另一派则是17世纪的笛卡尔创立的，他认为数学是客观事物的定量反映，是人类用于了解客观事物的工具。这两种对立的派别影响到后来人们对数学的不同看法，一种把数学看作纯粹的符号，另一种则把数学当作手段。霍普金斯和他的学生，后边我们还要谈到的数学家托克斯都属于后者。在导师的指导下，麦克斯韦也受到这样的数学哲学的影响，很重视数学的作用，把数学当作解决问题的工具，这使得他一开始就把数学和物理结合起来，对于日后完成电磁学理论，无疑起到关键性作用。

在跟随霍普金斯学习的同时，麦克斯韦还参加了数学家斯托克斯的讲座学习。斯托克斯比他年长12岁，在数学和流体力学上有很高的造诣，曾经发现过函数极限的一致收敛性。麦克斯韦在这两个优秀的数学家指点下，进步非常快，他用了不到三年的时间就掌握了当时所有先进的数学方法，成为一名青年数学家。霍普金斯盛赞他说：“在我所教过的学生当中，毫无疑问，这是我所遇到的最杰出一个。”

1854年，23岁的麦克斯韦参加了数学学位考试。主持人

是斯托克斯，题目涉及曲面积分和线积分，非常难。事后大家才知道，这原来是斯托克斯刚刚发现的一个定理。这个定理后来对麦克斯韦从事的电学研究帮助很大。考试结果，麦克斯韦取得了甲等数学优等生的第二名。在剑桥的学习，给麦克斯韦打下了坚实的数学基础，为他以后从事物理学研究创造了条件。

毕业后麦克斯韦留在了剑桥的三一学院任研究员。在这段时间中，他研究的课题是光学上的色彩论。不久他读到了法拉第的《电学实验研究》，于是很快被书中新颖的实验和见解所吸引，对电学产生了浓厚的兴趣，并且发表了他的第一篇关于电磁学的论文——《法拉第的力线》，有关这篇论文我们后面将系统谈到。

正当麦克斯韦刚刚踏上科学研究之路的时候，一件不幸的事使他不得不停了下来。一天他在埋头研究学术资料的时候，邮差送来一封家信。收到家信，对于麦克斯韦本是平常事，但这回一见信，麦克斯韦便涌上一种不祥之感——信封上不是他所熟悉的父亲的笔迹。他长期以来一直担心的事情终于发生了，父亲年老体弱，身子一天比一天差，现在已经卧床不起了。信是好心的邻居代写的。麦克斯韦读了信，十分焦虑和难过。他与父亲的感情是无法用语言来表达的。自母亲去世后，父亲不仅担负起抚养和教育他的全部重任，而且还是他的

良师益友。他们朝夕与共十多年，麦克斯韦离乡求学后，一直没有中断与父亲的通信联系。而今天，他刚刚可以立业，可以通过自己的有所作为来报答父亲养育之恩的时候，父亲却一病不起。

为了照顾父亲，麦克斯韦离开了环境非常好的剑桥，到离家较近的阿伯丁谋职。阿伯丁是英国北部的一座海港，那里的一所学院同意考虑让麦克斯韦担任物理学（自然哲学）讲师。麦克斯韦尽心尽力地照顾着病榻上的父亲，力图减轻老人的病痛。但是一切努力都无济于事，当1856年的春天要来临的时候，父亲病故了。这件事对于麦克斯韦来说，是永远难以弥补的损失，他长时间沉浸在悲痛中。

不久，阿伯丁的马里斯查尔学院向他发出邀请，正式聘用他为自然哲学的讲师。在去之前，他思虑了许久，对于剑桥，他还是非常留恋的，而且父亲已经去世，再到阿伯丁去已经没有意义，更主要的是，他的科学工作刚刚开始，他不知道在阿伯丁是否有合适的研究条件。但是，麦克斯韦的人品决定他要守信用，于是他还是去阿伯丁上任了。

### 三、土星光环

1856年初冬，麦克斯韦来到了马里斯查尔学院，11月开始正式任教，这一年他年仅25岁。

为了讲课，麦克斯韦花了很多功夫进行准备。但是第一次走上讲台，他还是相当紧张。他在尽力地控制着讲课的节奏，心中默念着：“讲慢些，再慢些！”可是一旦讲起来，他的言语又跟着他的思维，像脱缰的野马一样，收不住了。他的思想敏捷，语速也快，而且夹带着不清晰的口音，就连来旁听的院长也暗暗替他着急。他的速度快得惊人，两课时的内容，他只用一课时便讲完了。而学生们大多依然呆坐着，什么也没听懂。于是他又从头至尾讲了一遍，听懂的人依然微乎其微，只好尴尬地下了课。

在这以后，麦克斯韦决定反省自己的讲课方法，练习发音，练习放慢语速，练习为别人讲解。好在这个时候，院长的女儿玛丽帮助了他，终于使他没有再闹过笑话。不过凭心而论，麦克斯韦确实不是一块当讲师的材料。他虽然有着敏捷的思维，渊博的学识，但是他的表达能力实在欠佳，永远不及他的才思，以至于常常苦于说不出来。世界上确实有这样的一种



人，他们很善于用文字来表达，但却不太会驾驭语言。麦克斯韦就是这样，他讲起话来杂乱无章，游移不定，但是若拜读他的文章，却是条分缕析，层次分明。在马里斯查尔，麦克斯韦的论文内容精当，论述严谨，是大家所公认的。

在阿伯丁，麦克斯韦研究所得的主要成就是与电磁学毫无关联的天文学和气体力学。在天文学方面，麦克斯韦用了整整两年时间研究土星的运行，并于1858年发表了《土星光环》的论文。

早在1787年，拉普拉斯进行过把土星光环作为固体研究的计算。当时他曾确定，土星光环作为一个均匀的刚性环，它不会瓦解的原因要满足两个条件，一是它以一种使离心力与土星引力相平衡的速度运转，二是光环的密度与土星的密度之比超过临界值0.8，从而使环的内层与外层之间的引力超过在不同半径处离心力与万有引力之差。他之所以有如此推论，是因为，一个均匀环的运动在动力学上是不稳定的，任何轻微的破坏平衡的位移都会导致环的运动被破坏，使光环落向土星。拉普拉斯推测，土星光环是一个质量分布不规则的固体环。

到了1855年，理论仍然停留在此，而这中间，人们又观测到了土星的一个新的暗环，和现在环中更进一步的分离现象，