

物理学史中的四月

1831年4月28日 扭结理论的先驱泰特的诞生
(译自 *APS News* 2016年4月)



萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)

自从1833年高斯(Carl Friedrich Gauss)想出如何计算两个互连的环彼此缠绕次数的方法后,几个世纪以来数学家就一直对拓扑结深感兴趣。但此领域一直到19世纪末,20世纪初,苏格兰一位叫做泰特(Peter Guthrie Tait)的数学家做了烟环的实验后才真正引起大家的关注。

1831年,泰特出生于苏格兰达奇司(Dalkeith, Scotland),6岁丧父,所以举家搬至爱丁堡和银行家叔父同住。他叔父的兴趣——包括天文学、地质学和摄影——激发了年轻泰特追求类似的科学兴趣。泰特是一位聪明的学生,在爱丁堡公学(Edinburgh Academy)的6年,在班上成绩都名列前茅,尤其精通数学。马克士威(James Clerk Maxwell)是他的同班同学;他们的生命历程持续在他们的人生中交会。

泰特和马克士威一起就读于爱丁堡大学(University of Edinburgh),但泰特1年后就转学到剑桥大学彼得学院(Peterhouse College, Cambridge)。他毕业时数学高居第一,所以成了彼得学院的研究员,辅导大学部学生,并和同僚斯提勒(William Steele)合写一本教科书《质点动力学》(*Dynamics of a Particle*)。1854年,他担任伯发斯特女王大学(Queen's College in Belfast, 1845年,维多利亚女王创立)的教授,第一个实验和安德鲁斯(Thomas Andrews)合作,测量不同气体的放电效应。5年后,他打败马克士威获得爱丁堡大学自然哲学的讲座教授,部分归因于他卓越的教学技巧。

回到1858年,泰特读了亥姆霍兹(Helmholtz)有关理想流体运动的论文,他于1867年将其翻译,书中有描述一个奇特涡漩环行为的现象。亥姆霍兹认为两个这样交互作用的环会保持它们的形状,虽然它们的大小和速度有可能改变。泰特用烟环的实验证实了此理论的预测。

泰特拿两个硬纸板的箱子,前面挖一个圆洞,后面则用橡胶膜覆盖着。他在箱子内放置氨、盐和硫酸的混合物,以产生浓烟。泰特用力敲打后面的橡胶膜,迫使箱内的烟从前面的圆洞跑出来,形成完美的烟环。泰特注意到烟环看起来像“固态的天然橡胶环”,他甚至设法让烟环彼此反弹,就像橡皮圈一样。他也注意到烟环非常地稳定,在房间内行进,不会消散。因此,亥姆霍兹的理论预测看来是正确的,理想液体所形成的环,如果没有摩擦,在理论上应该会永远持续。

泰特把他的烟环实验拿给汤姆孙(William Thomson,后被册封为开尔文男爵, Lord Kelvin)看,汤姆孙当时正在思考原子的问题:即,那时有许多竞争的理论,用以讨论原子可能的形状,以及如何解释不同的元素。泰特的烟环激发开尔文去设计一个极端的新理论:也许原子事实上是在以太中涡漩的结,当时科学家认为这些存在的以太是做为传播光看不见的介质。各式各样相连的涡结会很稳定,而对应于不同的化学元素——尤其是对应于它们各别的放射谱。元素越重,结就越复杂。

起先泰特对此想法存疑,但他很快就热衷地面

对挑战,画出许多不同的结,然后将结和特定的放射谱配合,而创造出以结为基础的元素周期表。就连马克士威也对涡流理论深深着迷,很热情地写信给他的两个朋友说:“祝你们俩成功,可以在你们卷入的涡流中找出你们的方程式。”

可惜的是,1887年,著名的迈克尔逊-莫雷实验(Michelson-Morley experiment)证明并无以太这种东西,而少了那介质,开尔文的原子涡流理论就行不通了。然而,他和泰特以及马克士威的研究有助于在数学上建立扭结理论,也有助于再发现高斯(Gauss)和20年前利斯廷(Johann Benedict Listing)的研究。

泰特继续研究,成了领头的拓扑学家,阐述一系列交替结的推测,在20世纪90年代终于获得数学家的证明。扭结理论无论是在基础或是应用方面,都持续是一热门有趣的研究领域。例如20世纪80年代,数学家对于描述自由空间明确像结的一些物体的马克士威方程,找出了它们的解。

最近几年,物理学家提议光场打实结的可能性,也成功地在—一个玻色-爱因斯坦凝聚中打了第一个“量子结”。随着弦论的出现,物理学家似有些回到原位:基本粒子和力都是源自于一度空间的弦,有时是封闭(打结)形式的震荡。

泰特的科学兴趣很广泛,从热力学和震动盘中铁屑的运动,到受到儿子弗雷德瑞克喜爱高尔夫球激励的高尔夫球轨道的经典论文等。弗雷德瑞克是一位顶尖的业余高尔夫球员,但因参加波尔战争而放弃打球,1900年阵亡。次年,泰特自己亦过世。

开尔文总很钟爱地谈及他朋友的热情天性,忆及泰特曾宣称,唯有科学值得他活下去。而且,泰特一直是狂热的读者,记忆力异常惊人。开尔文回



图1 泰特

(图片来源: Wikimedia Commons)

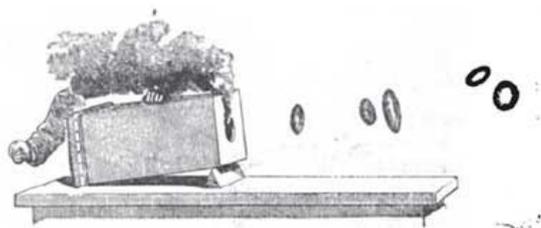


图2 当泰特在充满浓烟的盒子背后轻敲时, 涡流环就从前面的洞喷出来

(图片来源: Tait lecture 1878)

忆说:“只要是他有系统所阅读的东西,就会从此以后都记得,因此,他随时准备好引经据典,而这总让我们在工作时增添很多乐趣。”

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心,网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/>)