

物理学史中的八月

1827年8月:布朗与花粉水池中的分子运动
(译自 *APS News*, 2016年8/9月)



萧如珀¹ 杨信男² 译

(1 自由业; 2 台湾大学物理系 10617)

爱因斯坦于1905年,他的“奇迹年度”所发表的四篇开创性论文中,有一篇探讨微小粒子悬浮于静态液体中的运动。那篇论文源自一位19世纪的苏格兰植物学家布朗(R. Brown)的观察。

1773年,布朗出生在苏格兰邓迪(Dundee, Scotland)北方的滨海城镇蒙特罗斯(Montrose),1790年,举家迁居爱丁堡。布朗起初想在爱丁堡大学研读医学,但很快他爱上了植物学。他冒险前往苏格兰高地,采集植物,巨细靡遗地记录植物的种类,发现了一种草的新品种高山看麦娘(*Alopecurus alpinus*)。

布朗的研究因兵役而中断,他驻军于爱尔兰,任外科医生的助理,此职位让他有许多时间追求他在植物方面的兴趣。

18世纪末时,布朗已是爱尔兰植物学家社群中知名的业余爱好者,虽然他从未取得正式的学位。他从没寄望能以植物学家为生,直到他被一科学探险队选拔为博物学家去探索“新荷兰”,即我们现在所知的澳洲大陆。他得到的指示是尽可能去收集植物、昆虫和鸟类的标本。

1801年7月,布朗从伦敦出发,登上“调查者号”,几个月后停靠在好望角。他后来回想停留在好望角的2个星期是他经历过“最愉快的采集植物”时光。12月时,他抵达澳洲西部,花了3年半收集了3400种标本,其中有2000种是以前所不知道的。那次的收集有很多在返航英国的途中遗失了,



图1 布朗(R. Brown)

但仍有足够的标本可供他于1805年回国后归类编目录。

这实际上开启了他植物学上的辉煌事业,虽然他只是对收集植物,将之分类,并研究它们的生理机能感兴趣。他着迷于在当时仍是科学新奇仪器的显微镜底下悬浮于水中的植物种类克拉花(*Clarkia pulchella*)花粉粒子。在那些花粉微粒内,他注意到甚至有更小的粒子似乎随机抖动,好像花粉粒是活的。

布朗绝不是最先记述这种微小粒子运动的人,公元前60年左右,罗马诗人卢克莱修(Lucretius)即注意到悬浮于空气中灰尘粒子的抖动(他宣称那是极微小空气粒子存在的证明),但他看到的比较可能是源自于对流和乱流的运动。一直到1785年,英根豪斯(J. Ingenhousz)讨论煤灰粒子在酒精表面的怪异运动时,才对此现象做出有意义的评论。

布朗决定使用许多其他的植物以及矿坑煤矿、玻璃、金属和灰尘的粉未来重复此实验。他看到相同的抖动行为,便下了结论说,此运动并不是因为花粉粒子是活的而出现,因为它也出现在灰尘样品上。正如他当时所写的:“这些运动都是那样,符合我的想法……它们既非液体的流动所产生,亦非慢慢蒸发而形成,而是属于粒子本身。”^①

现在,科学家了解布朗运动的基本机制,也体会到它是间接证实原子和分子存在的方法,和显示它们如何运动的重要性。然而,布朗于1858年逝世,并没有提出任何理论来解释他所观察到的现象。大约50年后,爱因斯坦才接下此重任。

爱因斯坦推论说,假如微小但看得见的粒子悬浮于液体中,液体中的原子和分子会不断冲击这些悬浮的粒子,导致它们随机运动。爱因斯坦在他1908年的一篇论文中详细解释了此运动,他证明粒子移动的均方距离是时间的线性函数,速率则视温度、阻力系数、以及玻尔兹曼常数而定。

有了悬浮微粒连续位移对应时间的精确图表,此预测即可用实验来检验。一位法国物理学家佩兰(J. Perrin)做了实验,结论说,他的实验结果“对于爱因斯坦所提出的公式之正确性毋庸置疑。”(注:佩兰因此获1926年诺贝尔物理奖。)

1991年,多伊奇(D. Deutsch)在《美国物理学会会报》发表了一篇短评,质疑布朗时代的显微镜是否有足够倍率可以让布朗观察到他所声称的现象^②。

一位英国的显微镜学家福特(B. Ford)跳出来为布朗辩护,说明从布朗的写作中,这位植物学家是在封闭的环境中研究粒子,显然他知道乱流和对流可能影响他的观察^③。福特还明确地重复布朗原始的操作,并加以录像。大多数的科学家现在都接受布朗原始的花粉粒子观察确实是布朗运动的结果。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心“CASE 读报科学”,网址(<http://case.ntu.edu.tw/blog/?cat=3145>))

① Brown, Robert. "A brief account of microscopical observations on the particles contained in the pollen of plants and the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies." *Edinburgh New Philosophical Journal* (1828): 358-371.

② Deutsch, D.H. "Did Robert Brown Observe Brownian Motion: Probably Not." *Bulletin of the American Physical Society* 36 (1991): 1374.

③ Ford, Brian J. "Confirming Robert Brown's Observations of Brownian Movement," *Proceedings of the Royal Microscopical Society* 31 (1996): 316-321.



科苑快讯

DNA 数据存储取得重大突破

迄今为止,DNA链上的信息存储只能达到理论最大存储能力的一小部分。纽约基因组中心(New York Genome Center)的埃里希(Y. Erlich)和杰林斯基(D. Zielinski)又向目标迈进一步。基于一种叫做“喷泉”的计算机代码,在保护数据的同时能够接近香农容量(Shannon capacity)。结果,他们在DNA寡糖核酸中储存了 2.14×10^6 比特的信息,包括完整的计算机操作系统、一部1895年的法国电影、一张50美元的亚马逊礼品卡、一块先驱者号探测器上的

镀金铝板和香农(C. Shannon,信息论的创始人)在1948年的一份研究报告,这些信息都经过压缩,利用一定的方法可以进行高达 2.18×10^{15} 次的完美检索。这一结果表明,在每克DNA高达215 P字节的数据密度下,可以实现完美的数据存储和检索,比之前晋升了一个数量级。

(高凌云编译自2017年4月13日《欧洲核子中心快报》)

