

物理学史中的三月

1913年3月6日：玻尔向卢瑟福说明他的原子模型
(译自 *APS News*, 2012年3月)



萧如珀¹ 杨信男² 译

(1 自由业; 2 台湾大学物理系 10617)

在古典原子的图解中，一个电子依循固定的轨道，绕着一个小原子核旋转，这已成了大家心目中有力的图腾；例如，它被美国原子能委员会用来做为标志，也被热门的电视连续喜剧《大爆炸说》(*The Big Bang Theory*, 又译《宅男行不行》、《生活大爆炸》)做为更换场景时使用。但发展出此图型的玻尔(Niels Bohr)在大家眼中则没那么有名。

1885年，玻尔出生在哥本哈根，父亲克里斯蒂安·玻尔(Christian Bohr)是哥本哈根大学的生理学教授，母亲艾伦(Allen Adler Bohr)则来自丹麦知名的金融政治世家。年轻的玻尔自幼即被鼓励追求他对科学的兴趣，还和弟弟哈那德(Harald)同享足球的乐趣。(哈那德是1908年丹麦奥林匹克足球队的一员，那年赢得银牌，之后成了知名的数学家。)

玻尔起先在哥本哈根大学选修哲学和数学，但在1905年时，他得知丹麦皇家科学院在举办物理



玻尔

竞赛，于是加入挑战。玻尔使用父亲的实验室，做了表面张力性质的实验，结果该论文得到了首奖。受到此早期成功的激励，他将重心转至物理，于1911年获得了博士学位，论文是有关金属性质的理论说明。

当玻尔在剑桥大学做博士后研究时，他追随著名的汤姆孙(J. J. Thomson)做研究，汤姆孙几年前发现了电子，还提出“葡萄干布

丁”的原子模型；在模型中，原子由电子(汤姆孙称之为“微粒” corpuscles)所组成，浸在正电荷“汤”中，以中和电子的负电荷，正如带负电的“葡萄干”被带正电的“布丁”围绕着。

卢瑟福于1911年发现原子核的存在，实质地否定并取代了汤姆孙的模型。卢瑟福提出，原子有一个小小密布着正电的核，核的四周是带负电的电子云，绕着核运转，就像星球绕着太阳一样。

来年，在和卢瑟福见面后，玻尔加入曼彻斯特大学卢瑟福实验室，一待就是4年，研究原子结构的新模型。卢瑟福的模型一开始很扎实，但理论物理学家指出，假若它正确的话，电子应该会向内螺旋而在核内撞毁，造成所有的原子基本上的不稳定。

因此，玻尔修正它的概念，让它和19~20世纪交替时，源自普朗克(Max Planck)革命性研究产生萌芽的量子论更一致，特别是能量只能以离散单位，即量子，增加

的概念。1913年3月6日，玻尔寄送一份论文给他的导师卢瑟福，说明他的原子结构新模型如何来解释氢的光谱。

在玻尔的模型中，电子绕着原子核的圆形轨道运行，但那些轨道的能量呈离散分布，电子只可以从一个轨道运行至另一个轨道来增加或丧失能量，视需要吸收或释放辐射。虽然物理导论课程仍教着玻尔模型，但它并不完全正确。最明显的是，它违反了海森伯提出的测不准原理，因为它的电子具有已知的轨道和确切的半径，而这两个特性并无法同时直接测定。此外，它对较大原子的光谱预测很差。玻尔的原子理论现在被视为是，继玻尔提出之后10多年才发展出来的量子力学描述原子的先驱。

不过，此开创性的研究仍让玻尔获得了1922年的诺贝尔物理学奖，“因为他研究原子结构，以及其释出的辐射所做的努力。”他当时37岁，对物理已有许多显著的贡献，例如，他提出了原子核的液滴模式，并确认了慢中子分裂所需的铀同位素。

玻尔的名字还和量子力学的哥本哈根诠释紧密结合在一起，为此他和爱因斯坦心平气和地对于量子力学有过好几次的辩论。玻尔还发展出互补原理，来解释两个似乎不兼容的特质如何在理论上使之相互一致，例如光的行为像粒子和波，端视使用的观测方法而定。

他曾评论说：“正确陈述的反



玻尔和爱因斯坦摄于1925年

面即是错误陈述，但深奥真理的相反也可能是另一个深奥的真理。”当玻尔获得丹麦政府所颁发的最高荣誉大象勋章时，他设计了他自己的臂徽，包括阴/阳符号和格言“相反即是互补，(Opposites are complementary)”。

玻尔之后获得了许多个人与专业上的荣誉，不过偶而也有不幸的事件。在他年轻杰出的德国门生海森伯(Werner Heisenberg)爆料说，纳粹德国正在发展原子弹后，他和海森伯之间有了知名的争吵，这一幕会面在弗莱恩(Michael Frayn)所写的得奖戏剧《哥本哈根》(Copenhagen)的小说形式中永垂于世。当希特勒的军队入侵丹麦时，玻尔和家人搭渔船逃至瑞典，他和儿子阿格(Aage Bohr, 1975年获

得诺贝尔物理学奖)避难美国，加入曼哈顿计划的研究工作，虽然他一生都担心核子武器。第二次世界大战后，玻尔返回哥本哈根大学，渡过他的余生。

(本文转载自2014年4月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；Email: snyang@phys.ntu.edu.tw)

