

中 英 对 照

THE BIG IDEA

大科学家及其理论

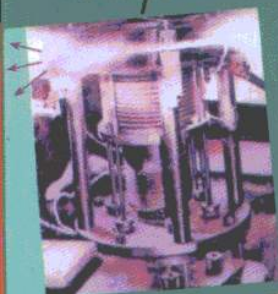
bohr
quantum theory

玻尔

与量子论

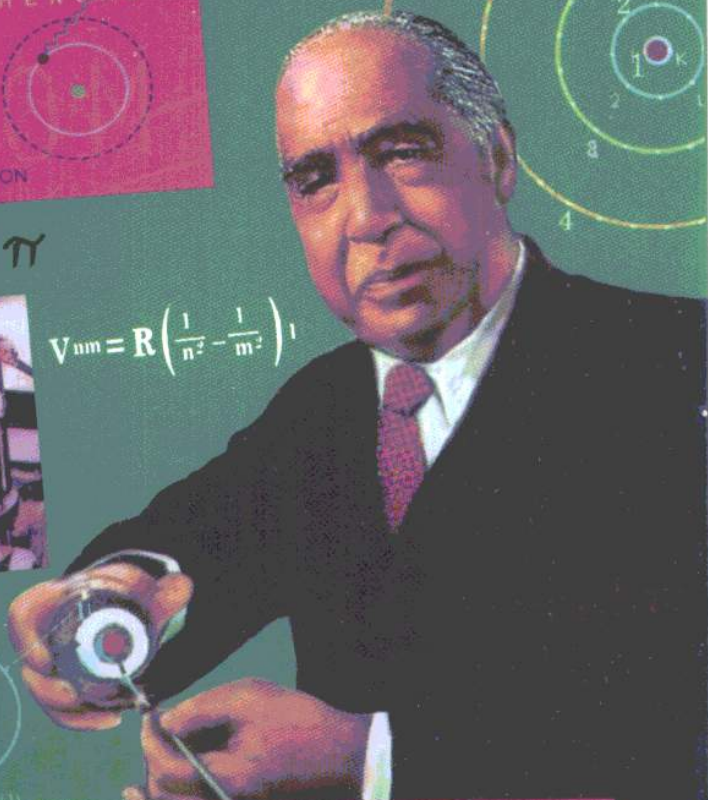


$$h/2\pi$$



Radiation

$$V_{nm} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$



5.346.11

保罗·斯特拉瑟恩 著
吴秀萍 译 吴文忠 审

辽宁教育出版社
贝塔斯曼亚洲出版公司

大科学家及其理论

玻尔与量子论

*Bohr & Quantum
Theory*

保罗·斯特拉瑟恩 著

吴秀萍 译

吴文忠 审

辽宁教育出版社
贝塔斯曼亚洲出版公司

版权合同登记：图字 06-2000-018 号

图书在版编目 (CIP) 数据

玻尔与量子论：英汉对照 / (美) 斯特拉瑟恩著；
吴秀萍译。- 沈阳：辽宁教育出版社，2000.7

(大科学家及其理论)

ISBN 7-5382-3151-X

书名原文：Bohr & Quantum Theory

I. 玻… II. ①斯… ②吴… III. ①玻尔, K.
(1885~1962) - 生平事迹 - 对照读物 - 英、汉 ②量
子论 - 对照读物 - 英、汉 IV. K835.346.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 31284 号

Copyright: 1997, 1998 BY PAUL STRATHERN

This Edition Arranged With LUCAS ALEXANDER WHITLEY (LAW)

Through Big Apple Tuttle-Mori Agency, Inc., and

Beijing International Rights Agency

English/Simplified Chinese Edition Copyright:

2000 LIAONING EDUCATION PUBLISHING HOUSE

All Rights Reserved.

辽宁教育出版社出版

(沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮政编码 110003)

沈阳新华印刷厂印刷 辽宁万有图书发行有限公司发行

开本: 850 × 1168 毫米 1/32 字数: 95 千字 印张: 5 1/8

印数: 1—5,000 册

2000 年 7 月第 1 版

2000 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑: 许苏葵 杨军梅 责任校对: 王 玲

封面设计: 吴光前

版式设计: 赵怡轩

定 价: 8.50 元

引 言

伟

大的德国理论物理学家威尔纳·海森伯曾说过，“玻尔对本世纪的物理学及物理学家的影响之大，超过了甚至包括爱因斯坦在内的任何人”。而海森伯应该知道：他的一生中有不少时间与此二人共同探讨（并争论。而且唇枪舌剑，互不相让）。

玻尔最大的成就在于他运用量子论解开了原子结构之谜并由此推动了科学的重大进步，同时也成了当时一大科学难题。如何成了难题？因为无人能够真正参透量子论。

伟大的钢琴家符拉迪米尔·赫罗韦兹在谈到莫扎特的音乐作品时曾说过“初学者一学就会而专家却研究不透”。按照玻尔的同事、传记作家亚伯拉罕·帕伊思的说法，量子物理学便是如此。所以，假如本书的简述让您摸不着头绪，您大可不必伤心，至少可以用有所了解聊以自慰。量子论简单说来就是（这是为我们这些连简单的莫扎特乐曲都觉得高深莫测的人准备

的):亚原子层的粒子不遵循古物理学定律。像电子之类的主体确实可以同时以两种不同的事物形式存在——物质形式或能量形式,究竟为何形式,取决于检测方法。

量子理论最大的问题是:该理论简直令人难以置信。它与常识风马牛不相及。但 20 世纪的科学常识相比,更令人激奋。(爱因斯坦非常明智,他把常识当做 18 岁前积累的偏见弃之一旁。)

玻尔曾任哥本哈根理论物理学研究院院长。正是在这儿,他称得上运筹帷幄,主导着量子物理学的黄金时代。当时正值 20 世纪 20 年代。继爱因斯坦之后,新一辈中涌现出许多出类拔萃的科学家。他们与玻尔共创辉煌。这些创业者或聚或散,时而群策群力,时而各展英才,开辟了一个四分之一世纪前人们都始料未及的领域。这是个发现的年代,其结果令人喜忧参半。如今,我们已了解了我们的世界运行的原理——从量子的亚核粒子到黑洞。我们同时也知道如何利用原子的威力赶尽杀绝,摧毁这个世界。玻尔长寿,赶上并参与了制造第一颗原子弹。当他意识到自己做了什么时,他拼尽余生,发动运动,与之抗争。

生活和工作

尼

尔斯·玻尔 1885 年 10 月 7 日生于哥本哈根的一个丹麦名门望族之家。其父克里斯汀·玻尔是哥本哈根大学生理学教授。他在呼吸系统化学方面的工作极具开创性，差点儿获得了诺贝尔奖。然而最令丹麦人念念不忘的是，他对英国及英国有关的一切事物情有独钟。克里斯汀·玻尔酷爱足球运动，为使足球运动在丹麦风行而奔走游说。尼尔斯的母亲艾伦是犹太后裔，娘家在银行业和政界都声名赫赫。

尽管老玻尔的教名极其基督教化，他却根本不信教。这家人好学上进，思想开明，才智过人。不管从哪个方面看，玻尔一家都是一个快乐的家庭：互相体谅、彼此谦让。后来忆及此事，他们的朋友一个又一个地提到这家人快乐无比、互相体谅谦让，听起来好得令人难以置信——甚至赞誉得令人窒息。究竟如何很难评说。

实际上，我们所知的惟一一件关于尼尔斯儿时的逸事显然也说明不了什么。有一天，克里斯汀·玻尔指着一棵树对年幼的儿子夸树有多美：先是树干分成树枝、树枝再分成树杈，最后长出叶子。据说当时尼尔斯答道：“您说的对啊。可树不这样也就不是树了。”这些话无论从词意上看，还是从心理学和象征意义的角度看，实际上都毫无意义。或者是换句话说，也可以看成寓意无限。到底是什么，由你自己定夺。

单调的童年时代过后便是平淡无奇的青年时期。尼尔斯长大成人，是个安静谦和的小伙子。这个时期的照片都是一个身材高大的少年的留影：他衣冠楚楚，衣领浆得笔挺，却总是有点儿呆头呆脑，一副绝对谦卑的神情。他的圆脸胖乎乎的，口大唇厚，眼睛不大，间距很小，眼神中略带点羞怯，说起话来吞吞吐吐，看样子一点不像智力超群的人。到了学校便是另一回事了。他人很聪明（但成绩平平），总愿打打闹闹，一显身手，很快便以力大过人，顽强不屈闻名全校，而且在体育方面表现出众，引人注目。他不久被选入校足球队，让父亲着实为之骄傲了一番。他步父亲的后尘，对科学产生了浓厚的兴趣，尤其喜欢实验室的实验工作。他生来笨拙，却技艺高超。竟然二者集于一身。他的拿手好戏是把玻璃器皿打得稀烂。天长日久，令他的老师很伤脑筋。有一次，随着实验

室发出的一连串的爆炸声，有人听到他的老师说：“噢，肯定是玻尔干的。”

但在尼尔斯·玻尔生活中最重要的莫过于他的弟弟哈罗德。尼尔斯到哥本哈根有名的梅霍姆体育馆时，弟弟也去了。提起二人的关系，有个同学说，“他们非常亲密。据我所知，无人能比”。二人形影不离。哈罗德比尼尔斯小一岁半，但很快开始与头脑聪明，擅长运动的长兄并驾齐驱。对此看不出尼尔斯有何不快。到离校前，弟弟已在各方面超过了哥哥。他不仅数学成绩优秀而且是个颇有成就的足球队员。尼尔斯只是偶尔在守门时表演特技似的露上一手。而作为潇洒的中场队员，哈罗德的光芒很快盖过了哥哥。弟弟哈罗德生性活泼、谈吐风趣；哥哥天生沉静、平淡无华。然而，尽管两人成了对手，性格迥异，两兄弟间的情意甚笃，从无芥蒂。

或者是丹麦人有意引导我们这么想。玻尔在丹麦已成一座民族纪念碑，那个有血有肉的人在这座坚实的玻尔纪念碑下已经腐烂。这种亲密无间的兄弟关系非同寻常，竟然连点潜在的紧张都没有，令人难以置信。哥哥毫无怨言地让出明星地位，人间少有。看来两兄弟心有灵犀，彼此包容，惟恐触痛对方。他们之间还划定了各自的科学知识领域：哈罗德将数学划归己有；尼尔斯则对物理情有独钟。这么一来，兄弟俩可以互相磋商，甚至彼此帮忙，同时又不构成竞争。

同样，球队中守门员的位置也是独一无二的，不会受到其他队员的挑战（不管这个队员多么优秀）。

通常兄弟之间怄气打架本是常事。但玻尔兄弟在家时情深意长，从无不快。加上他们同样优秀的姐姐珍妮，便构成了一幅完美的田园诗般的画面。珍妮先是到哥本哈根大学和牛津大学深造，然后回到丹麦，成为一位以“热情”著称的“鼓舞人心”的教师。然而，尽管她为人热情，却终生未嫁。我们悲伤地得知“她晚年神经系统出了问题”。真相更令人沮丧，他们敬爱的姐姐——玻尔家的长女不久得了不治之症，精神崩溃，最后被关进一家地方医院隔离起来。根据她的死亡证明，她死于“躁郁型精神病的狂躁期”。这不过是句临床医生的套话，但映在我们脑海的却是一幅凄凉的画面。果不其然，在她的葬礼上，哈罗德道出了以下实情：“她自小病殃殃的，行动不便，经常全身乏力，病得毫无气力。”有这么一个人让玻尔一家担惊受怕，使人们对尼尔斯和哈罗德之间异常亲密的关系多少有了些不同的理解。

我并非无端坚持尼尔斯兄弟关系密切与心理因素有关。尼尔斯后来从事的研究工作的本质有其模糊的特点。这肯定绝非偶然。量子论是关于看来根本无法相容的两个对立面的相容性的理论。玻尔最重要的两个理论概论是对应论和互补原理。二者均强调根本差异下的相似点。尼尔斯·玻尔对模糊性概念的理解最

为透彻，他的伟大科学工作便是寻求在和谐中解决模糊性。

1903年，两兄弟双双进入哥本哈根大学学习。已赶上令人激奋的时代。新世纪刚刚开始，世界处于翻天覆地的大变革的边缘。就在这一年，哥本哈根的街头出现了第一辆动力驱动的出租车。美国的莱特兄弟进行了首次飞行，玛丽·居里由于发现了放射能而荣获诺贝尔奖。

尼尔斯兄弟不久便效力于阿卡德米克·保德克拉卜校队（后简称为AB队，在丹麦足球联合会中仍名列前茅）。作为守门员，尼尔斯身手不凡，偶尔露上一手。但等球踢到对侧时，他常在球门柱上用铅笔数数打发时间。确实，正像他的对手热心于射门技巧一样，他一心一意地数数。他最漂亮的扑球有些正是他数数的结果。而哈罗德无法用数做提示，照样熠熠生辉，最终代表丹麦参加了奥林匹克运动会（在这次运动会上，他们在半决赛中以17比1赢了法国队，然后又以0比2输给了英国队）。

迄今为止，这对形影相随的亲密兄弟一直在互相鼓励，将他们的才智发挥得淋漓尽致。尼尔斯肯用功，错综复杂的物理完全符合他的脾性。他在选定的领域中所取得的成绩与哈罗德在数学领域的成绩不相上下。甚至他们的同学在提起两兄弟中的任何一个时，都开始用“天才”一词。尼尔斯一直是个热心的

读者，总是尽力与最新的科学成就保持同步。他常纠正某些物理教科书上的错误，很快在同学中名声大振。书上说的完全是错的——他能用最新的科学发现得来的证据予以证明。

玻尔兄弟在学生时代一直住在家里。他们的父亲在家中定期宴请丹麦的一些精英。哥本哈根不再是一潭死水；这些知识界前辈包括存在主义的始祖哲学家索伦·克尔恺郭尔，发现尼采的评论家乔治·布兰德。宴后老玻尔和他的知识界同事总是会讨论哲学问题并允许尼尔斯和哈罗德旁听，但不许发表意见。（这在当时已经算进步家庭但由此看来即使是成年子女也是只可露面不可出声。）

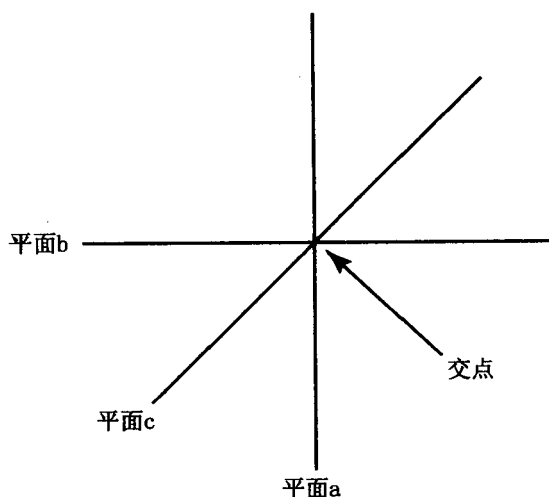
1907年，即尼尔斯·玻尔修学位课的最后一年，他荣获了丹麦皇家文学院金奖。这是他的一篇论述水表面压力的论文得来的。对一个大学生来说，这是惊人的业绩，标志着他作为一名卓越的科学才子崭露头角。玻尔从期末考试复习的时间中抽空完成了该论文的实验工作，差点过了文学院的限期（幸存下来的手稿表明论文的某些部分是哈罗德仓促代写的，可能抄自尼尔斯的笔记）。尼尔斯的实验工作精确地分析了喷出的水流的振动情况。这些实验都是玻尔一次次亲自完成并汇集到一起的。每次喷出的水流平均半径要求在一毫米以下。为了喷出合乎要求的水流，他需要横截面为椭圆形、比例相近的长玻璃试管。他总是亲

自吹制。喷出的水流速度测定方法如下：将喷出的水流按照一定的间隔时间在同一点截断两次，然后通过照相技术测定切断的水流段长度。水流振动（水面形成的波浪）也用照相技术测定。他的大部分实验要趁清晨街上尚无车辆行人时进行，以免来自他们的哪怕是最轻微的振动。

这是玻尔完全独立完成的惟一一次独创性的实验工作，具备了他所有的特点：实验准确、不辞辛苦，分析得头头是道，而且近乎奇迹般地没有打坏一点东西。就连玻尔本人也意识到这次的情况是绝无仅有。用这么多的不经打的玻璃器皿工作，令人格外紧张，显然劳神费力。因此，此后在做实验时他总是用手脚灵巧的合作者。

许听不许说能够激发人们激进的思想，这种看法由来已久。在玻尔父亲的宴后哲学讨论中玻尔不得不保持缄默。结果证明，这次也不例外。他开始自己思考，在别人高谈阔论的时候，他默默地忍受着。玻尔的哲学思想从一开始便极具独创性，令人感到惊异。确实，他的思想在某些方面比维特根斯坦的思想超前。令他感到困扰的是如何用一个词来描述某种意识状态，同时描述伴随这种内心状态的外在行为。他看到，当一个词用于心理活动时，从根本上是意义含糊的。（这是玻尔第一次想到模糊的概念：它显然是高深莫测，令人费解的。）玻尔尝试着解决这种模糊情

况。玻尔用数学做了个类比。他将这些模棱两可的词（如：醉、气愤、快乐等）比作多值函数。简而言之，这些函数在同一点上可有不同的值——但这种多值性可以通过把这个值明确到它表示哪个“平面”来解决。想象一个三维轴。



如果交点可有三个不同值，我们可以把每个值分配给不同的平面 a、b 或 c 来解决这一难题。玻尔建议这个方法也可用于解决模糊用词的哲学问题。当一个词发生歧义，我们可以通过指定它所表示的“客观性平面”来解决问题。比如说，“醉”可以指精神错乱或身体缺乏协调性——两件不同的事情。通过指定该词所表示的客观平面（即，在此例中，“主观平面”或“客观平面”），我们可以解决模糊性问题。可惜

呀，科学或哲学伟人们试图将语言归纳成精确的逻辑结构，历史书上污七八糟写满了这种事。但正如我们亲身体验，交谈很少按逻辑程序进行。（17 世纪伟大的德国哲学家和科学家莱布尼茨曾设定了一套方案，将所有有关道德的辩论简化成数学得分：辩论结束时得分相加，得分最高者获胜。要是生活像天才们所构想的那样就好了……）玻尔的提议同样具有创意，也同样注定要失败。他不得不承认这种多义性是语言所固有的现象。他开始了解了相互冲突的解释是可以同时并存的。（神奇的是，这一认识预示着量子论的产生。这只要参照一下第 2 页斜体字的简述定义便一目了然。）

如此侵入哲学领域通常给科学家带来灭顶之灾。哲学关心的是事物的现状，科学则适用于事物的原理。换言之，科学撇开哲学，仅与它并存。但有时就连科学也要清查自己的行为，问问自己究竟在做什么。20 世纪之交便是这种少有的时候之一。在此之前，17 世纪曾有过一次。当时伽利略提出科学要符合现实，不要仅仅异想天开。真理是靠实验得到的，并非仅凭想象。随着 19 世纪一次次重大科学发现的到来，这种方法被推崇备至。但随着 20 世纪的到来，这种方法看来反倒有些不足之处。这种全凭观察和实验的方法日渐暴露出种种缺憾。尤其是 1905 年爱因斯坦提出的狭义相对论后，这种方法的最大缺憾更是

暴露无遗。与旧的科学观点恰恰相反，相对论是仅凭思考想出来的（爱因斯坦用的是数学运算，而未经过实验）。

某种全新的东西正在孕育中。科学开始对自身、对自己的方法进行质疑。科学是什么？它在做什么？玻尔对哲学的兴趣引起同时期许多科学先锋的共鸣（爱因斯坦阅读了 18 世纪苏格兰哲学家休谟的著作。休谟曾对因果观念提出质疑。其他的科学家则学习了 19 世纪德国哲学家康德的著作。康德曾试图用自己的认识论解释时间和空间的性质）。科学受到了哲学的检验——检验的结果将为前所未有的最伟大的科学时代——20 世纪奠定基础。

科学向自身宣战，其壮举让人激情迸发。捷足者先登。维也纳哲学家、科学家恩斯特·马赫（声障速度便是以他命名的）甚至怀疑原子的存在。早在约半个世纪前，俄国人门捷列夫的元素周期表引起了科学变革，但这一切是否基于错误的设想？原子到底是什么？谁亲眼见过？在马赫看来，原子不过是过时的观念，以前非科学的思想的残渣余孽。抽象思想毫无意义，也没有真正地观察过，科学背负着它们，枉受其累。不再有神圣不可侵犯的东西，连最基本的概念也可以受到质疑。

然而，玻尔做的正是这项工作。1909 年，他着手写博士论文。该论文果然是纯理论性工作，作者根

本未进行实验便得出了惊天动地的结论。（显然，玻尔主意已定，惊天动地的实验工作最好还是留给精于此道的人做。）玻尔的论文题目是“金属电子论研究”，玻尔否定了马赫的极端立场。原子不仅实际存在，而且我们最终还对它究竟为何物开始有所了解。到了19世纪末，多数科学家（但马赫除外！）都认为原子是物质的基本形式。实际上，它得名于希腊词“atomos”，意为“不可分的”。到了1897年，英国物理学家约瑟夫·约翰·汤姆森发现了电子，即第一个已知亚原子粒子。电子放出负电荷，看起来好像还有内部结构。汤姆森提示说，原子像个圆饼，由阳电荷构成，里面嵌满葡萄干似的电子，使正电荷处于中心位置。

解释像金属中的磁性之类的事物时，这幅画面便有所不同。根据金属电子理论，金属可以被描述成气态电子，处于正电充电离子组成的晶格中。

最初，无人确知自己在说什么，于是离子的定义使用了“艾丽丝漫游奇境”般的迂回法，将离子说成“失去其电子的原子”。一个试用理论以另一试用理论为依据。马赫也确实说到了点子上：谁也未曾亲眼见过原子，这一切理论有什么依据呢？

玻尔不顾非难，继续从理论上探索这种未知物。他在论文中不厌其烦地用准确无误的分析进行辩驳。据他分析，磁学揭示出金属电子理论尚有缺憾。如果明确写

出这个结论，便是对电子理论表示怀疑。但玻尔采取了完全不同的策略。从这儿我们初次见识了玻尔思想的独创性及胆识。玻尔辩驳如下：金属电子理论说明了金属表现出的几乎所有的性能，其功效显赫。惟一的问题是：它在解释金属行为所涉及的数量时开始力不从心。例如，将某些金属放入电场时，金属的磁力（这有赖于电子）与经典物理学规律不相符。但这到底有何意义？玻尔提出了惊人的设想：传统物理学的旧设想好像不适用于亚原子层。为了描述原子内部的状况，看来似乎需要一种截然不同的物理学。

然而，这是不可能的。这就像玻尔所说在亚原子层瀑布向上奔流还住着仙女似的。这里确非凡间， $2+2$ 未必等于4。就连玻尔也说不准这一切意味着什么。

因此他决心寻本求源。1911年玻尔完成论文后来到剑桥想与约瑟夫·约翰·汤姆森共同研究。如果有人知道电子行为的话，那么电子的发现人肯定知道。但在剑桥，玻尔发现自己碰了钉子。其部分原因是由他自身造成的，但并不全是。汤姆森只是对玻尔这位热情得让人受不了的丹麦人不感兴趣。玻尔用英语连话都说不清楚，更不用提他复杂的理论了。玻尔无法准确地使用术语，所以对自己的情况几乎爱莫能助。例如，谈起电时，他指的是“射线”，说的却是“电荷”。玻尔能说流利的丹麦语和德语，除此之外，他