

玻恩和可决定性原则

厚 宇 德

(台州学院物理系 浙江临海 317000)

1954年诺贝尔物理奖的一半授予了M·玻恩,以表彰他对量子力学的基础研究,特别是他对波函数所作的统计解释。麦克斯·玻恩(Max Born)1882年12月生于德国的布雷斯劳,1970年1月逝世于哥廷根。在这位世界著名物理大师的成长过程中,许多事件对我们今天仍极有启示,他的科学思想有待我们深入研究。

特殊的求学过程

玻恩的父亲是布雷斯劳大学医学教授,教授解剖学,母亲是一个工厂主的女儿,这是一个犹太家庭。玻恩从小体弱多病,因此较一般人晚些迈入校门。上学前同姐姐一起由家庭教师指导学习。上学后他的成绩平平,到中学后也无大的改观。当时他对拉丁文、希腊文和数学均不大感兴趣,但爱读荷马史诗。

玻恩的少年生活主要是在学校之外。他是在充满浓郁科学气氛的家庭中成长起来的。他很小就同姐姐常常到父亲的实验室里去,熟悉各种仪器,还被允许去听父亲与他科学界朋友的讨论。

虽然成绩并不突出,但弱小的玻恩显示出了与众不同的品质;有兴趣思考接触到的新概念,并注意概念间的联系。玻恩的少年经历告诉我们,在一个人的成长过程中,家庭氛围的影响是十分重要的。玻恩的父亲在去世前曾嘱咐玻恩上大学后不要立刻确定专业,而是先在大学里听各种不同学科的课程,一年以后再作决定。玻恩听从父言不仅听数学课和自然科学课程,而且也听哲学、艺术史和其他学科的课。因设备条件差而放弃了最早喜欢的天文学后而终于集中精力钻研数学。他从罗桑斯教授那里学习了线性代数,掌握了矩阵运算。而海森堡在提出了

有创造性的量子力学思想后,还曾说自己连什么是矩阵都不知道。可见玻恩在大学时就接触到的数学知识远远超过大多数物理学家。

德国的大学当时不仅允许学生第一年可以不确定专业,而且还允许学生在各大学之间流动。玻恩充分地享受了这一习惯的好处。在海德堡大学他结识了后来与他共创哥廷根学派的詹姆斯·弗兰克;在苏黎世大学,他从第一流数学家胡尔威兹那里了解了数学现代分析的精神。

这时的玻恩的目标还是成为数学家。因此他决心到哥廷根去“朝圣”。哥廷根一直是德国数学中心。当时在哥廷根大学,有大数学家克莱因、希尔伯特和闵可夫斯基等人。到哥廷根后,玻恩主要师从希尔伯特和闵可夫斯基,学到了当时最先进的数学,并且不久成为希尔伯特的私人助理。1907年玻恩在哥廷根获博士学位。

玻恩在大学主要是学习数学,而且是当时最先进的数学。玻恩后来研究工作似乎又一次告诉我们:一个物理学家无论花多大精力钻研数学都不为过。

兴趣爱好

玻恩少年时对荷马史诗的爱好后来得到了发展。他熟悉并且欣赏许多德国和英国的文学和诗歌,甚至曾将一首流行的德国诗歌译成英文。他还熟悉法国、意大利、俄国等欧洲国家以及其他国家的作家。剑桥大学曾授予他文学硕士学位。

玻恩还热爱音乐。青年时钢琴弹得很好,完全可以参加室内乐的演奏,有时甚至和管弦乐队一起演奏。战争期间,他经常与爱因斯坦在一起拉小提琴。

《晶体X射线衍射的发现及其深远影响》作者简介

麦振洪,1967年中国科学院物理研究所研究生毕业。中国科学院物理研究所研究员。中国晶体学会副理事长。中国物理学会科普委员会副主任,中国物理学会X射线衍射专业委员会主任,中国晶体学会晶

体生长及品质鉴定专业委员会主任。长期从事晶体和人工低维结构材料微结构、微缺陷以及空间微重力半导体熔体微结构的研究。近年还开展纳米功能材料以及聚合物多层膜制备和物理性能的研究。

琴奏鸣曲。N·维纳说：“他（玻恩）酷爱音乐，他生活中的最大兴趣便是与妻子共奏钢琴曲。”无独有偶，有较深音乐造诣的著名物理学家不乏其人：爱因斯坦是优秀的小提琴家，普朗克和索末菲是出色的钢琴家，海森伯和其他许多人也是如此。

心胸开阔善于与人合作

1908年玻恩应老师闵可夫斯基之邀到母校哥廷根大学工作，这时他认识了匈牙利人奥多尔·冯·卡曼，此人后来成为空气动力学的创始人之一。从此两人多年住在同一幢房子里，天天讨论物理问题。在讨论中玻恩了解了爱因斯坦关于固体比热的量子理论。两人合作发表了著名论文《关于空间点阵的振动》。玻恩晚年仍真诚地用文字感谢冯·卡曼，因为固体比热的工作为他一生的研究开辟了两条主要方向：点阵动力学和量子理论。

玻恩一生的合作伙伴较多，海森伯、约当、维纳、哈伯、奥本海默、梅耶、英费尔德等等。每一次合作都很成功，留下了不少佳话。下面我们谈一些玻恩与中国科学家合作的情况。

玻恩在书中曾谈到他有4个有才华的中国学生，并提到黄昆的名字以及两人合作著书一事。作者曾就此间接向黄老请教有关问题。黄老百忙之中告之：另外3人是彭桓武、程开甲和杨立铭先生，后来都是有成就的物理学家。关于著书一事，黄老说：“我并未随玻恩长期工作过，我于1947年获博士学位后到爱丁堡大学玻恩处访问，约半年，当时商定由我在已写的一部分的基础上完成《晶格动力学》一书的写作，大致用了3~4年时间。在这段时间里，我在利物浦大学理论物理系任博士后研究员，约一半的时间花在了写书上，每年暑假到爱丁堡，与玻恩讨论著书的进展情况。”该书1954年由牛津克拉伦敦出版社出版，是玻恩在该领域的最后一本著作。该书是国际上公认的权威著作。关于黄昆及合作著书情况，玻恩在《我的一生》中，也有说明：“……黄昆，不能算我的学生了，因为他到我这儿时已是个有能力的理论物理学家。……弗罗里胥建议他用一部分假日时间到我的部门来学习我的方法，主要是晶体点阵动力学。那时，我有一本关于这个题目的新书手稿……但其他的任务和当时搞的研究阻碍了我继续搞下去。……我产生了一个念头，即他可能成为合适的合作者去完成它，他没有立即接受我的建议

而回了利物浦。几个月以后他写信给我说，……他想到爱丁堡来和我一起完成那本晶体的书。……他来了，有一段时期我们过得很愉快而且有意思。黄昆不赞成我用严格的推导方式构成此书计划。……他不需要抽象思维；他把科学看作是改善人民生活的手段。所以他建议在点阵动力学的系统推导之前应该加上一些篇章，其中有基本论述以说明这个理论的实际用途。我们为此发生了争执，但他说这是他作为合作者的条件，如果无人合作，这本书将永难完成，我同意了。……这本书的最后定稿主要归功于黄昆。令人惊异的是一个中国人能够如此流利而正确地撰写欧洲文字。……我和黄昆写的书现在被广泛应用。”这段经历可称中外物理学家合作的佳话。

然而，玻恩终生未曾到过中国。

玻恩是矩阵力学或者说哥廷根矩阵力学的重要创始人之一。矩阵力学和波动力学创立之初，两种理论的创立者都对异己的理论抱有强烈的排斥态度。但玻恩却立即接受了波动力学，并用之于解决散射问题，进而给出了著名的波函数的统计诠释，彻底挽救了波动力学。并因这一工作而荣获1954年诺贝尔物理奖。统计诠释也引发了一场理论的持久论战，不过在论战中产生了许多新的思想，这不能不看成是玻恩的又一贡献。

科学思想与可决定性原则

很难说是一个科学家的精神境界决定了其成就的层次，还是成就的层次决定了其境界，但是可以肯定二者确有关联。而一个人的精神境界往往是由其哲学思想来体现的。玻恩从中学时代就开始阅读哲学著作，直到大学求学期间他的思想基本上属于康德哲学。后期的研究工作使他发生了转变，放弃了康德而立足于经验论哲学的立场。

那么哲学理念和物理研究在玻恩这里是如何联系起来的呢？他认为研究工作是一种解谜一样的乐事。“这种乐趣就在于体会到洞察世界的奥秘，发现创造的秘密，并为这个混乱的世界的某一部分带来某种情理和秩序。它是一种哲学上的乐事。”他说：“科学的哲学背景始终比科学的特殊成果更使我感兴趣。”尤其后期的玻恩付出了很大的精力探究物理学的哲学问题。他提出用可决定性来表示科学思维的一个基本规则，并且为此造了一个词：decidability*。

* 玻恩著、李宝恒译《我的一生和我的观点》，商务印书馆，1979年。

其寓意是：“只要某个概念是可以决定的就运用它，而不管它在某个特殊事例上能否应用。”这一原则实际上已充分体现出了玻恩的经验论的立场，明确认为理论所使用的概念的意义应该是有经验基础的，并且在经验上是可以确定的。

可决定性原则在相对论和量子力学中的运用说明了它的力量和内容的丰富性。

当爱因斯坦在动体的电动力学和光学中遇到显然不可克服的困难时，他发现这些困难可以归结为这样的假设：在不同地点所发生的各种事件的同时性具有绝对意义。他证明事实并非如此，原因是用作传递信号的光速是有限的，我们借助于物理手段，只能证实关于一个惯性系的相对同时性。这观念导致了狭义相对论以及新的时空学说。康德的作为直观先验形式的时空观念被否定了。

在广义相对论中，可决定性原则再次得到了运用。爱因斯坦注意到了实验上已经完全证实了的事实：在一个引力场中，所有物体的加速度是相等的，和物体质量无关。因此处在一个封闭箱子中的观察者不能确定与这个箱子相关的一个物体的加速度是由于有引力场呢，还是由于箱子在相反方向上的加速度。从这简单的论据出发，他发展了广义相对论的庞大结构。

可决定性原则在量子力学领域的作用也同样之大。玻尔关于原子中电子轨道运动的理论，经过一个辉煌期后，陷入了困境，对氢以后元素的研究难以展示其有效性。海森伯发现这个理论是用根本不可能观察到的量（有固定大小和周期的电子轨道）建立的。因此他就大体拟定了一个新理论，新的理论只运用一些其正确性在经验上是可决定的概念，如可观察到的原子辐射谱线的频率和强度这些可以测量的量。新的理论废除了康德的另一个先验范畴：因果性，量子力学不是决定性的而是统计性的。

如将可决定性原则放在哥本哈根学派的环境之中去考察，其意义就更加明显。

哥本哈根学派的科学家们体会到：“一部物理学发展的历史，不只是一本单纯的实验发现的流水账，它同时还伴随着概念的发展，或者概念的引进。……正是概念的不确定性迫使物理学家着手研究哲学问题”。

为什么哥本哈根学派如此强烈地受概念不确定性的困扰呢？根源就是哥本哈根学派研究的是微观原子世界的规律。原子看不见、摸不到，不可能通过人们的感官直接形成思维图景，因而就可能出现这

种情况：人们日常生活、经验中的语言和概念不能够或不足以用来描写原子内部发生的过程，而又硬要把日常语言和经典概念始终一致地应用于原子的描述上。这样困难就无法避免了。玻尔就说：“观察能用经典物理学的概念来描写，这几乎是实验的本质。这就是量子论的整个悖论，我们一方面建立起和经典物理学定律不同的定律；另一方面，每当我们做观察时或做测量、照相时，我们又毫无保留地使用经典物理学的概念。”也就是说：“我们缺乏语言，以至于我们不能说什么为上，什么是下。”

在这种情形下，玻恩提出可决定性原则是十分自然的，可决定性原则在这种情形下也一定会大有用武之地。它可以帮助人们确定新的概念，“然后新的概念就不自觉地沉入思维之中。找到合适的名字，被吸收到人类的一般知识之中。在量子理论里，我们只是处在这个过程的开端。”

玻恩曾将可决定性原则与玻尔的号称哥本哈根精神的互补原理并称为两种新的思维方法，足见他是十分重视这一原则的。在物理学未来的发展过程中，我们相信肯定还会出现与量子力学创立时相似的情形，那么我们有可决定性的指导就可以大胆研究而少走许多弯路。

在 20 世纪群星辉映的物理世界，玻恩虽不像爱因斯坦和玻尔那样如日中天，但其为人谦逊平和正直，深受人们的爱戴。N·维纳说：“在所有的学者中，他（玻恩）是最谦恭不过的了。他在 1954 年才获得诺贝尔奖，那是在他训练好别人，准备让他们从事使他们获得诺贝尔奖的工作之后。”

随着时间的推移，玻恩的人格魅力，将会令更多的人为之倾倒。

封面照片说明

这是美国航天航空局计划于 2010 年发射的空间望远镜 NGST，用于探索从“大爆炸”后 1 亿~ 50 亿年之间的“观测暗区”和更为遥远的宇宙时空。其主镜片的直径为 6 米，比“哈勃”空间望远镜的主镜片宽 2.5 倍，可以探测到的物体比“哈勃”空间望远镜探测到的物体暗 400 倍。NGST 将携带 1 台近红外摄像机、1 台近红外光谱摄制仪和 1 台组合式中红外摄像机与光谱摄制仪。该望远镜计划被送至地球与太阳之间，它的遮光罩可以遮挡太阳光和地球红外辐射，以保证望远镜正常工作。

（李博文）

现代物理知识