

量子理论在自然科学中的扩展 和对社会科学的影响

杨兆华

(山东泰山学院物理系 泰安 271000)



刚刚过去的 20 世纪可以说是物理学中量子理论对人类文化及人类社会产生空前影响的世纪。具体表现是,量子力学首先在物理学的其他领域产生革命性影响,又扩展到了化学、生物学等领域,进而又影响了哲学社会科学,影响人们的思想和认知观念。

量子观念刚刚诞生就对黑体辐射、光电效应、氢原子光谱等问题的解决显示出了独特能力。1928 年,那时奇妙的微观世界才刚刚展示它的底蕴,人们只知道两个粒子(质子和电子),但量子理论却非常成功地解答了一连串的物理之谜,使人们终于正确地掌握了氢原子和氢分子的形成,隧道效应也开始帮助人们了解放射性核的衰变。不久,量子场论初步建立之后,又成功揭示了各种粒子相互作用和相互作用转化的规律。

20 世纪 40 年代,发展了重整化方法,部分地克服了发散困难。50 年代以后,又发展起来一种非线性场论——规范场理论。按照量子场论的方法,研究带电粒子与电磁场之间相互作用的量子电动力学由于重整化技术的发展,已成为最精密理论之一。

60 年代,科学家提出统一描绘电磁相互作用和弱相互作用的规范理论,称为电弱相互作用统一理论。这一理论预言了中间玻色子的存在和它们的质量。于 1983 年实验证实了中间玻色子 W^+ 、 W^- 和 Z^0 的存在,测出了它们的质量,在实验误差范围内跟理论预言符合得相当好。

70 年代,建立了描述强相互作用的理论,即量子色动力学。这一理论认为,将层子、反层子结合成强子的强相互作用是由胶子所带色荷产生的,由对应于 8 种胶子场的 8 种胶子所传递。量子色动力学成功地反映了强相互作用的重要特性,但对于研究

强子的内部结构等问题还有困难,很难给出可以和实验相比较的、准确的结果。量子色动力

学是否是正确的关于强相互作用的基本理论,还有待于今后长期、艰巨的研究。现在把电弱统一理论和量子色动力学统称为标准模型理论。直到今天,实验上还没有发现与标准模型理论有矛盾之处,因此可以说,标准模型理论是十分成功的。

北京大学教授曾谨言先生指出,没有量子理论的建立,就没有人类的近代文明(洪德[Friedrich Hund]著《量子理论的发展》中译本序言)。曾先生的上述论断非常正确。量子理论一个世纪以来不但为物理学的发展做出巨大贡献,还被广泛用于化学、生物学领域以及哲学、社会科学领域。

量子理论不断地向自然科学的各个领域进行广泛的渗透,形成了许多交叉学科,诸如量子化学、量子生物学等。在量子力学出现之前,物理学和化学是截然分开的两门科学。只有在量子力学建立后,两者才找到了统一的理论基础——例如元素的物理和化学性质的周期性和化学键的本质等。

量子化学是应用量子力学的规律和方法来处理和研究化学问题的一门学科。主要内容有化学键理论、分子间作用力、分子结构与性能关系的理论阐明等。

量子生物学是量子力学作为工具在生物学问题上的应用,是从电子水平研究生物现象的一门新型学科,从研究方法上来看,量子生物学运用了几乎所有的量子物理方法。1945 年,法国的帕尔玛(Pull-

管理,是过去 25 年来对经济学的最大贡献之一。而布莱克原是哈佛大学物理系毕业生,莫顿原是加利福尼亚工学院电机系毕业生。

关于物理学理论的可延拓性,过去大多强调的

是其思维模式、方法论和工作语言等,而且主要针对工程科学而言。其实,物理学理论一些具体内容对社会科学尤其是经济学的辐射作用,也同样值得高度重视。

man)、都德(Daudel)等人开始了多环芳烃致癌物质的量子力学研究。50年代里,用量子化学的简单休克尔理论(HMO)研究大量的共轭生物分子。进入60年代,由于分子生物学的飞速发展,又由于精确的量子化学计算方法的发展和电子计算机的进展。使得相当多的具有生物活性的有机分子的定量处理成为可能。人们进行了大分子构象、酶作用机制、核酸和蛋白质的结构与功能、药物分子的结构与活性以及突变等方面的研究。

量子理论在哲学、社会科学方面的影响巨大而广泛。比如,20世纪初期以来,非决定论的思想在西方的哲学和历史学领域产生的影响深刻而持久,就与量子理论有直接关系。当代著名科学哲学家卡尔·波普尔曾明确指出,当代自然科学中流行的非决定论主要是量子力学中的哥本哈根学派的著名科学家海森伯确立的不确定原理支撑起来的,而自然科学中的非决定论又对社会科学界中的非决定论提供了似乎更加有力的科学依据。《丰塔纳近代思想辞典》的作者指出,近代以来,因果决定论遭到的最严重非难是“量子物理学家的主要学派观点的非难。该学派的观点认为,自然界的根本规律不是因果决定论性质的,亚原子层次的现象只能用统计概率来确定。”我国著名比较历史学家庞卓恒也在其所著《比较史学》一书中指出,20世纪以来非决定论流行的科学革命背景“首先是微观物理学,特别是量子力学的背景”,“是量子力学的那些杰出的开创者们把不确定性当作定理确定下来,从而对经典力学和几乎整个经典自然科学确认的决定论原则提出了否定,从而促使许多当代著名的自然科学家相信自然界的各种现象本身并不存在因果必然性的规律,人们只能用概率或统计规律去大致地把握自然现象的某些可能的趋势或出现频率”;20世纪以来,特别是经历了第一次和第二次世界大战以后,西方历史学和历史哲学发生的巨大变迁,原因亦在于此。

应该指出的是,社会科学领域中流行的非决定论思想,已经发展了海森伯的原有理论。比如,海森伯曾说过,“单个微观客体的运动,虽然不服从决定论规律,但大量微观客体的系综,或单个微观客体的波函数,仍服从决定论规律”(海森伯《物理学和哲学》)。但是,海森伯在揭示和指明人类本身的认识能力局限和可能产生的误区上,确有重要而深远的意义。如玻尔所指出的,“尽管一直都很清楚,能量和其他不变量只有对于孤立体系才能严格地定义,

但是,海森伯的分析却揭示了原子体系的态在任何观察过程中会在多大程度上受到和测量工具间不可避免的相互作用的影响”(玻尔《原子物理学和人类知识论文续编》93页)。海森伯测不准关系理论的得出,虽然出发点是自然科学领域的,但它的成功却是所有科学领域都可分享、利用并发展的。

玻尔的互补原理,基于测不准关系,是对测不准关系的一种解释。玻尔在后期扩大了互补原理的应用范围。应用于生物学,提出了机械论和生机论互补的观点。玻尔的弟子中有人认为,社会科学中也有互补现象广泛存在。比如,认识论中,主体和客体二者互斥,但也互补。据说,玻尔在评论吉布斯的一部著作时曾风趣地说:“当一个人彻底精通了一个课题时,他就会把自己的著作写得谁也读不懂。”

在经典物理学中,总是假定研究的对象不受观察过程,即获得信息的过程,而改变整个经典力学的理论方法就是奠定在这一假设基础上的。然而,在认识微观世界的内部规律时,如果不对研究对象干预,想仅从外部观察,是绝难办到的。如果不进行受控实验、不去进行控制,就不能获得微观世界内部的信息。微观世界的每一性质,只有在特定的控制过程中才能显示出来。因此,在建立描述微观世界物质运动规律的理论时,要在理论上作经典物理那样的假定,把控制条件这一重要因素排除在外,那将是肯定行不通的。

获得微观世界信息的过程依赖于受控实验,而受控实验又意味着通过宏观物体(或仪器)对它们作用(特定的控制作用)来获得信息——量子理论的经典作家们指出此点,其意义已远远超出了自然科学领域本身,对指导哲学、社会科学的深入研究,对于人们修正“真理”与“常识”方面的意义不可低估。为什么20世纪以来改头换面的专制主义曾以不同形式出现?就是因为人们过于相信在此基础上形成的貌似正确的理论。长期以来,在所谓的科学主义的鼓噪下,人们一直认为会彻底穷尽真理,而从未考虑到人本身就受制于“市场”“剧场”“洞穴”“种族”(法兰西斯·培根语)的情况。相比之下,量子理论家们的非连续观点、测不准理论和互补思想,要比貌似科学的因果论、决定论更深刻。量子力学的理论一方面告诉人们,客体和主体相互作用,观察是受控性的观察;另一方面它还指出,在客体世界中,如果没有相互作用就不会有物质(前苏联学者库兹涅佐夫在《古代物理学、经典物理学和量子物理学中的相对性

伽耳顿板实验的演示与新解释

黄沛天

(江西师范大学物理系 南昌 330027)

如何揭开混沌现象神秘的面纱,让中学物理教师、大学生乃至高中学生也能对它有个适当而又较准确的了解,是基础物理教学内容现代化进程中所必须面对的一个实际问题。

混沌之父洛伦兹在其《混沌的本质》一书中,除了介绍沿雪坡滑行、树叶的飘落和飘扬的旗帜等一些生动的例子之外,还用一种弹球游戏器(20世纪50年代在国内街头市面也曾流行过此类游戏器)中弹球的行为来图解混沌。如图1所示,带锯齿的曲线代表两个以几乎相同速度出发的弹球的球心轨迹。球径可由槽针和球路急转点的距离来判断。图1展示了两个弹球先后与第一个槽针相

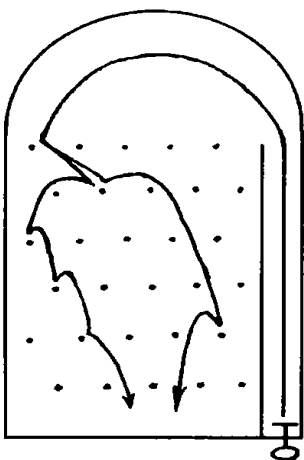


图1 弹球器(黑圆点为槽针)

碰时的状态微小差别在经历了与其他槽针的多次碰撞之后演变为大相径庭的情况。尽管单个弹球在弹球器内的行为是由动力学规律决定的,但它们最后落至底部的哪个位置却呈现出某种随机性。人们称它为假随机性,也就是混沌图像。

受弹球游戏器的启发,我们可以联想到伽耳顿板(如图2所示)。在一块竖直木板的上部规则地钉上许多铁钉,木板的下部用竖直的隔板隔成许多等宽的狭槽。从板顶漏斗形的入口处可以投入小球。板前覆盖玻璃,以使小球留在狭槽内。如果从入口处投入一个小球,则小球在下落过程中先后与许多铁钉发生碰撞,最后落入

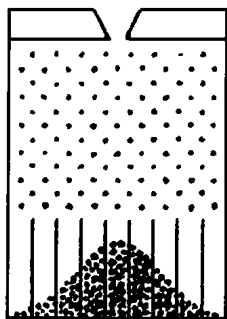


图2 伽耳顿板

原理》一书描述量子理论中的有关观点时曾指出,假如没有相互作用,也就不会有粒子质量和粒子本身)。以上诸多问题,应该引起社会科学工作者的重

某一狭槽,但落入哪个狭槽却是随机的。

按照惯例,伽耳顿板实验通常被用来演示和说明当大量的小球从漏口投入板盒内时,小球按狭槽分布的情况遵循某种统计规律性:在中央的槽内小球分布得最多,在离中央越远的槽内小球越少。然而,伽耳顿板实验的内涵远不止这些。如果把伽耳顿板盒内单个小球的行为与弹球器内弹球的行为相对照,就会发觉:其行为方式完全一样。由此可见,伽耳顿板盒内单个小球的行为就是混沌现象。

假随机性(或混沌)通常又被称做非线性动力学系统的行为对初始条件依赖的敏感性。比如两个落入伽耳顿板盒内的小球,其大相径庭的行为正是对漏口处初始条件依赖的敏感性的体现。而这些稍微不同且又引起敏感性的初始条件,其“些微差别”就在于:小球是正对着漏口中心掉入呢?还是稍微偏左或稍微偏右?这就表明:“初始条件”本身也呈现出一种由瞄准偏差导致的随机性,而这种随机性才是真随机性。

为什么说前者(小球在板盒内的行为)是混沌(或假随机性),而后者(小球在漏口处的行为)是真随机性呢?这是因为板盒内小球每次与铁钉的碰撞行为都依次与决定论相关,而每个被投小球在漏口处“或正或偏”的行为都是人为的(互不影响的)。

为了帮助读者顺利识别混沌与真随机性,这里谨引朱照宣先生的一段具有判据意义的陈述(见《力学与实践》杂志1985年第4期“什么是混沌”一文):“如果说混沌和随机性有什么差别,那么只是混沌解在短期内可预测而在长期内则不可预测,而真正随机过程即使在短期也不可预测。”或者说,混沌须有滋长过程,而真随机性则是立即呈现。

只有把握了真假随机性的主要特点(即是否具有一定的滋长过程),才能较为准确地了解和认识混沌。但愿伽耳顿板这个简易的小实验能帮助你顺利地实现这一目标。

视;同时,也应该进一步引起我们自然科学工作者重视,因为修正“真理”、改变“常识”,在很多情况下首先应该是我们的责任。