

混沌——自然界中的一种普遍运动形式

崔英敏

(河北工业大学 天津 300130)

科学家的天职就是探索大自然的规律。几个世纪以来,物理学家坚持不懈地研究大自然中物质运动的规律,取得了一系列辉煌成就,构筑了接近完美的物理学大厦。很长一段时间物理学界认为“只要给我初始条件,我就可以决定未来的一切”。因为经典力学中的基本规律都是确定的,即使初始条件有

紧密地工作在国家实验室。现在,这样的情况已经发生,但是我们远没有看到足够的成果。

对大学物理学家另一个可能性是斯坦福直线加速器中心(SLAC)的猎户星座(Orion)计划。一台带有强大的基础设施的设备已经设立在SLAC,这些设备让那些需要电子束和激光的先进加速器想法的大学都用来做实验,虽然他们自己拥有的资源都有限。

Orion 和 MC 带有宽松的区域性色彩。下面两个例子在地理范围说更全球化了:全世界的电子-正电子“直线对撞机”现在已经彻底竞争化了。参与竞争的分别基于欧洲、日本和美国3家。每家都是以一个国家或区域性国际实验室为基础,但也都包括了来自其他国家或区域的合作者。由于全球化合作竞争本性,参加者都自愿作出了显著的成绩,这样,彼此可以进行详细比较。正因为这样,所有的概念都已比早期有了巨大进步。

每家直线对撞机合作组如今为显示其特色都设计了检验设备。世界粒子物理团体也已逐步形成了共识,即提出 e^+e^- 直线对撞机计划的3家中只有一台直线对撞机将最终实现,并认为区域内合作对研发、设计、筹集资金甚至运行的最终发展过程将是实质性的。出于这一理解,如果世界投资人要做那种计划的话,他们自己应在选取最好概念、把尚未决定的留给某些国际行政的最后选点方面采取主动。这问题依赖于国际物理团体的未来打算以及我们对现在提出物理学问题从事研究的最好方式的认知。

我们的最后一个例子是全球加速器网络的概念。到了只有极少数几个足够大的前沿设备来研究物理世界的最终性质时代,这种冒险的文化利益如

一定误差,只要误差足够小,未来的所有发展情况也可以基本确定地给出。但后来研究发现实际的情况并不完全是这样,在确定论系统中,相空间轨道有可能呈现高度不稳定性,随着时间的发展,相邻的相空间轨道之间的距离可能按指数规律增大,初始条件的任何微小的扰动都会在未来的发展中引发出迥然

何能广泛分享呢?包含在全球加速器网络中的这种先见之明将为当前横跨全球的有关的研究院、所创造一种手段,让他们就在本地概念、研发、建造甚至运行这些极少数的几个设备进行积极分享,而不论实际的设备究竟安置于何处。

实现那样的先见之明无论在技术上还是在社会上都将复杂的。无疑,后者因素超过前者。未来加速器国际委员会(ICFA),一个为时甚久的世界团体组织,已开始从事这一挑战并组成了国际工作组处理此事。当某一个很强的国家中心提出一个新的较大的前沿设备建议时,这一先见之明的生命力不久便会获得足够的检验。

如果我们要让基于加速器的粒子物理学继续前进,我们就必须在加速器技术发展方面投入多得多的努力,并特别要强调经济方面的要求。面对更高对撞能量以及更高亮度的双重要求,这些努力可能不足以使新设备保持不变的价格。为了取得必要的智力和财政资源以保持发展,似乎需要在资源管理和合作方面空前范围上的社会合作。

现在在这方向上已迈出了重要的步子。例如,对中微子工厂和 μ 子对撞的可能性有兴趣的国际物理学家已开始有效地组织起来,而各种各样的电子-正电子直线对撞机建议者也已建立了实在的国际合作和协作。虽然至关重要的步子尚未迈出,但这一步却是现在所需要的,即在世界范围内给各个合作项目设置优先级。但这需要相当的勇气和洞察力。

蒂格纳在这里讨论的加速器是指像LHC那一类超大型加速器的研发,对于中小型粒子加速器,问题当然要简单得多。

不同的后果。

一、神奇的混沌现象

1. 蝴蝶效应

1963 年的一个早上,为了躲避那台陈旧的计算机的噪音,气象工作者爱德华·洛伦兹来到麻省理工学院(MIT)的咖啡馆里一边品尝咖啡,一边煞费脑筋地思索用计算机处理简单天气预报时遇到的问题。一天,洛伦兹将 0.506 作为初始值输入计算机后,发生了匪夷所思的事,计算所得的天气预报结果与前一天得出的大相径庭,究竟是什么地方出错了呢?聪明的洛伦兹马上就得出了正确的结论:计算机自己运行时所使用的初值精确到小数点后 6 位,而洛伦兹输入的值只有 3 个小数。就是说精确值应该是 0.506127,而不是 0.506! 这万分之一的误差很快就使天气预报变得一片混乱。

2. 湍流

1974 年,宾西法尼亚州哈佛福特学院的杰里·哥卢布和德克萨斯大学的哈里·斯温尼试图测量某一点的液体流动速度。实验器材是套叠在一起的两个网球罐(一个较小的圆筒套在一个较大的圆筒中,之间注入液体,两圆筒均可自由旋转而无任何干扰,转动时会带动其内液体围绕它一起旋转)。他们惊奇地发现:当转速小时液体流动平稳;当转速超过一定临界数值后,流速开始周期性的震荡,先是以一种频率,而后第二种频率加了进来,之后流速并没有按照预期出现第三种震荡,而是突然出现了持续的紊乱状态。

3. 著名的贝洛索夫-扎鲍廷斯基反应

1958 年,前苏联化学家贝洛索夫提出,将柠檬酸、硫酸、溴酸钾和少量的铈盐混合在一起,溶液的颜色会以确定的频率在黄色与无色之间互换。几年后,扎鲍廷斯基也演示了这个实验并对反应条件作了些修改,使体系的颜色在蓝色与红色之间变化。如果提高试剂的流入量,两种颜色间的转换节奏就会变快,但节奏加快到一定的数值后,颜色的变化就没有任何规律了。

为什么天气变化存在着不可预测性,液体在从层流向湍流转化过程中存在着哪些中间步骤,有序与无序之间究竟又有怎样的联系?类似的还有许多复杂的问题使人们预感到,在这些深奥的问题的背后极可能隐藏着大自然更深一层的规律。的确,这就是后来被人们称作确定论系统中的内在随机性现象——混沌。

二、混沌的起源与发展

早在公元前 560 年左右,中国古代思想家老子就有了关于“道可道非常道”之说,并初步提出了关于宇宙起源于混沌的哲学思想。公元前 450 年左右,中国古代哲学家庄子也曾说过“南海之帝为倏。北海之帝为忽。中央之帝为混沌”。古希腊的宇宙观中,混沌是宇宙的原始虚空,也是死者居住的地下世界。如果说这些只是一种混沌态的早期朦胧意识,那么本世纪初遇到的力学无法精确处理的“三体问题”;1903 年数学家庞加莱在《科学与方法》一书中把动力学系统和拓扑学两大领域结合起来指出了混沌存在的可能性;1963 年洛伦兹发现一个确定的含有 3 个变量的自治方程却能导出混沌解,说明原则上不可能做出精确的天气预报,则是真正拉开了人类对混沌研究的序幕。

三、揭开混沌系统神秘面纱的奇怪吸引子

从 20 世纪 60 年代开始,科学家们在各个领域、学科上出现的未解之谜的不懈探索,使混沌科学得到了迅猛的发展,混沌系统的有序的一面也逐渐地呈现在人们面前。他们发现:如果将混沌图形放到所谓的“相空间”中,则其轨迹好像是被相空间的某部分吸引着,且从这个部分附近出发的任何点都逐渐趋近于它,人们后来称之为“奇怪吸引子”(如图 1)。研究表明这种奇怪吸引子是相空间中无穷多个点的集合,这些点对应于系统的混沌状态,具有无限嵌套层次的自相似几何结构,且集稳定性、低维性、非周期性、对初始条件的敏感依赖等特性为一体。通过绘制奇怪吸引子的图表,并用李雅普诺夫指数描述非线性程度(如果李雅普诺夫指数值较小,说明系统的变化速度比较慢;反之,则说明无法对系统作出预测,因为微小的误差会以最快的速度被扩大),

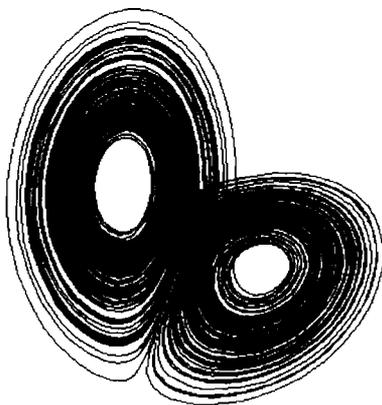


图 1 著名的奇怪吸引子——洛伦兹吸引子

谈谈自由电子激光

郑好望 任文辉 肖胜利

(西安通信学院数理教研室 西安 710106)

近年来,随着科学技术的快速发展和人民生活水平的不断提高,以激光器为基础的激光技术已被广泛用于工业生产、通讯、信息处理、医疗卫生、军事、文化教育以及科学研究等各个领域,成为日常生活中不可缺少的一部分。然而,对于新型激光——自由电子激光,人们却知之甚少,下面笔者就此问题作一简要介绍。

1. 自由电子激光及其特点

激光(Laser)是受激辐射光放大的简称。普通激光是以一些固体或气体物质(如红宝石、二氧化碳气体等)为工作媒质,光发射机理基于工作媒质中受原子或分子束缚的电子能级的跃迁;而自由电子激光(Free Electron Laser 简称 FEL)是以自由电子为工作媒质的光受激辐射,在特定含义上是指相对论性自由电子束通过一横向周期变化磁场时,产生的光波受激振荡或受激放大。广义地讲,凡利用自由电子与电磁波相互作用所产生的从微波到 X 射线的受激辐射,均称为自由电子激光。

自由电子激光的概念是梅第(John Maday) 1971

年提出的,1976 年梅第和他的同事们实现了远红外“自由电子激光”,观察到了 10.6 μm 波长的光放大,并于 1977 年完成了 FEL 的自激振荡实验,他们的实验预示着一一种新光源的出现。初步研究表明,自由电子激光具有一系列已有的其他光源无法代替的优点:1、工作频率连续可调,其频谱可以从远红外到硬 X 射线;2、峰值功率和平均功率高且可调;3、相干性好且高度偏振;4、具有 Ps 脉冲的时间结构,且时间结构可控等。

自由电子激光器一般由电子束注入器(电子加速器)、横向磁场分量沿轴向周期变化的磁场、光学谐振腔等 3 部分组成,根据工作机理的差别,自由电子激光器大体分为康普顿型和拉曼型,前者注入的电子束能量较高,流强较弱,后者能量较低,流强较强,其光的受激辐射主要靠电荷密度波。

2. 自由电子激光的发展进程及其应用

自由电子激光无可比拟的优点使它在科学、军事和国民经济等方面都有着极其广泛的应用前景。美国在 1983 年 3 月提出的“星球大战”计划中,研究建立以定向能武器(包括化学激光器、自由电子激光器、粒子束武器及 X 射线激光器)为方案的战略防御体系,并在几年内投资数亿美元,使 FEL 取得了很大的进展,到 1985 年 FEL 最高峰值功率已达到 1GW;美国海军多年来也一直在参与开发定向能武器,并且对利用 FEL 激光器保护舰船对付巡航导弹

描述这种混沌系统行为的大量数据信息就会为人们所了解。

四、我们周围的混沌世界

现实的世界是一个有序与无序相伴、确定性和随机性统一的世界,在生物学、地质学、天文学研究范围之间的相互作用远比物理学中复杂得多。世界上成千上万物种的数量受到食物、天敌、气候、环境、疾病等众多因素的影响。例如不经意放到澳大利亚的几只兔子,数十年后爆炸式地繁殖到无法控制的地步。生物群落的个体树木随时代的变化,其他物种如恐龙的突然灭绝都是生物界混沌现象的一种体现。地壳运动和地震孕育系统中同样也存在着混沌。银河系的形体在光滑而稳定的引力场中所做的高速运动以及在漩涡系引力场中的天体都具有混沌轨道。

在日常生活中,混沌行为更是遍及空间的各个

角落。烟囱排出的袅袅涡卷的烟纹、风中树枝的前后摆动、自来水管的滴水花样在稳态与随机之间的变动、有节奏的心跳进入混沌状态后会导致心室颤动、交易所莫测的股票涨跌等等,所有的这一切都使人们认识到:我们周围的世界是一个复杂纷纭的世界,混沌则是处于其中的一种普遍运动形式,而“在中国一只蝴蝶轻轻地扇动一下翅膀,可能会引起大洋彼岸一阵飓风”之说也并非耸人听闻。

作者简介

崔英敏 1977 年 11 月出生,河北省沙河市人。2000 年毕业于河北工业大学应用物理系获学士学位,现在该校液晶物理专业攻读硕士学位,师从杨国琛教授,主要从事液晶蓝相研究。

