

谈谈非线性科学

姚庚新

(江苏沭阳张圩中学 223600)

众所周知,线性和非线性本来是数学语言.线性关系是指事物因果数量关系可在平面直角坐标系上用一条直线形象地表示出来.自然界中,线性现象(过程)是指那些在时间、空间上光滑规则运动的现象(过程),这种过程是确定性的、可逆的.描述物体运动规律的理论基础——牛顿力学中的运动方程(牛二律)是线性的;描述电磁现象的基本规律——麦克斯韦方程是线性的;描述微观粒子运动状态的基本定律——薛定谔方程也是线性的……可以毫不夸张地说,线性现象及数学处理模型是整个中学乃至大学物理教学的主要内容和研究手段.

非线性科学是研究那些不是线性的(即非线性的)自然现象(也包括社会现象)和数学处理系统的学科.其实,自然界中存在着大量的非线性现象(过程).分子热运动,流体旋涡,布朗运动,电子云,天气变化(如气压、气流、气温、降水、阴晴、台风、龙卷风等),地震,机械零部件及整体断裂(如船体、机身),潮汐起落,孤立波,湍流,脑电波与脑思维过程,梦幻,某些遗传疾病的发生,生物种群增殖,昆虫与其天敌的涨消,化学反应动态过程等等都存在着(或含有)非线性现象(过程),社会生活中的股市涨跌,价格波动,军备竞赛,人口流动等现象也是非线性的.

非线性现象(过程)是指那些运动位置不确定的,随机的,或突变的,不可逆的自然现象和社会现象.这类普遍存在的非线性现象(过程)都是非线性科学研究的对象.非线性现象一般具有非平衡性、非线性、突变性、多尺度性、自组织性、自相似性、有序性和随机性等属性.事实上,非线性科学自古以来就有,只是人们过去没有充分重视它,没有明确认识它.譬如,牛顿力学中虽研究给出了简单的非线性关系——宇宙引力定律,但力与速度较复杂的非线性关系当

时却没能深入研究.随着社会生产力的不断发展,针对普遍存在的非线性现象,面对大量提出的非线性问题,本世纪70年代初,由大批数理科学家、气象学家、生物学家和地震学家创立并逐步发展了现代非线性科学.

现代非线性科学理论包括哪些呢?①耗散结构理论②混沌动力学理论③突变理论④分形理论⑤协同学及它们相应的数学处理系统.

耗散结构理论主要从热力学角度分析由无序产生有序结构的原则、条件及动力学计算方法.无序度的量度——熵是这个理论的核心概念,自组织行为是耗散结构理论研究的对象.所谓自组织是指内部具有一定功能的开放系统远离平衡态时,因其定态的失稳,在系统内部涨落的驱动下转变为稳定的时间、空间或功能结构的过程.贝纳德效应就是一种简单的自组织现象.其实,一切有机体(包括人本身)的演化乃至整个人类社会的不断进化过程都是一个复杂的自组织过程.

混沌动力学理论主要研究混沌现象(如湍流、脑电波、气流洋流运动、生物种群增殖、股市涨跌、价格波动等)的特征,无序中的有序规则,以及通往混沌的行为,并建立相应的数学计算系统.奇怪吸引子、分维、倍周期分岔、随机行为是混沌理论常用的术语.气象学家洛仑兹提出的著名的蝴蝶效应是一类对初始条件极为敏感的复杂运动形式——混沌现象的形象描绘.

突变理论是研究诸如地震、火山爆发,机械零部件与整体断裂等突变、突发事件的不稳定性条件及突变机制.社会生活中的交通事故、军事政变等也是突变理论研究的范围.突变理论需要艰深的数学基础.目前这种理论的应用还处在初始探索阶段.

分形理论研究自相似性.自相似性是指不规则形体的局部形态相似于整体形态,换句话说,从整体中取出局部能够体现整体的基本特征.自然分形、生物分形、思维分形、社会分形、时间分形等等都是分形理论的研究领域.定义与确定研究对象的分数维及其测算方法是分形理论关注、研究的焦点.

现代物理的“距离”观

朱世豹

(苏州轻工研究所 215005)

距离,这个在日常生活和科学技术中使用频率较高的概念,它涉及到物体大小、相距远近、运动位移等,其量纲是长度,在SI制中的单位是米(m).

现代物理涉及的距离范围为 $10^{-35}\text{m} \sim 10^{26}\text{m}$, 当今技术可观测的距离范围约为 $10^{-19}\text{m} \sim 10^{24}\text{m}$.

从哲学、文化和历史看,距离,它与价值、伦理等观念颇为相像——它们都随社会生产力的发展不断修正自身而日趋完善.“纵观”距离,在我们眼前重现一部物理学的发展简史;而“横观”距离,则触及到与物理学密切相关的数学、宇宙学及生物学等领域.如此分析会把“距离”涂上一层奇特而朦胧的色彩.

经典力学中,距离是直线线段或是具有方向性的矢量的长度.

在三维空间中,A、B 两点间的距离 r 为:

$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

式中, (x_1, y_1, z_1) 与 (x_2, y_2, z_2) 分别为 A 和 B 点的坐标.

力学中,位移对时间的导数和二阶导数构成了速度和加速度的定义.力的大小与物质间或电荷间的距离平方成反比,这是万有引力或库仑力的基本特征.

协同学主要从动力学角度阐述自组织、自适应行为形成的机制.

实际上,介于自然科学和社会科学之间的交叉学科——信息论、控制论、系统论、系统工程等基本上也属非线性学科.可以这样说,非线性科学是一门汇总各交叉学科研究的“集成”学科,它是关于体系总体演化过程及其本质的一门新理论科学,也是涉及自然、社会各个领域的

狭义相对论认为距离的测量与参考系有关.

狭义相对论中的四维空间间隔 δS ,表示两事件在闵可夫斯基空间的距离:

$$\delta S^2 = \delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2 - c^2 \delta t^2$$

式中: $\delta x, \delta y, \delta z$ 为空间坐标间隔, δt 为时间间隔, c 为光速.时间作为空时的第四维出现.

相对论中,与“钟慢”对应的便是所谓“尺缩”——长度收缩,即物体沿运动方向的长度 l 比其静止时的长度 l_0 要短:

$$l = r^{-1} l_0$$

式中: $r^{-1} = \sqrt{1 - v^2 / c^2}$ 为收缩因子,其中 v 为尺子的运动速度, c 为光速.

长度收缩效应是一个普遍的时空性质,它与物体的具体组成和结构无关.当 v 接近光速,这种收缩效应就变得显著.

我们容易想象,球面上两点间的距离可用连接它们的大圆弧长度表示.对任意曲面,情况就复杂得多,要用黎曼几何处理,距离呈现弯曲特性,例如所谓测地线,便是沿一条曲线长度为极值之线.广义相对论推论,空间弯曲的性质是由物质的分布及其运动决定的.星光经过大质量的太阳近旁,会产生 $1.75''$ 的偏转角的预言已被证实.空间某点弯曲的程度用黎曼曲率张量作定量表述(张量是矢量和矩阵概念的推广,有 n^r 个分量, n 为空间维数, r 为张量的阶, $r=0$ 即标量, $r=1$ 即矢量).一般来说,对于弯曲空间,只要我们知道任意两点间的最短距离,就可以精确得出表面是如何弯曲的.引力场扭曲了时空.

应用广义相对论可以计算出引力场——时空中的间隔(ds)的公式:

一门应用科学.

当前,世界范围内对非线性问题的研究正方兴未艾,异军突起.可以相信,随着非线性科学的迅猛发展,人类对客观世界的认识必将提高到一个崭新的层次.透过它,人们可看到一个演化的、开放的、复杂的、更接近真实的世界图景;应用它,人类将从自由王国向必然王国迈进一大步.