

# 波动力学的创立者——薛定谔

沈 亚 先

奥地利物理学家欧文·薛定谔于1887年8月12日诞生在维也纳。父亲是一个知识渊博的企业主。薛定谔的启蒙教育是在家中进行的。他的父亲给他买显微镜等仪器，以激发他对科学的兴趣。进中学后，他不仅喜欢数学、物理，也喜欢古代语言和德国诗歌。1906—1910年，他成了维也纳大学的学生。学习之余，他是一位出色的登山运动员，又是剧院里的热心观众。

1910年，薛定谔获得了哲学博士学位。次年，他当了助教，负责学生的实验工作。

第一次世界大战期间，他在奥地利南方方面军服役，曾经是要塞炮兵军官，他抓紧点滴的空余时间，阅读专业文献。

1920年起，他在大学里担任了教授职务。先后在斯图加特大学、布雷斯劳大学，1921年起又在苏黎世大学工作了六年。他早期受玻尔兹曼理论的影响较深，从事统计理论的研究。

1924年，德布罗意提出了物质波理论，即一切微观粒子，象光一样也都具有波粒二象性。1925年11月3日，薛定谔在给爱因斯坦的信中写道：“几天前，我怀着极大的兴趣拜读了德布罗意的独创性论文，并终于掌握了它，有了这篇论文，我就第一次清楚地理解了您的论文（指爱因斯坦发表的《单原子理想气体的量子理论》等两篇论文）。”但薛定谔对德布罗意的工作感到不满足，因为它“没有从普遍性上加以说明。”正是这种对普遍规律的寻找，使薛定谔刻意创立新力学。

薛定谔最初找到的一个波动方程，当他用它去解氢原子问题时，发现结果与实验完全不符，这使他感到十分失望。不久，在苏黎世联邦工学院任教的德拜邀请薛定谔介绍德布罗意的论文，使薛定谔继续研究波动理论。在1926年1月、2月、5月和6月的《物理年鉴》上以《作为一个独立问题的量子化》为题，相继发表了四篇论文，完成了波动力学的创立工作。

在原子物理学的世界文献中薛定谔方程是属于应用最广泛的公式。玻恩赞扬薛定谔的工作说：“在理论物理学中，还有什么比他在波动力学方面最初几篇论文更出色的呢？”1926年4月普朗克在收到波动力学第一篇文章后给薛定谔写信说：“我正象一个好奇的儿童听解他久久苦思的谜语那样，聚精会神地拜读您的论文，并为在我眼前展现的美而感到高兴”。爱因斯坦也认为“薛定谔的著作的构思证实着真正的独创性”。

但是矩阵力学的创立者，对薛定谔的理论并不赞同，海森堡就提出责难说：“我越是思考薛定谔理论的物理内容，我就对它越讨厌”。薛定谔也对矩阵力学提出了批评，认为“这种超越代数的方法简直无法想象，它如果不使我拒绝的话，至少也使我气馁”。但是，薛定谔耐心地对海森堡的论文进行了深入的钻研，并在1926年4月发表了《关于海森堡-波恩-约当的量子力学与我的波动力学之间的关系》论文。在这篇论文中，薛定谔证实了矩阵力学和波动力学的等价性。

虽然薛定谔本人证明了量子现象两种解释的等价，但他和爱因斯坦一样，坚决反对承认量子论的统计解释是令人满意的和详尽无遗的。1926年9月，薛定谔应玻尔的邀请到哥本哈根讲学，并商定就原子问题展开全面的讨论。研究所内外的许多物理学家都来参加。讨论会认为，薛定谔的研究是极为重要的。但当薛定谔极力主张摒弃量子跃迁的概念，而用三维空间的限制波来代替时，话音未落，立即有六、七个物理学家大喊大叫地表示反对，争论开始了。在这一个星期里，气氛一直是激烈的。

在一次使人疲劳的长会结束后，薛定谔愁眉苦脸地说：“如果我早知道它（波的理论）会引起一场如此郑重其事的讨论的话，我宁愿永远不发现这个理论。”玻尔回答说：“我们大家可是感谢你做出了这个发现的，你在澄清量子理论上作出了许多贡献。你成功地发展了一种波动理论的方法，这种方法开拓了新的道路，对于原子物理学的大发展，肯定具有决定性的重大作用。”说完后就挽着薛定谔的手走出讲演厅，去共进丰盛的晚餐了。

1927年，薛定谔在周游美国三个月的讲学后，收到了请他在柏林大学作普朗克的继任者的建议，他接受了。

薛定谔痛恨法西斯主义，1933年，他借口科学休假自愿出国，在英国牛津大学、马格达兰学院担任了三年的客座教授和研究员。他从牛津前往斯德哥尔摩，以便领取1933年的诺贝尔物理学奖。从1936年秋天起，薛定谔在格拉茨大学任教。但是过了两年，当奥地利被希特勒德国占领后，他再一次到了英国。在邵伯林的现代科学研究院担任理论物理学院院长，一直到1955年退休。

（下转第5页）

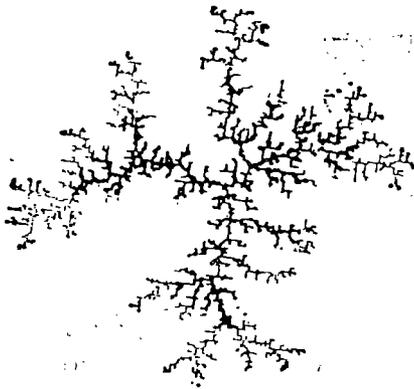


图 4

还有许多空的格点尚未被粒子占据,但是后来到达集团周围的粒子只能粘结在集团的表面而不能深入集团的内部。将它与静电学类比来看,就象在集团的表面存在着一个屏蔽场,它阻止粒子进入集团的内部。这种现象称为屏蔽效应。正是这个效应使 DLA 模型具有了与 Eden 模型不同的树枝状结构。这个现象已被日本科学家 M. Matsushita 等人在对  $ZnSO_4$  作电解的实验中得到证实。他们在实验中不仅得到了金属锌的枝状结构图,而且还观察到了屏蔽效应。图 5 中 (a), (b), (c) 和 (d) 分别对应于锌金属在 3, 5, 9 和 75 分钟时的凝聚图形。通过集团生长的演化图,我们可以看到图 (a) 中用箭头表示的两点在后来的生长过程中不再发生变化。

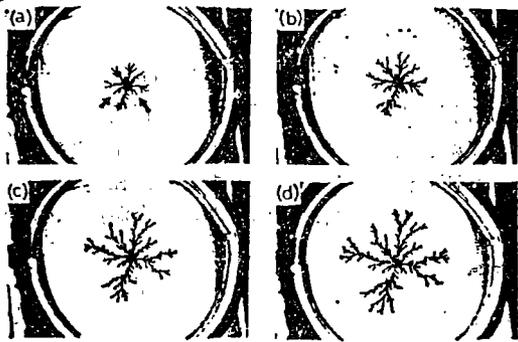


图 5

(2) 集团的结构具有分维性质。分维这个名词是法国数学家 B. Mandelbrot 引进的,它表示这样的一类物体;它们的形状是不规则的,但具有多种尺度变换下的自相似性。它们的空间维数与欧几里德的整数维数不同,而是一个分数数值。在我国,我们将这类物体称为分形体。B. Mandelbrot 对一系列分形体的性质进行了研究,它们是一些特殊的几何体、海岸线、化学中的聚合物和银河系的结构等。有兴趣的读者可参阅他的著作。对于分形体最主要的描述参数是它的豪斯道夫维数  $D$ 。我们知道,常见的固体、液体等普通物

体,它们的质量与体积之间一般具有下述关系式:

$$M = P \cdot V \sim L^d$$

其中  $L$  是物体的长度尺度,  $d$  是欧几里德维数,  $P$  是物体的密度,它一般是一个常数。但对于分形体,上述公式就改变为:

$$M \sim L^D$$

这里的  $D$  是豪斯道夫维数。利用 DLA 模型的自相似性,可以求出它的豪斯道夫维数。其结果为: 当  $d = 2$  时,  $D = 1.66 \pm 0.02$ ;  $d = 3$  时,  $D = 2.5 \pm 0.02$ 。这个结果告诉我们 DLA 模型具有分维的性质,所以通常把 DLA 模型称为分形凝聚。

(3) DLA 模型普适性质的讨论。在 DLA 模型提出以后, Witter 和 Meakin 等人不仅在二维方形点阵上进行计算,而且还将模型推广到三维立方点阵,二维三角形点阵和蜂窝状点阵上。他们的计算结果表明,DLA 集团的豪斯道夫维数  $D$  只与空间维数  $\alpha$  有关,而与点阵的结构无关。这种性质称为普适性。这个结果在当时曾引起广大物理学家与化学家的兴趣。随着研究工作的逐渐深入,1985 年 R. C. Ball, L. A. Turkevich 和 H. Scher 在理论和计算机模拟两方面工作的基础上提出,DLA 模型的豪斯道夫维数  $D$  并不是一个普适常数,它不仅与空间维数  $d$  有关,还与点阵的结构有关。集团中粒子数愈多,这种差异就愈大。因此有关集团生长的各向异性,及它与生长稳定性的关系就成为近年来研究 DLA 模型的热门课题。我们在实验与理论方面也对这个领域开展了一些工作。

从 1984 年以来,在实验领域中涌现出了一批与 DLA 模型相符合的实验结果,它们是: 金属的电解(二维三维)、表面溅射、真空气体放电、流体在粘滞液体中的流动、城市建设的规划设计等。目前在应用方面还在不断地扩大。我们相信随着人们对生长模型更深入的研究和了解,必将导致更广阔的应用前景。另一方面由于在 DLA 模型问题上的突破,使人们对长期以来一直感兴趣的生长、演化问题具有了一些新的观念。分形体的引进帮助科学家开拓了思路。近年来计算机的普及也促进了这个领域研究工作的兴旺。但总的来说,生长模型的研究目前也只是处在起步阶段,还有许多未知的问题在等待着人们去开发,去探索。

(上接第 28 页)

1956 年,这位 69 岁的老人返回自己的故乡,成为维也纳大学物理系的名誉教授。

无论是对整个科学生涯,还是个人生活,薛定谔从来不想规定一个特定的目标,也不追求任何广泛的计划。他总是难以同别人一起工作,即使同他自己的门生也是如此。他喜欢独来独往,甚至在参加布鲁塞尔索尔维会议这种场合,他也总是把他所需的东西放在背包里背着,从车站走到旅馆。

1960 年年底,薛定谔生了一场重病,刚复原不久,又得了一场重病,于 1961 年 1 月 4 日在维也纳逝世。