

德
热
纳

1991年诺贝尔物理学奖获得者

P. G. DE GENNES 著作选译 第三辑

SCALING CONCEPTS IN POLYMER PHYSICS

高分子物理学中的 标度概念

P. G. 德热纳 著 吴大诚 刘杰 朱谱新 等译

 高等教育出版社



014914509

0631.2

17



1991 年诺贝尔物理学奖获得者

P. G. DE GENNES 著作选译 第三辑

SCALING CONCEPTS IN POLYMER PHYSICS

GAOFENZI WULIXUE ZHONGDE
BIAODU GAINIAN

高分子物理学中的 标度概念

P. G. 德热纳 著 吴大诚 刘杰 朱谱新 等译



0631.2

17



北航

C1701381

002318310

图字：01-2012-5083 号

Scaling Concepts in Polymer Physics, by Pierre-Gilles de Gennes, originally published by Cornell University Press

Copyright © 1979 by Cornell University

This edition is a translation authorized by the original publisher.

图书在版编目(CIP)数据

高分子物理学中的标度概念 / (法) 德热纳著; 吴大诚等译. — 北京: 高等教育出版社, 2013.11

书名原文: Scaling concepts in polymer physics

ISBN 978-7-04-038291-4

I. ①高… II. ①德… ②吴… III. ①高聚物物理学—研究 IV. ①O631

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 200341 号

策划编辑 王 超

责任编辑 王 超

封面设计 王 洋

版式设计 余 杨

责任校对 王 雨

责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 涿州市星河印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 18.5
字 数 330 千字
插 页 1
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013 年 11 月第 1 版
印 次 2013 年 11 月第 1 次印刷
定 价 59.00 元

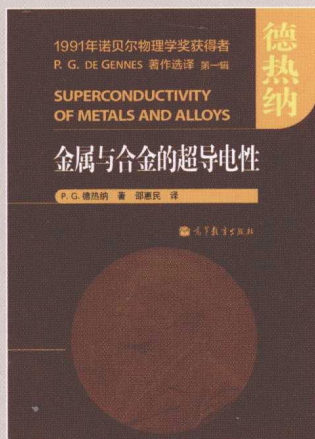
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 38291-00



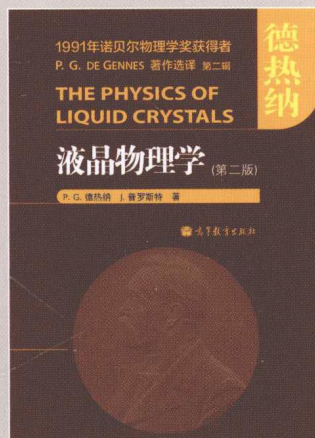
诺贝尔物理学奖获得者著作选译



《金属与合金的超导电性》

ISBN: 978-7-04-036886-4

本书是德热纳的代表作之一，对超导电性的许多重要现象和基本理论作了精辟的、富有启发性的论述。本书以第一类与第二类超导体的磁学性质的初步讨论为开始，然后用博戈留波夫自洽场方法建立微观理论；这种方法很适用于有序参数在空间受到调制的那些有趣情形，而且它还保留了某些和单粒子波函数相关的物理图像。在这段内容中，作者系统地讨论了合金的性质，特别是所谓“脏”合金，这些讨论是和纯金属并列论述的。本书是为超导领域的科研工作者提供关于超导电性基本知识的经典之作，至今仍是研究金属与合金超导电性最好的入门书，可供凝聚态物理专业高年级本科生、研究生及从事超导研究的实验与理论工作者参考。



《液晶物理学（第二版）》

本书是德热纳的代表作之一，译自德热纳和 J. 普罗斯特合著的《液晶物理学》第二版（1993 年）。全书系统地总结和概括了液晶物理的理论基础和重要课题，详细讨论了液晶的四种主要类型——向列相、胆甾相、近晶相和柱状相的结构、相变、缺陷和织构以及这四种相的弹性性质、光学性质、电学性质、磁学性质、表面性质和流体力学性质等。

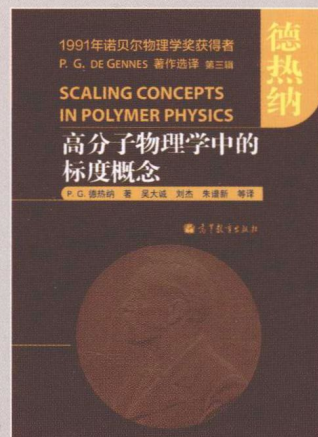
本书是一本全面论述液晶物理的专著，既可作为高等院校有关专业的教师、研究生和大学生的教学参考书，也可作为从事与液晶有关的研究人员和工程技术人员的参考读物。

德热纳专辑暨软物质物理学名著选译

《高分子物理学中的标度概念》

ISBN: 978-7-04-038291-4

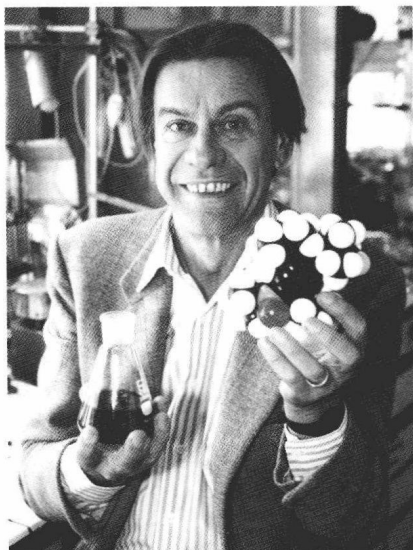
本书是德热纳的代表作之一，是国际高分子科学界在研究和教学中引证最多、最重要的参考书。全书以标度概念为主线阐述了高分子的静态构象，动力学和计算方法，共计十一章：单链，高分子熔体，高分子良溶液，不相容性和分凝，高分子凝胶，单链动力学，多链体系：呼吸模式，缠结效应，自洽场和无规相近似，高分子统计学与临界现象之间的关系，重正化群理论简介。本书的基础是简单的概念和标度律，所讨论的主要问题均概括于标度的统一理论框架之中，避免了理论物理学所需的艰深且繁杂的数学表示，目前已为高分子科学界广泛接受和采用。本书可供从事化学和化学工程、物理学、生物学、材料科学等相关科学技术领域的广大科研工作者、高校教师、研究生和高年级大学生参考。



《毛细和润湿现象——液滴、气泡、液珠和表面波》

本书是由德热纳和表面和界面科学领域的著名科学家 Françoise Brochard-Wyart 和 David Quéré 共同编著的，已被译成多种语言发行。本书阐述了日常生活中，以及作者在与工业界合作交流中发现的，与毛细和润湿现象相关的重要科学问题。作者借助简单的物理体系，并通过较少的数学工具，向读者介绍了基本物理概念和方程；其目的是阐述结论而非深入地推导，更多地依靠物理化学而不是统计物理知识。这种方法能使读者更清晰地抓住物理现象的本质和要点。本书内容丰富、语言简洁、物理图像清晰，涵盖了毛细和润湿现象的各个分支领域。可作为高等学校物理、化学、材料和生物专业的本科生和研究生教学参考书，也可供教师及其他相关学科的科研人员参考。





皮埃尔 - 吉耶·德热纳 (Pierre-Gilles de Gennes), 著名法国物理学家, 1932 年 10 月 24 日出生于法国巴黎。十二岁前仅接受家庭教育, 之后以第一名成绩考入巴黎高等师范学院, 1955 年毕业后入法国原子能中心, 任研究工程师, 开始研究中子散射和磁学, 1957 年获博士学位。1959 年赴美, 在加州大学伯克利分校做博士后。在法国海军服务 27 个月, 1961 年任巴黎大学副教授并领导 Orsay 超导研究组开展超导研究, 1968 年转入液晶研究。1971 年任法兰西公学院物理学教授, 参与并领导法国三大实验室的高分子物理学联合研究, 1980 年起开始研究界面现象, 尤其是润湿动力学和黏合的物理化学, 大力倡导对“软物质”的深入探索。1991 年获诺贝尔物理学奖。1992—1994 年在全法 200 多所高中宣传讲解“软物质”, 这些讲话后来汇集成一本有名的科普书《软物质与硬科学》于 1994 年出版。1976—2002 年他兼任巴黎工业物理和化学高等学校校长。2002 年退休后在巴黎居里研究所任教授, 研究细胞的黏附及大脑的功能等生物物理学问题。2007 年 5 月 18 日, 德热纳在 Orsay 去世, 享年 74 岁。

德热纳一生的研究横跨物理学、化学和生物学等广泛的领域, 涉及从固体物理到液晶物理、高分子物理等重大研究方向, 以及软物质物理学和生物物理学的许多新课题。在这些研究方向上, 德热纳均以其独具的风格作出了许多重大贡献, 受到国际学术界的高度评价。诺贝尔基金会在对他的授奖理由中称: 德热纳“把在研究简单系统中有序现象而创造的方法, 成功地推广到更为复杂的物质形态, 特别是液晶和高分子”, “证明了研究简单体系而发展的数学模型, 同样可以应用到如此复杂的体系。他发现物理学中仿佛完全不相关的不同领域是有联系的, 过去还无人明白这些关联”。他们将德热纳誉为“当代的牛顿”。

德热纳生前是法国科学院、德国科学院、美国国家艺术与科学院、美国国家科学院等的院士, 以及英国皇家学会会员。他先后荣获的主要荣誉还有: 法国和英国物理学会联合霍维克奖、法国科学院安培奖、法国国家科研中心金质奖章、意大利科学院马特西奖章、以色列哈维奖和沃尔夫奖、德国艺术和科学院洛伦兹奖、美国化学会和美国物理学会的高分子奖等。

本专辑包含了德热纳的主要学术著作, 它们均为学术界公认的经典之作。除此之外, 他生前还出版了自选的论文集《凝聚态物质的简单图像》(1980, 1998, 2003); 他去世后, 他的亲密同事从他研究过的 15 个领域的 500 多篇原始论文中, 精选评注编辑成了两集论文选《P. G. 德热纳对科学的影响, 卷 I 和卷 II》(2009)。这些都是他宝贵的学术遗产。



La Souffleuse de Savon.
 Amusons-nous Sur la terre et sur l'onde | Richesse, Honneurs, faux éclat de ce monde
 Malheureux, qui se fait un nom ! | Tout n'est que boules de savon.

德热纳于1991年12月9日所作的诺贝尔演讲题目叫作“软物质”（Soft Matter）。在演讲的最后，他引用了下面这首诗，它是有名的法国雕版画“肥皂泡”（上图）的附诗。这首诗从某种程度上表明了德热纳对人生和科学事业的态度。

Amusons-nous. Sur la terre et sur l'onde
 Malheureux, qui se fait un nom!
 Richesse, Honneurs, faux éclat de ce monde,
 Tout n'est que boules de savon.

德热纳的英译：

Have fun on sea and land
 Unhappy it is to become famous
 Riches, honors, false glitters of this world
 All is but soap bubbles

中文可会意如下：

游戏海洋，游戏陆上；
 不幸啊，一举天下名扬。
 富贵世上，虚假闪亮；
 到头啊，都是皂泡一场。

本书译者

中文版序言	朱谱新	
前言	朱谱新	吴大诚
第 0 章	吴大诚	
第 1 章	吴大诚	
第 2 章	李瑞霞	朱谱新
第 3 章	朱谱新	吴大诚
第 4 章	华 坚	朱谱新
第 5 章	蔡 兵	朱谱新
第 6 章	刘 杰	吴大诚
第 7 章	刘 杰	吴大诚
第 8 章	刘 杰	吴大诚
第 9 章	刘 杰	吴大诚
第 10 章	刘 杰	吴大诚
第 11 章	刘 杰	吴大诚
附录	朱谱新	吴大诚

中文版序言

本书计划写作成高分子统计学的一个直观版本,它比较简明又比较深入。但是,其结果得到更有普遍意义的启示:在描述物理现象中,要将全部细节融为一体,极为经常是既无望又无用的。我们需要的正是一种简单的标度公式,其中的系数可取用独立的实验点来加以调整。那样一种公式极其优美的价值是使我们能简单地理解:何谓过程?何谓根本因素?我真心希望,这种精神将会扩散至以理解敏锐著称的中国公众。我同样也特别高兴本书由吴大诚教授翻译,他本人就是高分子科学的专家。这一中文译本还有一层确定的意义,追溯到多年前我在成都讲授的冗长系列课程,对课后我们进行广泛讨论的回忆将不会淡忘。

P. G. 德热纳



2001年5月14日 于巴黎

To perform Da Cheng the
with various wishes for
the future scientific endeavors!


Chengdu
1988



(a few entanglements
of life)

德热纳赠译者的“生命中的一点缠结”

译者序

已故著名法国物理学家、1991年诺贝尔物理学奖获得者——皮埃尔-吉耶·德热纳 (Pierre-Gilles de Gennes)无疑是20世纪后半叶最伟大的科学家之一,他曾被诺贝尔基金会誉为“当代牛顿”。一些有识之士断言,德热纳的学术著作在科学史上将成为里程碑,他关于“软物质”的著作必将成为经典,一代又一代的学子会从中受益匪浅。我想,随着时间的推移,这一点将会愈来愈明显地被证明。现在,高等教育出版社向国外出版社引进德热纳全部学术专著中译本的版权,隆重推出德热纳著作专辑,令人十分敬佩,这不仅使年轻的中文读者受惠,同时也是在中国向这位对中国文化抱有敬意的科学天才表示纪念的最好的方式。

德热纳 1932 年 10 月 24 日出生于法国巴黎,从小在家由母亲指导自学,好读书,喜欢参观博物馆,但从来没有进过正规的小学和中学。1951 年他以第一名成绩考入巴黎高等师范学院 (Ecole Normale Supérieure), 1955 年毕业后入法国原子能中心 (Atomic Energy Center), 开始研究中子散射和磁学, 1957 年获博士学位 (师从 A. Herpin, A. Abragam 和 J. Friedel), 后任研究工程师。1959 年赴美,在加州大学伯克利分校做博士后 (师从 C. Kittel)。在法国海军服务 27 个月后, 1961 年任巴黎大学 (奥尔赛) 副教授,领导超导体小组开展超导体研究, 1968 年转入液晶研究。1971 年任法兰西公学院 (College de France) 物理学教授,领导 STRASACOL (Strasbourg, Saclay 和 College de France) 联合小组的高分子物理学研究, 1980 年起更多研究界面现象,尤其是润湿动力学和黏合的物理化学,全面倡导“软物质”这一新领域。1991 年获诺贝尔物理学奖。1992—1994 年在全法 200 多所高中宣传讲解“软物质”。1976—2002 年他还兼任巴黎工业物理和化学高等学校 (Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, 简称 ESPCI) 校长。2002 年退休后在巴黎居里研究所 (Institut Curie) 任教授,研究细胞的黏附及大脑的功能等生物物理学问题。2007 年 5 月 18 日,德热纳在奥尔赛去世,享年 74 岁。

诺贝尔基金会在授奖理由中曾称:“德热纳把在研究简单系统中有序现

象而创造的方法,成功地推广到更为复杂的物质形态,特别是液晶和高分子……证明了研究简单体系而发展的数学模型,同样可以应用到如此复杂的体系。他发现物理学中仿佛完全不相关的不同领域是有联系的,过去还无人明白这些关联。”他们特别将德热纳誉为“当代的牛顿”,这是从末有过先例的殊荣。

德热纳是法国科学院、德国科学院、美国国家艺术与科学院、美国国家科学院等的院士,以及英国皇家学会会员。他先后荣获的主要荣誉还有:法国和英国物理学会联合霍尔维克奖、法国科学院安培奖、法国国家科研中心金质奖章、意大利科学院马特西奖章、以色列哈维奖和沃尔夫奖、德国艺术和科学院洛伦兹奖、美国化学会和美国物理学会的高分子奖等。

德热纳一生的研究横跨物理学、化学和生物学等广泛领域,主要涉及从固体物理到液晶物理、高分子物理等重大研究方向,以及从“软物质”到生物物理学的许多新选题。他的主要学术成果总结于本丛书,按英文原版时间顺序为:《金属与合金的超导电性》(1966, 1999)、《液晶物理学》(1974, 1993)、《高分子物理学中的标度概念》(1979)、《高分子动力学导引》(1990)、《1994年狄拉克纪念讲演录——软界面》(1997)和《毛细和润湿现象——液滴、气泡、液珠和表面波》(2005)。除此之外,还有他生前自选的论文集:《凝聚态物质的简单图像》(1980, 1998, 2003);他去世后,他的亲密同事从他研究过的15个领域中的500多篇原始论文中,精选评注编辑成了两集论文选:《P. G. 德热纳对科学的影响,卷I和卷II》(2009)。这些都是他宝贵的学术遗产。

在这套德热纳著作专辑中,主要涉及高分子的有三本之多,蒙出版社编辑委托,由我任主译,本人甚为感动。三本中有两本是早前已有的由我们翻译的中译本,第一本是《高分子物理学中的标度概念》,中文版在2002年由化学工业出版社出版;第二本是《高分子动力学导引》,中译本更早在1992年由贵州教育出版社刊行。这两本译著的原版都是德热纳友好赠送的,也是在他的鼓励下译成中文的,他还热情地为这些中译本认真写好了序言,言简意赅,对我们很有帮助。第三本就是《1994年狄拉克纪念讲演录——软界面》,这个中译本是第一次面世,我个人的目的之一也想借此对这位良师益友表示怀念,只可惜德热纳先生——这位“物理学绅士”(《德热纳传》法文版副标题的称谓),再也不能为他的思想在中国更好地传播而为中译本写序了。为纪念这位学术领袖,我把德热纳在《高分子物理学》中的最重要的成就,集中加以介绍,以充作这三本高等教育出版社中文版共同的译序。

1971年,作为当时最年轻的法国物理学界的领军人物,德热纳当选为声望崇高的法兰西公学院的物理学教授。法兰西公学院以自己一位教授——哲学家毛里斯·梅里奥-朋帝(Maurice Merleau-Ponty)——的语录作为校训:“法

兰西公学院自成立以来肩负的任务,不是给予听众已经获得的真理,而是赋予他们一种自由研究的精神。”因此,那里的教授公开讲授的不是已经成熟的知识,而是正在创造的知识。其实,这种自由研究的精神,正是创生新知识的武器。对于德热纳说来,这种自由研究的精神也许是与生俱来的品质,他小时候没有进过正式的学校,反而更发扬光大了这种品质。从他在法国原子能中心从事第一项科研、撰写博士论文时,就养成采用简单直观概念来研究物理本质的良好风格,在整个研究生涯中一如既往地强调简单性和直观性。后来,他在巴黎大学先后领导了著名的 Orsay 超导小组和 Orsay 液晶小组,由于继承发扬了这种风格,很快连续出版了两部影响很大的专著,使他一举成名。在法兰西公学院上任后,德热纳在他的研究计划中设想了新的方向,主要包括二维体系和流体动力学这样的学科分支,进一步具体到单分子层和膜,如肥皂一样的各种表面活性剂的两亲分子,还有气泡、悬浮液、胶体粒子、液体在固体表面上的散布、胶黏现象,当然还有分子形状像面条一样的高分子。在传统上这些都是化学家和工程师的天地,德热纳为什么急于介入呢?他回忆起当时的心情:“在我刚起步研究工作时,整个都聚焦到原子和量子水平的描绘。然而,经过这些岁月,我才感觉到了更高尺度模型的重要性和普适性。”那时,德热纳已经做好了准备,要向介观尺度“新物理学”的方向航行;所以,在法兰西公学院他的研究室就自然成为“软物质”这门新兴交叉学科的“摇篮”。“软物质”真是包罗万象,应当如何下手?十分幸运,德热纳首先在分子的研究中取得了决定性的突破。

什么是高分子?众所周知,高分子(polymer),又称大分子(macromolecule),指的是一个分子具有很大的相对分子质量,例如 10^4 至 10^6 道尔顿,甚至更高。早在20世纪70年代,世界的高分子生产就形成了极其庞大的产业,按体积计算超过了金属。更进一步,对所有人而言,高分子都不仅仅是一种可用材料,其实人之所以为人,你之所以为你自己,都是因为你自己有某些特殊的生物高分子,它们是你与生俱来的。放眼看一下你的四周:此处、彼处、无论何处,都充满了天然和人工合成的高分子,它是人类日常生活中最不可缺少的物质,也是生命科学和材料科学中的主角。目前,据说化学家中有一半主要从事分子的研究,生物学家就更不必说了。

然而,作为一门现代科学,高分子的正确概念从问世到现在,还不到一百年,比诺贝尔奖的诞生还晚20多年呢!高分子并不是众多原子任意堆砌而成,它是由多价原子彼此呈线型排列,用共价键连成的一个巨大的分子。这一正确概念的建立,主要应归功于德国化学家斯陶丁格(Staudinger),他在20世纪20年代几乎是孤军奋战,捍卫他的新观念,他在学术界所面对的反对派的势力之强大,只需看一下他们的阵营:其中诺贝尔化学奖得主就不下五六位呢!

当然,真理是不会惧怕任何头衔的,这就是真正的科学史!斯陶丁格的观念终于在 20 世纪 30 年代中期被公认,后来他也荣获了 1953 年的诺贝尔化学奖。另一位值得推崇的是美国高分子科学和工程的先驱卡罗泽士 (Carothers),他用酯化和酰胺化这类机理确切的反应,采用双官能单体,证明这样必然会得到线型聚酯和聚酰胺的高分子,最终导致杜邦公司生产出了尼龙丝袜,引发了合成高分子的革命,是“高分子时代”重要的标志之一,科学史家经常把它列为影响人类历史的 100 大发明之一。可惜卡罗泽士因患忧郁症而自杀,没有享受到应有的荣誉。

虽然斯陶丁格高分子化学结构的观念是正确的,后来也受到了应有的巨大褒奖,但是他对大分子在物理学上的认识却长期是错误的。直观说来,斯陶丁格的大分子模型是一条刚棒,就像一根根的木棍,今天还陈列在位于慕尼黑的德意志博物馆。从 20 世纪 30 年代开始,几位训练有素的物理化学家和物理学家,很快接受了这种长链化学结构概念,他们开始紧张地配合高分子合成化学的各位先驱的研究工作,把高分子合成化学的单一研究扩充为多学科的协同研究。首先,瑞士物理学家库恩 (Kuhn) 根据化学键内旋转的概念,提出了高分子链的无规行走模型,他认为高分子链的整体是柔性的,就像一个线团,与斯陶丁格的刚棒大相径庭。稍后,物理学家迈耶 (Meyer)、古思 (Guth) 及马克 (Mark) 与库恩等分别将此柔性链的概念用于解释了橡胶的熵弹性,从而开创了高分子物理学。大约与此同时,美国物理化学家弗洛里 (Flory) 也更全面进行了高分子物理化学的理论和实验研究,展开了高分子研究的黄金岁月——高分子科学史家所称的“弗洛里纪元” (Flory Era)。多年之后,弗洛里最终荣获了 1974 年诺贝尔化学奖,因为单项成就太多,这也仿佛成为了他的终身成就奖。弗洛里的巨大贡献涉及很多方面,简单说来,最基本的是:他发现溶液中高分子的形状可以用温度或溶剂品质来调控,在良溶剂中高分子链可用自避无规行走模型表示,是一种溶胀的线团,这就是库恩所谓的“排除体积效应”;改变环境与高分子的相互作用,可使其收缩达到一种无扰状态,即弗洛里状态,其模型退化为普通无规行走。例如,用温度变化达到这一点,就称为弗洛里温度,这一点正好对应于气体的玻意尔温度。弗洛里的研究大大推进了对高分子的基本认识。假如高分子的聚合度是 N , 单体单元长度是 a , 高分子线团的尺寸则为 $R \sim aN^\alpha$, 这里指数 α 十分重要,普通无规行走和自避无规行走的 α 值分别为 $1/2$ 和 $3/5$, 后者又称弗洛里指数,以纪念他用极简单的方法求得了这一重要参数。除此之外,弗洛里在分子现代教育中也有不可磨灭的贡献,1948 年他应德拜 (Debye) 邀请,在康乃尔大学化学系作贝克 (Baker) 讲座,在此基础上撰写出《高分子化学原理》(1953 年)一书。在分子文献中,这是一部里程碑式的著作,弗洛里本人认为这是他“对化学界最大

的冲击”。这本书早已有俄、日文译本,这些版本弗洛里都曾赠我,以供中译参考,可惜迄今尚未有中译本问世,对此深感遗憾!当然,这只是弦外之音罢了。

正如牛顿的 1666 年,爱因斯坦的 1905 年,德热纳也有自己的幸运之年 (Anno Mirabilis), 这就是 1971—1972 年。高分子这样广阔而绚丽的舞台,正在召唤德热纳这样的天才。“机会总是降临于有准备的头脑”! 在他的幸运之年,德热纳正式登上了高分子科学的舞台,首先成就了如下两方面的基本贡献。

第一,是自避无规行走与临界现象的关系。当时,威尔逊 (Wilson) 正在研究重正化群的展开,他散发预印本给同行,这是一篇很高深难懂的论文。德热纳读后,马上悟出,当把序参数矢量分量的数目 n 设为 0 时,描绘的状态正好就是自避无规行走。他使用完全不同的方法,求出了弗洛里指数的精确数值应为 $\alpha = 1.195/2$; 后来,他更进一步证明弗洛里的结果只是一种平均场近似,用平均场近似处理临界现象通常会得出错误的结果,但弗洛里推导中两项重大误差的符号相反而刚好抵消,幸运得到了实验结果完全支持的正确数值。德热纳这篇仅两页 (更准确说来是 1.5 页) 的论文现在已成为经典,被称为“ $n=0$ 之发现”,开创了高分子物理学与临界现象对应关系的确定。具有戏剧性的是,德热纳的这篇论文甚至比威尔逊给他看的重正化群展开的论文公开发表更早,由此可见他工作的节奏。威尔逊的新理论意义非凡,按他的框架, $n=1$ 对应于气体,而 $n=3$ 对应于铁磁体,他把这些临界现象统一起来了,解决了一个重要难题,这是他荣获 1982 年诺贝尔物理学奖的重要依据。高分子不是相变,也没有瞬时对称破缺 (spontaneous symmetry breaking), 但是重正化对称的本质可以解决高分子的排除体积问题,把统计物理学中看来仿佛更完全不相关的两类重要的难题进一步统一起来了,这就是德热纳的贡献,对统计物理学和高分子科学二者都产生了巨大的冲击。理解重正化群的展开需要高深的数学物理知识,对于理论小圈子外部的人是很难的。德热纳又一次表现出他作为教育者的才能,他把重正化群翻译成了化学语言: 要了解一条长链的性质,可以把它分解为若干段,每段又有若干单体单元,德热纳称这种段为链滴 (blob), 链滴内部有一定的组织,从这种链滴可进一步用不同的规则再组织成高分子链,可以正确表现出它在不同环境下的行为。德热纳就这样把高分子画为一串的圆圈,在解决受限几何条件下高分子以及聚电解质的构象等问题,都起了相当大的作用,这在 20 世纪 80—90 年代成为高分子学术期刊上的风景线,受到高分子学术界的热烈响应。

第二,在英国物理学家爱德华兹 (Edwards) 高分子链管道模型基础之上,德热纳提出高分子链的蛇行 (reptation) 理论,这个英文单词也是他从希腊文创造的。德热纳的蛇行理论对高分子动力学产生了深远的影响,它主要有三个关键概念: (1) 缠结线型高分子的蛇行; (2) 由于近邻链的运动引起限制点的

释放; (3) 缠结支化高分子支臂 (arm) 的回缩。德热纳的概念引起与他合作的法国高分子化学家的极大兴趣, 继而对整个世界的高分子学术界形成轰动的效应。德热纳也把他的解说才能发挥到了极致, 如采用日常生活中常见的物品命名了“蘑菇链、刷状链、煎饼链”等, 巧妙说明高分子与表面的相互作用的形象特征, 给死板的学术论文带来一点轻松。

经过几年悉心研究, 德热纳很快写出了最重要的一部专著:《高分子物理学中的标度概念》, 在 1979 年由美国康奈尔大学出版社发行。无独有偶, 高分子科学的另一部最重要专著——上面已经提到的弗洛里的《高分子化学原理》, 也是由康奈尔大学出版社在多年前发行的。现在已经十分清楚, 这两部专著都经得起时间的考验, 目前都已成为高分子科学家引证最多的经典著作。

也刚好在 1979 年, 蒙恩师钱人元先生的热情介绍, 我有幸加入弗洛里在美国加州斯坦福大学化学系的研究小组, 在他直接指导之下从事高分子液晶和构象的研究。与我同时进修的美国教授和博士们背后都亲切简称弗洛里为“PJ”, 而把《原理》一书称为高分子科学的“圣经”(the Bible), 当然没有想到“年轻人”德热纳(他的朋友简称他“PGG”)的《高分子物理学中的标度概念》这本新书, 在一二十年后就能与《高分子化学原理》并驾齐驱, 成为高分子学子书架上必不可少的参考著作。现在, 每当我看到德热纳赠我的这本书, 特别是在扉页上他亲绘的那线条流畅的舞者, 题寓“生命中的缠结”, 就情不自禁地想到: 对今天和将来若干代高分子学子而言,《原理》可视为“旧约”, 而“标度概念”真可比拟为“新约”。弗洛里 (PJ), 德热纳 (PGG) 和高分子 (Polymer) 都是字母 P 开头, 也是天意铸成吧!

我们再来提一下《高分子动力学导引》一书, 它虽然篇幅很小, 可看成《高分子物理学中的标度概念》中动力学部分纲要的浓缩本, 而且包含有更广泛的其他几个论题, 彼此互不相干, 德热纳在专门为中译本撰写的序言中把它们称为“拼布”, 它们共同的特点是都可以从简单概念用标度律的框架加以研究。对于偏爱短篇书籍的读者, 它们的确都是很好的导引, 简明扼要, 但包括了德热纳处理问题方法的精华。

《高分子物理学中的标度概念》一书完成后, 德热纳并没有就此却步, 终结他对高分子的研究工作。这与超导和液晶专著完成后, 就立即扬帆去发现新大陆稍有不同。其原因可能是高分子领域内还有大量工作可做吧。例如, 德热纳特别关注高分子的黏合现象, 它有极大的实用价值, 对于高分子的黏合理论他也提出了许多与众不同的见解。由于黏合与表面密切相关, 石油危机更显对于微乳液等一系列相关研究的重要, 因而他又转入研究传统上是表面和胶体化学的这些对象, 当然它们也与高分子明确相关。这大概就是德热纳

最后两本专著写作的初衷。在这两本著作之中，一本就是《1994年狄拉克纪念讲演录——软界面》。大家知道，德热纳的诺贝尔讲演题目叫“软物质”，但在这之前，“软物质”这一名词还鲜为人知。软界面也一样，开始大家也不这样叫，是他应爱德华兹之邀作1994年狄拉克纪念讲演后，才流传开的。这本书就是在讲稿的基础上大幅扩充而成的，除去对该研究领域的现状作清楚描述外，还指出了将来应该研究的方向和问题，不仅令初学者掌握入门要领，甚至资深学者也会受益良多。他这本小书的影响也很大，其后即在物理学中出现了“软……”热，许多传统领域加上软字头，就加上了新的内容，例如软凝聚态、软纳米技术、软微粒、软机械、软装置、软复合材料……，真令人振奋。

德热纳1991年获诺贝尔奖后，优先做了两件事。一件是立即在法国200多所高中访问，向中学生们宣传讲解软物质，取得了显著的社会影响，也表现出一位科学家强烈的社会责任感，讲演内容后来汇集成一本有名的科普书《软物质与硬科学》，于1994年出版。从这些和其他一些讲演中，德热纳传递出许多有深远意义的信息：“软物质是人类未来技术中的重要组成部分，也是生命不可或缺的基石。没有软物质可能就没有生命，每一个生命结构包含遗传密码、蛋白质和生物膜的分子都建立在这个基础之上。活物质的基础是软物质，但更微妙的是，软物质常常又超出物理学王国。事实上，让人感兴趣的是它的逆向联系，生物体系一经阐明，它就能提供给我们全新的思想，来引导我们的新发明，因而物理学往往受惠于生物学的研究。”另一件事就是紧张投入了润湿和反润湿动力学的研究工作，这些现象在日常生活中随处可见，而且密切相关于纺织、印刷、汽车、宇航等工业，意义重大。根据这些研究，他与亲密的合作者共同完成了最后一部学术专著《毛细和润湿现象——液滴、气泡、液珠和表面波》的法文版和英文版。

从上述记录不难清楚看到，德热纳一系列学术专著的出版，正好完全反映了他丰富学术生命的轨迹。作为物理学圈子外部的人，我自己猜想，主流的物理学也许更强调正规，更重视形式上的规范性和数学化，正规的理论家可能认为量纲分析这种“粗糙”的原始方法只可用于工程，对由此导出的标度律不以为然。但是，对于如此丰富而复杂的介观尺度的对象，德热纳的处理方法已经是再好不过了，如果还有更好的“物理学”，为什么还不肯现身呢？在专门为本书写的序言中，德热纳本人这样来评论这种方法：“在描述物理现象中，要将全部细节融为一体，极为经常是既无望又无用的。我们需要的正是一种简单的标度公式，其中的系数可取用独立的实验点来加以调整。那样一种公式极其优美的价值是使我们能简单理解：何谓过程？何谓根本因素？我真心希望，这种精神将会扩散至以理解敏锐著称的中国公众。”由此可见，他对这种方法抱有极大的信心，可以说这种处理方法对复杂现象具有普适性。尽管如此，也许