

德
热
纳

1991年诺贝尔物理学奖获得者

P. G. DE GENNES 著作选译 第五辑

SOFT INTERFACES

THE 1994 DIRAC MEMORIAL LECTURE

软界面

——1994年狄拉克纪念讲演录

P. G. 德热纳 著 吴大诚 陈谊 译

 高等教育出版社



CAMBRIDGE

014014581

04
424



1991年诺贝尔物理学奖获得者
P. G. DE GENNES 著作选译 第五辑

SOFT INTERFACES

THE 1994 DIRAC MEMORIAL LECTURE

RUAN JIEMIAN
——1994 NIAN DILAKE JINIAN JIANGYANLU



软界面

——1994年狄拉克纪念讲演录

P. G. 德热纳 著 吴大诚 陈谊 译



04
424

CAMBRIDGE



北航 C1701371



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

182A10A10

图字：01-2013-7410 号

Soft Interfaces: The 1994 Dirac Memorial Lecture, 1st Edition, ISBN-13: 9780521020350, by Pierre-Gilles de Gennes, first published by Cambridge University Press 2005.

All rights reserved.

This simplified Chinese translation edition for the People's Republic of China is published by arrangement with the Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

© Cambridge University Press & Higher Education Press Limited Company, 2013

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Cambridge University Press or Higher Education Press Limited Company. This edition is for sale in the mainland of China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan, and may not be bought for export therefrom.

此版本仅限于中华人民共和国境内(但不允许在香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)销售发行。不得出口。

图书在版编目(CIP)数据

软界面：1994年狄拉克纪念讲演录 / (法)德热纳著；吴大诚，陈谊译。—北京：高等教育出版社，2014.1

书名原文：Soft interfaces: the 1994 DIRAC memorial lecture

ISBN 978-7-04-038693-6

I. ①软… II. ①德… ②吴… ③陈… III. ①物理学—研究 IV. ①O4

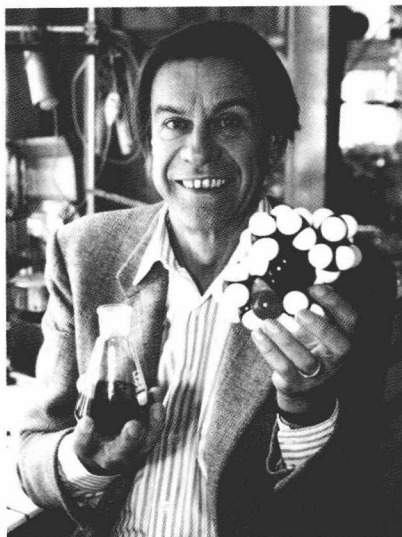
中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第298473号

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	涿州市星河印刷有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landracom.com.cn
印 张	11.25		
字 数	71千字	版 次	2014年1月第1版
插 页	1	印 次	2014年1月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	39.00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 38693-00



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 超导体研究组开展超导体研究, 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。

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, Honneur, 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。

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 and 中学。1951 年他以第一名成绩考入巴黎高等师范学院 (École 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(École 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”,这是从未有过先例的殊荣。

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、法国国家研究中心金质奖章、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)、《软界面——1994年狄拉克纪念讲演录》(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《软界面——1994 年狄拉克纪念讲演录》, 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——哲学家毛利斯·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,德热纳首先在高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高分子的研究,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派势力的强大,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前驱卡罗泽士 (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