

喜读冯端院士和金国钧教授的巨著 《凝聚态物理学》

孙鑫[†]

(复旦大学物理系 上海 200433)

2015-01-13收到

[†] email: xin_sun@fudan.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20150311

通俗点讲,“凝聚态”就是大量原子分子聚集在一起形成的物体,诸如磁铁、玻璃、水、金属、塑料等固态或液态的材料。“凝聚态物理”研究这些五花八门的材料的物理属性(如机械强度、传热性、电导率、磁性强弱、发光能力等),找出产生各种功能属性的物理原因和规律,根据这些基本规律开发出了半导体芯片、磁性存储、光纤、固体光源、纳米材料等应用技术,从而为信息时代铺路,改变了日常生活。一句话,“凝聚态物理”是现代高科技的物质基础和创新源泉。科技界普遍关注这一学科的发展,研究人员希望了解并投入其中。

不久前,著名物理学家南京大学冯端院士和金国钧教授合作的鸿篇巨著《凝聚态物理学》由高等教育出版社出版。该书分上下两大卷,共170万字,系统全面地讲述了“凝聚态物理”的发展过程和最新进展,分析了继续开拓的动向,也提出了不少没有解决的问题,有

待进一步研究。这是一部了解这一物理领域的“百科全书”,使盼望已久的同行们如愿以偿。

初读本书后,回顾一下凝聚态物理学的发展过程,大致有3个阶段:

第一阶段,从20世纪初用X射线测定晶体结构到量子力学的完成,建立了固体电子论,奠定了凝聚态物理的理论基础;

第二阶段,20世纪中叶从固体物理学的单电子理论发展到多体理论,典型的是BCS超导理论。材料也从规则有序的固体扩展到结构复杂多变的凝聚态物质;

第三阶段,20世纪80年代以来,以量子霍尔(Hall)效应和高温超导体的发现为标志,伴随着一系列新材料、新效应的出现:C60,STM,巨磁阻,有机发光,纳米管,石墨烯,铁基超导,拓扑绝缘体,强关联理论……

为了总结每个发展阶段的成果,总有一批名著出版,对发展情况加以概括。作为第一阶段的总结,出版了多部系统介绍固体物理学的著作,其中有代表性的是:F. Seitz写的《近代固体理论》(*Modern Theory of Solids*); N. W. Ashcroft和N. D. Mermin写的《固体物理》(*Solid State Physics*),都已成为常用的教学课本。

在总结第二阶段的众多

著作中,令人注目的一本是P. W. Anderson写的《凝聚态物理学的基本概念》(*Basic Notions of Condensed Matter Physics*),此书的特点是通过物理概念和具体图像来精辟地揭示凝聚态物理的核心实质,不像通常的理论著作那样,用较大的篇幅介绍数学公式。

第三阶段的新发展层出不穷,令人目不暇接,往往使人感到这些精彩纷呈的创新是横空出世,难于捉摸。从事凝聚态物理研究的人员,对于自己研究的专题有深入的了解,但是,一般讲来,知识面不够广,在当今凝聚态物理快速发展的时代,对学科的概貌看不清,限制了自己的思路。通常的做法是去查阅“*Review of Modern Physics*”(《现代物理评论》)上的综述文章,每篇都能系统地介绍一项新近发展起来的专题,但是仍看不到全局。大家希望能有一部著作,从不断涌现的新发展中理出一条思路,既能涵盖丰富多彩的新材料、新现象,又能从学科的发展过程中说出它们的来龙去脉,便于理解这些新颖工作的实质,帮助自己扩展眼界,跟上发展的潮流。各个国家的同行们(包括材料科学)都在企盼着早日读到这种著作。

《凝聚态物理学》这部著作的问世实现了大家的心愿,这部时代渴求的杰作应运而生了。该书独具匠心地将凝聚态物理的几个发展阶段



融会贯通，使大家看出近年的各项新成果和本学科的发展趋势是一脉相承的，加深了对新进展的理解和吸收。

凝聚态物理的内容极其广泛，不同的分支学科各有专长，不管你在哪个分支从事研究，都能从此书中获得你所需要的知识。更为重要的是，你可以从全局的发展趋势中

获得启迪，触发你的想象力和灵感去取得新的成就。本书的鲜明特点是“既见树木，又见森林。”

这部著作的上卷已用英文出版，全书将为世界各国的同行们所共享，这是中国学者对发展物理学的又一项新贡献。大家都衷心地感谢冯端教授和金国钧教授在二十多年中所付出的心血。

凝聚态物理仍在发展之中，人们对它的认识必然有对有错。许多问题未解决，不少理论不成熟，存在不同看法，写进书本的内容不都是定论。本书在提出自己一整套见解的同时，也提供了丰富的可以讨论的话题，让我们去思考去争论。

最后提一句，如果再版时能加上索引，则会更加方便阅读。

关于宇宙结构形成演进的数字化模拟

从宇宙大爆炸的最初几分钟直到今天，想要定量理解我们所观察到的关于宇宙的海量数据，宇宙学家们无疑面临着巨大的挑战。令人不可思议的是，现代宇宙学在这样一场大战中竟然取得了伟大的胜利——仅仅使用6个参数(万有引力常数、真空介电常数、真空导磁率、真空光速、普朗克常数、电子或质子电量)，便可以构建“标准模型”，进而解释形形色色的宇宙学问题。标准模型与观察数据的结合确认，我们今天的宇宙，95%的组成是暗物质和暗能量，剩余的5%被称为重子物质。三类“物质”中只有重子物质能够通过现有的仪器被探测到。而试图仅仅通过对重子物质的数字化模拟，建立起宇宙演进的图像，更是一个难以应对的课题。最近，来自美国麻省理工大学物理系的Vogelsberger等，完成了一项关于宇宙结构形成的数字化模拟，该模型不仅涉及重子材料的大尺度分布，而且涉及在宇宙演化的进程中不同种类星系所具有的特征。

为了覆盖宇宙中有代表性的范围，为了模拟气体、恒星以及暗物质的大尺度分布，Vogelsberger等把模拟的范围扩大到3亿光年以上。当然另一方面，也要兼顾小尺度细节，恒星形成所涉及的尺度仅仅数光年，超大质量黑洞吸积气体涉及的尺度更小。既要范围大，又要关注细节，即使使用当今最强有力的超级

物理新闻和动态

计算机，也难以应对。Vogelsberger等把需要模拟的体积分为100亿个单胞，其中充以原始气体。求解重子物质随时间演化所遵循的方程，研究者在自己构建的虚拟宇宙中遇到了丰富且复杂的物理现象：气体冷却、恒星演化、超新星爆发能量输入、重化学元素的产生，以及超大质量黑洞的气体吸积等等。

上述因素之间的相互作用是复杂的，并且大多是非线性关系。为完成计算，所需的计算机CPU机时也是一个天文数字——1600万小时，大约1800年。Vogelsberger等最终获得了成功，计算结果所展示的模拟宇宙与我们所看到的真实宇宙(例如，哈勃超深场望远镜给出的图像)非常相像。先前其他研究组的模拟，只能给出个别星系的形成。这次工作之特点在于：在一个有代表性的宇宙体积内，时间跨度自宇宙早期直至今天，对宇宙结构的形成实现了大—小尺度兼顾的模拟。关于比氢和氦更重的各种元素之分布，这次研究也取得了突破性进展：无论是对宇宙作为一个整体而言，还是对星系中不同质量的恒星，或是对致密的气体云而言，模拟给出的重元素丰度均符合实际。

显著的成功并不意味着星系形成宇宙模拟工作的终结。Vogelsberger等的模拟仍存在一些不足：所考虑的宇宙尺度(5亿光年)还不是足够大，因而难于模拟某些稀有宇宙目标(例如，在早期宇宙中出现的超级黑洞)的形成。不足之处还在于，对细节的关注未能细化到深入研究银河系附近的暗淡星系。

(戴 闻 编译自 *Nature*, 2014, 509: 170 和 177)