

90年代物理学突破方向的展望

彭桓武

(中国科学院理论物理研究所, 北京 100080)

应《物理》刊物命题的邀约, 在此略陈个人一时管见, 不免狂谬和挂漏, 请读者鉴谅。

为解决人类能源的长期需要, 受控核聚变无疑是物理学中首要的发展方向, 预计在90年代将出现重大突破。从50年代初开始发展的磁约束途径, 近来以新型的托卡马克为领头, 有可能于本世纪内实现功率得失相当, 设计中的CIT装置(一种新型的托卡马克装置), 则有可能达到点火条件(如果按定标律外推不错的话)^[4,2]。于60年代后期开始发展的惯性约束途径, 近年来的发展集中到短波长、长脉冲、高能量激光高效率转换的X光驱动靶丸内爆压缩方式^[3]。以铷玻璃激光的三倍频光(波长 $0.35\mu\text{m}$, 脉冲宽10ns)估计, 当激光能量达千万焦耳时, 可将5—10mg的氘氚靶丸高度压缩, 聚变的能量增益高达百倍。这一估计是在一维球形对称的基础上作的(地下核试验结果与一维理论模拟基本相符), 表明高增益惯性约束途径在科学上已没有不可克服的障碍。据此, 美国计划建造具有上述指标的大型激光器Athena, 以进行实验室中可行性的演示。与铷玻璃三倍频激光有竞争力的氟化氙准分子激光(其波长为 $0.24\mu\text{m}$)也合用, 当然也需要发展高能量, 并压缩其脉宽至适用要求。对聚变堆的初步设计看来, 我个人的印象似乎是惯性约束途径比磁约束途径较简便、灵活, 因而材料问题也较容易解决, 但是这要到下世纪认真设计制造聚变试验堆时, 在对比和竞赛中才能定夺。

高能物理与引力的研究, 是物理学对微观和宇观世界不断的深入认识, 近年来已形成如下共同特点: (1)实验耗资非常巨大; (2)理论超前于实验。当然, 超前于实验的理论未必可靠, 需要经得起实验验证或者修饰确定。近年

来在新建的大加速器上进行的高能物理实验, 只是再次验证所谓标准模型理论, 这个理论由1967年的电弱理论(将电磁作用与弱作用统一在一起)和1973年的量子色动力学(描述强作用)组成^[4]。从前些年到近来的一些空间实验也更进一步验证了爱因斯坦早于1915—1916年就提出的广义相对论。90年代可能建成的超导对撞机和新的实验与空间观测能否改变上述情况, 殊难预计。我个人认为, 脱离实验的引导和监护, 过远地推进物理理论, 其发展道路是不清楚的。但是, 从理论体系必须协调一致这一要求看, 广义相对论不能用现在通用的量子场论重正化, 总是个缺陷。近年来提出的超弦理论可以重正化, 但缺乏与实际结合的启示^[5,6]。量子场论重正化的办法是在量子电动力学中形成的, 与实验比较有高度精确的符合, 表明重正化是一个纯粹数学问题, 有点与发散级数的求和类似, 但比这复杂得多。我个人认为, 探讨其它的重正化办法可作为纯粹数学问题提出来, 这样便不受脱离实验的影响。

话题回到宏观物理, 如金兹堡在他的重要而有趣的问题表^[7]所列(这表最早是在1971年列出的), 第二与第三个问题为高温超导体与金属氢, 第一问题即是受控核聚变(在金兹堡在英国的演讲集(1983年出版)中和他1985年出版的小册子中也都是这样排列次序的)。氧化物高转变临界温度超导体1986年发源于瑞士, 我国赵忠贤等参与1987年初的进一步突破^[8,9]。现在许多国家深入研究、开发液氮温度超导体的势头很猛, 前景也似乐观。目前, 高温超导的研究状况是: 理论解释尚处于百家争鸣阶段, 皆落后于实验; 工艺上各显神通地多方试制, 追求稳定的好性能。可以预计90年代中, 材料的制

备和应用将日趋明朗；理论方面对电子配对机制可能有所阐明，至少对某部分高温超导体如此。至于何时能发现室温超导体则尚难预见。金属氢于 30 年代阐明金属键的同时即根据理论提出^[10]，后来一直由高压物理学家探索制备。按 BCS 超导理论推测，它可能是更高温超导体。80 年代，随机模拟计算表明^[11]，作为电子与质子的复合体系，在低压时结合为氢分子，在压力高达百万大气压时，质子将排列如分子晶格(α -N₂ 型)，压力再高些时，电子将非局域化成为分子金属相，在更高的压力下才发生质子从分子晶格变为单原子晶格即 30 年代提出的金属氢。实验方面，1975 年曾报道过引起争论的发现，近来报道可能见到苗头^[12]。从分子角度看，从范德瓦耳斯固态氢(或液态氢)出发来制备分子金属氢，需要大大增加内能并缩小分子与分子间距离。因此单纯用压力制备时，要甚高压。我个人设想，如果能用强激光将范德瓦耳斯固态氢(或氢分子)激发到其电子激发态，改变了其化学性质，则应能大大降低其对高压的要求(甚至可考虑用电子激发态氢分子束沉积外延生长方法)。电子激发态分子氢中两个氢原子间距离是加大些，但这也恰是分子金属氢所需要的。这种更多(或主要)依靠激光化学的制备途径还牵涉到激发态的一系列动态问题(截面和寿命等)。金兹堡在注解他的问题表时，在有关金属氢的制备部分也强调了新想法的重要性。

超晶格，特别是半导体超晶格^[13,14]，有着使半导体器件进一步小型化并提高其工作速度的广阔的发展前景，例如用到未来的超级计算机上。在这里我们看到电子运输的物理理解与半导体薄膜外延生长及纳米印刷术的互相影响；并且由于飞秒激光、各种光学抽样等技术与超级计算机各方面近年来的进步，使器件用于有关现象的观测与计算机模拟在时间和空间都达到空前的精细分辨^[15]。这在现在已是热门的研究方向，相信 90 年代会有较大进展。

作为凝聚态物理的实际的自旋玻璃(其自旋无序是锁住的和非各态遍历的^[16])，虽然本身也还有些问题需要深入研究，但是以它作为模

型的各种具有“崎岖地形”的能面的体系有着很好的发展前景，这已在生物物理学中发挥了很大的促进作用^[16]。在 J. J. Hopfield 开创的神经网络自旋模型中，每个自旋方向向上向下两个状态代表每个神经元是处在兴奋抑制两个状态，而两个自旋间的耦合代表两个神经元间的突触连结，后者可以通过学习规则改变^[17,18]。这样就可以解释记忆、学习和图像识别等脑的功能。这个模型可以扩充到将脑中胶质细胞的作用包括进去。自旋玻璃模型又可经过对自旋及其耦合的解释来描述进化。用自旋玻璃的“崎岖能面”的众多的“吸引盆”，可以解释进化的突变(从一个最大适合突然变到另一个最大适合)^[16]。我个人想象，如果生物基本上是一个非各态遍历的复杂体系，则其表现出个体差异似属当然。预计 90 年代这个方向应有扩展。

近年来对表面的研究，已深入到难以区分物理学和化学的情况，进入化学物理学的层次^[19]。固体表面的化学物理学与工业上常用的异相催化已被总结为五卷本^[20]，这表明化学吸附和异相催化的理论已被建立在坚固的物理基础之上，或者说它们之间的联系已经确立。生物膜上的化学物理学则尚待建立，情况较为复杂。反应物可能是个蛋白质，它在一定条件下处在某种构象，但原子仍具有热运动，蛋白质在这种构象的许多近似简并的亚态中弛豫。改变温度或接近其他分子时，发生构象变化^[21]。嵌入生物膜中的蛋白质如何移动位置，应与生物膜本身的分子运动也有关系。另外一个反应物，如果是个小分子，那么在膜上运动和移动位置可以简单些。这小分子接近蛋白质大分子的合适的部位后，发生电荷转移或者化学键的重组。随后产物也要分开，其中特别小的分子容易离开。这分解的每一步骤都是属于分子系动力学的问题；若带化学反应(包括能量转移)，则是属于分子反应动力学的问题。分子反应动力学或分子系动力学已有多年的发展历史，研究它们有专门的实验手段。“*Physics Today*”1990 年 5 月号特刊有几篇报道其几个侧面的文章。

(下转第 1 页)

编 者 的 话

新年伊始,请允许我们借今年第一期出版之机,向《物理》的广大读者问好!衷心感谢你们的关心、支持和帮助,预祝大家在新的一年里工作取得更大的成绩。

近几年来,我刊在如何深入浅出地介绍物理学前沿领域的知识和进展,介绍物理学在新技术和高技术中的应用,以及如何增加刊物的信息量,使刊物内容生动活泼等方面做了一些努力,取得了一定的成绩,也出现了一批内容新、写法较深入浅出的好文章,受到广大读者的关注和好评。

但是,在我们通过各种渠道听取各类读者的意见时,也听到一些读者反映《物理》的一部分文章内容仍偏专偏深,不能较好地为广大物理工作者理解、吸收和借鉴。最近正副主编扩大会议研究决定,从这一期开始,要切实加强组稿工作,对选题和稿件要精心审查,对文章的可读性要严格把关。我们特别向作者申明,文章是写给包括大专院校物理系学生在内的广大物理领域的读者看的,而不只是写给自己专业的同行看的,一定要用广大物理工作者容易接受的语言来写作,并请作者意识到,文章的可读性愈好,文章的社会效益就愈高,作者的贡献就愈大。

本期的“知识和进展”栏中发表了郭可信的《8次、12次对称及有关准晶的发现——王宁、陈焕获第二届吴健雄物理奖项目》,彭桓武的《90年代物理学突破方向的展望》,朱洪元的《20世纪的科学先驱——物理学》,冼鼎昌的《诺贝尔奖金物理学奖的启示》,以及蒋平的《介观物理学——物理学的一个新分支》等文章。我们认为本期选题有吸引力,而且内容既有新意,可读性又好。今后我们将继续把又深入又浅出的文章介绍给广大读者。

(上接第10页)

一篇介绍超快速反应动力学^[22],用超短光脉冲与气相分子束作实验,能测定孤立的化学反应中的超快速运动,时间分辨率为 10^{-13} s。另一篇介绍溶液中的化学反应动力学^[23]。超快速激光和理论的进展,使有可能在分子水平上研究溶剂在化学反应中所起的重要作用。另外,分子动力学计算机模拟也有很大发展。由于个人了解不够,不能判断生物膜上化学物理学何时能建立。但这方向会有进展。

拉杂写来,已足限定篇幅。回顾本文以上六段,已分别涉及能源、基础、材料、信息、生物物理与化学物理等六个方面。就此完卷。行文时主要参考了近几年的《物理》和1990年上半年的“*Physics Today*”等。

- [1] David Overskoi (夏蒙芬编译),物理,18-3(1989),141.
- [2] 李赞良,物理,18-10(1989),634.
- [3] 常铁强等,强激光与粒子束,1-3(1989),193.
- [4] 朱洪元,物理,18-9(1989),529.
- [5] J. H. Schwarz (章德海编译),物理18-1(1989),31.
- [6] 邓祖滢,物理,15-7(1986),454.
- [7] V.L. Ginzburg. *Physics Today*, 43-5 (1990), 9.

- [8] 崔长庚,物理,16-4(1987),193.
- [9] 赵忠贤,物理,18-4(1989),193.
- [10] E. Wigner and H.B. Huntington, *J. Chem. Phys.*, 3(1935), 764.
- [11] D.M. Ceperley, in *Monte Carlo Methods in Quantum Problems*, ed.M.H. Kalos, Reidel,(1984) 54.
- [12] H.K. Mao and R. J. Hemley, *Science*,244(1989),1462.
- [13] 黄昆,物理,17-7(1988),375.
- [14] 冯端,物理,18-1(1989),1.
- [15] F. Capasso, *Physics Today*, 43-2 (1990), 22,24,34,46,58,74.
- [16] P.W. Anderson, *Physics Today*, 43-3 (1990),9.
- [17] J.J. Hopfield, *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 79 (1982), 2554.
- [18] G. Toulouse et al., *ibid*, 83(1986), 1695.
- [19] 彭桓武,百科知识, No. 4(1984), 43.
- [20] D. A. King and D.P. Woodruff (ed.), *The Chemical Physics of Solid Surfaces and Heterogeneous Catalysis*. Elsevier, 1(1981); 2(1983); 3(1984);4(1982);5(1987).
- [21] H. Frauenfelder. in *Mobility and Function in Proteins and Nuclear Acids*, eds. R. Porter et al., Pitman, (1983), 329.
- [22] M. Gruebele and A. H. Zewail, *Physics Today*, 43-5 (1990), 24.
- [23] G. R. Fleming and P. G. Wolynes, *Physics Today*, 43-5(1990), 36.