

## 《90年代物理学》:学科交叉和技术应用(总论)

美国物理学综评委员会 美国物理学和天文学委员会 美国物理科学、数学和资源委员会 美国国家研究委员会 美国学科交叉和技术应用组

### 一、社会前景:物理学的应用、蕴涵和交叉学科

物理学研究增强了我们对自然界的基本了解,从而产生着对人类具有深远影响的知识。物理学所诱发的新技术在人类的文明中已根深蒂固,以致人们常常忽视其科学上的本源。在《90年代物理学》这套书中,本卷通过对物理学在技术上的应用及其与其它学科交叉的介绍,阐述了它对社会的深远影响。

物理学作为一门基础科学总是向人类的智慧提出一些最深刻的挑战。本世纪,物理学中的新发现加速了它的发展。《90年代物理学》这套书的其它卷详细叙述了在基本粒子物理,等离子体和流体物理,核物理及原子、分子和光物理,宇宙学和引力物理这些分支领域中的科学发现。

(略)

### 二、科学的最佳协同作用:物理学中的交叉学科

由于物理学原理可作为其它学科的基础,所以,物理学中的新发现常常促进相关学科的研究。同样,其它学科中的问题也可以向物理学家提出意义深远的挑战。

下面提供了六个交叉学科,它们阐述了物理学不同的分支学科的蕴涵,并得出详细的结论和建议。这里,虽然没有明显地提出物理学与各门工程学科的交叉,但着重指出了技术活动的连续性存在于物理学中,从最基础的科学

物理

研究到最直接的技术应用没有截然的区别。因此,在这些新的物理学分支正迅速地转向应用的技术领域中时,要想区分物理学与工程学就失去了意义。

#### 1. 生物物理学

生命的精美繁杂常常使我们忽视物理学原理的可靠性。在生物学研究中,物理学方法总是不可缺少的,而且,生物现象的基本规律已日益向物理学家提出了挑战。早年,用光学显微镜观察到细菌运动(布朗运动),使爱因斯坦建立了流体扩散基础统计力学,并且,正是现代电子显微技术鉴定出装入二维细胞晶格的分子光探测器的结构。

然而,生物物理学不仅仅是物理方法在生物系统中的应用。而且,基础生物学问题激励着理论物理概念新的应用。例如,由于不断地改进物理实验,今天已有实验根据确定生物聚合物——蛋白质和基因物质 DNA 与 RNA 的化学性质。对蛋白质结构和功能的根本认识,现在才成为一项现实的研究课题。靠渊源于物理学中的模型、方法和计算能力,用分子涨落的方式对结构和动力学特征所做的量子力学计算,其精确度已开始达到令人满意的程度。

在细胞生理学和神经生物学中,物理学方法对于了解分子的传输,膜的结构,以及在脑、神经和肌肉中的信号过程始终是关键。通过单跨膜分子通道对离子流进行的最新物理测量为了解中心分子机理提供了最重要的直接途径,这种机理支配着脑和神经的信号处理过程。

目前,基因操纵技术使得任何潜在蛋白质的有系统的改良和生产成为可能。因此,稀有蛋白质第一次能够大量地生产,足以满足利用

物理学和化学方法进行的结构研究,并且能够控制活细胞中天然的和改良的蛋白质的表达,从而辨认结构-功能关系。生物技术和生物物理学的结合为未来富有成果的研究提供了极好的希望。

脑的多细胞组织及其信息存取的原理提出了关于肉体网络(physical network)的基本问题,它广泛地吸引着数学物理学家的注意力。最近,局部有序系统的理论物理学应用于研究脑功能的典型特性获得了惊人的功就。这能导致学科间有重大意义的最佳协同,这种协同涉及到神经科学、统计物理学和计算机科学,还可能涉及机器人学和人工智能学。最终或许能够获得有关处理脑器官故障所需要的知识。

我们可以说,物理学已经发展到如此高的水平,以致于我们现在能够在分子和多体组织这两个层次上谈论基础生物科学的巨大复杂性。迄今,生物物理学的教育和基金研究机构都似乎常常阻碍这个富有成果的交叉学科的发展。没有多少大学物理系能适应生物物理学发展的需要。虽然生物物理学已包括在许多生物科学的研究计划中了,但是,现代物理学和生物学之间的相互渗透似乎并没有得到适当的支持。在此,我们可以通过交叉学科中心的资助为学科之间有效的相互影响提供一种机会,与此类似的方法20年前已在材料科学中非常有效地使用过。

## 2. 物理学和材料科学

在过去30年中,材料科学已从冶金学、化学以及引用凝聚态物理学概念的陶瓷工程学的汇合中发展为一门独立的学科了。今天,从辅助教育的观点看,材料科学和凝聚态物理学在它们的共同领域中基本上是可以区分开来的。从基本问题到技术上的应用,其范围实际上是连续的。在材料科学中,难题的挑战吸引着理论家,实验家则热衷于解答新技术所提供的物质的新组成及其状态。新材料、新工艺和新分析方法的研究涉及物理学的各个领域。离子束技术、喷涂和分子束与表面的相互作用涉及等离子体物理学和原子物理学。材料科学中的分

析方法包括一些原子物理学的分析方法,如卢瑟福散射方法和粒子束方法。由于统计物理学在局部有序多粒子系统的分析中获得了成功,所以,对玻璃和非晶材料的理解有了进展。研究非晶态是当前一项极有兴趣的课题,它从基础和这两个方面吸引着研究者。在数学物理学中,非线性系统的动力学理论是一个极其活跃的课题,它对于重要的材料科学问题,包括晶体生长的不稳定性和动力学结构的调制,有着直接的应用。

大学里的交叉学科中心对于促进和维持材料科学与物理学之间的交叉学科的发展是十分有效的。因为最有价值的成就一般是基于交叉学科的研究,所以,大型工业研究实验也提供了主要的力量来促进这一交叉学科的发展。凝聚态物理学和材料科学的交叉学科主要需要以小组方式进行研究,其中每个研究者都是产生概念和进步的来源,注意到这一点是重要的。但是,对于材料的制备、加工和分析来说,缺乏提供现代技术装备和仪器的基金,常常延缓科学院实验室的进度。在许多地方,为了实现这种有效的小组方式研究,需要100万美元左右的高级设备(如分子束和电子显微技术设备)。虽然,研究中心富有先进的技术设备,但也只是适于支持能共用这些设备的小组。

## 3. 物理学-化学交叉

化学和物理学之间的交叉虽然是持久的,但又是经常变化的。物理化学家和化学物理学家常常是难区分的。近来,交叉学科的联合已开始深入到这两个领域,就象合成化学家与原子和光物理学家合作时那样。

本卷中的物理学-化学交叉这一章节论述了几个具有广泛兴趣和有技术应用前景的课题,而且不带偏见地省略了许多其它化学物理的基础课题,因为这些课题已在这套调查报告的其他卷或最近的化学调查报告(《化学中的机会》)中论及了。这里,要强调的是激光化学,表面科学,中子和X射线技术,聚合物和复合流体,以及导电有机材料。

可调谐激光器的发展使得具有惊人灵敏度

的光谱学研究,以及观测不稳定和受激分子态的产生成为可能。分子束技术、瞬表面态技术、光激发化学处理技术和同位素分离的激光激发技术都从激光应用向化学物理学发展。

表面科学包含在一些最重要和令人迷惑的化学过程中。多相催化包含着表面和发生在其上的化学反应之间的深奥的相互作用。这些准二维交叉学科既对理论又对实验提出了基本问题。最有力的工具用于研究表面性质、吸收的分子态和表面反应的瞬态产物。

虽然,由单分子构成的流体是凝聚态物理学中易于了解的对象。但是,某些感兴趣的流体是由大量奇异的化学分子构成的,它们存在一系列棘手的如化学本身一样多种多样的难题。在链的结构、分子动力学、热力学和表面性质方面,聚合物物理学提出了一些极端困难的问题。在飞秒( $10^{-15}$ s)到小时的时间尺度内进行动力学观测需要精致的技艺。无序流体行为的复杂性的理论分析一般需要大量的计算。由强各向异性分子构成的液晶可以同时显示一些流体和固体性质引起人们很广泛的兴趣。

导电聚合物作为一种新现象或增强现象(包括超导性、电荷迁移和非线性响应)的潜在源泉引起了固态物理学家的兴趣。固态物理学家和合成化学家之间的合作已经获得了一些新发现,从而使这一领域的未来研究展现出迷人的前景。

#### 4. 地球物理学

通过物理学的应用来了解地球和行星的结构和动力学,从而使地质学与物理学发生了交叉。地球物理学已经发展成为地质学的一门独立的分支领域。实际上,这门交叉学科与物理学的联系主要是指个别物理学家转向地球物理学的研究以及对物理学中的方法论的采用,而并非指象本卷所介绍的其他交叉学科那样的合作研究。当然也有一些明显的例外:地球物理学中的流体力学对通常的湍流和无序非线性系统的基本概念提出了一些问题。因此,在主要的地球物理研究所中,要加强湍流基础理论的交叉学科研究。第6,7章讨论了一些数学物

物理

理概念,这些概念对处理复杂的地球物理学提供了更有力的理论研究途径。

寻找精确测量地质变化的方法,向物理学提出了挑战。地球内部的可达性有限,海洋深度和大气层厚度,以及表征地球物理现象的大量数据,都需要进行大规模的实验测量。因此,测量技术极大地依赖于现代物理学。空间科学为这些新的和有效的测量方法提供了重要的来源。

在地球物理学中,过去几十年最重大的发展是形成板块构造学——一种假说,它认为,在地球表面上的大板块彼此之间相对地移动,使洋底返回到地幔中而循环。洋底岩石磁性更替带(alternating band)的地球物理学观测是确立板块构造学的关键因素。板块构造学理论使我们对地球内部结构、温度梯度、热驱动力有了更深入的认识,并正在应用于火山活动、山地建筑和矿物分布的研究。

海洋和大气层的地球物理学——行星结构和动力学都需要复杂的测量技术。例如,传统的地震记录仪现在只能应用于不到地球一半的范围,而可望出现的洋底地震仪将扩大上述使用范围。在超高压下,进行矿物和岩石性质的实验室测量,为现在确定地球内部的状态方程奠定了初步的基础。

适于绘图、长基线干涉测量、地震学、重力、地磁性、声海洋探测和大气探测的物理学方法是早期的测量手段。在近几年中,又发展了激光测高法,精密雷达探测,地球卫星和行星探测器上的光学和物理学遥感探测,机动反射探测以及地球和海洋的电磁探测技术。由这些测量产生的极大量的数据,需要超大规模的数据处理和计算能力,包括需要在全球遍布现代数字地震仪。物理学家为了用于人体器官成象而发明的断层X射线摄影术(tomography)对于描绘地球和海洋的内部结构正显示它的价值。

对于社会的环境问题来说,地球物理学研究有着重要的实际应用。就人类的健康和经济而论,地震活动、火山、气候变化和天气的预报都是重要的。矿物燃料的探查和能源生产、消

耗对环境影响的了解等，都是建立在地球物理学的基础上的。

### 5. 数学物理和计算物理学

物理学自诞生之日起就需要用数学来使物理学的基本概念公式化并得以定量地加以表达。因此，数学知识的局限性限制了物理学的发展。今天，物理学本身已变得如此复杂，以致于新的发现常常需要对这两门科学有深刻的了解。而在数学和理论物理学中，最佳协同的思想相互交流，使得这两个领域变得丰富起来。就与了解复杂的可观测现象直接相关的发现而论（特别是通过了解可表示无序和混沌的非线性系统的发展），数学物理是当前的一个活跃领域。

基本粒子谱系是基于非线性规范场理论的发展。用场论指导实验，导致理论上早已预言的一系列众多的基本粒子的发现。或许这一成就预示着宇宙学和基本粒子物理学的统一。物理学家和数学家都对这些理论的发展作出了贡献，而且有一种引人注目的交叉作用，例如，新的数学是由物理学家提出的，而新的物理学则是由数学家提出的。

现在，统计物理学家开始对混沌进行研究。表示无序和不稳定性的非线性方程，为无序的物理系统如湍流、玻璃和活细胞团（ensemble）提供了数学模型。这些数学的发展预示着对自然界最复杂的无序现象以新的认识。

数学物理中的这一发展是由方便的强有力的计算方法和计算概念的发展推动的。现代数学物理中的复杂问题经常需要进行数值分析。今天，通过计算机分析，能创立新的理论。具有多自由度的非线性问题现在是如此的普遍，以致于计算物理已成为理论物理学不可缺少的一部分。大学里的非线性研究中心对这一领域的发展起了重要的作用。

计算机超出了通常只作为测量和分析的工具作用，如今已成为寻找新的理论发现的一种方法。计算物理在解决核反应理论、化学动力学、等离子体模拟、星系动力学以及量子场论等诸领域中的非线性方程问题方面取得一些突出

的成就。基本粒子物理学、量子场论和重正化理论都使用了大量的计算物理学。

在统计物理学和凝聚态物理学中，许多基本问题的唯一可能的解是通过计算方法得到的。为了处理混沌、流体湍流的无序和非线性动力学而正在发展起来的新数学，完全是以作为理论研究选择工具的交互式计算机计算为基础的。计算物理学已经构成一个物理学中普遍存在的分支领域。

实际上，这套调查报告中的各卷都强调了需要较大的或更多的交互式的计算机设备。计算物理学（不只是计算机）在物理学中的几乎每个领域都占有一定的地位。计算方法的多样性的发展和计算速度的发展支配着计算物理学的发展，因而要求物理学家和计算机科学家进行充分的、积极的相互配合。这种配合指的是两学科之间真正的智力交换，而不仅仅是计算机科学在物理学中的应用。

### 三、今天的科学-明天的技术：创新过程

物理学在技术中的应用，给美国的经济带来了实际的利益。这在高技术和高度发展的领域如电子学和信息产业中实际上是最突出的；然而在这里，应用物理学起决定性作用，尽管它在整个工业的革新过程中常常是不起主要作用的。从事物理学应用及其相关技术研究的物理学家数目远远超过从事基础研究和学院式研究的物理学家。的确，物理学的发现和应用实质上支配着国家基本设施的技术发明过程。

革新带来的经济利益——为社会创造新的财富——需要整个发明过程有良好的结果：发明和实践的结合。一般地，在发明新技术之前，一些表面上与新技术无关的发现往往是会必然出现的。在历史上，这些发现的来源和时间分布是截然不同的，并在当时很难判断。在一场暴雨中随机形成几百个小水坑，当雨继续下时，能否准确地预测哪些小水坑能形成一条特定的小河。制定积累资金的战略或者管理科学研究以确定经济效益达到最佳值的企图，如同设法

引导雨水进入某些水坑而不进入其他水坑。即使在雨水形成小河后，也极难确定它是否是小河的最佳模式，即预先确定是不可能的。

即使经济上的赢利 (return) 是支持科学研究的唯一理由；我们国家也必须支持最广泛范围的基础研究不可，以便利用易遇奇缘的运气，使科学研究、技术和经济结合起来。因为任何发现的最终利用情况很难预测，所以基础研究最适合的资助者是有着广阔的技术需要的那些部门，即联邦政府和少数主要的工业部门。因此，在革新过程的开始阶段，小企业和工业部门常常不直接参加。在小的工业机构中，由于科学和技术之间缺乏配合，所以在技术转移中，也就是说，在新的科学发现向开发和商品化过程的转移中，造成了严重的障碍。

人们认为，商品化的成功——甚至在采用最先进技术的企业中——不需要直接参与发现和研究过程。的确，日本最近的例证有力地支持了这一观点。然而，谨慎是必要的。认为这一观点正确有几种理由。第一，日本最近几年的成就起因于管理、生产、销售上的擅长，比起由于科学上的领先能力更加直接。第二，因为新技术变得更复杂和更科学，所以，从研究到开发到生产到销售的技术程序的序列发展，将变得越来越分支化和复杂化。于是，我们主要的国际竞争者，特别是欧洲和日本，不顾近利正在增加它们的基础研究工作，而我们美国的基础研究却低于 15 年前的水平。美国许多大企业应用物理学技术，却不重视基础研究。这必将带来严重的后果。基础研究活动变得引人注目，是因为它们没有被纳入许多使用物理学技术的最大工业财团的业务之中。这正是未来问题的预兆。

在研究和科学之间以及在技术和经济之间产生的共生关系不仅创造了经济上有重大意义的新技术，而且也为新几代愈益复杂的研究项目奠定了基础。下面选列一些物理学的应用以说明研究与科学、技术与经济之间的关系。

物理学应用的进展包括以下几方面：

### 1. 微电子学

物理

为了社会的利益，在开发物理学的应用中，微电子工业显示一个基本原理。这一原理了解创造财富和赚钱之间的区别是有用的。仅当展现的财富和分配总额既在绝对意义上又相对于人口增长时，社会财富才是增加的。这意味着生产率必须提高。增强人类劳动生产率的能力主要依靠技术。在工业时代里，机器代替或补充人的体力；在后工业社会或信息时代里，控制机器的设备以及通过增强通信造成可能的、似人能力的有效网络，正在进一步地提高劳动生产率。

从半导体的发明直到最近，电子技术的发展趋势是，给专家提供一套较好的工具，使他们能够更加有效地和更准确地完成他们的专业工作。扩大社会信息网络将成为今后几十年的特点。技术专家们共享信息，共同使用高精密工具，将使每个专家能利用其他专家的全部信息和知识。这样，在一定意义上，社会每个基元的能力和生产率将大大地提高。社会网络将突破仅仅是知识和信息的共享与扩散的状况，向着更高级和更高生产力的社会进化。显然，那些支持这一目标而在技术应用中带头的国家将得到最大的好处。

自 1970 年以来，在电子学领域，我们已经看到信息处理能力近千倍地增长，而每一逻辑运算的费用则相应降低 1000 倍左右。材料制备物理学的发展已使工业能够引用指甲般大小的单硅芯片，它具有 20 年前的一间房那么大的计算机所具有的计算能力。已经设计出全新的设备，这些设备用光子(光)代替电子来控制、处理和变换信息。已大规模地生产微型激光器和光电探测器，它们的主要基础是过去 10 年内固体和材料物理学中的发现。把电子功能和光学功能结合起来而具有非凡处理能力的光电设备已经出现在地平线上。物理学家已经知道如何通过固体材料加速电子流以达到接近光速。这种高电子学速度与使用高真空和表面物理学研究中的方法制成近原子尺度结构的能力相结合，将使计算和通信速度比今天采用的高几千倍。

无序和非晶体物理学不仅提供了对这种新奇物质态的深入了解，而且显示了其迅速推动技术发展的能力。非晶半导体技术的开发虽然刚刚开始，但可为新能源技术建立基础。为了求得对电子材料的根本了解，物理学家已实现从原子尺度上测定缺陷、掺杂原子和不同材料之间的界面，这一界面的性质将决定未来设备的性能。

几十亿美元的大工业在过去几年中已经表现出迅速增进电子学技术方面的基本知识的能力。在国际竞争中，这种工业的基础结构是美国最有价值的财富之一。的确，这基本上是形成“高技术工业”的主要原因。

类似的未来技术应用可能基于其他物理现象，如超导性。举例来说，超导约瑟夫森器件可能成为新的超级计算机的基础。物理学中有关新奇的量子力学行为的现代研究为超导放大器呈现了增强信号检测的前景，这不仅将推动其他领域，如天体物理学观测，而且将使信息处理及存储技术大大超过现有水平。

用磁带或磁盘上的磁泡所进行的信息的磁性存储和处理方面的进步已使磁性记忆的密度接近每平方英寸1亿比特。现代的研究表明，至少可能有10倍的增长。

## 2. 光技术

在过去10年中，光信息技术或许在所有的技术中增长得最快。例如，1973年才有了第一台室温半导体连续激光器。可是，今天这种激光器不仅能可靠地运行100年以上，而且它们的体积比一粒沙还小，它们一秒钟能够传送10亿以上比特信息量的信号。上述这些成就的取得是激光基础物理（它主要是从原子、分子物理学和光学发展起来的）同材料和半导体物理学的技术相结合的结果。

材料的光学性质和光的吸收、荧光和散射的基本过程的研究与激光器的发明相结合，使得今天的超长距离的光纤通信系统成为可能。检测和纯化用于制造玻璃纤维的那些材料中的杂质原子，其精度低于十亿分之几，这种能力可从20世纪中叶的原子物理学和频谱学中找到

它的起源。利用气体蒸气制造超纯光导纤维的新工艺，是以物理化学和动力学为理论基础的。这是基础研究在不到10年的期间内转变为重大技术的有力例证。

新的超灵敏光电探测器的产生是基于半导体物理学的知识，也是基于按原子层巧妙处理材料（以便造就全新型的材料和特性）的新的现有能力。利用新型激光器和新型光纤光导，以每秒几十亿比特的速率传输的信息可超过100哩的距离而不需任何信息再生和放大。这种传输能力展示着发展低价、高速信息系统的可行性，这种系统特别适用于链式岛屿如夏威夷、印度尼西亚和日本。

细如毛发的单根玻璃纤维能够传送这么多信息，使传输的信息比现有电话技术传输可能达到的多几千倍。这种高分辨率彩色图象、高保真度音响和计算机数据等类型的信息，以及最终发展为实物尺寸的三维实时移动影象的信息，都将改变我们社会的工作和生活方式。

通过电光现象的结合，信息处理的新前景已开始呈现出来。磁光、电光和声光设备已有了专门的应用。在过去10年中，物理学家发现的全部新现象为制造新的信息处理机和记忆装置提供了可能性，而这些新设备的密度和速度可以比现在最快、最小型化的电子计算机大几个数量级。光双稳态现象使全光学计算机或光子计算机的产生有了希望。物理学已同基本过程和基本概念成为一体。我们可以有把握地预言，今后10年进一步的研究将会把上述许多想法变为现实，或许会变成商品生产。

## 3. 仪器

发展物理学仪器一般有两个目的：一些仪器使物理学研究更精确有效；另一些仪器（有时是同类仪器）则在科学或技术的其他领域（或许在整个社会）中得到应用。

在高能物理学、核物理学和等离子体物理学中，大型粒子加速器继续起着主要的作用。然而，凝聚态物理学和低能物理学日益利用大型机器和中心装置。因为物理学研究已转向更高的能区，所以，前几代粒子加速器已经转向其

他科学领域或技术领域,并得到广泛应用.离子束加速器现已常规地用于半导体工业中.中子源和同步光源已越来越多地用在凝聚态物质的研究中.新的频谱技术,如X射线吸收精细结构和紫外光发射,已大大地增加了我们对表面化学和表面物理学,物质的二维特性和通常的三维材料中细微能带结构的了解.

现在正在改进甚至全部重新设计电子加速器,以产生由自由电子激光示范的新型辐射,这种加速器可以提供高强度可调辐射,其波长从远红外到远紫外或软X射线范围.在未来几代微电子装置的生产中,超高真空处理必然变成常规手段.这种手段已被证明对了解固体表面新物质的结构(原子挨原子)十分有用.

诊断手段,如电子显微镜和高功率X射线源,使我们测定材料特性的能力发生了巨大的变化,达到空前精确的水平.这种分辨各种材料深处的几个原子的化学性质的能力,对于未来趋于小型化的技术装置来说,将是绝对需要的.最近发明的真空隧道显微镜第一次使我们能够在原子尺度上测定材料表面的实空特性.

物理学家在三年以前发明的超短激光脉冲,使我们能够实时地观测持续时间只有几飞秒的现象.因此,在物理学、化学和生物学中,开辟了以前从未达到的精细测定的全新领域.

物理学仪器除了在上述领域中使用时,还在其他领域有直接的应用,这些包括:物理学仪器,如各类断层X射线摄影术仪器(核磁共振型的仪器或许是最激动人心的)在发展医学仪器中的应用;在工业中激光器对生产、监视和控制的广泛应用,以及全息摄影对图象的阅读和复制,甚至还有造价信息的译码等诸方面的应用;在生物学和分析化学领域,激光光谱仪对常规特性分析的广泛应用.

具有重大经济意义的制造科学获得了又一次的大发展,这包括生产中使用的自动组装和机器人,也包括用计算机辅助设计和对生产过程的控制.制造科学或生产科学必须把检查和监测硬件的状态与成熟的软件、计算机诊断及控制结合起来.在未来的制造设备中,硬件将

具有通用性,它可以使我们去做各种测量,也能使我们去改变构造;而软件将具有专用性,因此,生产不同类型产品之间的差别可以完全由软件程序来控制.

就设备而论,物理学的主要趋势是:发展为高能和核物理学家使用的更高能量和更大型的机器;让凝聚态物理学家增加对中等规模的机器的使用,如同步加速器和中子源,还要加强利用小型专用实验室的微处理机进行实验数据的控制、采集和处理.在计算机控制下进行实验的能力,使得几年前不可能进行的实验有了可能.

不幸,今天许多美国大学物理学实验室匮乏现代电子设备和计算机设备.因而物理学家经常不得不自己动手建造装备,假如他们可以得到适当必要的资金的话.虽然自己建造设备对教学有一些好处,但我们相信,在现代技术水平上建造设备比仿造设备更有益处.

#### 4. 能源和环境

物理学与能源的生产和利用之间的关系远比物理学方法或原理单纯应用于能源技术要复杂得多,其中包括与应用相关的发现对物理学本身的基础研究问题的复杂反馈.

上述关系的一个重要的现代例子就是凝聚态物理学与太阳能电力的产生和储存之间的关系.半导体物理学研究使单晶中太阳能-电能转换效率可以达到20%.虽然实验室所显示的转换效率仍处于其开发阶段,但是第三世界利用当地太阳能进行的小规模发电即将证明是实用的.电子、离子和激光束在材料加工中的利用很快可明显地影响太阳能电池技术.物理学仪器在材料的分析及电子和光学现象的分析中起着越来越大的作用,而这些分析又支配着物理学仪器的设计工作.

作为下一代能源的受控核聚变其前景包含许多物理学的应用方面的难题.迄今为止,在核聚变方面的进展基本上是被物理学发现所推动的,这些发现包括强场超导磁体,激光驱动的和粒子束驱动的惯性约束系统,等离子体-电磁波相互作用现象,以及粒子-固体相互作用效

应。这最后一种现象特别重要，因为在受控核聚变的基本反应中释放出高能中子，它不可避免地会与反应器的结构材料发生相互作用。这种相互作用可导致反应器材料的脆化、韧性损失、膨胀、蠕变和其他破坏性效应。

对于我们长期的能源需要来说，虽然太阳能和核聚变技术呈现出巨大的潜力，但燃烧能现在占世界能源的90%以上。为了提高燃烧过程的效率而进行的物理学和物理化学的研究显然会提供短期重大的成果。例如，自动燃烧效率 (automotive fuel efficiency) 提高1%，仅在美国每年就将节省近10亿美元的能源费用。空气污染、酸雨和燃烧造成的腐蚀等问题，对经济和社会影响巨大，在解决这些问题的过程中将不断地应用物理学研究的方法和发现。

所有能源生产、转换或传输的方式都对环境产生重大的影响。环境物理学研究的是物质和能量在大气、海洋及整个生物系统中进行传输的机制、速率和途径。大气科学则研究天气模式、热通量和辐射平衡，以及粒子和污染物的产生和传输等复杂问题。

为复杂流体流动和化学反应而建立起的数学模型开创了对大气动力学的定量描述。最新的解析方法，如中子活化分析法以及遥感激光光谱学，正在使测定污染物的成分及其分布有可能达到空前精确的程度。

地球的总体辐射平衡对生命的未来是重要的问题之一。或许与能源生产和利用有关的最重要的单个环境因素是大气  $\text{CO}_2$  浓度。自上个世纪以来，由于矿物燃料的燃烧使  $\text{CO}_2$  浓度从280增加到335 ppm。同时，例如煤燃烧产生的颗粒状物已改变了地球的反射率。上述  $\text{CO}_2$  浓度和地球反射率的变化以及与此相关的其他现象对地球平均温度的净效应一直是个有争议的问题。因为这些系统如此复杂和对其缺

(上接第79页)

- [2] P. J. Green et al, *Ann. Rev. Biochem.*, 55(1986), 569—597.  
[3] P. Borst, *Cell*, 58(1989), 421—422.  
[4] R. Sager, *Science*, 246(1989), 1406—1412.  
[5] J. A. Piccirilli et al., *Nature*, 343(1990), 33—37.

乏了解，同时又因为  $\text{CO}_2$  问题如此重要，所以，现有的长周期基础研究活动还应该加强、拓宽并置于国际范围内，以便慎重地制定未来几十年燃料利用的战略。

## 5. 医学上的应用

在过去的10年中，由于物理学在医学上的应用，诊断和治疗都发生了巨大的变化。最惊人的成就是计算机控制的断层X射线摄影术，为此两位物理学家最近被授予诺贝尔医学奖。这一成就又大大地推动了用以诊断脑和血液循环疾病以及癌症等的X射线放射学和超声扫描的发展。计算机控制的断层X射线摄影术也能适用于更奇特的身体测量，如正电子发射断层X射线摄影术和有前途的核磁共振成像术，现在它们正以商品形式进入市场。后者(即核磁共振成像术)之所以出现是靠下面两个条件，即核磁共振技术与计算机的结合，以及强场超导磁体的可用性，这两个条件都是物理学研究的结果。

激光器已成为一种日益重要的外科工具，因为它使过去无法治愈的某些疾病能有效地得到治疗。例如， $\text{CO}_2$  激光器已用于癌症外科手术。随着现代分子生物物理学的发展，激光将对临床生物化学提供更有效的分析方法。

在下个10年里，我们预见，物理学原理将在生物传感器和重要的生理参数实时监测这两个方面的应用得到加强和加速。由于有了精密的物理学传感技术、微型化的电子仪器和光子仪器以及便宜的微处理机，将使血压、血糖、心率和机能连续的精确检测成为常规的和廉价的。所有上述技术都是前几年发展起来的材料与现象的基础物理学的直接结果。

(李喜先译自《Physics Through the 1990s》: Scientific Interfaces and Technological Application, 李伦和陆怀南校,译者作了少量删节)

- [6] J. D. Watson, *Science*, 248(1990), 44—49.  
[7] 郝柏林, *物理学进展*, 3(1983), 329—416.  
[8] H. Haken, *Evolution of Order and Chaos in Physics, Chemistry, and Biology*, Springer-Verlag, (1982).  
[9] 丁菊仁、柳百新, *物理*, 19(1990), 81—82.  
[10] P. D. Wasserman, *Neural Computing: Theory and Practice*, New York, Van Nostrand Reinhold, (1989).