



科学 走向新世纪

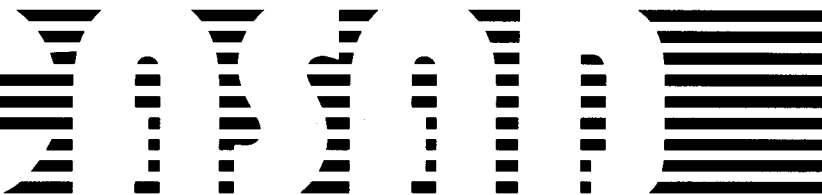
——中国科学院第十次院士大会学术报告

155

V53
Z666

科学走向新世纪

——中国科学院第十次院士大会学术报告



科学出版社

内 容 简 介

本书是中国科学院第十次院士大会报告文集。作者均为中国科学院院士。文章对自然科学各主要学科领域的发展历史和前景作了简明的回顾与展望;对若干关系国计民生的重大问题作了深刻的理性分析并提出对策建议。

读者对象为科技工作者和大专院校师生。

图书在版编目(CIP)数据

科学:走向新世纪/路甬祥等著. -北京:科学出版社, 2001
ISBN 7-03-009467-0/N·121

I.科… II.路… III.中国科学院-学术会议-文集
IV.G322.216-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第047128号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年7月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2001年7月第一次印刷 印张:8 1/2

字数:140 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<科印>)

编委会名单

主任：路甬祥

委员：许智宏 陈佳洱 王佛松
梁栋材 孙 枢 王大中

编辑：钱文藻 周先路 孟 辉

赵世荣 张 恒 刘峰松 刘勇卫 盛海涛

* 参加工作的同志还有：朱明安、刘春杰、刘鲁生、艾新源、林宏侠、袁牧红、徐照辉、孙卫国、赵春荷、申倚敏、胡筠、钱莹洁

说 明

在中国科学院第十次院士大会期间，作为以“百年科技回顾与展望”为主题的系列学术活动的重要组成部分，中国科学院学部组织了向社会开放的大型学术报告。12位院士分别就物理学、天文学、数学、化学、生命科学、地球科学和技术科学等学科领域和科学教育、西部开发等综合性问题的发展战略做了报告。这也是学部对于新时期学科发展规划等重大咨询研究的阶段总结。此外，数理学部、化学部、生物学部、地学部和技术科学部的28位院士和特邀专家，在五个分会场分别做了专题学术报告。先后有3000余名科技工作者、学生和有关部门的领导出席了学术报告会，在学术界反响热烈。

根据各方面的要求，我们组织编辑了这本文集，收编了12篇大会学术报告。相信文集对科研工作者以及科技领域的领导和管理人员有重要参考价值。

中国科学院学部联合办公室

2001年7月

目 录

学科发展战略报告

- 1 霍裕平 物理学学科发展战略
- 16 谷超豪 数学学科发展战略
- 27 陈建生 天文学学科发展与优先领域
- 37 王 夔 20 世纪化学的回顾与未来化学学科发展趋势
- 43 洪德元 迎接生命科学世纪的挑战
——生命科学发展战略调研报告（概要）
- 54 孙 枢 地球科学：世纪之交的回顾与展望
- 85 郑哲敏 论技术科学和技术科学发展战略

综合性问题专题报告

- 95 路甬祥 关于新世纪科学教育的几点思考
- 99 安芷生 等 西部开发中值得注意的几个问题
- 105 曾 毅 艾滋病的流行趋势、研究进展及遏制策略
- 110 郝柏林 生物信息学
——跨越数理、计算和生命科学的发展前沿
- 117 陈凯先 等 药物分子设计的发展

物理学学科发展战略*

霍裕平



霍裕平 物理学家。生于北京，原籍湖北黄冈。1959年毕业于北京大学物理系。郑州大学教授。曾任中国科学院等离子体物理研究所所长与合肥分院院长，长期从事理论物理研究工作，长期领导中国科学院核聚变研究工作，并参与领导国家的核聚变研究。领导和组织了我国大型超导托卡马克 HT-7 的建设，并是国家重大科学工程 HT-7U 计划的主要建议者。重要论文有《稀土离子对铁磁共振的影响》、《用光学方法实现一般线性变换》、《等离子体的静态稳定性》等，并发表专著《非平衡态统计物理》。

1993 年当选为中国科学院院士。

20 世纪是物理学空前辉煌发展的时代，它不仅从根本上更新了人类对所面对的自然界、对物质存在形式和变化规律的认识，而且决定了改变人类社会面貌的现代技术的迅速发展，作为现代技术的基础而受到全社会的重视。物理学对微观世界的认识，也成为其他自然科学学科（如化学、生命科学、天文学）进一步发展的基础。从这种意义上讲，物理学在 20 世纪成为整个自然科学发展的中心。显然，科学的发展是不会重复的，物理学在 21 世纪如何发展，它的意义、社会地位和作用，未来物理研究的主要方向等问题必然成为科学界，以及社会上关心科学发展各阶层（如技术界等）所非常关心的问题。中国物理学界有义务探讨和回答这些问题，这对于未来我国物理学的发展也将是十分重要的。当然我们也知道（正如在国际物理学界内部），完全一致的意见是不可能达到的，但是通过讨论能够突出一些方面，能够就一些基本问题取得共识也是十分有意义的。中国物理学工作者总不能长时间地在重大问题上无条件地完全跟随别人，至少我们也应该要有自己的理由来同意某一观点、某一说法。因此，中国科学院数理学部决定在世纪之交开展物理学学科发展战略的研究和讨论，并组成了“研究组”。在征求了很多院士和专家的意见后，由霍裕平院士执笔，准备了这样一个提纲式的报告，作为进一步讨论和征求意见的出发点。

物理学包含众多的二级和三级子学科，其中很多都已发展得很庞大，甚至有自己独立的体系和研究方式，而绝大多数的现代物理学家往往只在一、两个子学科内作研究工作。但近年来如何划分、甚至于如何称呼这些子学科都有些不同的说法，而未来的发展也会愈来愈强调学科间的渗透与融合，因此我们在这里讨论的是物理学作为整体的学科发展以及它可能的未来、一些最为重要的结果及其影

* 本文是中国科学院数理学部物理学学科发展战略研究组的报告。

响、一些与很多子学科都有关的带共性的东西。我们没必要逐个列举各子学科、它们的主要成就、重要性以及未来的发展(这样做也有很多非学术性的困难),因此也不存在“遗漏”某一子学科或某一部分的问题。还要指出的是,我们打算做的是“讨论”物理学,而不是“介绍”或“宣传”物理学。我们讨论的是“物理学”本身,不涉及我国物理学研究的过去与现状,当然更不涉及具体的人(不是说这些不必去做,而只是认为这些讨论不应由学部承担,是政府部门或基金部门应出面组织的)。但我们认为,即使这样做对我国物理学未来的发展还是有意义的。

人们最终关心的当然是物理学的未来,但是作为一门科学,未来必然在相当程度上主要取决于过去,特别涉及20世纪物理学发展的主要成就和遗漏,或尚未能达到的层次或区域。我们认为,比较全面地回顾物理学在20世纪的发展应该是本文的重要部分,这自然会涉及一些子学科。对于未来,我们将只讨论带共性的一些方向。

一、20世纪的物理学

20世纪是物理学空前辉煌的时期,它的一个又一个震惊人类的进展,不仅完全更新了人们对自然、对物质的基本认识(这一点是很多人以往经常提到的),而且建立了现代技术基础,支撑了20世纪,特别是下半叶,现代技术的迅猛发展,根本改变了人类生存、生产、活动(包括战争、交通等)的面貌;物理学对物质世界各层次的认识,还推动建立了化学、生命科学、天文学……进一步发展的基础,使得这些学科具有了全新的活力。物理学作为自然科学的一个分支,受到人类社会非常突出的、一致的高度重视,这是很值得物理学界在世纪之交深入思考的。以下我们将从四个方面加以回顾。

1. 全面揭示了在相当大的尺度范围内,物质存在形式和基本运动规律

19世纪及以前,人们主要是凭借直接观测,研究能直接感受到的自然现象与自然过程,用现在语言说,是研究“常规”条件下的“宏观”规律。牛顿力学及相联系的牛顿时空、热学、电磁学和电磁波、光学……都带有这种特征,大体上可以称为“经典物理”。所得到的一些基本规律,如牛顿定律、热力学定律、电磁感应和电磁场等,支持了工业革命及其后工业、电力、交通、通信等技术的发展。而对不同参考系中光速的测量、不同物质特征发射谱线的认定等等,则可以看成是现代物理实验的开始,并由之推动人们更全面、更深入地去认识(而不是感觉)客观世界。当然,由于能力和技术条件的限制,在一定时期内人们只能研究在一定尺度范围内的现象及规律,那些不能被实验验证的理论暂时只能被认为是推测。

(1) 相对论

从对电磁波(包括光)传播和物体高速运动的研究直接导致了牛顿时空观(绝对时空观)的根本改造。

狭义相对论

由讨论不同惯性系统的联系出发,将自古一直被分割开的三维空间与时间合成四维闵科夫斯基空间。不论宏观或微观物体都处于此四维时空中,其运动规律必须满足相对论协变要求,只是在低速情

况下才近似退还成牛顿时空。正是狭义相对论的时空观,导致了将原本无关的“能量”(物质运动的度量)和“质量”(物质本性的某种度量)直接联系起来,即爱因斯坦关系: $E = mc^2$ 。

广义相对论

讨论非惯性系时,必然要将原本无关的“物质”及其所处的“时空”直接联系起来,这种情况下时空也不再可能是平直的。广义相对论更将“物质存在”、“引力”与“时空结构”完整地联系在一起,刻画了引力的本质,给出了天体尺度(或可能达星系尺度)物质的运动规律,并得到相应的实验证实。但是,用广义相对论及量子场论讨论宇宙尺度(百亿光年)基本过程的试图,目前尚未能取得完全的成功,广义相对论与量子场论还不能相容。

相对论根本改变了人们的时空观,以及对物质与时空关系的看法。

(2) 量子力学

人们为了正确描述微观物体(电子、核子、原子、分子)的性质及运动,不得不放弃经典物理中物质的粒子结构以及描述物质运动和作用的“波动”概念,将两者看成是微观物体统一性质的两个不同侧面,同时也不能不放弃经典的“确定论”。量子力学将在经典物理中完全对立的“粒子性”与“波动性”结合,统一地描述微观粒子的行为。更为重要的是,它给出原子、分子及相应尺度物质的运动规律(在相互作用及外场作用下),系统地解释和描述原子、分子主要的性质与过程,从而为正确讨论各种物质的性质和行为奠定了基础。量子力学的一些有关基本认识论方面的问题,如对波函数的理解、测量等,虽然目前尚未完全解决,但也已有所进展。

在量子力学基础上发展的量子统计,描述了微观粒子(由之构成宏观系统)量子特性与宏观体系的宏观性质的联系。由于受到处理方法的局限,目前对强关联系统尚不能作一般的有效描述。

(3) 量子场论

在讨论诸多的亚原子粒子、它们间的相互作用和相互转化时,人们不能不回到“场”的概念上来(电磁场、电子场、介子场、胶子场、夸克场等),不同粒子只是各种场的激发态,而粒子间的相互作用可以看成是交换介子、光子、胶子等。量子场论将“场”、“粒子”与“相互作用”这三个过去认为完全不同的概念结合起来,讨论亚原子粒子的结构、性质及作用。

最先发展的是量子电动力学,其中光子是电磁场的量子,而电磁相互作用则是带电粒子发射、吸收或交换(虚)光子过程。利用重整化的微扰计算方法,量子电动力学成功而精确地讨论了与电磁相互作用有关的过程。

利用规范场理论,弱作用(粒子间交换W及Z粒子)与电磁作用可以统一描述(弱电统一理论)。

标准模型除包括弱、电统一理论外,还将强相互作用认定为夸克之间交换胶子(量子色动力学),质子、中子等强子都是由夸克(通过强作用)结合而成。标准模型也是可重正化量子场,能够基本解释目前所有有关弱、电和强相互作用的实验结果。但有关诸多粒子质量的来由,强作用与弱、电相互作用理论真正的统一等基本问题,还有待于在更高能区的研究结果,例如,能否发现新的标量场或Higgs子。

20世纪物理学解决了在很大时空尺度(从原子、分子到天体尺度)范围内物质的存在形式和基

本运动的规律(当然,在这个尺度范围内对物质各种具体的存在形式,它们的特性及具体的运动和变化还必须从这些基本规律出发,作具体的研究),极大丰富了,可以说是更新了,人们对客观世界原来比较直观的认识。但是,对客观世界的认识还不能说是完全的,还可以而且应该进入更深的层次问题:

(1)在标准模型中,中微子、电子和夸克粒子质量来源以及强作用与弱、电作用统一描述等更深层次的问题的讨论,都有待于在更高能区的研究结果,如是否存在 Higgs 子或相应的玻色场。

目前,广义相对论与量子场论还不相容,建立统一的量子引力理论遇到了基本困难。引力场与强、电、弱作用共同起作用的能区将更高得多。

(2)从“大爆炸”的观点看,目前宇宙的存在形式和运动与大爆炸早期情况有关,广义相对论与量子场论联合起来还不能完全说明这些基本过程,因而也就不能解释宇宙尺度(百亿光年)物质的存在形式和变化。

在上述方面的努力将可能导致人们去认识更为基本的规律,而已有的理论(如标准模型和相对论)只是它在一定尺度范围内的近似,或称之为在一定尺度范围内的“有效理论”。

2.在20世纪中,人们在物理学的各重要领域都开展了深入的研究,对相当多分支学科中的主要基本规律(在一定尺度范围内)已经有了相当的认识,并在应用需求的推动下发展成庞大的、独立的研究发展领域

物理学更重要的任务是,研究各类自然现象的基本过程和本质;各类具体物体(物质的不同存在形式)的结构、性质、运动或变化规律;以及各类系统的演变和行为。根据不同类型的研究对象,物理学分成了很多子学科。早期(在经典物理中)子学科主要根据不同类型现象划分(如力学、热学、电磁学、光学等),现在各种物理学教材中还保留着这种划分学科的痕迹。随着研究对象的扩展和研究工作的深入,也由于不同类型现象间的内在联系,现代物理更倾向于根据不同类型的研究对象(如原子分子、流体、等离子体)来划分学科。在20世纪中,人们在物理学的各重要领域都开展了深入的研究,对相当多分支学科中的主要基本规律(在一定尺度范围内)已经有了相当的认识,从这种意义上讲,这些分支学科的基础已经基本建立(也可以认为是“基本成熟”)。愈来愈广泛的应用需求,推动物理学家对各具体研究对象作更为深入、细致的研究以及探求改造对象性能的途径,形成了远大于物理学研究规模的相应应用学科,如无线电、光学、半导体、磁学等等。我们将综述部分重要物理学分支学科的状况。

(1) 理论物理

前面提到对基本规律认识的进展,可以认为都是20世纪理论物理的成就,而那些有待解决的问题也正是理论物理应追求的目标。此外,对复杂系统运动规律的研究(指如何由构成“复杂系统”的简单子系统的运动规律理解系统整体的运动规律)也是理论物理研究的重要方面。统计物理,特别是非平衡态统计,则是以往在这方面研究得比较多的一个方向。在很多领域都提出的“强关联体系”,实质上也是一类典型的“复杂系统”问题。20世纪中对某些类型的“复杂系统”开展了很多研究,但除平衡态统计物理外,人们对这些系统基本规律的了解还很不够。可以预见,随着需要研究的“复杂系统”愈来愈多地被提出,对“复杂系统”的理论研究将更加受到重视。

(2) 粒子物理

基于技术的发展,在20世纪内加速器加速粒子的能量从几个MeV增加到100GeV以上。人们系统地研究了这个能区存在的粒子、它们的性质、衰变和相互作用,并在此基础上逐步建立了标准模型,概括(而不是统一)描述了已发现的一些基本粒子以及它们之间主要的三种(强、电磁、弱)相互作用。正在努力(主要将在更高能区作实验)解决的问题是:粒子质量谱的规律和起源、检测Higgs子的存在、统一描述强、电磁和弱相互作用等更深层次的问题。

(3) 核物理

如果将发现中子看成是现代核物理的起始年代,核物理在其后的几十年中已经由一门纯基础学科发展成庞大的、倍受重视的应用基础学科。目前对稳定和近稳定原子核(中子、质子数差不大)低能态的性质、结构、谱及核反应都作了相当深入和全面的研究。基于应用方面强烈的需求,中、低能核物理研究正更进一步深化与“精细化”。由于重核接近于强耦合多体系统,人们对其结构了解还不很充分,新核素的探求是这方面研究的一个重要方面。高能核物理面对的是强子多体系或夸克胶子多体系,因而已与粒子物理相接。在此领域,应该存在着大量新的现象,有很多重要问题有待于研究解决,相应的实验与理论研究工作,以及与之相联系的对原子核结构及特性更深层次的探求,将继续成为核物理学学科发展的热点。

(4) 原子和分子物理

基于量子力学及现代测试技术(包括激光技术)的发展,人们对原子和小分子基态、低激发态、态间过程及原子分子间的相互作用都作了比较深入的研究,有了基本的了解,并在此基础上发展了量子化学,建立了化学及反应动力学的微观基础。对单个原子、分子的分离、观察和控制的手段已正在迅速发展。由于物质主要的存在形态(固、液、气体及等离子体)都是由原子、分子及离子构成,原子、分子物理也成为很多物理学科(如固体物理)的重要基础。除根据实际需求对具体原子或小分子作更深入的研究外,人们对原子、分子的高激发态、离化态的结构,对复杂大分子及其相互作用等的研究将更加重视。

(5) 无线电物理

对电磁波(射频波、微波)在不同条件下、不同类型介质中传播所作的大量具体分析和计算,奠定了很多类现代技术(如雷达、无线电及微波通信等)的基础。电磁波与各种形态物质相互作用,一直是一些相应学科的重要研究内容。

(6) 光学

在所有粒子当中,光的波动-粒子二重性表现最为明显。经典光学主要刻划了光波的传播过程,是发展各种传统光学应用的基础。量子电动力学给出了光子过程及光子与各种粒子相互作用近乎精确的描述。激光的发现将光学带入一个新的发展阶段,不论从光的强度、亮度、传播模式、相干性、光子统计性质以及超短光脉冲等,都非传统方式所产生的光所能比拟。基于激光及相关过程发展起来的“激光技术”,深深地进入了现代技术和现代科学的很多方面,如光通信、数据光存储、激光核聚

变……在激光及相关的各种过程中,光的波动、粒子二重性同时有所表现,通常采用量子光学方法,比较简单和具体地加以描述。随着现代光通讯技术、光电子技术、光子集成技术的快速发展,量子光学将受到进一步重视。激光与各类物质的相互作用已经,而且仍将是有关各领域的重要研究方向。

(7) 固体物理

“固体物理”这个名称直到20世纪才流行起来。但在量子力学建立之后,固体物理很快就成为物理学中发展最快,最为丰富多彩的学科。基于固体物理,对各类固体材料的研究和应用有了极大的发展,深入到现代技术的各个方面,成为现代人类生活的重要支柱之一。固体物理学也是物理学中具有最多的分支学科的子学科。在不同的时期,子学科的划分也有所变化。根据不同类的具体固体材料,固体物理在传统上被划分为以下一些重要的领域:金属物理、半导体物理、磁学、电介质物理、超导物理等。其中每一个领域都前后有相当多的物理学家、物理学实验室从事研究工作,取得过很多重要的成果,对现代技术的发展,对科学的进步都十分重要(如对非均匀半导体中电子过程的研究对微电子技术发展的作用,对超导体机理研究的理论意义等)。我们在这里不可能深入每一个这样的领域,只能就整体上观察固体物理的状况。

固体力学:用计算机对各种材料(包括复合材料)、各种复杂位形弹性过程(静态和动态)的分析已成为现代结构与机械设计的基础,虚拟工程的发展已经提上日程;对固体材料塑性形变、断裂和破坏过程(包括缺陷、裂纹等及其相互作用),已经有了相当多(特别是宏观规律方面)的研究,在新技术和新理论方法条件下对它们微观结构基础的研究已经而且必将受到物理学界更大的重视。

晶体:在过去几十年中,对晶体的结构、低激发能态(晶格振动声子谱及电子能谱的能带结构等)以及它们与晶体主要性质的关系;对晶体中杂质、缺陷和位错等的性状及其对材料性能的影响;对不同晶体的生长过程和机理等等都进行了非常深入的研究;对各种晶体材料各方面性能的认识,构成传统固体物理的基本内容;在此基础上发展的晶体“材料设计”及材料制备过程的控制也已很有成效。由研究各种晶体材料结构、性能(特别是电子过程)以及缺陷、杂质、表面影响而发展、建立的一些分支学科,如半导体物理、磁学等等,都已成为物理学非常重要的部分,对现代技术的发展,以及一系列重大技术领域和产业部门的建立起了决定性的作用,并将继续产生重大的影响。正在大力开展对一些新型晶体材料(特别是一些结构复杂的,具有重要应用背景的晶体材料)从制备、结构、性质到开拓应用的系统性研究工作。高温超导性机制的研究可能还将具有重大的理论意义。

非晶(无序固体)、纳米、高分子等固体材料:很多材料都有极重要的应用前景,已经开展了大量的研究工作(特别是针对各种具体材料的研究),对这些材料的性能、制备、变化规律等方面都积累了相当多的认识。但由于这些材料远比晶体复杂,得到的规律多少还带有一定程度的经验性与统计性,远不能与对晶体材料的认识相比(特别是微观结构与宏观层次的联系上)。对这些材料而言,一些规律可以作为制备所需材料的指导,但还不能开展真正意义下的“材料设计”工作。对它们的研究,有可能是今后物理学重要的研究方向之一。

薄膜及多层膜结构:由于镀膜技术的发展,以及现代光电子和微电子器件进一步微型化的趋势,近几十年来薄膜已成为一类非常重要的人造固体材料,对膜的研究也成为固体物理的一个重要的组成部分。由此也发展了讨论零维(量子点)、一维(量子线)及二维(薄膜和超晶格)固体性质的“低维固体物理”。研制具有特定性状、满足特定要求的膜(包括多层膜),全面研究它的结构、性能,并

进而直接开拓应用，将会受到更大的重视。

固体结构分析手段：固体结构分析手段（方法、技术与设备）的发展，不仅使固体物理学的研究深入到原子层次，也对分子生物学和蛋白质工程的开创起了关键的作用。微观结构以及对原子分子的直接观测手段已经有了很大的发展（如SPM等），将对物理研究和技术发展起愈来愈大的作用。

(8) 流体物理

20世纪后半叶，流体物理开始重新成为物理学的一个愈来愈重要的分支学科。除去航天、航空及很多实际应用对于气体或流体动力学所提出的要求外，技术的发展也要求人们愈来愈多地面对各种非简单流体（如非平衡介质，湍流，多相流，软物质等）。这些对象比固体还要复杂，很可能会构成对现代物理学的一种挑战。

流体及气体动力学：气体动力学，特别是应用大型计算机的计算气体动力学，已经被公认为现代航空和航天技术的重要基础。流体动力学还支撑着很多学科和应用技术（如水力、船舶、射流技术等）的发展。高速发展的计算技术（包括硬件和软件），已经替代或减少了许多传统的大型流体力学实验，并为今后流体动力学解决很多复杂的流体问题提供了新的契机。计算流体动力学，已成为流体力学及其应用中备受关注的部分。

湍流：虽有众多科学家前后历经整个世纪的努力，对湍流本质及特性仍未能得到一个基本完整的理解。湍流可能本身就是高度复杂的系统（看成是无穷多相互作用和转化的涡旋组成），也可以认为是多自由度的高度非线性体系（大量自由度不稳定后充分非线性发展），因而用简单的“混沌”过程是不能完全概括的。“标度律”描述了涨落中的“无序”部分，因而有可能作为讨论某些宏观特性的基础。但是很多重大应用（如天气预报、热交换、水流等）迫切要求知道的是涨落分布的全面情况（特别是大范围的局部有序运动）及变化规律，以及湍流宏观平均参数（如扩散、热导等等）的特性及变化规律。实验和理论相结合，全面地研究湍流，这将是相当一段时期内物理学研究的重要课题之一。

流体的结构及特性：从某种意义上讲，流体是比固体更为复杂的“凝聚态”。对流体的微观结构，以及这种结构与流体的性质、运动和变化规律的大规模研究，要比固体研究开始晚得多，直至最近几十年才受到重视，且主要是一些有重要应用价值的材料（如液晶）。研究对象主要有“非理想流体”，或近来经常提到的“软物质”，如非理想液体、颗粒物质、膜等。从微观角度上看，大多数这类物质不仅结构复杂，而且都是强关联体系，微观结构与宏观特性之间联系的建立，将会是物理学的重要课题之一。

(9) 等离子体物理

等离子体实际就是“电磁流体”，其行为远较流体复杂。现代等离子体物理起始于50年代受控热核聚变研究（在地面产生高温等离子体）的开始，及人造地球卫星上天（空间等离子体观测），因而主要是研究高温等离子体。80年代以来，由于技术发展的需求（如等离子体加工和刻蚀），低温等离子体的物理研究才受到重视。

90%以上的星际物质，是以等离子体形式存在；地壳内除较小的一个地核外，岩浆应该看成是电磁流体，等离子体物理规律对解决天体物理、地球科学的一些基本问题是必不可少的。

等离子体基本运动规律及与电磁场相互作用：自40年代以来，对简单等离子体的基本运动规律有了比较深入的了解，推动了不同受控热核聚变途径的发展。计算技术的快速发展，使得用数值模拟

方法研究等离子体特性,及数值模拟等离子体物理实验,已经开始成为重要的研究方式。

等离子体的非线性过程与湍态:等离子体是非线性现象最为丰富的强色散介质,现代等离子体物理的特征就是强调研究非线性行为。例如,在空间和核聚变装置中经常发生的等离子体内磁能到热能的转化,就是由撕裂模非线性发展的磁重联过程所控制。20世纪下半叶对等离子体各种非线性过程的研究推动了非线性数学的发展,今后也将是非线性科学以及等离子体物理研究的主要内容。在实际中,人们需要研究的大多数等离子体都是处于湍态(可看成大量自由度的非线性演化及相互作用)。由于存在电磁作用及经常是处于局部非平衡态,等离子体湍态远较流体湍态复杂。因而尽管在受控热核聚变研究和空间研究的推动下,人们对等离子体湍流作了相当大规模的研究,但对其规律和行为还不能说有基本的了解,更不用说控制其行为了。

非传统等离子体:由于技术和科学发展的需求,一些新的研究对象进入了等离子体物理研究范围,如“非中性等离子体”、“尘埃等离子体”、“部分电离等离子体”等。等离子体化学,或者称之为“带化学反应的等离子体”,为化学提供了一种新的反应手段。应该说,对它们的研究都还刚刚开始。

3. 在20世纪中,特别在二次大战中及其后,物理学迅速地深入各应用领域,为现代技术的形成和发展奠定了基础,因而受到社会各方面高度的重视

20世纪前的经典物理,为工业革命及其后工业技术的发展,为城市电气化、广播和无线电通信的发展奠定了基础。20世纪中,特别在相对论和量子力学建立后,现代物理学的发展,为以信息技术、结构与功能材料技术、核技术为核心的现代技术发展奠定了坚实的基础。相当多的物理研究工作根本就是在技术发展或应用的直接要求下开展的。物理学研究成果转化为新技术的发展,以及进一步实现大规模应用的步伐也大大加快(受到两次世界大战和冷战的推动)。因此,物理学受到全社会的高度重视,在很多国家都得到空前大力度的支持。

现代物理也正是在技术发展需求强烈的推动下,在新技术的直接支持下,以空前的速度发展起来。

以下只列举出一些影响人类的生存、生产和活动面貌的重大技术(在物理学支持下发展):

(1) 基于对电磁场和电磁波的研究和认识(经典电动力学),无线电通信和广播从根本上改变了人类远距离传输、交换信息的状态。其后又从声音文字(广播)发展到影像(电视)传送;从无线电传送发展到微波传送,到光纤传送,到卫星中继等等。用电磁波传送各种信息的技术,将整个地球各部分联系成为一个整体,当然也成为当今“经济全球化”的基础。基于电磁波的发射、传播和接收的各种雷达技术和红外技术的发展,使得人们具有了实时远距离探测的强有力的手段。

(2) 核物理学家对原子核性质、结构、能谱和核反应(特别是重核裂变反应及轻核聚变反应)的研究奠定了核能利用的基础。首先是利用不可控核能制造核武器(利用裂变能的原子弹及利用聚变能的氢弹),从而根本改变了人类战争面貌和军事对峙的状态。和平利用核能始于原子能电站的建立。这是可控的裂变核能。目前裂变核能已成为人类最重要的能源之一。可以预计,受控热核聚变能将在21世纪前半叶实现,并将逐渐成为人类主要的“最终能源”,将从根本上改善地球上的环境和资源状况。核技术还广泛应用于农业、医疗和工业等各方面。

(3) 20 世纪下半叶, 以计算机为中心的数值信息技术的发展, 已经开始将人类带入了一个全新的时代, 尽管如此称呼这个时代以及时代的特征等都还属争论的问题。至今为止, 数值信息技术的主要基础还是微电子技术。微电子技术的基础是:

对半导体晶体材料(硅、砷化镓等)中电子过程, 包括能带结构、杂质、缺陷态、元激发以及相互作用过程的深入研究和精确控制。

运用各种同质、异质结构等能带剪裁手段和微细加工方法(光刻等), 在最细线条为亚微米量级的各种器件(如结、双极晶体管、MOS 器件、HEMT 和 HBT 等)中实现对载流子输运过程的精细控制。

这些构成了这些年半导体物理研究的主要内容。

(4) 激光技术。自五十年代发现激光以来, 随着对固体、气体以及半导体激光研究的深入, 激光应用扩展到军用、检测、精确测量、加工、医用、信息通信及科学研究等各个领域, 成为现代技术的重要组成部分。半导体激光技术更推动了整个光集成技术、光电子技术、光通讯技术的发展, 构成当今及未来数值信息技术的重要基础。

(5) 新的、满足各种要求的结构材料、功能材料的大量出现, 极大程度地改变了很多技术领域的面貌, 材料科学成为现代技术的核心之一。固体物理将广泛研究各类固体材料结构与性能的关系; 研究固体材料制备过程和探求新的制备方法; 深入和细致地研究一些重要固体材料的性能和过程, 并根据需要“改造”这些材料; 还将在未来促进材料科学与生物工程技术的交叉研究。固体物理已成为, 并仍将是现代材料科学的主要基础。

现代技术也为物理学提供了大量极为有力的研究工具和手段(包括制备特殊的研究对象和人工构型系统、高分辨检测技术、制造各种特殊和极端条件、微加工与微处理、数据实时采集处理、计算及数值模拟, 等等), 也可以说, 现代技术从根本上改变了物理研究的面貌, 给物理学研究开创了很多全新的可能。有很多大型物理研究工作的进展基本上取决于相应工程的实施与技术问题的解决。

21 世纪的新技术的发展, 要求物理学各学科对各种涉及的具体物体、材料、过程、现象等作更深入和细致的研究(其中有些远比过去研究过的对象复杂); 要求研制出更适于各种应用的新材料, 开发出在一些特定环境下新的过程。当然, 从一些研究工作有可能将导致新学科的形成。

4. 在20世纪中,物理学深深地进入其他学科,不但形成了一系列交叉学科,而且奠定了一些主要学科进一步发展的基础。从这种意义上讲,物理学在整个自然科学的发展中占据特殊的地位

物理学渗入和支持化学、生物、地球科学、天文等学科研究的一个方面是, 物理学研究的测量、分析手段以及物理学研究的方法和基本思想。例如, 结构分析技术用于测量生物蛋白质的结构, 成为分子生物学的起始; 激光技术、磁共振技术对现代化学反应动力学的研究起着十分重要的作用; 用高压电子显微镜、扫描隧道显微镜等手段观测生物及化学微过程; 在物理研究中使用的二维、三维成像技术用于生物或地球科学的研究中等。这些测量手段与研究方法应用, 在一定程度上改变了化学和生物学研究面貌, 也使地球物理、天体物理成为地球科学、天文学最为主要的学科。

物理学对生物、化学和天文学研究的推动还源于物理学对微观客体（主要是原子、分子、电子、原子核以及各种基本粒子）的研究，也就是量子力学及微观物理学的发展。由于化学、生物学或天文学的研究对象都是原子、分子或核子所构成，因此量子力学或粒子物理的发展就有可能建立这些研究对象微观组成、结构、过程与宏观行为间的联系，从而使这些学科的研究大大深化，并成为进一步发展的基础。这就是为什么在量子力学建立不久，从原子、分子结构、特性、相互作用和转化出发，研究物质化学性质和化学反应过程的量子化学就发展起来，从而使化学的发展进入了一个新的阶段。分子生物学也得出的结论是，生物的DNA结构记录了绝大部分生物遗传信息。人们还试图从广义相对论以及核子、原子核、原子、分子的转化过程，来理解恒星的演化、星系的形成和发展等天体物理中的基本问题。

其他学科会对物理学的作用给出客观和公正评价的，这里只列举一些重要的交叉学科：

化学物理；

生物物理；

地球物理；

天体物理。

在未来，物理学不应只是这些学科（化学、生命科学等）发展的帮助者，物理学将扩大自己的领域，将以往这些学科的具体研究对象（特别是它们的“物理行为”）作为自己的研究目标。

二、21世纪物理学的展望

回顾20世纪物理学的进展，可以预见，在未来几十年内，物理学在自然科学发展中的地位显然会与20世纪有所不同，物理学的“面貌”也会有很大变化。

在21世纪，物理学研究，从总体来说，进入了新的、更深的层次（不论从对粒子和场的认识，对宇宙的认识，还是对复杂行为的研究以及对生命过程的探索等等），要探索的将是更为基础、更为广泛的规律，将有可能再一次更新人们对客观世界的基本认识。19世纪牛顿力学建立后，对自然界描述穷尽的呼声也很高，当时很少有人会预感到对新领域、新层次（如对原子层次、对光的研究）的研究导致30年后相对论和量子力学等全新的观念的确立。50年代激光发明前，尽管“受激发射”的概念已早为人知，却很少有人能预见到几年后激光的发现会给现代物理学以及现代技术带来如此巨大的变化。更不用说在三四十年代开始研究半导体时，人们根本不会想出来当今已经无所不在的数字信息技术。因此，作为研究客观世界物质基本属性的基础科学，物理学将仍然会充满了新的机遇与挑战。

20世纪物理学建立了现代技术的主要基础，而在21世纪物理学对技术发展将仍然起着基础支撑作用，社会和公众将因物理学对技术持续发展的重要性而重新重视它。实际上，由于社会经济和技术持续发展的需求，人们已经将一些，而且进一步将更多新的更为复杂的研究对象提到物理学家面前。在现代技术的支撑下，物理学与社会的联系将变得更为直接、更为简捷。

其他学科从自身发展出发，对物理学将提出更为迫切和更高的要求，特别是在一些重要过程的物理基础研究方面。21世纪将是人类了解生命奥秘、认识人类自身的决定性阶段，物理学家也将会是研究的主要参加者，在很多方面还将起一定的主导作用。

在21世纪，由于人类社会的发展和物理研究领域的扩大和加速进展，物理学学科的划分、研究