

北京大学科学与社会丛书



物理学与社会

吴自勤 黄 均 冯祿生 主编

北京大学出版社

北京大学科学与社会丛书

物理学与社会

吴自勤 黄 昀 冯禄生 主编

北京大学出版社

新登字(京)159号

物 理 学 与 社 会

吴自勤 黄 均 冯禄生 主编

责任编辑:瞿 定

*

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京印刷三厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

850×1168毫米 32开本 5.75印张 (150)千字

1992年7月第一版 1992年7月第一次印刷

印数:0001—2 000册

ISBN 7-301-01798-7/N·12

定价:4.50元

内 容 简 介

本书的目的是探讨物理学的研究成果对人们的认识论和社会的文化意识形态的影响。本书介绍物理学对科技的发展、计量科学、国防工业、文化思想等的影响，也介绍近10年来物理学前沿领域的动态，其中有混沌、分形、生物物理中的生命起源、高温超导材料的研究等。

编 者 的 话

20世纪已走完了它的大部分旅程，在历史的长河中90年只是短暂的一瞬间。但就在这短短的时间内，物理学却发生了巨大的变化，它成了本世纪自然科学的先驱。1900年普朗克的量子理论和1905年爱因斯坦的相对论开辟了近代科学的新纪元。这些崭新的观念改变了人们对客观世界的认识，标志着物理学从经典物理发展到近代物理。开始，这些理论只是科学殿堂中的艺术品。随着对这些理论的迅速发展和推广普及，它们极大地影响了自然科学、哲学和社会科学以及工业技术的发展。特别是促进了新技术革命的到来与发展。一般认为，第一次技术革命发生在18世纪，它的主要标志是蒸汽机的广泛应用；第二次技术革命从19世纪70年代开始，它的主要标志是电磁现象的广泛运用；第三次技术革命兴起于20世纪40年代，它的特点是出现了一系列新技术和高技术（信息技术、新材料技术、新能源技术、生物工程、空间技术、海洋技术等），以它们为基础创造出了一系列新产品和新装置如：半导体、电子计算机、彩色电视、原子能发电站、人造卫星等等，它们不仅改变着人们的生产和生活，而且还扩展和完善了人类对大自然及社会现象探索的手段。在这三次技术革命中物理学有着难以估量的巨大作用，同时它对哲学、社会科学等也发生着愈来愈大的影响。所以物理学与社会已经紧密地联系起来了。基于上述的认识，在“北京大学科学与社会研究中心”和“北京大学出版社”的支持下，我们选编了这本“物理学与社会”，奉献给读者。

本书的内容分为二个部分。第一部分回顾了90年来物理学本身的迅速发展以及它对其它前沿学科、新技术高技术发展的影响。朱洪元教授和冼鼎昌教授的文章回顾了近代物理学各个分支

学科的发展和历届的诺贝尔物理奖，给予我们许多如何继续发展物理学的启示。邵立勤、陈树楷、王立吉等教授的文章介绍了物理学对计算机科学，计量科学和其他前沿科学技术的影响，夏宗经副教授则从更久远的年代开始介绍物理学和整个文化发展间的联系。从1990年海湾战争的实例中使我们看到先进科技对国防建设的重要意义，为此特请张景勋教授撰写关于物理学与科技革命关系的文章。第二部分着重介绍目前物理学几个较前沿领域的动态，物理所所长杨国桢教授介绍了几年前出现的具有巨大应用前景的高温超导研究的重大突破，以及中国科学院物理所在这场世界范围“超导热”中作出的贡献。夏蒙桢、黄昀、陈润生等教授所介绍的混沌、分形、耗散结构都是与传统概念不同的新概念，但却有着广泛的应用，它们反映了自然界中的新规律，同时也在影响着生命科学和社会科学。在这里我们还选用了一篇对年轻的物理学工作者会有启发的文章。一位有突出贡献的中青年物理学家宋菲君以自己的切身体会生动地说明了坚实的物理基础如何帮助他成长为一个能抓总体的新技术开发专家。在教学，科研，生产战线工作的物理学家们，他们中有的可能名闻遐尔，但更多的却是一群埋头苦干的开拓者。正是他们那种献身精神迎来了中华大地上百花争艳的局面。

我们还要说明一点，由于物理学发展的日新月异，它与社会的相互渗透也与日俱增。这样的一本小册子是不可能包罗万象的，我们在这里所选编的文章只是在物理学百花园中采摘的几束小花。由于编者的水平所限，文中疏漏或错误在所难免，敬请读者指正。

在本书的编辑过程中，《物理》杂志的一些编委和编辑在选题和组稿方面提出了很好的意见，在此特致谢意。本书中有几篇文章已在《物理》杂志上刊载过，收入本书时作者都已作了不同程度的修改，并已在文章的末尾加以说明。曹昌祺和潘永祥二位教授为本书提出了许多宝贵的意见，在此一并致谢。

献 词

科学——人类的智慧、理性和文明。就象人类的生存离不开太阳，社会的进步离不开科学。科学好比是人类创造出来的一轮“精神的太阳”，也给我们光和热，照亮人的思路，激发人的才能。然而科学毕竟不是宇宙的太阳，如果没有社会的哺育，科学就不能健壮成长，难以放射光芒。

马克思、恩格斯曾把科学誉为“历史的有力杠杆”，“最高意义上的革命力量”。在科学以空前的规模和速度突飞猛进的今天，从各种角度、各种层次来考察和探讨：科学给人们提供什么新的观念？怎样革新人的思想？科学怎样合理地推动社会前进？社会又怎样有效地发挥科学的功能和促进科学的发展？是十分有意义的研究课题。

北京大学科学与社会研究中心组织编辑的这套丛书就是为这些课题的研究提供一块学术园地，希望著者、编者们在这里辛勤耕耘，开花结果。严肃的、持之有据的研究成果也必定会有不同的声音和色调，相信都是可以本着科学的精神互相讨论和借鉴的。我们期望在这个园地上将出现“百花齐放、百家争鸣”的繁荣局面，以迎接更加绚丽多彩的学术繁荣前景。

孙小礼

1987年7月

目 录

20世纪的科学先驱——物理学.....	朱洪元 (1)
诺贝尔物理学奖的回顾及 启示.....	冼鼎昌 (16)
物理学对前沿科学技术发展的影 响.....	邵立勤 (30)
物理学对电子计算机科学发展的 贡献.....	陈树楷 (44)
物理学与计 量.....	王立吉 (59)
物理学与文 化.....	夏宗经 (74)
物理学——科技革命的基础.....	张景勋 (90)
高温超导体研究在中国的重大突破	
——兼谈中科院物理所的贡献	杨国桢 黄兴章 (101)
混沌：未来世界可预测 吗？	夏蒙莽 (112)
自然界中的分形.....	黄 均 (126)
物理学能揭开生命活动之 谜吗？	陈润生 (142)
从基础研究到高技术产 业.....	宋菲君 (160)

CONTENTS

THE PIONEER SCIENCE OF 20th CENTURY—PHYSICS

.....Zhu Hongyuan (1)

REVIEW OF THE NOBAL PRIZE IN PHYSICS

.....Xian Dingchang (16)

THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNIQUE UNDER THE INFLUENCE OF PHYSICES

.....Shao Liqin (30)

THE CONTRIBUTION OF PHYSICS TO DEVELOPMENT

OF COMPUTER SCIENCE.....Chen Shukai (44)

PHYSICS AND METROLOGY.....Wang Liji (59)

PHYSICS AND CLUTURE.....Xia Zongjing (74)

PHYSICS—THE FUNDAMENT OF SICENCE AND TECH-

NICAL EVOLUTION.....Zhang Jingxun (90)

IMPORTANT SUCCESS IN THE RESEARCH OF SUPER- CONDUCTOR AT HIGH TEMPERATURE IN CHINA

—Review of the Work of Institute of Physics,

Academia Sinica

.....Yang Guozhen Huang Xingzhang (101)

CHAOS: COULD BE PREDICTED THE FUTURE?

..... Xia Mengfen (112)

FRACTAL IN THE NUTURE..... Huang Yun (126)

COULD PHYSICS SOLVE THE MYSTERY OF LIFE?

.....Chen Rensheng (142)

FROM BASIC RESEARCH TO ADVANCED TECHNIQUE

WORK.....Song Feijun (160)

20世纪的科学先驱——物理学

朱 洪 元

人对自然界的认识来源于实践。在历史上人在实践中首先接触和观察到的是宏观的物体和现象。物理学也是从研究宏观物理现象开始的。这导致经典物理学的诞生和发展。经典物理学主要包括经典力学、经典电磁学和经典电动力学、热学和经典统计力学。它在19世纪下半叶趋于成熟。它所发现的规律在生产中得到广泛的应用，特别是电气化对经济的发展发挥了重大的作用。

在19世纪后期物理学研究开始进入微观世界领域，并对高速现象，主要是光的传播和干涉现象进行精密的研究。经典物理学的局限性开始显露出来。这终于导致物理学在20世纪的重大革命。物理学研究的范围迅速扩大，而且不断深入，使物理学发展成为研究物质的基本组元及其基本相互作用和基本运动规律的学科。这些基本规律在自然科学其它学科领域中都起作用。这就促使物理学和自然科学所有其它学科相互渗透，形成一系列交叉学科，促使自然科学更加快地向前发展。物理学实验研究所发展的实验技术在其它学科中也得到广泛的应用。20世纪物理学的发展也导致技术的重大进步和创新，对社会和经济的发展产生重大影响。下面就这些方面作一简单的综述。

狭义相对论和广义相对论

1887年迈克耳孙和莫雷运用光的干涉测量“以太风”，得到

朱洪元 中国科学院高能物理研究所研究员,学部委员,中国物理学会常务理事。

否定的结果。当然早就知道用力学方法不能确定绝对静止参照系。绝对静止参照系在经典物理学中是一个基本的概念。所有的基本运动方程都是在绝对静止参照系中表达的。而在实验上竟无法确定这种参照系。这一矛盾导致爱因斯坦在本世纪初提出狭义相对论。这使人认识到空间是相对的，时间也是相对的，根本不存在什么绝对静止参照系。只有时间和空间合起来作为一个整体的四维流形才是绝对的。所有的基本物理量必须形成洛伦兹群的表示的基矢。物理学中所有的基本运动方程都必须具有洛伦兹不变性。

麦克斯韦提出的电磁场方程组的确具有洛伦兹不变性。但经典力学的运动方程并不具有洛伦兹不变性，因此必须加以发展，从而建立了相对论力学。实验证明：相对论力学正确地表达了宏观机械运动的规律。而牛顿力学只是在速度远小于光速时的近似规律，在速度高到趋近光速时便不能用。实验表明：在机械运动速度和光速相差二百亿分之一的时候，相对论力学仍然正确地表达了宏观机械运动的规律。在相对论力学中，光速是机械运动速度的极限，不能逾越。当物体速度无限地趋近光速时，它的能量、动量、惯性质量都趋于无穷大。

狭义相对论的另一个重要结论是：一个具有质量 m 的物体一定具有能量 E ，并有：

$$E=mc^2,$$

其中 c 代表光速。假使质量是物质的量的一种度量，能量是运动的量的一种度量，则上式表明：不存在没有运动的物质，也不存在没有物质的运动，物质和运动之间存在着不可分割的联系。对于静止的物体来说， E 代表它内部运动蕴藏的能量。1克物质内部所蕴藏的能量相当于22500吨 TNT 爆炸时所释放的能量。这一规律已经在核能的研究和利用中得到证实。

狭义相对论给牛顿万有引力定律也带来了新问题。牛顿提出

的万有引力是一种超距作用，产生和到达是同时的。这同狭义相对论提出的光速是传播速度的极限相矛盾。而且在狭义相对论中“同时”是一种相对的概念。因此必须对牛顿万有引力定律也加以改造。改造的启迪来自厄缶的实验，它以很高的精确度证明：惯性质量和引力质量相等。因此引力所决定的运行轨道和运行物体的质量无关。这个结论启发爱因斯坦设想：万有引力是空间、时间弯曲的一种表现。从而于1915年提出广义相对论。根据广义相对论，空间、时间的弯曲结构决定于物质的能量密度、动量密度在空间、时间中的分布；而空间、时间的弯曲结构又反过来决定物体运行的轨道。在空间、时间弯曲很小时，引力不强的情况下，牛顿万有引力定律和牛顿力学定律的预言就和广义相对论的预言趋于一致。否则就有区别。但这种区别常常很小，难于在实验中观测到。从广义相对论提出到现在已经过去了75年，至今还只有四种实验能检验出这种区别。所有这四种实验结果都支持广义相对论而不支持牛顿力学和牛顿万有引力定律的结论。广义相对论对于研究宇宙演化的初期和星体演化的后期非常重要。

狭义相对论和广义相对论对空间和时间的概念进行了革命性的变革。由于空间和时间是物质存在的普遍形式，因此狭义相对论和广义相对论对大到宇宙，小到基本粒子的研究都产生了广泛而又深远的影响。

原子物理学、分子物理学

经典物理学另一方面的局限性在物理学研究进入微观世界以后也开始暴露出来。1897年汤姆孙发现了电子，这才使人认识到原子不是以前所认识的那种不可分割的永恒不变的物质的最终单元。1911年卢瑟福发现原子核，表明原子是由原子核和电子组成的。这进一步暴露了实验和经典物理学之间存在着无法克服的

矛盾。因此必须对经典物理学进行进一步的变革。在本世纪20年代德布罗意、海森伯、薛定谔、狄拉克、泡利、玻恩创建了量子力学和量子电动力学。它们区别于经典力学和经典电动力学的主要特点是：

(1) 物理量所能取的数值常常是不连续的。当然，某些物理量在一定范围内也可以取连续的数值。

(2) 它们所反映的规律不是确定性的规律，而是统计规律。

这二个特点之间又存在着密切的联系。这突出地体现在微观客体的一个基本性质：波粒二象性之中。所有一切微观粒子如光子、电子、原子等都具有波粒二象性。对于所有微观粒子，能量 E 和频率 ν 之间、动量 p 和波长 λ 之间都有如下的关系：

$$E = h \nu, \quad p = \frac{h}{\lambda},$$

其中 h 是普朗克常数。它表达了微观客体的粒子性和波动性之间的深刻联系。粒子和波是人在宏观世界的实践中形成的概念，它们描写了迥然不同的客体。但从宏观世界中形成的概念未必恰巧适合于描述微观世界的现象。现在看来，需要粒子和波二种概念互相补充，方能全面地反映微观客体在各种不同的条件下所表现的性质。粒子性是上述第一个特性的一种体现，波动性是上述第二个特性的一种体现。

量子力学和量子电动力学应用于研究原子结构，原子光谱，原子发射、吸收、散射光的过程以及电子和光子、电磁场的相互作用和相互转化的过程非常成功。理论结果和最精密的实验结果相附合。量子力学和量子电动力学产生于原子物理学研究，但是它们起作用的范围远远超出原子物理学。量子力学是所有微观低速现象所遵循的规律，因此不仅应用于原子物理，也应用于分子物理、原子核物理以及宏观物体的微观结构的研究，量子电动力

学则是所有微观电磁现象所必须遵循的规律，直到现在还没有发现它的局限性。

经典统计力学以经典力学为基础，因而也具有局限性，必须进行改进。在宏观世界中，看起来相同的物体总是可以区别的；在微观世界中，同一类粒子却无法区分。例如：所有的电子的一切性质都完全一样。在一个物理系统中，交换两个电子后，得到的还是原来的状态。因此进行统计时，必须将交换前和交换后的状态当作同一个状态来处理。

微观粒子还有其它特殊性。自旋为 $\hbar$ 的半整数倍的粒子，如电子，服从费米-狄拉克统计。这类粒子统称为“费米子”。自旋为 $\hbar$ 的整数倍的粒子，如光子，服从玻色-爱因斯坦统计。这类粒子称为“玻色子”。根据这些规律改造经典统计力学，就得到量子统计力学。宏观物体的一系列性质必须用量子统计力学才能得到解释。

原子物理在20世纪20年代取得突破性的进展以后，仍在不断发展，所得成果的精度不断提高。原子钟已经取代地球绕日运动的周期作为时间的基准。利用囚禁电子的陷阱已将电子反常磁矩的测量误差压低到小于一亿分之一。利用量子电动力学中的受激辐射机制所产生的激光在科学技术中已经有广泛的应用，它使光谱分辨力提高一百万倍以上。利用激光已经可以观察原子如何碰撞以及如何发生化学反应。利用激光已经可以用光在一定时间内所经路径代替光的波长作为空间长度的基准。激光以及由之推动的非线性光学已经成为重要的研究领域。

分子物理学研究原子为何结合成分子、分子的内部结构、内部的运动状态、它的电学性质、磁学性质和光学性质等等。分子物理现象服从量子力学和量子电动力学的规律。近年来由于电子计算机技术的迅速发展，计算分子的结构波函数、能级以及其它性质取得了显著的进展。由于X光衍射技术、中子衍射技术、激

光技术、原子束、分子束技术等的发展，为研究分子提供了有力的实验手段，使分子物理实验研究不断取得进展。

电子被发现后不久，在20世纪初即发明了电子真空管，它推动了无线电通讯和广播事业的发展，它也是30年代开始发展雷达技术的基础。雷达首先在军事上得到重要应用，以后在导航、空中交通管理、气象观测等方面都有广泛的应用。60年代开始出现的激光器发展非常迅速，激光应用的范围已经非常广泛，从工业、农业、医疗卫生、通讯到科学研究都有重要的应用。

固体物理学

由于宏观物体是由原子和分子组成的，从20世纪30年代起，宏观物体物理学的研究也得到飞跃的发展，其中首先是固体物理学的发展。固体物理学研究固体的性质、它的微观结构及其各种内部运动、以及这些微观结构和内部运动同固体的宏观性质（如力学性质、热学性质、光学性质、电磁性质等等）的关系。每立方厘米固体中包含有约 10^{23} 数量级的原子，因此上述问题是多体问题。固体内部的结构和运动形式很复杂。这方面的研究是从晶体开始的。因为晶体的内部结构比较简单些，有明显的规律性，较易研究。以后又扩展为研究所有处于凝聚状态的物体。

固体由原子组成，而原子又是由原子核和电子组成，因此固体的内部结构和内部运动，转化服从量子力学和量子电动力学的规律。在晶体中原子（离子、分子）有规则地排列，形成点阵。20世纪初劳厄和布拉格父子发展了X光衍射方法，用以研究点阵结构。以后又发展了中子衍射方法和高分辨率电子显微镜点阵成像技术，使晶体点阵结构的实验研究得到进一步发展。

在晶体中，原子的外层电子可能具有的能量形成一段一段的能带。在晶体中，电子不可能具有能带以外的能量值。按电子在

能带中的不同填充方式，可以把晶体区别为金属、绝缘体和半导体。能带理论结合半导体锗和硅的基础研究，高质量的半导体单晶生长和掺杂技术，导致巴丁、布拉顿和肖克莱于1947—1948年发明了晶体管。

电子具有自旋和磁矩，它们和电子在晶体中的轨道运动一起，决定晶体的磁学性质。作为一个整体的点阵，有大量的内部自由度，因此具有大量的集体运动形式，具有各式各样的元激发。晶体的许多性质都和点阵的结构及其各种运动模式密切相关。晶体内部电子的运动和点阵的运动之间相耦合，也对固体的性质有重要的影响。例如：卡末林-昂内斯在1911年发现金属在低温下有超导电性；江崎玲于奈在1960年发现超导体的单电子隧道效应；1986年发现临界温度在液氮区的氧化物超导体。这些效应都和这种不同运动模式之间的耦合有关。

点阵结构完好无缺的晶体是一种理想的物理状态。实际晶体内部的点阵结构总会有缺陷；化学成分也不会绝对纯；内部会含有杂质。这些缺陷和杂质对固体的物理性质以及功能材料的技术性能，常常会产生重要的影响。大规模集成电路的制造工艺中，控制和利用杂质和缺陷是很重要的。晶体的表面和它们之间的界面具有和晶体内部结构不同的结构，因此具有许多独特的性质，会对许多物理过程和化学过程产生重要的影响。随着技术的进步，现在已经能够人工地使表面具有由不同原子组成的、具有原子尺度的层次结构。这类低维系统的属性和三维固体很不相同。所有这些都已成为固体物理研究中的重要领域，利用光电发射过程、改进了的低能电子衍射技术、扫描隧道显微术、同步辐射表面X光散射等方法研究表面的结构和性质正在迅速发展。

物体内部由原子、分子形成的结构可以变化。在变化时，化学成分虽然没有改变，但物理性质却可能改变。从一种结构变到另一种结构称为“相变”。例如：晶体内部的分子可能形成不同

的点阵。处于不同形式点阵的晶体的性质可能很不相同。相变也是凝聚态物理研究中的一个重要研究领域。这方面的研究已经取得了重要的进展。

固体物理对于技术的发展有很重要的作用。在晶体管发明以后，集成电路技术迅速发展，电子学技术、计算机技术以至整个信息产业也随之迅速发展。其经济影响和社会影响是革命性的。固体物理学也是发展具有特定物理性质的材料的基础，这些材料对于工业技术的发展往往有重要的作用。

原子核物理学

原子核是比原子更深一个层次的物质结构。原子核物理学研究原子核的性质，它的内部结构、内部运动、内部激发态、衰变过程、裂变过程以及它们之间的反应过程，它们和其它粒子，如光子、电子、介子、超子之间的反应过程。1932年查德威克发现了中子，使人们认识到原子核是由质子和中子组成的。质子和中子统称为核子。

在科学研究进入原子核层次以前只发现了两种基本相互作用：万有引力相互作用和电磁相互作用。因为它们所导致的力是长程力，因此在宏观物理现象中就直接显示出来。在科学研究深入原子核层次以后，又发现了两种基本相互作用：强相互作用和弱相互作用。它们的力程非常短。强相互作用的力程比原子半径还要小四个多数量级，弱相互作用的力程还要小得多，因此它们在科学研究进入原子核层次以后才被发现。

在本世纪30年代初，建成粒子加速器。这才使人们可能开始对原子核进行比较系统的研究。1938年发现铀原子核裂变，从而揭开原子能利用的序幕；这又促进原子核物理研究。加速器技术和探测技术迅速提高。高中子通量反应堆陆续建成。这些技术和