

PHYSICS

新世纪物理学

topics, significance and prospects



原著 \ 德国物理学会



翻译 \ 中国物理学会

山东教育出版社

本书的翻译和出版
得到中国国家自然科学基金委员会资助

新世纪物理学



原著：德国物理学会

翻译：中国物理学会

山东
教育
出版社

图书在版编目(CIP)数据

新世纪物理学 / 中国物理学会编译. — 济南: 山东教育出版社, 2005.12

ISBN 7-5328-5237-7

I. 新... II. 中... III. ①物理学—现状—20 世纪
②物理学—动态—21 世纪 IV. 04-1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 001322 号

新世纪物理学

原著: 德国物理学会

翻译: 中国物理学会

出版者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)

电 话: (0531)82092663 传 真: (0531)82092661

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发行者: 山东教育出版社

印 刷: 山东新华印刷厂临沂厂

版 次: 2005 年 12 月第 1 版

2005 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1-4000

规 格: 880mm × 1230mm 16 开本

印 张: 15.75 印张

插 页: 4 插页

字 数: 318 千字

书 号: ISBN 7-5328-5237-7

定 价: 68.00 元

(如印装质量有问题, 请与印刷厂联系调换)

联系电话: 0539-2925659

◁ 第一版序言 ▷

这本研究报告是德国物理学会在第三个千年伊始提出的形势描述。在过去的几十年里，越来越多的人理解到我们的发展已超出了我们在地球的生存空间，并且我们的资源是有限的。因此，我们社会的所有力量应当一致努力对由此现实所引发的问题找出答案。借助本书，世界上最老、欧洲最大的物理学会的物理学家们希望给大家描绘出物理学研究的现状和前景、机遇和风险。研究报告的对象是公众、政治活动家和政策制定者、贸易和工业界、新闻从业人员以及其它学科的科学家，最后还有物理学家本身。本书特别着重阐述当今物理学研究的魅力，也着重启迪对研究结果的思考。

此外，研究报告着意提出了与这一科学相联系的文化上的受益，进而帮助人们更广泛地认识到一个现代社会的运作在多大程度上依赖于科学和物理学的知识和概念。这方面未来的发展是特别重要的，它的合理发展必须建立在适度的运作和正确的政策制定的过程之上。

联邦德国教育和研究部长Edelgard Bulmahn女士和德国物理学会曾联合宣布2000年为德国物理年，以作为“科学对话”活动的一部分。在物理年里，联邦政府慷慨资助的公众活动已经显示出在广泛的层面上公众对科学和技术问题的接受。对于参与此活动的科学家来说，活动激发了有关如何对待有兴趣但缺乏专业教育背景的公众的学习过程。同时，这一活动也吸引了国际上的关注，例如科学杂志《自然》在2000年8月24日的评论中写道：“德国的研究员们在增强人们对物理学的接受性方面取得了成功。大家应从他们的范例中受益。”德国物理学会愿借此机会对部长表示感谢，感谢她的鼎力支持。我们还要特别感谢助理秘书Hermann-Friedrich Wagner博士的推动和积极持久的支持，没有他的支持，这一物理年活动恐怕无法展开。

最后，我们还要衷心感谢Markus Schwoerer和编委会其他成员，感谢他们对研究报告的准备的推动，特别感谢很多同事本身又作为作者对本报告的贡献。

Dirk Basting 博士

德国物理学会理事长

2000年11月于Bad Honnef

中国物理学会 理事长的序言

这本由德国物理学会发起，由许多位著名的德国物理学家撰写的书，是一本非常好的、具有权威性的高级科普著作。它深入浅出，图文并茂，达到了迷人的程度。我相信，这本书的出版将对高校学生和物理工作者了解现代物理学的主要内容和发展趋势大有帮助。在此，我对本书的出版表示热烈祝贺。

物理学是研究自然界所有层次上的物质结构和基本运动规律的科学分支。20世纪里物理学取得了极为重要的进展，由量子力学和相对论所代表的革命性进展不仅加深了人类对自然规律的理解，大大促进了自然科学整体的提高，导致人们对宇宙看法的重大变化，而且也带来了技术的飞跃，促进了半导体技术、计算机技术、激光技术、通讯技术、新材料和新能源的快速发展，使人类的生产力和生活方式发生了巨大变化，对现代社会和人类文明产生了非常重要的影响。人们已经认识到，量子力学和相对论不仅仅是现代物理学的基础，也是许多其它学科，如生物学、信息科学、化学和材料科学的基础。

作为自然科学基础的现代物理学，已经发展出众多的科学分支，包括许多相对独立的子学科，如粒子物理、核物理、原子和分子物理、等离子体物理、凝聚态物理、天体物理、电磁学、光学、声学、理论物理和计算物理。物理学通过微观、宏观和对复杂系统的透视，以前所未有的深度和广度推动人类了解自然，从更深、更广的层次揭示自然界的秘密。在这个过程中，许多物理学的新思想、新理论、新方法和新技术涌现出来，为人类知识财富大厦增添新的内容。

物理学不同子学科以及物理学与化学、生物学、材料科学和信息科学间的相互渗透和影响，必然产生一些新的交叉学科。这些交叉学科不仅扩展和丰富了自然科学的研究领域，而且交叉学科本身通常会成为最有前景的科学前沿。

21世纪，物理学无疑仍然是自然科学的基础，在与其它学科综合的过程中，将起着基础的作用；由物理学发展起来的新方法和新技术，将继续成为新技术革命的源泉和生长点。

在21世纪刚刚开始的时候，要预测整个21世纪物理学的发展或者21世纪中期物理学能达到的水平，对我们来说是非常困难的。正像半个世纪以前，人们很难想像物理学能够在深度和广度上达到今天的水平。无论如何，物理学家将继续探索自然界所有层次上的物质结构和基本运动规律。

物理学家将使用现代精密的科学仪器和严密的数学方法，以最强烈地对知识的渴望及最严格的方式，持久地追求科学，继续做出伟大的贡献。

陈佳洱教授

中国物理学会理事长 中国科学院院士

◁ 译者的话 ▷

由德国物理学会组织编写的《新世纪物理学》是一本非常好的高级科普读物，许多德国著名的物理学家参与编写。文字简洁，图文并茂，是大学学生、研究生和从事与物理有关的工作人员的一本很有参考价值的读物。这本书的第一版和第二版是用德文撰写的，出版后很快就一购而空。德国物理学会2001年3月做出决定，要重新出版，并在前两个版本的基础上做了一些修正和补充，于2002年底用德文和英文出了第三版。中国物理学会理事长陈佳洱院士和德国物理学会理事长Roland Sauerbrey教授还分别为英文版写了序言和祝词。德国物理学会赠送给中国物理学会200本图书。现任德国物理学会理事长K. Urban教授于2004年访华期间与中国物理学会理事长杨国桢院士签订协议，由中国物理学会组织专家将英文版《新世纪物理学》译成中文出版。

受中国物理学会委托，我们于2005年初开始翻译工作。由于本书的内容涉及物理学的各个领域及其交叉学科的许多内容，又是德文翻译成英文后，再从英文翻译成中文，错误和不足之处，希望读者给予指正。

本书的翻译和出版得到中国物理学会和国家自然科学基金委员会的大力支持和帮助，特别要感谢国家自然科学基金委员会副主任王杰。德国物理学会无偿地把翻译的版权给予中国物理学会，我们表示衷心感谢。

王乃彦

中国物理学会副理事长 中国科学院院士

2005年10月5日

德国物理学会 理事长的祝词

从中世纪末期开始，现代科学就成为国际性事业。最初，物理学主要集中在欧洲，20世纪，物理科学已散布到了世界范围。今天的物理学已经成为由许多国家贡献的世界文明的组成部分。事实上，如果没有物理学和在物理学基础上产生的技术，那么，依赖于互动和信息的真实的国际社会将不存在。这本在21世纪之初评述物理学的研究报告或备忘录是从德国的视角来撰写的。然而，从整体来看，它代表了可由国际物理学界共享的对物理学的总结。

本研究报告是包括现代物理所有领域的概述。本书在风格上，不仅是写给物理学家和其他科学家，也是写给对物理感兴趣的非专业人士的。写本书的重要原因除了显示现代物理学在德国的状况外，还表明了物理学与社会和文化之间的关系。

德国物理学会感谢德国教育和研究部对本书出版的一贯支持，最早是从研究报告第一版“物理学——物理研究的课题，重要性和前景”中的“物理学的最精彩之处”开始的。

德国物理学会荣幸地将研究报告的第三版奉献给中国物理学家。德国物理学会了解中国物理学的丰富历史和中国物理学家对科学的重要贡献。我们希望这一科学思想的交流将会激励中国和德国物理学家之间更紧密的合作，合作又可能产生新思想并进而产生有利于我们两个国家科学的新的和重要的成果。

Roland Sauerbrey 教授

德国物理学会理事长

2002年10月于Bad Honnef

目 录

1. 前言	1
2. 论题	3
3. 物理学是基础研究	11
3.1 天体物理和宇宙学，基本粒子和原子核——空间和时间、能量和物质的基本结构	13
3.1.1 天体物理和宇宙学	13
3.1.2 粒子物理	23
3.1.3 原子核——物质的构成单元，恒星的燃料	34
3.2 原子、分子、量子光学和等离子体——光与物质的相互作用	46
3.2.1 量子世界一瞥	46
3.2.2 快、更快、最快——超短激光脉冲	54
3.2.3 从微结构制备新材料	60
3.2.4 等离子体——物质的第四种状态	65
3.3 凝聚态物质——从基础研究到未来的技术	69
3.3.1 半导体	69
3.3.2 凝聚态物质中的奇异电子态	75
3.3.3 超导性	80
3.3.4 磁性——与新技术相关的古老现象	84
3.3.5 表面	91
3.3.6 纳米结构	100
3.3.7 软物质	107
3.3.8 有机半导体	115
3.4 自组织和结构的形成——普适的原理	121
3.4.1 热力学：一个普适的理论	122
3.4.2 流动的晶体，固态液体	122
3.4.3 形变：相变	122
3.4.4 临界现象	123
3.4.5 普适性和标度不变性	124



3.4.6 好!现在让铸造开始……(席勒的《钟之歌》)	125
3.4.7 成长和成熟	126
3.4.8 分形世界	127
3.4.9 沙子的轨迹:颗粒动力学	128
3.4.10 流动,向前流动,不断地伸展(歌德的《魔术师的学徒》)	129
3.4.11 决定性混沌:混乱中的方法	130
3.4.12 生存的结构和生命的结构	132
3.5 物理学和生物学——生命的物质结构及基本过程	133
3.5.1 物理学和生物学——历史上的姐妹	133
3.5.2 生物材料的魔力——自组织在复杂结构中产生有序性	134
3.5.3 结构的阐明——从原子到毫米尺度	136
3.5.4 从单分子到系综:一座连接生物信息学和物理学的桥梁	137
3.5.5 生物纳米机器	139
3.5.6 展望	142
3.6 物理学和“地球系统”——地震、海洋、气候和环境	145
3.6.1 地球——一个热机	145
3.6.2 地震学——地球内部的窗口	146
3.6.3 测量地球的人造卫星	147
3.6.4 地球磁场	149
3.6.5 地球科学和固体物理——成功的一对	150
3.6.6 气候	151
3.6.7 地球,我们的生存环境	154
3.7 物理学与数学——自然之书用数学的语言写成	157
4. 物理学是为工业和技术进行的研究	161
4.1 汽车中的物理学	163
4.2 医学中的物理学	171
4.3 能源技术中的物理学	174
4.3.1 我们的能源	174
4.3.2 光伏效应——来自太阳的电能	175
4.3.3 高温超导体——使电能没有损失(见3.3.3)	178

4.3.4 聚变：地球上的受控太阳燃烧	182
4.4 半导体技术中的物理学	187
5. 物理学是人类文化的一部分，是技术的基础	197
6. 物理教育	201
6.1 中小学中的物理学	201
6.2 德国大学的物理教育	205
6.2.1 必备条件和新学生数量	205
6.2.2 物理学位	205
6.2.3 中学教师第一次国家考试与相关的大学物理课程	207
6.2.4 学士 / 硕士课程	209
6.2.5 博士学位	210
6.2.6 物理学研究中的女性	212
7. 物理学者的工作岗位和工作方式	213
7.1 物理学工作者的职业领域	213
7.2 物理研究单位（大学，政府研究机构，工业界）	217
7.2.1 交叉学科，专业领域，合作	217
7.2.2 大学	217
7.2.3 政府研究机构	218
7.2.4 工业	221
7.3 物理研究需要大规模的设备	223
7.4 物理学的国际性	226
8. 作者与合作者	229
9. 编委会：要求，成员和运作方式	233
附录 1：与物理专业学位课程相关的典型课程时间表	235
附录 2：2000/2001 学年德国物理专业情况统计	238
附录 3：英国妇女在物理学领域从事学习或教学的比例（百分比）	239
译后记	240

前言

什么是物理学，研究物理学的目的何在

早在1789年5月26日，德国耶拿大学的历史学教授席勒^①在他的就职典礼演讲中就已经针对世界历史提出并探讨了这个问题。今天读他的讲演稿时会发现这两门全然不同的科学在基本问题上却惊人地相似。物理学是基础性的、富有成果且包罗万象的学科。物理学家运用实验方法和数学方法，尽可能严格地揭示自然规律，这些实验方法和数学方法是永恒和普适的，就像物理学本身的规律一样。人们鼓励发现这些规律，如同文明本身一样古老。^②席勒有句名言：“我们不知道20世纪会怎样或者它会有什么成就，但它之前的每个时代都致力于造就20世纪。”对这句名言的最好诠释是：20世纪是物理学的世纪。20世纪纯粹物理学研究的成就的确增进了人类对自然界基本规律的了解，其深度和广度哪怕在50年前都是无法想像的。

人们对运用自然规律的渴望就如同鼓励人们了解它们一样悠久。“学者们的研究计划是大相径庭的，他们期待从不同的哲学倾向中获得未来的收成。”在物理学中纯粹的研究及其应用是密不可分的。没有纯粹研究，就没有新知识产生；没有新的知识，文化和文明之花将凋谢。只有当一个国家的国民受到广泛的教育时，他们才可以掌控新知识究竟是造福人类还是给人类带来灾难。将来，这种教育必定会日愈包括在数学和科学教育的宽广基础之上。

本书的主题是席勒提问的当代版。

注 ① 席勒 (Friedrich Schiller, 1759~1805)，德国最伟大的戏剧家、诗人和文学理论家之一。1788年撰《尼德兰独立史》，随即由世界文学巨匠歌德 (J. W. von Goethe, 1749~1832) 推荐而任耶拿大学历史学教授。于1791~1793年撰《三十年战争史》，该书极大地提高了他作为历史学家的威望。——校译者注

② 例如，毕达哥拉斯发现勾股定律，人们宰百牛以示庆祝。在中国，商周时代，有成就的盲人音乐家被尊称为“瞽”，出入朝廷，参与朝政。此传统至今不绝。——校译者注

物理学研究：课题、意义和前景

2000年是德国物理年，就在这一年，德国物理学会出版了本书的第一版，满足了社会公众、决策者和工业界的需要。本书的前两版发行不久即销售一空。第三次出版即增订的德文版和本英文版，此版第二章中的第三篇即关于物理学家道德原则和责任的文章是新加的。

第三章和第四章篇幅较长，叙述了目前物理学研究的课题。第三章的结构遵从全世界通用的物理学分类原则。虽然对其进行了分类，但必须认识到物理学是一个统一的整体。只有在统一整体的基础上，新的基础性研究领域才能继续得到发展。从这一点上讲，每一代人至少要将物理学主要分支的基本原理作为一个整体进行再学习。目前，生物学中的物理研究是物理分支得到成功发展的一个例子（见3.5）。就内容而言，它与五十年前的生物物理几乎完全不同。在很多情况下，人们无法从分支领域的名字推断出其研究内容或研究课题。

第三章和第四章的内容仅是一些例子。本书不是百科全书，它比大百科全书内容少多了。更确切地说，引导读者对物理研究魅力的领悟是本书的目标之一。同时，举出一些例子以指出在未来几年里很可能是有关物理研究领域特别重要的方向。特别是在第三版和本英文版第四章中，因为加入了微电子学的内容，举例的数目不得不尽量减少，以致于似乎物理学在现代技术中的重要作用也减弱了。读者会发现第三章和第四章中，论题的划分在很多地方有些随意。出现这种不可避免的随意性的原因在前面也提到过：纯粹的物理研究和应用之间的关系紧密。

第五章讨论物理学的历史、文化和哲学方面的问题。物理学毕竟有其哲学起源。

第一版的第六章在此次出版时重新构架、多有扩充，因而分为第六和第七两章。这两章囊括了科学政策中的各种问题，其具体内容对德国物理学会的长期存在是至关重要的。第六章中的主题是“中小学中的物理学”和“德国大学的物理教育”，这是德国物理学会必需首要关注的问题。其它还要进一步关注的有：必须努力争取在不久的将来改善数学和自然科学的公众教育，而德国大学的教学和研究方式应使受训的物理学者将来能够在研究和工业领域的国际竞争中继续保持领先地位。同时，必须改善物理界妇女的工作条件。第七章论述物理学家的职业范围、研究中心的有机组织和财务管理、物理研究所需的大型设备以及国际化的继续推进。



论题

1. 物理学是一门基础自然科学,是人类文化的组成部分和技术的基础

物理学致力于研究自然和技术中发生的事件,将导致这些事件的原因与普遍正确的规律——自然规律相联系,并确定偶然性对于事件发生的影响(偶然性也有自身规律)。据说研究物理的兴趣源于减少迷信思想的需要,人们曾迷信地认为邪恶的幽灵可以在任何时刻引发一连串的不顺。自然规律说明这个世界有其内在秩序。就目前所知,这个秩序普遍适用,毫无例外。物质世界在不断变化,就人类认识能力而言,在自然规律基础上的秩序是永恒不变的。这一秩序代表这个世界的永恒,神圣不可侵犯,人类无法干涉。无论宇宙中的物质过程如何狂怒、也无论战争和恐怖如何践踏我们的地球王国,但决不会出现任何违背这个秩序的事。我们无论何时何地都应该完全相信这个自然秩序,在从事或计划每件事情的时候都应当基于这个秩序之上。这个教训应该铭记。

物理学的根基古远。“在西方文化初期,古希腊人发现了原理与实践间的密切联系。直至今天,文化的全部力量依然建立在这个联系的基础上”(海森伯语)。17世纪,开普勒、伽利略和牛顿通过选取自然中上下相关的许多单个过程并对其进行实验的定量研究,从而建立了近代物理学的方法学。这种方法最终使得他们能用数学术语来系统地阐述物理学的基本规律,并终归能“理解”诸如自由落体、行星运动和钟摆摆动等等过程。

19世纪末,科学家开始揭示物质的电子结构。这就首次使人们了解X射线的本质,以及理解由W.贝克勒尔、玛丽·居里和皮埃尔·居里所发现的天然放射性成为可能。J.汤姆逊于1897年发现了第一种不可分的粒子,即电子。20世纪初,A.爱因斯坦以他的相对论改变了我们关于时间和空间的概念。他和M.普朗克发现了光子,它是光的基本粒子。W.海森伯、E.薛定谔、P.狄拉克和W.泡利借助正在发展中的量子论而解决了不仅对于光,而且对于所有粒子都适用的波粒二象性问题。我们从量子理论中已经认识到在微观世界里关于因果关系和决定论的传统观念变得“模糊”了,并且认识到这种“模糊”是怎么发生的。

这些发现构建了20世纪现代物理学的雏形。自此,物理学家不断发现新的、令人激动的自然现象及其规律。从非线性动力学中我们还认识到,因果关系和决定论也在宏观世界中变得“模糊”了。人们了解到,尽管自然规律非常严格,但世界上还有很多重要的东西无法预测,这是物理学的许多重要新发现之一。在物理界流行了几个世纪之久的机械论思维套路明显地衰落了,其原因之一是忧虑公众能否领悟物理学和技术。

物理学家的首要目标是探究自然规律。他们做出的发现、获得的知识以及基于它们之上的应用,在很大的程度上已经形成了我们这个世界的图景,因而我们只要回顾过去就可以纵览世界全貌。我们也不必追溯好几百年,比如追溯到哥白尼时代,而只需要追溯1个世纪就够了。仅仅100

年前，人们尚未确信原子的存在。从此之后，物理学给我们提供了这个世界的结构和动力学的图像，那图像远远超出了人类的想像力，却又同时得到实验的证实，并往往更容易被理解。这图像若按照从最小到最大，从最轻到最重、从最慢到最快，从最冷到最热，从最亮到最暗，从最疏物质到最密物质，以及从宇宙的起始到今天的方式排列，则无论考虑何种量纲，它们的两个极端都在20多个数量级上。如此巨大的图景是基于从已知外推到未知，有些是基于大胆的假说。假说是所有科学的力量源泉。哥伦布相信地球是圆的这一假说，因此他想乘船到印度。这个信念给予他动力。他虽然最终没到达印度，却发现了美洲。物理学研究的目标起初常常超出我们直接经验的范畴，但基本的科学发现最终会促使我们恰好去直接发现“美洲”。物理学是所有自然科学中最基础的学科，它是人类文化的重要组成部分。

因此，例如射电天文学、X射线天文学、相对论力学和电磁辐射的基础知识和应用，对我们认识宇宙结构及其演化过程十分重要。人类对最小或寿命最短的物质结构、基本粒子及它们之间相互作用的探索兴趣，与古代人对宇宙的兴趣一样强烈。研究的关键取决于在大型研究设备中用以加速电子或其它荷电粒子的高能装置，例如，属于欧洲核子研究中心或重离子研究协会的德国电子同步加速器（DESY）。核物理、高能物理和宇宙学彼此密切相关，却又都是物理学的基础部分。这样，物理学覆盖了从宇宙尺度到基本粒子范围的广阔领域。探寻物质的最小结构，对于理解宇宙大爆炸和宇宙的演化发展具有决定性意义。

人们对于我们周围的宏观物质（固体、液体、气体和等离子体）具有直接和恒久的兴趣。利用量子论和光子、电子、中子及其它粒子的光谱学与显微学的实验方法，人们首先揭示了宏观物质的原子结构和分子动力学规律，并将它们用于无生命物质和生物体的研究。例如F. 克里克、R. 富兰克林、J. 沃森和M. 威尔金斯发现的脱氧核糖核酸（DNA）的双螺旋结构，基本上就是用物理方法表征的，这也使得目前即将完成的人类基因组测序工作变得清晰了。

物理学对其它学科有着深远的有时甚至是决定性影响：物理学的实验设备、实验的及理论的方法的发展成为众多别的学科及其持续发展的基础。科学的“数学化”也是源自于物理学的榜样。物理学研究因而成为自然科学和工程科学各学科不可或缺的组成部分。它曾经是并且仍将是基于现代技术之上的经济发展的特别根基。

40年前发明的激光是光盘（CD）技术、激光焊接技术、激光眼科学和其它所有激光光学技术的基础。50年前发明的晶体管对我们所有的电子设备发展曾经起到了决定性作用。没有晶体管和其它半导体器件及其在大规模集成电路中的超小型化，就不会有计算技术，也不会有控制电子设备技术和现代电子通信技术。没有1924年W. 泡利首先提出的核自旋假说并很快得到实验证实，我们就不可能利用核磁共振成像（NMR）的医术来获得患者体内的截面图像，也就没有用以控制高速电子通信和卫星导航（GPS）重要部件的原子钟。此类例子不胜枚举，甚至连汽车都装配有基于物理学的许多配件。纯粹物理学研究的应用对于经济发展的重要性是非常明显的。

决定性技术的突破常常来源于一些物理学研究的成果，后者的初始目的根本不是为了应用。20世纪的革命性技术发展通常得益于与基础研究、新的实验方法和理论方法的发展之间的紧密结

合，其中绝大部分技术发展都是基于物理学。片面地强调自然科学特别是物理学的全部研究只适合于技术应用、市场定位和边缘学科，那必将最终带来无法挽回的损失。因此，要优先保证基础研究的自由发展和主要风险的评估和预防。

21 世纪之初，物理学家关注物理、化学、工程学和生物学中的基本问题，尤其是对生物学的关注越来越多。未来物理研究中令人激动的领域非常多。本书列举了这方面很多饶有兴趣的例子，这里随便选取几个：

目前物理学家已有能力制备原子数量很大的宏观相干的物质波，它还具有相应激光光波的特征。探寻这些相干物质波及其与其它物质以及光相互作用的研究，一定非常令人振奋。

直到几年前，人们还认为不可能制备和探测仅有几个原子或分子组成的细小结构。在此期间，出现了一些新的实验技术，使分析和操作单个原子或分子的事件成为可能。在此物理领域，被研究的粒子尺度在几个纳米内或更小，有希望可以由此产生很多纳米领域的应用技术。

数学物理方法在分析复杂的动力学过程和结构形成过程中，仍然是不可或缺的。

为了降低供电及输电过程中的损耗，以及为了其它种种目的，人们正在继续进行高温超导研究；可控核聚变是将来国际合作的重头戏之一，它可以降低人类将来要面对的矿物燃料枯竭的危险。

在无人卫星上使用 X 射线望远镜扫描太空，用复杂而昂贵的地下探测器分析“不可见”的中微子流，都将增加我们关于宇宙的起源、结构和动力学的知识。

实验和理论的发展将使人们对宇宙的基本结构有新的理解，对自然界的几种基本力进行统一描述。

光合作用是地球生命存在的前提，光合作用生物物理的基本过程的研究正取得令人瞩目的进展。物理学家正在努力探求其它自然科学领域的物理本质问题，并取得很大成功，光合作用研究只是其中的一个例子。在化学领域，这种多学科合作已经取得了较为长期的经济效益。

物理学蓬勃向上，充满朝气。将来它仍然是基础性的自然科学，是人类文化的一部分，是技术的基础。



2. 物理学不可或缺，它必定是公众教育的重要部分

自然规律支配着人类周围、人类内部发生的事物，支配着作为活的生命体的人类与自然的或技术的环境相互作用的可能性和作用方式。简而言之，对自然规律的认识和研究使我们能洞察周围世界和自身的活动状态。况且，自然规律向我们展示了回答这些紧迫问题的方式，如人类从何而来？去向何方？我们要做什么？我们能做什么？我们可以做什么？这些问题都关系到人类自身存在和作为生物的人在这个世界上的作用。当然，只从自然科学的立场出发是不能回答这些问题的。它们向人类的本性提出挑战，没有人类对自然的熟知和与自然科学的接触，同样不能回答并且不会回答这些问题。

在德国，科学和技术得到高度尊重。今后只有继续活跃在科学研究及其应用的前沿，德国才能在激烈的国际竞争中存活下来。新技术的创新周期非常短暂，远远地短于一个人的工作寿命。尽管大多数人并没有工作在自然科学及其应用技术的前沿，但是他们一直在使用这些应用技术。更有甚者，相当多的一部分人依赖于这些应用技术才能够生存。

坚实的基础物理知识对于其它学科（如数学、化学、生物学、医学、工程科学）是必不可少的。即使在哲学、认识论、科学理论、经济和金融研究领域，物理学的工作方法和概念的知识也非常重要。

因此，我们认为，以适当的形式为更广泛的公众提供和传授自然界的基础知识和基本过程，是非常必要的。中小学、技术院校和大学，应首先担负起这个重任。从更广泛意义上讲，所有具有教育功能的协会组织，各种各派宗教团体，所有媒体和所有公共机构，都有这种义务，后二者还有为科学教育的生存呼救之责。

只有提供普通教育的学校，才能大规模地传授物理学基础知识。对许多年轻人来说，学校是惟一可以让他们探讨物理问题的地方。物理教育要尽早开展，但要以学生可以理解的方式，至迟在六或七年级开始^①，此后每年安排普通教育的物理课程。

提供普通教育的学校必须让全体学生认识到，20世纪革命性的技术发展总是源于基础研究与新的实验和新的理论方法的密切结合。在中等教育^②的第一阶段开设物理和技术课，在其第二阶段每个学生应该懂得所有的知识来源于研究，只有掌握这些知识，人们才能够在把握自己的未来中发挥积极作用。

注 ① 西方的 School 教育相当于我们从小学到初中的九年一贯制教育。他们的所谓“六或七年级”，即我们的小学六年级和初中一年级。——校译者注

② 西方的 Secondary 相当于我们的高中。所谓“中等教育”，包括高中、职业高中、中等技术专科学校等相同级别的教育。——校译者注

有关研究经费资助数额和优先级别、大型技术项目的推动和评估等政策决定的前提，是决策者在物理学和对于技术起着基本重要的科学方面具备良好的学校教育。这些政策决定必须公之于众，得到大众的理解和支持。然而，这又可能需要适当的学校物理教育。正如诗人、哲学家和艺术家的伟大著作一样，作为人类文化的一部分的自然科学的修养理所当然地应该成为公众教育的内容之一。