

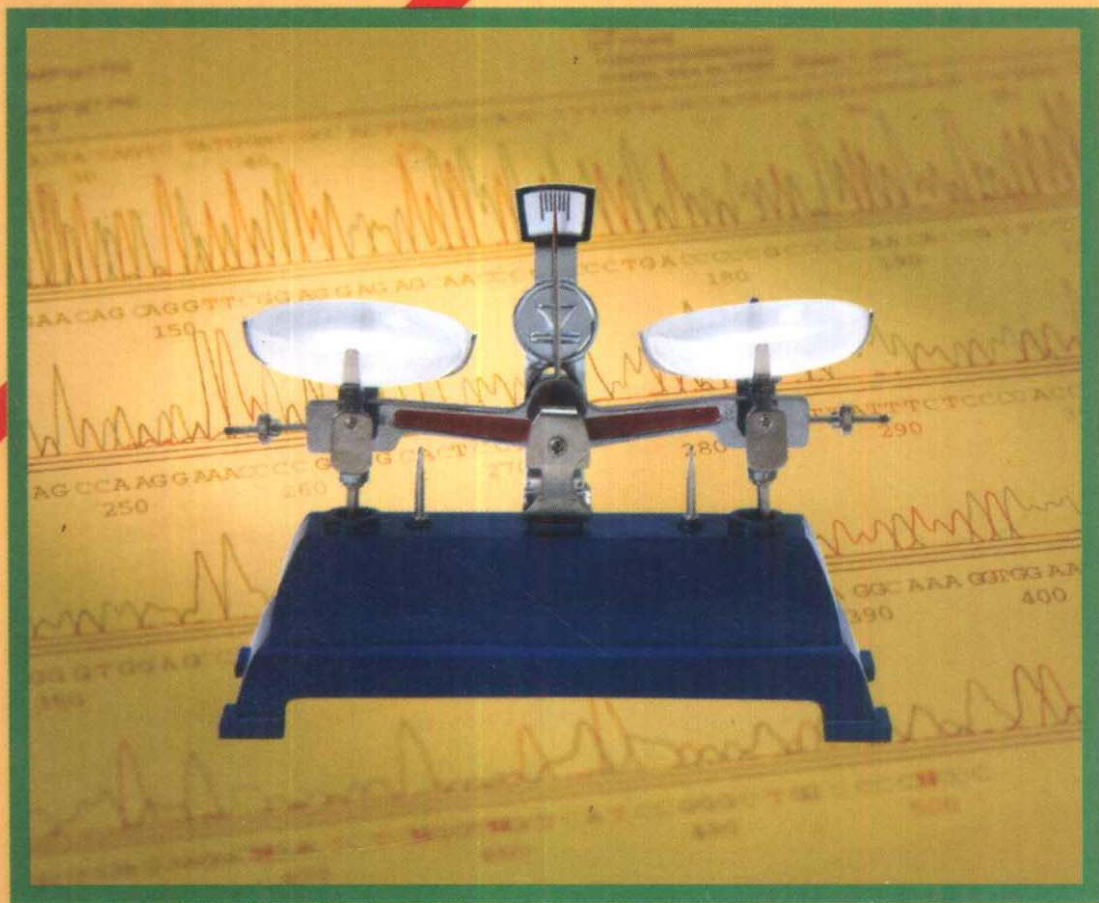
读一册书，决定人生前途  
看寥寥字，构筑学业基础



中国高等学校专业知识普及丛书

# 物 理

惠和兴 刘兆龙 鲍重光 胡海云 编著



● 普通物理学

● 理论物理学

● 物理学与信息技术

新 时 代 出 版 社

81

64-40

中国高等学校专业知识普及丛书

# 物 理

惠和兴 刘兆龙 编著  
鲍重光 胡海云

新 时 代 出 版 社

·北京·

## 图书在版编目(CIP)数据

物理 / 惠和兴等编著. —北京: 新时代出版社,  
2002.4

(中国高等学校专业知识普及丛书)

ISBN 7-5042-0685-7

I. 物... II. 惠... III. 高等学校 - 物理 - 专业  
- 简介 - 中国 IV. G649.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 006776 号

**新 时 代 出 版 社** 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850×1168 1/32 印张 5 $\frac{1}{4}$  146 千字

2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:9.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

## 编辑委员会

名誉主任 白以龙

主 任 俞 信 张又栋

副 主 任 韩 峰 庞思勤

编 委 (以姓氏笔划为序)

王 平 王 鹏 王中发 王武宏

白以龙 张又栋 吴祈宗 庞思勤

俞 信 赵承庆 龚元明 梅凤翔

韩 峰 彭华良 惠和兴 董润安

# 序 言

进入新世纪,随着江泽民主席“科教兴国”战略的落实,我国的高等教育正逐步由精英教育走向大众教育阶段。我们高兴地看到,有越来越多的青年进入高等学校学习。

青年是人生长河中一个最充满激情和梦想的时期。当科学家,翱翔于未知世界,用发明造福人类;当工程师,制造宇宙飞船,建设高速铁路,让劳动使世界变样;学政治、经济、法律、管理,造福国家、服务人民;做人民教师,从事最崇高的育人工作,哪一个青年人不对进大学,实现自己的理想和抱负充满了希望……

中国的高等教育所提供的是高层次的,在宽厚基础上的专门化教育。进入大学前,对大学的学科专业有一个较清晰的了解,这为青年学生选择未来主攻方向,规划自己的未来,无疑具有关键意义。

由新时代出版社倡议,以北京市部分重点高校的教授为主,联合编辑出版的《中国高等学校专业知识普及丛书》,其编辑宗旨即在以高中文化程度、科普读物的性质定位,知识性、趣味性并重,力求用深入浅出的语言,形象生动的比喻,科学而又简明的表述,陆续系统地出版介绍我国高等学校所有学科专业。该丛书的每册大致以一至两个学科专业门类为范围,简要叙述其形成历史和发展,重点介绍现状、应用情况、研究前沿和发展方向,从而使读者能了解该专业是什么、学什么、干什么,在四个现代化进程中的地位和作用,发展前景和就业前景。书中并对该学科专业门类的主要成果和名人轶事作了生动的描述,相信这也会引起读者的浓厚兴趣。

本书的对象主要是有志接受高等教育的广大读者,特别是应届高中生,希望该系列丛书能为他们选择



专业指路导航。自然,阅读此书,对于教育工作者、家长,以及任何对我们所处世界中浩如烟海的学科专业知识感兴趣的读者,也不无裨益。

应当说,编辑出版《中国高等学校专业知识普及丛书》无论对编者或出版社而言,都是一个全新的尝试。书中难免有不足之处,诚恳地希望广大读者提出宝贵意见。

北京理工大学副校长 俞信

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 一、物理学的地位和作用 .....             | 1  |
| 物理学与创新思维 .....                | 2  |
| 物理学在技术发展中的地位和作用 .....         | 6  |
| 物理学与其它自然科学的关系 .....           | 11 |
| 二、开启科学之门的物理学类(专业方向和专业特点介绍) .. | 16 |
| 我国物理学教育的发展 .....              | 16 |
| 物理学类各专业简介 .....               | 19 |
| 1. 物理学专业 .....                | 19 |
| 2. 物理学教育专业 .....              | 20 |
| 3. 应用物理学专业 .....              | 20 |
| 物理学类各专业主要课程简介 .....           | 21 |
| 1. 高等数学 .....                 | 21 |
| 2. 普通物理学 .....                | 22 |
| (1) 力学 .....                  | 23 |
| (2) 热学 .....                  | 23 |
| (3) 电磁学 .....                 | 24 |
| (4) 光学 .....                  | 25 |
| (5) 原子物理学 .....               | 25 |
| 3. 普通物理学实验 .....              | 26 |
| 4. 数学物理方法 .....               | 26 |
| 5. 理论物理学 .....                | 26 |
| (1) 理论力学 .....                | 27 |
| (2) 热力学与统计物理学 .....           | 27 |
| (3) 电动力学 .....                | 28 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| (4) 量子力学 .....       | 29 |
| (5) 理论物理学 .....      | 30 |
| 6. 固体物理学 .....       | 30 |
| 7. 近代物理学实验 .....     | 32 |
| 8. 结构与物性 .....       | 33 |
| 9. 电子线路及实验 .....     | 33 |
| 10. 算法语言与程序设计 .....  | 34 |
| 11. 微机原理与应用 .....    | 34 |
| 12. 计算物理学入门 .....    | 34 |
| 13. 材料物理 .....       | 37 |
| 14. 管理学概论 .....      | 39 |
| 15. 电工技术 .....       | 40 |
| 16. 金工技术 .....       | 40 |
| 其它教学环节 .....         | 40 |
| 三、物理学的发展和现状 .....    | 41 |
| 力学 .....             | 41 |
| 1. 牛顿力学 .....        | 41 |
| 2. 分析力学 .....        | 48 |
| 热学 .....             | 50 |
| 1. 能量转化与能量守恒定律 ..... | 50 |
| 2. 热力学第二定律的建立 .....  | 54 |
| 3. 热力学第三定律的建立 .....  | 57 |
| 4. 统计力学的建立 .....     | 57 |
| 电磁学 .....            | 60 |
| 1. 电和磁 .....         | 60 |
| 光学 .....             | 67 |
| 相对论 .....            | 71 |
| 1. 狭义相对论的建立 .....    | 71 |
| 2. 广义相对论 .....       | 76 |
| 量子论的诞生和发展 .....      | 78 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| <b>四、物理学和新技术</b> | 85  |
| 物理学与新材料          | 85  |
| 1. 有关物态的基本知识     | 85  |
| 2. 信息功能材料        | 88  |
| 3. 超导材料          | 90  |
| 4. 纳米材料          | 92  |
| 物理学和信息技术         | 95  |
| 1. 信息的获取         | 96  |
| 2. 信息的传输         | 97  |
| 3. 由经典向量子的跨越     | 99  |
| 物理学和生命科学         | 100 |
| 1. 实验分析手段的更新     | 100 |
| 2. 研究途径的革命性变革    | 101 |
| 3. 神经网络与信息       | 103 |
| 物理学和环境保护技术       | 104 |
| 1. 地震的预测         | 104 |
| 2. 环境污染治理        | 107 |
| 3. 资源的回收和利用      | 109 |
| 物理学和空间技术         | 110 |
| 1. 航天器的发射        | 112 |
| 2. 茫茫宇宙的探索       | 115 |
| 物理学和能源技术         | 118 |
| 1. 裂变和聚变         | 118 |
| 2. 原子反应堆         | 119 |
| 3. 可控核聚变         | 121 |
| 4. 磁流体发电         | 124 |
| 5. 太阳能的利用        | 124 |
| 6. 海水温度和潮汐发电     | 127 |
| <b>五、物理漫谈</b>    | 129 |
| 物理学研究方法          | 129 |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 1. 实验—理论—实验 .....                               | 129 |
| 2. 逻辑推理 .....                                   | 130 |
| 3. 数学推导 .....                                   | 132 |
| 4. 定量计算方法 .....                                 | 134 |
| 5. 定性和半定量方法 .....                               | 135 |
| (1) 对称性和守恒量分析法 .....                            | 135 |
| (2) 量纲分析法 .....                                 | 136 |
| (3) 极限法或特例法 .....                               | 137 |
| (4) 数量级估计 .....                                 | 138 |
| 6. 简化模型的选取 .....                                | 140 |
| 7. 思想实验 .....                                   | 141 |
| 几个专题.....                                       | 142 |
| 1. 始于问天的科学发现 .....                              | 142 |
| 2. 能不能制造永动机 .....                               | 144 |
| 3. 熵是什么 .....                                   | 147 |
| 4. 相对论的一些主要结论 .....                             | 149 |
| 5. 什么是波粒二象性 .....                               | 154 |
| 6. 中国古代发明中的物理学 .....                            | 156 |
| 附录 1 物理学类专业设置一览表 .....                          | 159 |
| 附录 2 全国普通高等学校在北京招生录取分数分布<br>统计(1997~1999) ..... | 162 |

## 一、物理学的地位和作用

物理学的研究对象为宇宙间物质存在的基本形式、性质、内部结构以及它们在运动和转化过程中所遵循的基本规律。其研究领域跨越了一个极其广阔的时间和空间范围,从时间上讲,它所涉及到的诸种现象和过程的时间短到最不稳定的粒子寿命( $10^{-25}\text{s}$ ),长到质子寿命( $10^{39}\text{s}$ );而从空间上讲,它涉及的尺度小到质子半径( $10^{-15}\text{m}$ ),大到目前可以探测的最远的类星体距离( $10^{26}\text{m}$ )。因此,将物理学称之为一切自然科学的基础,是当之无愧的。物理学所研究的粒子,构成了蛋白质、基因、器官、生物体、陆地、海洋和大气等一切人造和天然的物质。由此而派生出众多边缘和分支学科,使得人类能够从微观结构、宏观天体、生命世界及物质不同状态的侧面,更加深入地揭示自然界的奥秘,挖掘出隐含于自然现象背后的深刻本质和规律。这种本质性的认识将被应用于指导各种生产活动,从而形成在生产上有用的技术知识。在市场经济日益发达的今天,社会的发展对技术提出了更高的要求,因而,许多青少年朋友在选择自身前途的时候,不约而同地将眼光瞄向了某种技术方向,产生这样的想法,应当说是可以理解的。然而,在此我们也有必要清醒地指出,技术发展到一定程度,如果没有规律性的认识,就不能再进一步发展。在物理学中,有相当大的一部分研究,自身似乎并不对当前的生产发生作用,然而由于物理学在认识世界过程中的重要地位,其研究和发现将在时间、空间和层次上,远远超过现有生产实践活动的范围,其在改造世界中所起的作用与某项技术的发展是不可同日而语的。况且,许多技术的进步也正期待着物理学为它开拓更具潜力的发展空间。举例来说,当前人类的生活空间基本上限于地球的范围,然而,物理学家已经把自



己的思考范围扩展到了太阳系、银河系以至整个天体的起源。太空为我们提供的超高温、超高压、微重力等得天独厚的条件,不仅触发了物理学家的新思维,激发了物理学研究中最活跃、最富生命力的部分,而且为我们提供了在地球上难以想象和实现的技术领域。相对论和量子力学是在实验室范围内产生的学问,在当时的生产实践中似乎看不到什么应用前景。但是随着时间的推移,近代有关核能、半导体、激光、微电子、超导等领域中,已经无处不在地映射出近代物理学这两大支柱理论的身影。

“风物长宜放眼量”。对于在 21 世纪把握自身前途和命运的广大青少年来说,深刻地认识物理学这门科学的真正价值以及它在建立正确世界观中所处的地位和作用,无疑是十分重要的。

### 物理学与创新思维

面向新世纪科技的发展,需要造就千百万具有高素质和创新精神的人才。那么,作为自然科学基础的物理学,它在培育创新精神方面又处在什么样的地位呢?

物理学处于基础科学的地位,使得部分年轻朋友将其与创新对立起来看待。然而,通过前面有关物理学发展的历史进程可以看出,基础与创新之间是对立统一的,你中有我,我中有你,二者不能完全割裂开来。一方面,创新必须建立在继承前人成果的基础之上。物理学对自然界普遍性认识的品格,为创新思维的发展构筑了广泛而坚实的基础,为人们从多层次、多侧面去开发创新提供了优越的条件。另一方面,物理学的内涵又随着历史的发展、文明的进步而不断发生变化。当代科技进步在相当大程度上依托于物理学由经典向近代的转变,就是一个明证。从这个意义上讲,从现有的物理学研究成果去发掘出闪烁着前人创新思维的宝藏,并不断根据社会发展趋势去调整、充实和革新物理学的研究领域和内容,正是体现出物理学在培养创新精神方面所起到的关键作用。物理学的发展是一个不断追求自然界奥秘的过程,它启示我们必须“不盲从潮流,不迷信权威,不把偶然性当作必然性,不把局部当



作整体,不轻易相信未在严密科学方法下经过反复实验证明和严格推理的新发现。”这就要求人们不断地突破旧的框架,从一些“习以为常”的事实中去发掘出隐含于其中的更深层次的运动和规律。举例来说,对于我们非常熟悉的单摆运动而言,当摆角甚小时,它的周期仅与摆长和重力加速度有关。或者说,它的运动是“线性”的。由此而引发的摆的等时性结论,使得长期以来,人们认为我们的世界应当是一个钟表式的线性世界。然而,当摆角增大时,这样一个线性世界遭到了破坏,原有的规律性似乎不复存在了。这曾一度使人们感到迷茫,究竟是不再存在规律性的东西了呢,还是我们对自然规律的认识过于肤浅呢?通过科学实验及推理,人们发现,在以坐标为横轴、速度(或动量)为纵轴的所谓“相空间”里,真实的摆的运动描出的将是一幅有规律的类似人的眼睛那样的曲线。它表明,一些和谐的、有规则的规律将让位给新的所谓“混沌”的规律性。随着我们的认识在更高层次上的轮回,流体的湍流运动、地球磁场的反转、心搏的不规则、水龙头的滴水、天气的变化、电子电路的振荡、气体中原子的碰撞等许多新的“混沌”规律被发现。就连晶体管,也是建立在不满足线性规律(欧姆定律)的基础上而得到应用和发展的。归纳起来说,在亘古的年代,由于人们对自然界规律一无所知陷入了混沌一片的惶恐之中,随着科学的进步,人类掌握了许多自然规律,从而认为万古不变的规律将精确而长远地支配着宇宙万物的运动,世界仿佛成为一只准确无误的钟表。然而,物理学的研究表明,那些曾经被认为是遵守精确定律的系统(例如单摆),其运动实际上并不总是按照可预测的方式去进行。而过去被认为是无规则的现象,则可能遵循着某种新的规律。这就形成了对以往科学思维的重大冲击。一石激起千层浪,物理学中的革命性变革,往往伴随着深层次创新思维的发掘过程。这样一些新颖的科学思想,将随着学科间的交叉及社会的进步,不断向其它自然科学甚至人文科学领域辐射和渗透,从而使人类认识自然、改造自然和保护自然的能力升华到一个更高的水平。

细心的朋友们可能已经意识到,物理学是从事物的发展变化



中去认识世界的,这就决定了从事物理学研究的人必须从演化的角度去观察周围的一切,去把握事物可预见的发展。在这个过程中,物理学家必须最大限度地避免思维的僵化,必须具备对周围环境的良好适应能力。从这个意义上讲,物理学的学习并不是简单知识的堆砌,而是对人综合分析问题、解决问题的能力训练和培养。面对市场经济下对人才多元化的需求,物理学学习对人们创新思维能力的培养的作用日益突出。20世纪五六十年代,物理学因其在自然科学中的突出地位而受到大批优秀学子的青睐。在国家转入以经济建设为中心的时代里,初期阶段曾经由于对眼前技术的迫切要求而出现学习物理的人数减少的状况,但随着市场竞争向更高层次过渡,对具有高度物理科学思维人才的需求与日俱增。其原因之一就在于从事物理学研究的人员不仅具有坚实的理论基础,而且由于他们在科学思维方面得到过严格训练,经过短期的适应过程,在众多的领域中均能率先进入角色,不仅在研究方面,而且在工程技术甚至管理工作方面表现出巨大的潜力。笔者曾经与国内外的一些企业负责人进行交谈,他们均表现出对具有科学创新思维的物理学人才的渴求。这从一个方面反映出,物理学在培养创新思维方面的作用,不仅确立了它在自然科学中的重要地位,而且也得到越来越多的企业家的认可。一个好的物理学者,能够从基础理论中抽取出通向技术创新的思维途径,从而演绎出层出不穷的实用技术,达到“海阔凭鱼跃,天高任鸟飞”的更高境界。

物理学是一门理论和实践相结合的科学。在长久的历史发展过程中,物理学的研究和发展都伴随着一条科学思维、科学方法的红线。物理学的研究课题大多来自于诸多观测或实验事实,由此而建立起唯象的物理模型,从而由定性和定量方面来对物理现象作出解释;当新的事实与原有理论不相符合时,往往需要提出新的原理和假说,而这样一些新的论断,又必须经过观测及实验去进行检验、修改及完善,使得人们的认识再上一个台阶,在第五章中我们还将更具体地讲这个问题。因此,在物理学的研究中,类比、逆向思维(例如电与磁的关系)、分析、归纳以及建立在直观基础上的



推测等等,都经常使物理学家们茅塞顿开而进入一个柳暗花明的境界。大学物理中将对学生进行这样一整套科学思维方法的训练,使他们在宇宙观和价值观上有更新的顿悟。我们经常听到新入学的大学生反映“大学物理难学”、“大学物理与高中物理完全不同”,其原因之一就在于对大学物理在科学思维方面的训练作用缺乏必要的思想准备,只考虑了知识的吸收,而忽略了物理学在提高科学思维方面所起的作用。而当他们一旦纠正了片面的认识,不仅仅从知识方面、更重要的是从科学思维方面去提高自己的悟性,就会由“必然王国”走向“自由王国”了。

实验在物理学中无可替代的地位,决定了从事物理工作的人员实事求是、不弄虚作假、勇于在真理面前承认错误的思维方式和工作作风。密立根在他有名的油滴实验中确定了基本电荷的存在,即所谓的电荷量子化,在电学的发展史上建立起一座丰碑。然而更为重要的是,密立根本人指出,在他的实验中有一个油滴的电荷由于未重复出现而被他舍去,该电荷的数值较最终得到的  $e$  值低 30% 左右。这种对待实验数据严谨的态度,有可能使他成为近代有关“分数电荷”发现的第一人。历史也终将给求实的科学精神以丰厚的回报。1922 年,苏联人弗里德曼发表了有关宇宙动态模型的论文,受到爱因斯坦的批评。但当爱因斯坦看了弗里德曼的申辩信后,公开承认自己被说服了,并认为这是自己一生中最大的疏忽。大师们这种开阔的胸襟,无疑是在科学思维、科学态度方面的楷模。这也深刻地启示我们,物理学中的创新思维是建立在严格尊重科学实验事实的基础之上的。我们也曾遇到过个别的年轻朋友,好高骛远,企图一蹴而就,登上所谓创新的“高峰”。我们希望这些年轻的朋友读了前面一段文字之后,能够更加深邃地去体会和提炼隐含在物理学研究发展中创新思维的精髓。

最后,我们想谈一谈物理学对培养综合思考能力的作用。当今的科学技术,已经进到一个光、机、电一体化综合发展的时代。仅仅从某种单独的物理现象去观察事物,一条道走到黑,对解决现实中浩如烟海的复杂问题,已经远远不能适应要求。而物理学从



力、热、声、光、电等众多的侧面去发掘事物的本质以及各种运动形式之间相互联系、相互转化的功能,恰好能为这种综合性的发展提供极为广阔的思路。大家所熟知的压电效应就是一个例证。所谓压电效应,就是由力产生的电效应。在某些晶体的一定方向上施加压力或拉力,则在晶体一些对应的表面上分别出现正负电荷,电荷密度与所施外力的大小成正比。基于这种对力和电的综合分析和考虑,就可以在将机械能转换为电能的若干过程中发挥作用。例如可用石英元件产生的电振动形成标准的信号源,广泛应用于石英钟表、计算机时钟脉冲;压电材料还在探测水下目标的声纳、医学上的B超以及雷达、探矿、地震监测、军用通信和导航设备等诸多方面获得应用。在许多情况下,高压静电场的测试变得十分困难,这时,将电和光联系起来的所谓电光效应,为人们从光的角度解决电的测量提供了简捷而可靠的运作方式。这样的例子不胜枚举。由此看出,物理学在训练人的综合思维能力方面也是大有可为的。它时时刻刻提示我们,在培养科学素质的过程中,应切实注意防止思想的僵化和片面性,不能够只见树木,不见森林;应提高从整体和根本上去把握事物内在联系的意识。从更远的观点看,它对我们形成一个正确的世界观也将起到潜移默化的作用。

### 物理学在技术发展中的地位和作用

物理学属于自然科学的范畴。通常人们习惯于将科学与技术混同起来而统称为“科技”。这样的提法是不严格的。通俗地讲,科学是解决“为什么”这样一个理论问题,而技术则是解决“怎样做”这样一个实际问题。二者既有区别又有联系。从这个意义上讲,物理科学的任务主要在对未知领域的探索,物理学上的每一次重大突破,都将对技术的进步带来无可估量的影响;而技术则是在相对成熟的领域内实施,是在科学的指导下有规划、有步骤地发展的。

一般而言,物理学与技术的关系存在两种基本的模式。即技术—物理—技术的模式和物理—技术—物理的模式。这两种模式相互并行和交叉。在物理科学尚未发达的时代,第一种模式占据



着主导地位。人们由于生产实践的需要而创建了技术,第一次工业革命中热机的发明和使用即为一例。但由于热机效率低下,促进了卡诺、亥姆赫兹、焦耳、开尔文、克劳修斯等人的理论研究,建立了热力学的理论体系,并再度反馈到技术中去,促进了技术的进一步发展。然而,电磁理论的发展,最初纯粹是物理上的探索而没有应用的研究。在库仑、奥斯特、法拉第等人从实验室中揭示的基本定律的基础上,建立起了较为完整的电磁理论,然后才发展起了有关电磁应用的全新技术领域。今天,这两种模式都还在发挥作用。但从当今一些重大技术领域的创立过程来看,由于物理学思想和知识的积累而迸发出新技术的第二种模式,其重要性尤为明显。美国科学家布什在《科学——没有止境的前沿》一书中指出:“我们需要许多有活力的新企业。然而,新产品和新工艺过程并不是生来就完善的。它们依赖于新的原理与新的观念,而这些新原理与新观念本身又是来自基础研究的。基础科学研究是科学的资本。”这样的例子比比皆是。仅以 21 世纪最为热门的信息技术而言,它就与物理学有着千丝万缕、牢不可分的关系。1947 年,贝尔实验室的巴丁、布拉顿和肖克莱在固体物理学理论指导下发明了晶体管,标志着信息革命的开始。随后,在经历了由分离元件向集成电路的飞跃发展之后,集成电路又以大约每十年一千倍的速率向微型化方向发展。20 世纪 40 年代建成的第一台大型电子计算机,使用了 18000 个真空管、1500 个继电器,几十万个电阻电容,自重 30t,耗电达 200kW。而现在一台小型的笔记本电脑,却拥有了超越其“祖先”性能不知多少倍的功能。技术进步之神速真是令人叹为观止。然而,当这种微型化的趋势进一步发展时,人们却不可避免地遇到了物理上极限的挑战。高中物理告诉我们,在深入到物质的微观结构时,物质将呈现出波粒二象性,即会出现不连续的所谓量子化效应。电子作为一种波动的特性将显现出来,通常的电导理论不复有效。现在发现,在介观尺度下( $10^{-9}\text{m}$ ),用现有的常规理论来处理问题也可能遇到困难。由此说明了器件尺寸存在着极限。而近年来得到迅猛发展的介观物理学,则为新型的“量