普通高等教育“十一五”规划教材

综合提高物理实验

吴俊林　主编



科学出版社
www.sciencep.com

需要全本请访问 www.ertongbook.com

普通高等教育“十一五”规划教材

综合提高物理实验

主　编　吴俊林

副主编　刘志存　李宗领　任亚杰

史智平　朱志平

科学出版社

北　京

内 容 简 介

本书以现代认知心理学理论和建构主义学习理论为依据，以“营造氛围激发兴趣、问题探索创新思维、实践感悟建构知识、独立评判发展能力”为编写理念和指导思想. 教材把创新理论和物理实验内容有机融合，体系上加强了相关实验的纵、横向融合. 书中第 1、2 章首先介绍了创新基础理论和物理实验研究方法，以利于帮助和指导学生在物理实验过程中创新实践. 第 3 至 8 章为实验部分. 实验内容由 6 部分组成，分别为：长度的测量与研究(17 个实验)；温度的测量与探索(16 个实验)；电阻的测量与应用(10 个实验)；电压、电流的测量与电路设计(14 个实验)；折射率的测量与方法交融(12 个实验)；其他物理量的测量与拓展(20 个实验).

本书可作为高等师范院校和综合大学物理实验教学用书，也可供其他高校选用，并适合不同层次的教学需要.

图书在版编目(CIP)数据

综合提高物理实验/吴俊林主编. —北京：科学出版社，2010
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-03-028624-6

Ⅰ. ①综… Ⅱ. ①吴… Ⅲ. ①物理学—实验—高等学校—教材
Ⅳ. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 158416 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

新蕾印刷厂 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销
*
2010 年 8 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
2010 年 8 月第一次印刷 印张：19 1/2
印数：1—3 000 字数：460 000

定价：37.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

前　言

当今世界，科学技术作为第一生产力空前活跃，创新能力已经成为国家经济增长和社会进步的核心力量，决定着民族的兴衰. 日趋激烈的国际竞争突出表现为科技、教育和人才的竞争. 科技是关键，教育是基础，人才是根本. 创新型人才培养的关键在于教育，创新教育的核心是培养创新型人才. 现代教育理论的研究表明：人的创新能力是在实践活动中通过构建知识，获取体验，形成技能，最终发展形成的. 因而，对高等教育而言，实践类教学在学生创新能力和创新人才培养方面起着不可取代的重要作用.

物理实验是高等学校面向本科生开设的一门实践性很强的必修基础课，是为培养学生的创新精神、实践能力、探索质疑和独立评判能力以及提高学生综合科学品质和创新能力打下坚实基础的极其重要的实践性教学环节，是以教学形式培养科学技术后备创新力量的重要途径，它是现代科学技术赖以发展的重要实践基础源泉. 物理实验教学要以培养学生的创新能力为核心，在物理实验教学中如何培养学生的创新意识和科学品质，如何把创新教育贯穿并渗透在物理实验教学中，作者对此进行了多年积极的探索和改革实践. 物理实验教学必须适应时代的发展，真正改革实践类教学仍然是传统的只注重知识传授型、按部就班的学院式训练模式，重建“营造氛围激发兴趣、问题探索创新思维、实践感悟建构知识、独立评判发展能力”的物理实验教学理念和指导思想，以高度的责任感和使命感积极实践物理实验教学改革与研究，构建以创新能力培养为灵魂主线的“一条主线、三个阶段、动态式、综合化、研究型”的物理实验教学新模式，实验教学实行“三级开放式”管理模式. 通过 10 余年坚持不懈的研究、改革和实践，陕西师范大学物理实验教学已建成了具有鲜明师范特色的课程体系、教学模式和创新型教师教育人才培养平台. 教材是体现教学理念、教学内容和教学要求的知识载体，《综合提高物理实验》教材是作者 10 余年来物理实验教学改革的实践成果和科学研究成果的结晶，并吸纳了兄弟院校物理实验教学改革优秀成果，结合区域经济发展和创新人才培养的特色编写而成. 教材有如下特色：

(1)教材以现代认知心理学理论和建构主义学习理论为依据，以“营造氛围激发兴趣、问题探索创新思维、实践感悟建构知识、独立评判发展能力”为编写理念和指导思想. 教材在实验内容、测量方法、仪器使用等诸多方面积极营造弹性选择空间，以兴趣原动力驱动学生创新思维，突出体现实践动手操作、质疑感悟评判和能力构建的创新人才培养的核心灵魂价值主线. 教材为学生营造了主动学习和创新思维的最大自由弹性空间.

(2)教材把创新理论和物理实验内容有机融合. 教材第 1、2 章首先介绍了创新基础理论和物理实验研究方法，以利于帮助和指导学生在物理实验过程中创新实践. 多数实验中都安排有探索创新、拓展迁移的实验内容，将激发学生创新热情、个性化发展和提高创新意识、创新能力培养渗透在实验教学全过程，营造了勤于思考、勇于探索的学术创新氛围.

(3)教材编写体系在吸纳了现有按学科或按功能层次体系编写优点的基础上进行了创新突破，构建了以物理量测量为主题编排实验内容的教材新体系. 从而加强了相关实验间的纵横联系、促进学生认知结构的形成. 同一物理量不同学科测量方法或不同学科物理量相关测量方

法的交融、碰撞、相互渗透和借鉴促使学生思维模式的组合多变形成无限的想象空间，这给学生在学科交叉、方法交融的碰撞中产生出创新的火花、跨学科的独特知识结构、与众不同的思维方式将有助于学生在多学科组合拓展无限空间自由成长.

(4)教材注重通过实验研究和实验设计的实践过程培养和提高学生发现问题、分析问题进而提出有自己新颖独特见解的解决问题思路或方案. 教材一改按功能层次分类编写的模式，而在每个实验中都渗透着研究、设计和探索的内容与要求，把能力培养融入在实验教学和教材的细节中，并处处透射创新气息，努力做到创新人才培养和风细雨、持之以恒.

(5)教材努力做到经典与现代相结合、教学与科研相交叉、实验研究设计与科学研究相融合. 教材中的实验发展过程与前沿应用概述强调将经典物理实验的物理思想、实验方法应用于现代科技前沿. 通过缩短教学经典与科技前沿应用的距离，激发学生兴趣、开启创新潜能. 教材注意知识的发现发展过程并适当介绍物理学史和著名人物传记，借以引入方法论的教育和科学精神、人文精神的熏陶，强调物理方法及思维方法的培养，使物理实验教材成为自由探索的沃土.

物理实验教学改革及教材建设是一项长期的集体的事业，它是多年教学改革与反复实践成果的结晶. 因而，我们说本教材的编写凝聚了我校及兄弟院校数 10 年特别是改革开放以来从事物理实验课教学工作人员的集体智慧和劳动成果. 多数实验题目都包含有许多同志先后的贡献，这里难以逐一记载他们的功绩. 在新教材出版之际，谨向他们表示谢意. 本书的编写由吴俊林、刘志存、李宗领、任亚杰、史智平、朱志平等共同完成，最后由吴俊林统稿修改后定稿.

本书在编写过程中，征求了许多兄弟院校从事物理实验教学的老师的意见和建议，参考并吸收了许多兄弟院校的有关资料和经验；陕西师范大学教务处、实验室建设与管理处、物理学与信息技术学院的领导对本教材的编写和出版给予了极大的支持和鼓励；科学出版社的有关领导和编辑为本教材的出版作了巨大的贡献，在此表示衷心的感谢！

实验教材改革及建设是一项长期的工程，我们渴望减少教材编写中的不妥和错误，但书中不可避免的还有许多不完善和需要改进之处，加上编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有疏漏之处，敬请读者批评指正.

编　者

2010 年 5 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

前言
第 1 章　创新基础理论概述 …… 1
1.1　创新基本知识简介 …… 2
1.2　科学创新思维方法简介 …… 11
1.3　创新技法 …… 20
1.4　创新人才培养 …… 38
第 2 章　物理实验研究与设计 …… 50
2.1　科学研究的思想和方法 …… 50
2.2　物理实验研究与设计 …… 52
第 3 章　长度的测量与研究 …… 61
实验 3.1　简谐振动研究与弹簧劲度系数测量 …… 61
实验 3.2　单摆周期实验公式的总结 …… 63
实验 3.3　容器排水时间的研究 …… 64
实验 3.4　测量弹簧的等效质量 …… 65
实验 3.5　单摆实验系统误差的修正研究 …… 65
实验 3.6　动力学法测材料弹性模量 …… 66
实验 3.7　焦利氏秤上三个实验的设计与研究 …… 73
实验 3.8　平行光管的调整和使用 …… 74
实验 3.9　用双棱镜干涉测光波波长 …… 79
实验 3.10　光栅特性研究及光波波长测定 …… 83
实验 3.11　用小型棱镜摄谱仪测定光波波长 …… 86
实验 3.12　利用周期性光信号测定光速的研究 …… 89
实验 3.13　光具组基点的测定 …… 92
实验 3.14　检测超声及其应用 …… 95
实验 3.15　设计用干涉法和衍射法测细丝直径 …… 100
实验 3.16　利用单缝衍射测量微小位移 …… 100
实验 3.17　钠黄双线波长差测量的研究 …… 100
第 4 章　温度的测量与探索 …… 103
实验 4.1　测定冰的融解热 …… 103
实验 4.2　电热当量的测定 …… 106
实验 4.3　动态法测定物体的导热系数 …… 107
实验 4.4　良导体导热系数的测定 …… 112
实验 4.5　稳态法测量非良导体的导热系数 …… 116
实验 4.6　冷却法测金属比热容 …… 119

实验 4.7　测定水的汽化热 …… 122
实验 4.8　空气热性能的研究 …… 125
实验 4.9　量热学实验散热误差的研究分析 …… 129
实验 4.10　液体黏滞系数与温度关系的研究 …… 131
实验 4.11　水的沸点与压强关系的研究 …… 131
实验 4.12　铁磁材料居里点的研究 …… 134
实验 4.13　用超声波测定液体的比热容比 …… 138
实验 4.14　热电偶的定标与测温 …… 140
实验 4.15　温度传感器特性的研究 …… 144
实验 4.16　PN 结正向压降温度特性 …… 151
第 5 章　电阻的测量与应用 …… 155
实验 5.1　交流电桥测量电容电感 …… 155
实验 5.2　低值电阻的测量 …… 159
实验 5.3　铁磁材料磁滞特性的研究 …… 165
实验 5.4　光敏电阻特性实验研究 …… 170
实验 5.5　磁阻效应 …… 174
实验 5.6　非线性电路混沌的研究 …… 179
实验 5.7　热敏电阻温度计的设计和制作 …… 185
实验 5.8　电介质介电常量的测量 …… 186
实验 5.9　用直流双臂电桥测定金属丝的杨氏模量 …… 188
实验 5.10　用电学方法测量康铜丝的长度 …… 189
第 6 章　电压、电流的测量与电路设计 …… 190
实验 6.1　电子束的偏转和聚焦 …… 190
实验 6.2　*RLC* 串联电路暂态过程的研究 …… 196
实验 6.3　磁场分布测量 …… 202
实验 6.4　灵敏电流计特性的研究 …… 205
实验 6.5　硅光电池特性实验研究 …… 210
实验 6.6　地磁场的测量 …… 215
实验 6.7　设计电路测量灯丝的伏安特性 …… 219
实验 6.8　电容器电容量的测量设计 …… 219
实验 6.9　小功率直流稳压电源的设计与制作 …… 220
实验 6.10　用 CCD 电视显微油滴仪测电子电荷 …… 220
实验 6.11　黑匣子 …… 223
实验 6.12　用迈克耳孙干涉仪研究压电陶瓷电致伸缩性能 …… 223
实验 6.13　电光效应和电光调制 …… 224
实验 6.14　磁光效应和磁光调制 …… 230
第 7 章　折射率的测量与方法交融 …… 236
实验 7.1　用等厚干涉法测量液体折射率的实验设计 …… 236
实验 7.2　用劈尖法测量液体折射率 …… 236

实验 7.3　迈克耳孙干涉仪测薄膜介质的折射率 …… 237
实验 7.4　光学材料色散关系的研究 …… 237
实验 7.5　迈克耳孙干涉仪测空气折射率的研究 …… 238
实验 7.6　用分光计测定液体折射率的研究 …… 239
实验 7.7　薄膜介质折射率的测定 …… 240
实验 7.8　双棱镜干涉实验的深入研究 …… 242
实验 7.9　用声光效应测量液体中的声速 …… 242
实验 7.10　用分光计测反射光的偏振特性 …… 247
实验 7.11　用迈克耳孙干涉仪测玻璃片厚度的研究 …… 248
实验 7.12　设计用自准直法测量双棱镜的两锐角 …… 248
第 8 章　其他物理量的测量与拓展 …… 249
实验 8.1　物质旋光性研究及其应用 …… 249
实验 8.2　偏振光现象的观察与研究 …… 253
实验 8.3　望远镜、显微镜与投影仪的组装 …… 257
实验 8.4　物体在液体中的运动规律的研究 …… 260
实验 8.5　弹簧振子运动规律的研究 …… 262
实验 8.6　物体惯性质量测量实验研究与设计 …… 263
实验 8.7　气轨上研究简谐振动 …… 266
实验 8.8　阻尼振动的研究 …… 269
实验 8.9　周期信号的傅里叶分解与合成 …… 272
实验 8.10　物体密度测定实验方案的设计与研究 …… 276
实验 8.11　物质吸收光谱特性分析研究 …… 277
实验 8.12　数字信号的光纤传输技术 …… 279
实验 8.13　CCD 图像传感器与光信号采集研究 …… 285
实验 8.14　多普勒效应 …… 286
实验 8.15　全息平面光栅的制作及其参数测定 …… 290
实验 8.16　照度计的研究及设计 …… 294
实验 8.17　绿色环保光源 LED 特性研究 …… 296
实验 8.18　在气垫导轨上研究磁力势能曲线 …… 299
实验 8.19　耦合振子运动规律 …… 300
实验 8.20　超导磁悬浮原理及应用设计 …… 302
参考文献 …… 304



第1章　创新基础理论概述

当今世界，科学技术作为第一生产力空前活跃，创新能力已经成为国家经济增长和社会进步的主要力量，它决定着民族的兴衰. 人类刚刚走过20世纪进入了崭新的新世纪，在20世纪，科学技术发展的一个显著特点是突飞猛进、日新月异，短短几十年内改变了人类，改变了世界，特别是改变了人们的思维方式、学习方式、生活方式和工作方式. 20世纪科学技术发展的另一个特点是交叉融合、群体突破. 科学和技术的融合成为当今科技发展的重要特征，许多学科之间的边界将变得更加模糊，未来重大创新更多地出现在学科交叉领域，科学技术进入了一个前所未有的创新群体积聚时代. 根据科学技术突飞猛进、交叉融合的发展特征，我们要推进理论创新，发展创新文化，为科技创新提供科学的理论指导、有力的制度保障和良好的文化氛围.

创新是科技的生命. 每当科学技术大发展的时候，总是强烈呼唤理论创新，而每一次大的理论创新，总是带来科学技术的大发展. 理论创新，关键在于新，新是终点上的超越，平衡的打破，动态的延伸，高度的提升. 特别是在科技进步一日千里、社会变化日新月异的今天，要面向未来，与时俱进，时刻关注科技发展变化趋势，不失时机地总结出新的理论. 没有创新，科技就没有进步、没有未来、没有发展、没有生命力. 理论决定思路，思路决定发展；理论创新的空间，决定科技发展的空间；思考问题的高度，决定科技事业发展的程度. 理论要创新，光说道理不行，必须坚持创新行动，并能逐步形成创新理论，促进创新意识的积淀，现代教育理论的研究表明：人的创新能力是在实践活动中通过构建知识，获取体验，形成技能而最终发展形成的. 科学研究追求的目标是学术. 只有学术方向与时俱进，学术平台交叉融合，学术队伍才能出大师名师，学术成果才能有重大影响. 这既是科学技术发展的需要，也是创新文化建设的价值.

科技发展需要创新文化. 文化是人的生存状态以及情感愿望的反映，反过来又对人的生存、发展给予能动的影响. 文化是一种精神，是一种氛围，是一种价值导向. 创新文化就是要大力提倡敢为人先、敢冒风险的精神，大力倡导敢于创新、勇于竞争和宽容失败的精神，鼓励不同学术见解、不同学术流派的研究，尊重一些“孤独的思考者”，宽容一些学术上的“狂妄者”. 对真理的追求和认识是科技发展的永恒活力和动力，是一个曲折但又生动鲜活的历史过程. 要容忍失败，即使再伟大的成功者，其失败的次数还是要超过成功的次数. 不少诺贝尔奖获得者都是经历了许多次失败之后才换来了成功. 没有失败就没有创新，越是有突破性的东西，越是有创新性的产品，就会经历越多的失败. 创新之所以难，就在于创新并不是都会成功，它肯定会有风险. 美国硅谷的成功，是它允许失败，而且它对失败的评价跟别的地方不一样. 硅谷的风险家，他去投资一个项目，就会问你失败过没有？如果说失败过，对你的看法就更好，说明你曾经创新过，说明你更成熟，他就愿意投资. 尤其是原始创新，还应当营造学术自由的宽松环境，自主创新，自行选择学术发展方向，自由确定科研项目.

创新文化还要重视创造个性发展. 没有个性，就没有创造性，没有人才. 个性是教育的灵魂. 头脑不是一个要被填满的容器，而是一把需被点燃的火把. 要按照兴趣、爱好、特长培养人才. 每个人的最大成长空间在于他最擅长的领域. 兴趣是一种强大的精神力量，是科学研究的

原动力. 兴趣使科学研究不再成为一种负担，而是一种享受. 兴趣可以调动身心的全部精力，以敏锐的观察力、高度集中的注意力、深刻的思维和丰富的想象投入科研. 因此，教育要保护学生的兴趣与好奇心，充分发挥潜质，学生的个性才能得到健康发展.

在教学中如何培养学生的创新意识、创新能力，正是我们应该努力解决的问题. 现代教育理论的研究表明：人的创新能力是在实践活动中通过构建知识，获取体验，形成技能，最终发展形成的. 我们认为基于实验教学、通过实验教学是培养学生创新意识和创新能力的最有效途径. 本书以实验为载体，通过每个实验要素营造创新文化，激励学生的创新意识和潜在创新的原动力. 实践必须用理论来指导，通过实验教学培养学生的创新意识和创新能力也应该用创新理论来指导. 但在目前，我国各级各类学校在开展创新教育方面还不广泛，大学生对正确的科学思维方法和创新理论缺乏较为全面的了解. 学校教育传统的按部就班传授知识的教育教学模式仍然是主导，而对认识论和方法论的教育重视不够. 为了弥补这方面的不足，便于学生学习和实验，本书在前面部分简要而系统地介绍了有关的科学思维方法、创新理论和创新技法，以帮助学生感悟实验教学的创新魅力，激励创新热情.

1.1 创新基本知识简介

一、创新及意义

(一)什么是创新

创新是人类为实现一定目的，通过其智慧行为向社会提供具有社会价值和社会意义的创造性成果的活动. 一般情况下，创新都是主动的、有目的的行为，是对旧事物的本质性变革或改进，它对经济发展、社会进步起着直接和间接的推动作用，创新是一个民族进步的灵魂，是国家兴旺发达的不竭动力.

根据创新的涵义不同，可分为发展、发现和发明.

(1)发展——指相对于原来状态有所前进和提高.

(2)发现——对客观事物自身的状况及规律的认识有新的突破、新的进展，获得了新的知识.

(3)发明——人类运用自然法则，按一定的目的去改变和调整客观对象，从而获得新的事物或事物新的状况、结果和方法等.

根据创新成果的新颖程度，又可分为创造、改造和改进.

(1)创造——其创造成果对于整个人类社会来说是新的、有价值的、独创的.

(2)改造——指在已有创造的基础上进一步改变和更新，或者是将某一领域的创造成果移植于另一新的领域.

(3)改进——一般指相对于改造而言，其创新和进步的程度不如改造.

(二)创新的意义

1. 创造是人类文明的源泉

一部人类历史，就是一部创造的历史，也就是人类在不断地改造客观世界的同时也改造自身，从而不断获得进步和自由的历史.

人类学家认为，有这样一些原始的劳动创造活动对人类的诞生有重要的意义，它们是石器制造，使用工具捕鱼和狩猎活动，人工取火，栽培植物和农业生产，建造固定的房屋等. 这些创造性劳动活动，不仅解决了人的生存需要问题，而且也改造了人本身的素质，使人最终超越了其他生物而进化为人，由此才开始了人类的文明史.

2. 创造是历史前进的动力

人类历史告诉我们，人类文明的每一次进步，都是靠创造活动的辉煌成就来推动的. 当人类掌握了石器技术以后，创造出原始社会的生产力；人类掌握了青铜技术以后，创造出奴隶社会的生产力；人类掌握了铁器技术以后，创造了封建社会的生产力；人类使用机器以后，创造出资本主义社会的生产力. 近几十年来，现代科学技术特别是高新技术已经融合、渗透、扩散到生产力诸要素中，使生产力发生了飞跃，从而推动了社会的进步，使人类进入到历史的新阶段.

3. 科学技术是第一生产力

“科学技术是生产力”是马克思主义的一个基本原理. 现代科学技术的发展，使得科技在经济和社会发展中的作用越来越显著. 进入20世纪80年代，邓小平同志高瞻远瞩，审时度势，进一步作出“科学技术是第一生产力”的论断，为我国90年代乃至跨世纪经济和社会的发展提供了强大的驱动力.

20世纪80年代以来，发展高科技及其产业已经成为一股世界性潮流. 现在，参加到高科技及其产业竞争行列的国家越来越多，不仅发达国家，甚至许多发展中国家都十分重视高科技及其产业的发展. 高科技的作用，从经济发展来讲是生产力，从军事角度来看是威慑力，从政治上来说是影响力，从社会发展而论是推动力. 因此，高科技的发展水平已成为影响一个国家综合国力的主要因素，成为衡量一个国家发达与否的重要标志.

科学技术是人类创造活动的结晶. 经济的发展、社会的进步、国家的富强、人民生活水平的提高，都与创造活动息息相关.

4. 创新是中国振兴的希望

鸦片战争里哭泣的眼泪伴随着列强的坚船利炮撞开了中国的门户，我们在沦丧的国土上忍受科技落后带来的屈辱. 波斯湾的硝烟、华尔街的股市以及世界上难以计数的实验室，这些都能对中国建设社会主义造成很大的冲击. 几十年的斗争史告诉我们一个不变的真理：科技创新是中华民族的唯一出路. 所以我们一定要有卫星，有导弹，有原子弹，有航天飞船，一定不能在科技上落后于别国. 落后就要挨打，为了自立于世界强国之林，中国必须坚持科技创新的发展道路，才能有一个更光明、更宽阔的未来. 为了富国强民，为了中华民族的伟大复兴，科技立国，创新迎发展，这是中国的必然选择.

历史提供给当代中国人的，既是一次严峻的挑战，也是一次成功的契机. 中华民族要富强，希望在于中华民族的奋发创新的大无畏精神和创造力的充分展现. 不管人们的主观意愿如何，中华民族已经卷进了世界各国的激烈竞争之中，在涉及政治、经济、军事、文化、教育乃至体育等各个方面的全面较量中，中国的最大优势是什么呢？显然，我们最大的优势除了社会主义制度外，就是蕴藏在13亿人头脑中等待开发的取之不尽、用之不竭的创造力！13亿人口的创造力若能得到充分开发，中华民族必将会立于不败之地.

需要全本请访问 www.ertongbook.com

5. 创新是提高企业生产效率和经济效益的有效手段

企业生产效率的提高，不能单靠拼人力、拼设备，提高生产效率的有效途径应当是技术创新，即靠抓管理、抓技术革新、抓新产品开发、抓人员素质的提高. 有效的管理保证了企业的高效正常运转，设备、工艺的革新可大大提高劳动生产率和降低成本，新产品的不断开发使企业能很好地适应激烈竞争的市场，而广大职工素质的全面提高，特别是创新素质的不断提高给企业生产经营注入了无限活力. 企业的生产效率、管理效率上去了，才能创造出较好的经济效益. 创造，能促进企业开发新产品，提升经济效益；帮助企业加强管理，使企业充满活力. 如果说职工是企业的主人，那么技术创新则可以说是企业的生命.

(三)创新是知识经济的核心

1947 年 12 月 23 日，第一只半导体晶体管诞生在美国新泽西州的贝尔实验室，标志着信息革命在美国的起始. 50 年后的 1997 年 12 月 23 日，《时代》周刊选择英特尔(Intel)公司的时任总裁格罗夫作为当年的风云人物，英特尔公司生产的奔腾Ⅱ型微处理器在拇指甲见方的芯片中集成了 750 万只半导体晶体管，它是美国信息革命的一个里程碑式的标志.

在美国这个经济机车的拉动下，西欧各国也先后进入信息革命时代，亚洲的日本也不例外. 信息革命改变了 20 世纪末的世界，从 21 世纪初开始，世界经济的主体进入知识经济的时代.

工业革命极大地解放了生产力，工业革命在不到 100 年的时间中创造了超过过去一切世代所创造的全部生产力的总和，在这样的基础上进行信息革命，它的发展规律是什么.

以英特尔公司信息革命的符号作为模型，其过程给出了一条定律：大约每隔 18 个月微处理器的功能(集成度)就会翻一番，同时价格降一半，用数学语言描述：经过 n 个 18 个月后，信息处理的功能为原先的 2^n 倍——以指数率增加，而信息处理的成本则为原先的 2^{-n} 倍——以负指数率减少. 这一规律称为 Moore 定律，是英特尔公司的创始人之一，戈登·摩尔(Gordon Moore，1929～)1965 年提出来的. 这一定律揭示了信息技术进步的速度. Moore 定律既是信息倍增定律，也是效率提高的定律，它是信息革命的第一定律.

发展是硬道理，在信息革命的时代，各国发展的竞争愈演愈烈，过去讲发展主要是讲速度，而 Moore 定律的一个很重要的推论是：发展必须要创新，创新是知识经济的核心.

仍以信息革命的符号——英特尔公司的芯片设计生产能力为例：

设现在的时间为 T_0(是某月)，将来某一时间为 T_1. 中国的芯片设计水平和生产能力在 T_0 和 T_1 这两个时间分别为 $C(T_0)$ 和 $C(T_1)$，相应地，英特尔公司的这种水平和能力分别是 $I(T_0)$ 和 $I(T_1)$.

按照 Moore 定律有

$$C(T_1)=C(T_0+18n)=2^nC(T_0)$$

其中 $T_1-T_0=18n$，同理可得 $I(T_1)=2^nI(T_0)$. 设现在中国的芯片业与英特尔公司的差距为 D，则 $D=I(T_0)-C(T_0)$. 于是在将来的 T 时间，这个差距为

$$I(T_1)-C(T_1)=2^nI(T_0)-2^nC(T_0)=2^nD$$

即 n 个 18 个月后的差距比现在的差距放大了 2^n 倍.

Moore定律和这个推论触目惊心，它在信息革命时代的条件下，在两者具有同样发展速度的前提下，得出了未来的差距按指数倍扩大的结论.那么以怎样的速度可以追上和超过呢？在这样的情况下，落后者唯有一个可能能赶上和超过先进者，那就是创新.创新是生命，对信息革命时代的整个国家经济而言，创新处于核心位置.

（四）科技创新

一部人类社会发展史，就是一部破旧立新的创新史.创新存在于各个领域、各个方面，种类繁多.本书根据教学的需要主要阐述科学技术方面的创新，即科技创新，其他方面的创新就不再展开.科技创新主要包括技术创新、知识创新，它和发展高科技一样是增强我国综合国力和科技实力的核心.

1.技术创新

技术创新是指企业应用创新知识和新技术、新工艺，采用新的生产方式和经营管理模式，提高产品质量，开发生产新产品，提供完善的服务，占据市场并实现市场价值.技术创新中最主要的是开发新产品和实现市场价值，它们分别对应于技术和生产销售两个重要方面.开发新产品主要通过发明创造来实现，只有掌握发明创造的规律和技巧，才能有所创造.本书主要是论述这方面的内容，而对技术创新的其他环节则不予讨论.

什么是发明创造？世界知识产权组织曾对发明下过一个定义："发明是发明人的一种思想，这种思想可以在实践中解决技术领域中特有的问题."我国颁布的《中华人民共和国发明奖励条例》(1978年12月28日国务院颁布)中规定："发明是一种重大的科学技术新成就，它必须同时具备下列三个条件：①前人所没有的；②先进的；③经过实践证明可以应用的."在《中华人民共和国专利法实施细则》(1992年12月12日国务院批准修订)中规定："专利法所称发明，是指对产品、方法或者其改进所提出的新的技术方案."上述定义表明，发明创造是技术领域中的创新，是技术创新中的一个重要方面.

从发明的内容上区分，发明创造一般可分为产品发明和方法发明.产品发明是指发明人经过创造性构思做成的各种实物样品；而方法发明则是指发明人创造性构思的技术方案，如工艺方法、生物方法、化学方法.从发明的性质来分，发明创造一般可分为开创性发明(或原创性发明)和改进性发明.开创性发明属于技术领域中的重大发明，如发明集成电路、全息照相、激光；改进性发明则是利用高新技术，或已有的知识和经验，运用创新技法，创造出影响较小或在局部领域发挥作用的新产品、新工艺和新方法.

对发明创造的技术特征的评价，在先进性方面，比较强调技术原理、技术构成和技术效果是否有进步；在实用性方面，除了社会效益外，经济价值和经济指标是一个重要的依据.

技术创新中包含不断提高产品的质量，这相应于技术发明和技术革新.技术革新是在已经发明的技术基础上的改进和完善，是技术发展过程中的完善阶段.技术发明和技术革新既有区别又有联系，发明离不开革新，革新中也孕育发明.

2.知识创新

科学发现是知识创新的基础和前提，往往也是知识创新的组成部分.科学发现是指人们在各种活动中，特别是在科学研究中，揭示自然界和人类社会中的各种现象、客观事物的性质和

规律，获得的前所未有的新认识，如若人们不去发现它们，这些事物和现象也是客观存在的，如科学史上的三大发现，它们分别揭示了物质结构、物种起源和能量转化的现象. 人们通过对科学发现中大量信息的进一步比较、判断、分析、综合，经过由此及彼、由表及里、由浅入深的改造和升华，形成新的理论，揭示客观事物的本质和变化规律，这就实现了知识创新. 对三大发现来说，也就形成了细胞学、进化论和能量守恒定律的创新知识.

发明和科学发现是不同的，发明是借助于一定的科学理论和方法、技术手段，创造出新事物或新方法. 我国古代的四大发明(指南针、造纸术、印刷术和火药)就是发明的典型实例. 科学发现和发明又是密切相关的，通过科学发现可形成新的知识或理论，产生知识创新，从而研制发明出新产品、新材料、新工艺. 如电磁感应现象的发现，为发电机、变压器的研制创造了条件. 反过来，新的发明，特别是一些高新技术、高精度仪器的发明，又为科学发现和知识创新创造了条件. 如物理化学家艾哈迈德·泽维尔(Ahmed H. ZeWail)就是因利用超短波激光观察到分子水平上的化学变化动态而获得 1999 年诺贝尔化学奖，此后各国科学家在这方面的研究逐渐形成了一门新的学科——飞秒化学($1fs=10^{-15}s$). 因此，科学发现和发明创造是相辅相成、互相促进的.

综上所述，科技创新主要表现为技术创新和知识创新. 科学发现是知识创新的基础，是知识创新的组成部分. 知识创新是技术创新的理论基础，技术创新又为知识创新创造了物质基础. 发明创造和技术革新都是实现技术创新部分目的(如开发新产品和提高产品质量)的两种不同层次上的重要创新.

二、现代科技创新活动的基本特点

(一)世界科技创新发展简要回顾

人类的创新活动，推动了社会进步，反过来，社会进步又加速了人类的创新活动和技术革命. 16 世纪以后，这一过程尤为明显，并且不断加速.

17 世纪到 18 世纪以瓦特为代表发明的蒸汽机，促进了纺织业、采矿业、冶金和机器制造业的发展，在人类历史上产生了第一次工业革命.

科学史上的三大发现：细胞学说、达尔文的进化论和能量守恒定律，为医学、生物学和物理学的发展注入了活力.

19 世纪，法拉第在电磁学方面的发现和贡献，促成了电动机、发电机和变压器等一系列重大发明创造的诞生，使生产力获得极大提高，形成了第二次工业革命.

19 世纪末，电磁波理论的建立、电磁波的发现和应用，促进了电话、电报和广播的发展，使人们的工作、生活发生了巨大的变化.

20 世纪初，相对论、量子力学和核物理的诞生，使人们的研究从宏观领域扩展到微观领域，进入了核能应用时代.

20 世纪 40 年代，有机化学和高分子化学基础理论的建立，开拓了人类利用人工合成材料的新时代.

20 世纪中期，随着固体物理理论的建立和半导体技术的发展，第一台电子计算机的成功研制和计算机技术的发展，人类进入了工业生产自动化的新时代.

20 世纪 50 年代发现的遗传物质 DNA(脱氧核糖核酸)，为遗传学和生物工程开辟了广阔的前景.

1957年，苏联成功发射了第一颗人造地球卫星，从此航天事业蓬勃发展，人类进入了探索宇宙的新时代.

20世纪60年代第一台激光器的诞生，使古老的光学重新焕发了青春. 激光器的发展和应用促进了科学技术的进步，特别是加速了光电子时代和信息时代的进程.

(二)现代科技创新发展的特点

纵观世界科技创新发展的进程，可以看出现代科技创新活动有以下基本特点.

1. 创新活动领域的广阔性

随着科学技术的发展，人类的创造视野已获得极大的扩张，创造的领域从宏观世界到微观世界无所不包. 在宏观领域，人类在思考120亿年前宇宙的起源，探索太阳系外生命的存在；在微观领域，人们研究物质结构已由原子、电子深入到基本粒子，如强子及组成强子的夸克，轻子如中微子等. 在遗传领域，我们人类自身的基因组测序工作也已完成.

其他如通信技术、新材料技术、生物技术、航天技术、激光技术、微电子技术与计算机技术等，都是当代科技发展的重要前沿，其各种技术的研究和应用领域，还在不断扩大之中. 创造领域的广阔性，无疑为我们提供了无限的创造对象，但另一方面也对我们提出了人才素质的更高要求.

2. 创新手段的先进性

科技发展为创造提供了先进的技术手段、思维方式和创新方法，凭借着这些，人们可以上天入地、纵横驰骋. 利用先进的科技设备进行观察和加工，从而迅速地使创造的可能性转化成创造的现实性，获得创造成果. 同时，先进的科技手段无疑将进一步拓宽人类的创造领域和范围.

3. 创新过程的加速性

现代发明创造的速度，呈现越来越快的趋势，一是创造成果的数量剧增；二是创造的周期缩短.

从发明创造的全过程看，一项发明第一阶段是发明的诞生，第二阶段是发明的完善，第三阶段是发明的工业化或商品化，这整个过程即发明创造的周期. 表1.1.1列举了11项技术创新的开发周期.

表1.1.1

发明项目	纤维人造丝	水泥	内燃机	电话	电动机	电车	汽车	雷达	原子弹	太阳能电池	平面晶体管
开始年份	1655	1756	1794	1820	1829	1835	1868	1925	1939	1953	1955
实现年份	1885	1844	1867	1876	1886	1881	1895	1940	1945	1955	1960
周期/a	230	88	73	56	57	46	27	15	6	2	5

由表1.1.1可见，在18世纪末以前，大部分技术创新的开发周期都在70年以上；而19世纪技术创新项目的开发周期为20～70年；20世纪以来，都在20年以下. 技术创新过程的加速性，使商品琳琅满目，同时也使商品的市场寿命越来越短，更新换代的速度愈来愈快. 最近几年，电脑更新换代之快更加说明了创新过程的加速性.

技术创新过程的加速性是社会需求、经济发展、科技进步和市场竞争等因素共同作用的结果.

4. 创新发展的综合性

当代科学技术的成果说明,综合就是创造.

当代科技发展有两种形式:一是突破,二是融合. 突破是线性的,即以研究开发的新一代科技成果取代原有的一代科技成果;融合是综合已有的科技成果发展成为新技术,科技成果是非线性的,它们是互补和合作的,人们能综合许多原先不同领域的科技,进而开发出新产品. 现代各种技术融合出一系列新技术,重大的尖端技术、高新技术都具有多个领域的技术相互融合的性质. 综合现有先进技术进行创新,这应是技术创新的重心,是技术创新的主要法则.

5. 创新主体的群体性

人是创造活动的主体,任何创造成果的获得都离不开人,而现代创造活动的发展趋势,带有明显的群体活动的特点. 研究资料表明,19 世纪以前的技术创新大都以独立的个人发明形式出现,而 20 世纪个人重大发明大为减少. 群体性特点出现的原因是:现代技术创新的起点高,较以前更为复杂、难度更大,同时科学技术相互渗透,有价值的技术创新已不可能由一两种技术就能解决问题,不是少数人所能胜任的,必须有众多的发明家共同参与,各行各业共同配合才能完成. 群体组织的激励作用,更能使组织内的创造者互相激励、互相启发、团结协作、取长补短,因而人们偏重于群体这种创造组织形式. 重大创造活动需要巨额费用,个人往往无力承担,如人造卫星、宇宙飞船的成功研制就是十分典型的例子.

6. 创造成果的风险性

创造成果的风险性体现在两个方面:第一,在创造活动中通过努力,也不一定能取得创造成果,会出现创造失误或失败;第二,所取得的创造成果不一定能转化为现实的生产力,成为闲置的发明.

三、加强创新教育的迫切性

(一)我国的科技创新明显落后于先进国家

从人类历史发展的进程可以看到,科技创新是发达国家经济腾飞的一个重要因素. 例如,蒸汽机的发明,推动了英国的产业革命,促进了英国经济的发展.《共产党宣言》中指出:资产阶级争得自己的阶级统治地位还不到一百年,它所造成的生产力却比过去世世代代总共造成的生产力还要大,还要多. 德国经济的高速发展是依靠煤化学工业方面的多项重大发明,如染料、杀菌剂、香料,这些成果不但促进了煤化学工业的发展,同时也促进了酸碱工业、纸浆工业、人造丝工业的发展,从而带动整个德国经济的腾飞. 又如美国的发展靠的是电力工业的多项发明:1837 年莫尔斯发明了电报;1875 年贝尔发明了电话;1879 年爱迪生发明了电灯;1906 年德福雷斯特发明了三极管. 其中,小小电灯泡的作用尤为明显,它促进了发电机的应用,促进了整个电力工业的发展,加速了美国的工业化进程. 20 世纪五六十年代,电子计算机和激光的发明,大大促进了美国信息技术和其他工业的发展,促进了经济长期稳定的发展. 再如,日本的迅速崛起,就是因为走了一条"引进、消化、吸收、创新"的技术发展道路. 他们在创新上下功夫,特

别是采用了组合创新这一行之有效的方法.在钢铁工业方面,日本吸收了当时世界上最先进的技术:一是奥地利的氧气顶吹炼钢技术;二是法国的高炉吹重油技术;三是美国、苏联的高炉高温高压技术;四是联邦德国的熔钢脱氧技术;五是瑞士的连续铸钢技术;六是美国的带钢轧制技术,并综合了这些技术后,创造出世界一流的炼钢技术,从而促进了钢铁工业的飞速发展.事实说明,一个国家要兴旺发达,要振兴经济,不大力加强科技创新不行,不大力加强创新教育、培养创新人才更不行.

20世纪是科学技术迅猛发展的世纪,科技创新将进一步成为21世纪经济和社会发展的主导力量.新的科学发现和技术发明,特别是高新技术的不断创新和产业化,将对全球化的竞争,对世界的发展和人类文明的进步,产生更加深刻而巨大的影响.对我国来说,在科学技术和高新产业方面与先进国家的差距是明显的.我国要在激烈的国际竞争和复杂的国际政治斗争中取得主动,要维护国家的独立和安全,要使国民经济健康快速发展,要改善人民生活,提高全民族的科学文化素质,都必须大力发展科技,加强科技创新和创新教育.特别是我国历史上长期以来的封建文化传统和习惯,在很大程度上阻碍了创新的发展,虽然经1949年后半个世纪的建设,已有巨大改观,但科学技术仍明显落后于先进国家,这正是加强创新教育迫切性的最主要原因.

(二)我国的创新教育起步晚,发展缓慢

美国创造学家奥斯本提出"头脑风暴法"后,在美国形成开发创造力的热潮.1950年,美国心理学会主席吉尔福特发表了"论创造力"的演讲,这不但轰动了心理学界,而且促使广大学者把创造学作为一个学术领域来开展研究,大大推进了创造学的普及和应用.20世纪50年代以后,美、苏、德、日等国在创造学方面的研究都取得了长足的进步.

我国真正开展创造学研究始于1980年,之后在工厂和高校不断普及创造学知识,各省市也相继成立了创造学会,举办全国创造发明展,在普及创新教育和促进科技创新方面取得不少成绩.但这一切,还远远不能满足科技创新的需要,不能满足我国经济迅速发展的需要,不能适应激烈的国际竞争的需要,这是加强创新教育迫切性的第二层原因.

(三)目前我国大多数青少年缺乏创造力

著名的美籍华人杨振宁近年来曾多次就我国教育方面的问题发表过意见.有一次他谈到:"中国现在的教育方法,同我在西南联大时仍是一样的.要求学生样样学,而且教得很多很细.这种方法教出来的学生到美国去考试时一比较,马上就能让美国学生输得一塌糊涂.但是这种方法的最大弊病在于:它把一个年轻人维持在小孩子的状态.教师要他怎么学,他就怎么学.太使一个人受拘束."在另一次谈话中,他还说过:"中国的学生知识丰富,善于考试,但却不善于想象、发挥和创造."

另一位美籍华人美国柏克莱加州大学校长田长霖也发表过类似的谈话.他说:"可以坦白的讲,中国的留学生到美国来,考试的成绩常常会使我们感到惊异:他们怎么这么厉害!可是到了真正做研究的时候,他们就不一定行了.因为缺乏独立思考能力的训练.考学位的初试是书本知识的笔试,他们有本领,这主要靠记忆,到写学位论文时就会发现,他们并不像最初想象的那么厉害.这不能怪他们,他们都是真正的佼佼者,主要是小学、初中、高中、大学的训练,都是以背书为主,而不是以思考为主,也不以动手为主."

需要全本请访问 www.ertongbook.com