

SHEJIXING WULISHIYAN

设计性 物理实验 集锦

主编◎胡德敬
谢嘉祥
曹正东

——创新教育之实践

上海教育出版社

设计性物理实验集锦

——创新教育之实践

胡德敬 谢嘉祥 曹正东 主编

上海世纪出版集团 出版
上海教育出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

设计性物理实验集锦: 创新教育之实践/胡德敬编著
上海:上海教育出版社, 2002. 4
ISBN 7-5320-8056-0

I. 设... II. 胡... III. 物理学—实验—高等学校—教材 IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002)第 023608号

设计性物理实验集锦

——创新教育之实践

胡德敬 谢嘉祥 曹正东 主编

上海世纪出版集团 出版发行
上海教育出版社

易文网:www.ewen.cc

(上海永福路123号 邮政编码:200031)

各地新华书店 经销 江苏启东印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13 字数 304,000

2002年4月第1版 2002年4月第1次印刷

印数 1—4,250本

ISBN 7-5320-8056-0/G·8137 定价:18.00元

内 容 提 要

本书是根据高等学校教育改革的重点——培养学生的创新精神和实践能力的要求编写的。全书共分为两大部分：第一篇为科技创新理论概述，共四章，主要内容包括科技创新、科学思维方法简介、创新技法、创新人才的培养；第二篇为设计性实验，其中大多数实验都是关于光电技术方面的内容，它们都很有新意，在其他物理实验教材中并不多见。

本书的主要特点是把创新理论和实验内容结合在一起，通过典型实例，分析如何运用创新思维去指导创新实践，以帮助读者较快地走上创新设计之路。我们在实验内容的选取上，尽量做到六性：新颖性、实用性、先进性、趣味性、普及性和适应性，以适应学生的需要，调动学生的学习积极性，激发他们的创新热情，从而提高学生的创新意识和创新能力。

本书既可作为各类高等学校设计性物理实验的教材，或“创新原理与实验”选修课的教材，也可作为高级中学、中等专业技术学校教师的教学参考用书，及有志于创新的各类技术人员的参考书。

教育要面向现代化、面向世界、面向未来。

——邓小平

创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。

——江泽民

处处是创造之地,天天是创造之时,人人是创造之人。

——陶行知

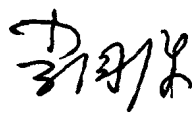
想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着进步,并且是知识进化的源泉。严格地说,想象力是科学研究中的实在因素。

——爱因斯坦

序

创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力,是新世纪知识经济时代的一个重要特征。联合国教科文组织也提出要使 21 世纪的教育成为创新教育。近年来,我国高校已广泛开展了以培养学生创新精神和创新能力为重点的教育改革。本书以设计性实验为载体,阐述了创新的重要性和实施创新教育的迫切性。本书的出版顺应时代的潮流,符合教育改革的方向。

本书的许多内容,是作者多年来教学和研究相结合的产物,是用创新思维指导实践的经验总结。把设计性实验和创新理论结合起来,用创新理论指导实验,这是本书的主要特点。很显然,如果没有正确的认识论、科学的思维方法作指导,设计性实验就不容易取得较好的效果;同样,如果学习创新理论不联系实际,那就成为空洞的理论,也不容易理解和掌握。把设计性实验和创新理论的学习结合起来,这也是一种新的实践,但愿这一编写方法能给学生带来方便,在培养学生创新意识、创新精神和创新能力等方面取得较好的效果,为今后的学习和工作提供有益的帮助。



于 2001 年 1 月

(注:李同保同志为中国工程院院士,同济大学声学研究所教授)

前 言

20 世纪创新之风吹拂全球,科学技术突飞猛进,创新成果层出不穷。伴随着这史无前例的变化和发展,人类社会进入了充满希望和竞争的 21 世纪。在新世纪里,一个国家只有赢得竞争,才能实现富强。就当前的国际竞争而言,其实质是各个国家综合国力的较量,是各国科技实力的较量,是各国人才、人才素质的较量,归根结底是人的创造力的较量。江泽民总书记早就指出,创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。这一深刻教诲,为我们的教育改革指明了方向。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。我们认为在实验教学中,设计性实验是培养学生创新意识和创新能力的有效模式。本书以设计性实验为载体,从五个方面采取举措来优化和强化对学生创新意识和创新能力的培养。

一、把学习创新理论和设计性实验结合起来。

实践必须用理论来指导,创造性设计也应该用创造理论来指导。但在现阶段,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造理论缺乏较为全面的了解;各级各类学校的传统教育往往侧重于传授知识,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。

二、在实验内容的选取上,尽量做到六性:新颖性、实用性、先进性、趣味性、普及性和适应性。

这样做的目的,首先是为了调动学生的学习积极性。新的、有趣的内容,实用的东西容易受到学生的关注,激发他们的兴趣。有了兴趣,学生才肯花时间研究。其次,新颖的、先进的内容有利于学生活跃思维,提出新点子、好方法,容易贴近现实进行创新设计。最后,为了便于同其他高校进行交流,每个实验中的仪器大都采用常规仪器,开设实验所花经费不多。并且,实验难度也不高,比较贴近学生的知识水平。

三、编写了 4 个用创新思维指导实践的典型实验,从而架起理论和实践的桥梁。

虽然本书前面有理论,后面有实验,但学生要很快地进行设计,开展创新活动,也非易事,需要有一个了解的过程。四个典型实验对于如何将创新思维和创新技法运用到实验中去,具有一定的参考价值。另外,在后面大部分设计性实验中都作了针对性提示,以帮助学生更好地进行创新。

四、对每个设计性实验都提供了较多的参考资料和附录。

要做好设计性实验,单凭学生现有的知识和经验是不够的,还必须广泛地收集信息,运用创新思维和创新技法进行加工,从而构思出最佳的设计方案。丰富的信息资料是进行构思和设计的重要前提,因此每个实验都提供了参考资料和附录,以保证学生在较短的实验时间内,把主要精力放在重要的创新设计上。而且,这样也可以让学生更直观、更具体地认识到信息的重要性。

五、每个实验的前言,都比较详细地介绍了有关实验课题形成的背景、应用现状和较新的发展动态,以帮助学生认识实验课题的价值,激励创新热情。

在实验内容的选取上,我们尽量做到与众不同。这样做既有利于兄弟院校之间的交流和借鉴,也有利于教学内容的多样化。考虑到人类已经进入信息时代、光电子时代,光电子技术和应用已深入到生活的各个领域,本书较多反映了这方面的内容和信息。根据实验内容的不同特点和不同要求,主要可分:观察类、设计类、测量类和应用类。各类的共同特点是都要进行设计,只是设计的要求和内容不同,有的侧重于原理设计,有的侧重于方法设计,有的是应用设计,有的是局部设计等。

本书的第一章至第六章由胡德敬编写,第七章由胡德敬、谢嘉祥、曹正东三人共同编写,全书由胡德敬策划和统稿。

本书的编写得到同济大学国家工科物理基地负责人、理学院副院长顾牡教授,同济大学物理系系主任王珏教授的热情支持和关心。在编写过程中,同济大学物理实验室许多老师和实验技术人员都给予了关心和帮助,复旦大学陆申龙教授和上海空间电源研究所潘仲宁工程师也在资料上、物质上给予了大量帮助。在编写过程中参考了很多作者有关创新的书籍和各种资料。在此,向大家致以衷心的感谢。

本书的出版得到上海市教委原装备处、上海市教育学术图书出版基金委员会和上海教育出版社的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,恳请各位读者对书中的错误和不当之处提出批评指正,以供今后修改。

编者于同济大学

2001年1月

目 录

第一篇 科技创新理论概述

第一章 科技创新简介	1
第一节 科技创新	1
第二节 现代科技创新的特点和动向	2
第三节 加强创新教育的迫切性	5
第二章 科学思维方法简介	7
第一节 科学思维方法的重要性和基本形式	7
第二节 逻辑思维	8
第三节 非逻辑思维	16
第四节 逆向思维、发散思维、集中思维和辩证思维	20
第三章 创新技法	25
第一节 创新技法概述	25
第二节 科技创新的主要技法	29
第四章 创新人才的培养	38
第一节 克服创新障碍,激发创新热情	38
第二节 创新思维的训练	39
第三节 创新能力的培养	44
第四节 创新品格的塑造	47

第二篇 设计性实验

第五章 设计性实验是培养学生创新能力的有效模式	50
第一节 常规实验的主要利弊	50
第二节 在设计性实验中优化和强化创新教育	50
第三节 做好设计性实验的几点建议	51
第六章 创新思维和创新技法在实践中的应用示例	53
实验一 半封闭透明物体的厚度测量	53
实验二 光电法测量液体的折射率	60
实验三 用CCD传感器测量液体的浓度	65
实验四 动感画成因分析和改进	68
第七章 设计性实验三十项	72
实验一 多重像——多次反射像灯箱成因分析和设计	72
实验二 光源光谱的观察和定性分析	75

实验三	照相机中心裂像法调焦原理分析和模拟	79
实验四	用显微镜测量液体折射率	83
实验五	光学立体成像	86
实验六	液位控制	89
实验七	简易半导体激光准直仪的设计与实践	94
实验八	颜色的合成与分解	99
实验九	路灯的节能控制	103
实验十	转速测定	107
实验十一	光柱显示器的应用	111
实验十二	全息光栅的制作和光栅常数的测定	114
实验十三	激光散斑法测量物体微小位移	119
实验十四	细丝直径的快速测定	123
实验十五	高亮度、高纯度发光二极管的应用	127
实验十六	太阳能电池的应用	132
实验十七	红外线传感器的应用	137
实验十八	CCD工作波形观察和应用条件设计	142
实验十九	杨氏弹性模量实验的改进	149
实验二十	相机简易测光显示器的设计和制作	154
实验二十一	数字温度计的制作与应用	157
实验二十二	湿度传感器的应用	162
实验二十三	霍尔传感器及应用	166
实验二十四	NTC功率热敏电阻软启动特性的研究	171
实验二十五	热敏电阻温度特性的测量	173
实验二十六	AD590集成温度传感器的特性测量与应用	177
实验二十七	液氮比汽化热的非电量电测法	182
实验二十八	低温下半导体热敏电阻的电阻温度特性测量	185
实验二十九	低温条件下半导体PN结的物理特性及玻尔兹曼常数的测量	190
实验三十	非线性电路与混沌	192

第一篇 科技创新理论概述

第一章 科技创新简介

第一节 科技创新

一、创新的含义

随着 20 世纪科学的迅猛发展,世界各国对创造发明规律研究的风行,各国间竞争的加剧,人们对创新越来越重视。美国经济学家熊彼特就曾提出创新是生产要素的重新组合。以后,各个国家、各个领域、各个部门、各个层面由于发展和竞争的需要,也都纷纷提出各自的创新,如知识创新、技术创新、体制创新、机制创新、组织创新、观念创新、政策创新、文艺创新。各种创新相互依赖、相互促进,既有各自的要求和内容,也有共同的特征。

创新是人脑复杂的思维过程,是产生现实尚不存在的事物或观念形态的创造性活动。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,其重要意义正如江泽民总书记所指出的,创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。

二、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。

(一) 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。

(二) 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($1\text{飞秒}=10^{-15}\text{秒}$)。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。

第二节 现代科技创新的特点和动向

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有以下四个基本特点: 创新过程的加速性;技术上的综合性;组织上的群体性;决策上的风险性。

(一) 创新过程的加速性

加速性表现为科技创新数量的激增和周期的缩短,即创新有突飞猛进的特点。技术创新一般分为诞生、完善和完成(即科技成果实现产品化)三个阶段。从诞生到完成所经过的时间,就是技术创新的开发周期。表 1-1 列举了 11 项技术创新的开发周期。

表 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
开始年代	1655	1756	1794	1820	1829	1835	1868	1925	1939	1953	1955
实现年代	1885	1844	1867	1876	1886	1881	1895	1940	1945	1955	1960
周期(年)	230	88	73	56	57	46	27	15	6	2	5

由表 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在 20 年至 70 年之间;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。

(二) 技术上的综合性

根据技术群体中相关技术之间的固有联系,进行有机组合,以创造出具有新的技术功能的组合型技术系统,与此相对应的技术创新就是综合性技术创新。这类创新在现代科技创新中占绝大多数,它是创新方式上的一种重大变革。

有关资料表明,自 20 世纪 50 年代以来,独创性的技术创新日趋下降,而综合性的技术创新急剧上升。也就是说,由综合而导致的技术创新逐步取代了由知识创新而导致的技术创新,成为技术创新的主要方式。

科技创新之所以呈现技术上的综合性,首先是由于突破性的技术创新有赖于基础研究的新发现,而科学新发现往往需要巨额投资,时间也较长,因此独创性的技术创新变得愈来愈困难,而综合性的技术创新较为容易,受到了人们的重视。其次,一种技术创新的潜力和效果往往没有得到充分发挥,将它和有关技术进行重新组合或横向转移,是进一步发挥已有技术创新成果潜力和效能的很好途径,这也正是综合性技术创新的客观基础。最后,从创造性角度来看,“综合就是创造”。综合不是简单的拼凑和堆砌,而是将两种或两种以上的技术因素进行有机组合,从而产生新的功能。如 20 世纪的一项重大技术创新成果——遥感技术,就是以微波技术和红外技术为基础,综合了照相技术、扫描技术、自动控制技术和计算机技术,而形成的科技成果。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。

(三) 组织上的群体性

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,比较有价值的技术创新都是职务发明——执行本单位任务或利用本单位的物质条件所完成的发明,或是以企业、公司的名义申请的专利。也就是说,该发明是依靠单位,依靠很多人共同努力所创造的成果,这就是技术创新的群体性。

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一二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。如人造卫星、宇宙飞船的成功研制就是十分典型的例子。

群体性特点出现的根本原因还在于:不管在任何历史阶段,任何发明创造都不可能由个人独立完成,它都是基于一定的物质条件和理论基础,都是建立在以往人类成就的基础上,是人类共同智慧的结晶,这就是发明创造的社会性,也是技术创新群体性的本质。例如,人们都知道瓦特为蒸汽机的发明和发展作出了巨大贡献,事实上在公元前 100 多年,古罗马时代的希洛就利用蒸汽力制成了回转机,只是由于当时社会条件的限制和研究成果的不完善,其应用未得到推广。从希洛到瓦特,期间经历了 1800 余年,有很多人不断进行改进、革新,而瓦特以热力学和力学的研究成果为基础,综合前人的成就,再加上自己的创造,使蒸汽机从理论和实际应用上都得到完善,成为一种重大的技术创新成果。因此,从严格的意义上来说,蒸汽机应是许多发明家共同努力的成果,瓦特只是其中一个典型的代表。

技术创新的群体性,并不否定个人发明创造的作用,而只是强调个人的创造力是有限的,只有和更多的志同道合的发明者协同努力,各方面优势互补,各种学科、各种技术互相配合,才能创造出价值较大的技术成果。如果在某些领域和工作的创新中,不需要很多资金,起主要作用的还是个人的创造力。20 世纪中,很多成果,例如安全刮脸刀、拉链,都是价值较高的个人发明。

(四) 决策上的风险性

技术创新是研制现实尚不存在的新事物,是做前人未曾做过的事,其间要克服各种意想不到的困难和阻力,有的要投入大量人力、物力和财力,而最后结果可能成功,也可能失败。技术创新的风险性就在于前途未卜,成功与失败并存。如果失败,必将给创新者带来不少损失,其后果有时甚至是极其严重的。美国的福特、杜邦公司都曾因发明失败而遭受重大损失。发明

失败的原因：或选题不当，或重复他人工作，或成果经济效益不佳，或研制周期太长，或研制成果已失去新颖性、先进性等等。在科学技术迅猛发展的今天，技术创新竞争更为激烈，技术性因素更加复杂，对环境因素、价值因素、安全因素的要求更高，这就增加了技术创新的风险性。为了减少风险性，就必须从宏观上注重科学技术发展的预测；在选题时，要更全面、更科学地进行调查研究和论证；在执行时，要采取各种有力措施，克服各种困难，以保证创新项目的顺利进行和及时完成。

三、世界各国创新教育的发展动向

有关资料表明，世界上劳动生产率的提高，在 20 世纪初，8%~20% 是靠科技进步，而如今 60%~80% 是靠科技进步。因此，各国政府对促进科技进步的科技创新非常重视，都把挖掘人的潜力、改善人的素质、提高人的创造力视为解决当今世界各种难题的有效途径。从 20 世纪 30 年代起，就对技术创新的规律和科技创新的方法开展研究，并进一步在人民大众中开展和加强创新教育。

美国是创造工程的发源地。1939 年美国通用电气公司为了提高职工的创造力，首创了“创造工程”这门课程。创造学家奥斯本提出的“头脑风暴法”运用于实践后，取得了成功，从而促使美国各大学相继开设培养创造力的课程和设立有关研究机构。

此后，美国的创造学理论和方法传入加拿大、法国、联邦德国、西班牙等国家，引起了强烈反响，从而促进各国开展创造力开发活动。日本在五六十世纪也建立了各种形式的发明创造学校。苏联、东欧各国、埃及、印度等也先后开展了这方面工作。

时至新世纪的今天，世界各国进一步调整科技战略和政策，积极发展高新技术及产业，大力加强技术创新，已形成奔腾不息的技术创新大潮。

美国由于富有创新的文化传统，研究、开发和教育的高投入，能包容多元文化，鼓励自由思考和独立创新的社会环境等条件，所以它拥有全世界最全面的国家创新体系。同时，美国的创新具有全方位的特征，雄厚的基础科学又持续地支持着技术创新和发明。技术创新的效果，表现在高新技术和重要领域的迅速发展，极大地增强了国家的综合国力。

日本通过走一条技术引进——消化——再改造——创新的道路，经过几十年的努力，已发展成为世界经济大国。在当今激烈的国际竞争中，日本提出了“科技创新立国”战略，在继续发扬技术创新的同时，又提出科学创新、观念创新、管理创新等各个领域的创新，并制定相应政策予以保证。

总之，世界各国为了发展自己的经济，增强综合国力，加强自己在国际竞争中的地位，都根据自身条件，制定相应的技术创新规划和措施，来加强对国民的创新教育。

第三节 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。”〔《马克思恩格斯全集（4）》，北京：人民教育出版社，1965，10，p.471.〕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，虽然经解放后半世纪的建设，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

1999年由中央有关部委组织的一次社会调查表明，我国青少年普遍比较缺乏创造力，只有近15%的青少年具有初步创造力特征。创造力特征是指三项基本能力：探索能力、与新事物相关的想象力和收集信息的能力。有关分析认为，过于严谨、思维定式、从众心理、信息饱和是创造性思维的四种主要障碍。这四种障碍在多数青少年头脑中普遍存在，并且随着年龄的增长，这一倾向将日益增强。由于中小学长期以来是以“应试教育”为中心，各科教育互相割裂，而大学则是承袭苏联时期培养“专才”为目标的教育体系，高校专业划分过细，所以培养出来的学生知识结构不合理，创造力受到很大限制。学生的现状和教育界存在的问题又成为加强创新教育迫切性的第三层原因。

因此，从历史到现实，从国外到国内，从国家到地方，从创新成果到创新教育，各个方面都反映出一个共同的问题，加强创新教育已是刻不容缓。

第二章 科学思维方法简介

第一节 科学思维方法的重要性和基本形式

创新是人的大脑的一个非常复杂的思维活动过程,只有掌握一定的科学思维方法,并用于创新活动,才能保证创新工作沿着正确的方向前进,保证最终获得一定的创新成果。本章主要对各种基本思维方法的特点和作用作一简介,以利于更好地将其运用于创新实践。

一、科学思维方法的重要性

思维可解释为理性的认识,即思想;又可解释为人对客观事物理性认识的过程,即人们通过大脑的各种复杂的心理活动,把丰富的感性材料,通过由此及彼、由表及里、去粗取精、去伪存真的加工,揭露出不能直接感知到的客观事物的本质。思维不但可以能动地反映客观世界,也可以能动地反作用于客观世界。通俗地讲,思维就是思考。在日常生活中,大脑通过感觉器官接受各种信息,产生各种问题,结合大脑中已有的知识和经验,经过思考可回答产生的问题。因此科学思维方法在认识世界和改造世界的过程中起着重要的作用。

毛泽东同志曾说过:“我们的任务是过河,但是没有桥或没有船就不能过。不解决桥或船的问题,过河就是一句空话,不解决方法问题,任务也只是瞎说一顿。”(《毛泽东选集》(第一卷),北京:人民出版社,1966,p.134.)解决问题的方法取决于科学的思维方法。以往我国各级学校在教学中比较强调知识的传授,对科学思维方法的训练重视不够。因而培养出来的学生往往只知其然,不知其所以然,他们不了解知识的产生过程,对知识的形成缺乏感受和体验,对知识的社会意义和价值不甚了解。而在美国常采用“课题式”的教学方法,给学生一个课题,让学生自己去收集和研读资料,提出解决问题的方法,以完成课题要求。学生虽然学到的知识比较少,但思考得多,思维训练的机会多,分析、解决问题和创新能力得到提高。在历届国际奥林匹克知识竞赛中,我国中学生获得名次的次数和级别远大于美国中学生,可是美国科学家荣获诺贝尔奖的人数很多,而我国至今没有零的突破(指在国内本土工作的科学家)。这种情况,在一定程度上反映了我国培养的学生素质不全面,在思维方法方面训练不够。

我国著名科学家钱学森非常重视思维科学,把思维科学看作是现代科学技术的一个主要研究领域。现实生活中,有些人擅长逻辑思维,这种人对符号、词语等抽象的东西比较敏感;而有些人比较擅长形象思维,这种人对直观、形象的东西比较敏感。其实,无论是逻辑思维还是形象思维,都是科技创新中的主要思维方法,这两种思维方法的综合运用是取得科技成果的重要条件。科学中逻辑思维相对用得多一些,艺术中形象思维相对用得多一些。科学和艺术的交融,越来越受到人们的关注,并已成为当前世界科学文化发展的特征之一。诺贝尔物理学奖获得者李政道博士认为,科学和艺术不可分,他提倡科学和艺术的对话。这对于促进一个人的科学思维的全面发展,对于培养创新意识和创新思维无疑是很有益的。

二、科学思维方法发展简介

科学思维方法不是大脑中固有的,也不是凭空想象出来的,而是在科学技术发展到一定历