

21

世纪高等院校教材

物理教学丛论

——基础教育课程改革视野下的中学物理教学

蔡铁权 著



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

物 理 教 学 丛 论

——基础教育课程改革视野下的中学物理教学

蔡铁权 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以我国基础教育课程改革和世界科学教育的发展为背景,着眼于中学物理教师的专业成长,立足于中学物理新课程,对物理教学的主要理论和重要议题做出论述。全书共分15章,以专题形式撰写,内容几乎包括了中学物理教学的全部核心主题和物理教师专业化成长的基本要求。观点新颖,材料丰富,既有广泛深入的理论阐述,又为中学物理新课程的实施提供实践指导。

本书可作为课程与教学论(物理教学方向)硕士研究生以及教育硕士的教材,高等师范物理系本科生“物理教学论”课程的参考书,高等师范物理专业专升本及继续教育的参考书,也是广大中学物理教师进修提高的必备用书。

图书在版编目(CIP)数据

物理教学丛论:基础教育课程改革视野下的中学物理教学/蔡铁权著.
—北京:科学出版社,2005

21世纪高等院校教材

ISBN 7-03-014711-1

I. 物… II. 蔡… III. ①物理课-教学研究-师范大学-教材 ②物理课-教学研究-中学 IV. G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 001232 号

责任编辑:姚莉丽 昌 盛/责任校对:赵桂芬

责任印制:安春生/封面设计:陈 敬

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年2月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005年2月第一次印刷 印张: 19 1/4

印数: 1—3 000 字数: 369 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

目 录

第一章 科学素养及其养成	1
一、科学素养的含义及其形成和发展	1
二、我国公众的科学素养与科学素养的本土化构想	6
三、科学素养的培养	9
参考文献与推荐读物	17
第二章 建构主义教学解读	18
一、建构主义理论溯源	18
二、建构主义的基本理论	20
三、建构主义的教学原则	22
四、建构主义的教学方法	24
五、建构主义在科学教学中应用的慎思	29
参考文献与推荐读物	31
第三章 现代智力理论的教学新视野	33
一、智力与智力理论的发展	33
二、对传统智力测验和智力理论的认识	37
三、现代智力理论	39
四、现代智力理论的教学新视野	51
参考文献与推荐读物	54
第四章 教学规范转型的理论基础	56
一、教学的本质是“沟通”与“合作”	56
二、沟通与“交互主体性”	59
三、传统教学沟通及其干预	61
四、对话教学及其实现	63
五、教学规范转型的理论基础	66
参考文献与推荐读物	74
第五章 学习方式的变革	75
一、学习方式的特点	75
二、自主学习	78
三、探究学习	81
四、问题解决学习	90

五、合作学习	96
六、情境学习	102
参考文献与推荐读物	106
第六章 信息技术与课程及物理教学的整合	108
一、信息技术与课程整合的概念	108
二、信息技术与课程整合的策略	112
三、高中物理课堂教学设计概述	124
四、信息技术与物理课程整合的案例	128
五、高中物理课堂教学设计案例	134
参考文献与推荐读物	140
第七章 STS 教育在物理教学中的实施	141
一、科学、技术与社会的概念	142
二、STS 教育的发展	143
三、STS 教育的性质	147
四、STS 教育的课程构建与教学策略	151
五、STS 教育的展望	155
参考文献与推荐读物	157
第八章 创新与物理创新教育	159
一、素质和素质教育	159
二、创新和创新教育	161
三、创新思维的自组织阐释	164
四、我国学生科学素质现状分析	170
五、素质教育、创新教育呼唤高素质创新型的教师	171
六、物理学科实施创新教育的构想	173
参考文献与推荐读物	177
第九章 物理教育的人文意蕴	179
一、当代呼唤“人文精神”的缘起与人文教育	179
二、科学与人文	183
三、科学教育与人文精神	188
四、物理教育的人文维度	191
参考文献与推荐读物	196
第十章 物理学史的物理教学功能	197
一、优化教学过程,提高教学质量	197
二、提高整体素质,升华道德人格	204
三、弘扬科学精神,明辨科学是非	207

参考文献与推荐读物	212
第十一章 物理学的现代进展与中学物理教学	214
一、20 世纪物理学的回顾	214
二、对物理学的认识	216
三、从物理学的现代进展看物理教学	219
四、中学物理教师应跟踪物理学的现代进展	224
参考文献与推荐读物	227
第十二章 物理教学中的模型和概念图	229
一、模型	230
二、估算	233
三、悖论	234
四、概念图	237
参考文献与推荐读物	243
第十三章 走向发展性评价	244
一、评价、课程评价、教育评价、教学评价	244
二、课程评价的历史发展与当代课程评价观	246
三、课程评价的新方法	250
四、走向发展性评价	261
参考文献与推荐读物	265
第十四章 物理教育研究	266
一、中学物理教育研究的意义	266
二、教育研究的冷静思考	268
三、当前教育研究发展的多元取向	269
四、物理教育研究的宽广领域	272
参考文献与推荐读物	280
第十五章 物理教师的专业发展	282
一、教师专业化是历史的必然	283
二、教师专业化的过程与范式	284
三、中学物理教师的专业素质	286
参考文献与推荐读物	298
后记	300

第一章 科学素养及其养成

“2061 计划”是美国科学促进协会联合美国科学院、联邦教育部等 12 个机构,于 1985 年启动的一项面向 21 世纪人才培养、致力于中小学课程改革的跨世纪计划,它代表着未来美国基础教育课程和教学改革的趋势。在该计划的出版物之一《面向全体美国人的科学》一书中,明确地提出:“在 21 世纪,无论社会还是个人想要成功地发展,全民及个人的科学素养至关重要”,“没有科学素养的民众,美好世界的前景是没有指望的”。科学素养的培养,当然首要的是学校教育,“相信通过学校的教育,孩子们可以成为具有科学素养的人”。

我国《普通高中物理课程标准(实验)》的课程基本理念,首要的一条就是“在课程目标上注重提高全体学生的科学素养”。同时,这也是我国高中物理课程的目的和培养目标。历史的证明和时代的发展,都充分地表明了公众的科学素养,已经成为社会进步的基本因素,是国家兴旺的根本。提高公众的科学素养也是科学的使命和科学教育的应有之义。

一、科学素养的含义及其形成和发展

科学素养(scientific literacy)概念的形成和发展经历了长期的演化过程,并且随着科学技术的发展和社会的变革,概念的含义也将不断变化。什么是科学素养,或者说,一个具有科学素养的人应该懂得什么,能做什么,具有什么样的情感、态度 and 价值观?这需要从两个维度加以考察,纵向的历史维度和横向的各个不同国家的差异,以使我们对科学素养有比较全面的理解。

1. 科学素养理论的形成与发展

最早正式使用“科学素养”一词的当推美国著名学者、哈佛大学校长科南特(Conant),他在 1952 年出版的《科学中的普通教育》一书里首先使用了这个词,但科南特没有对科学素养的含义加以阐述,他把科学素养定位在普通教育的层面,这为以后科学素养的研究确定了方向。此后,美国科学教育家赫德(Hurd)在 1958 年发表了题为《科学素养:对美国学校的启示》的文章,赫德把科学素养解释为“理解科学及其在社会中的应用”。但当时美国正开始课程现代化运动,赫德的观念与当时改革的主旨不合,没有受到应有的重视。这一时期对科学素养的研究,大多属个人经验总结,尚无系统的理论出现。

20 世纪 60 年代中期,美国威斯康星大学科学素养研究中心的配勒(Pella)等人概括了已有的研究,认为其共同的主题有:①科学和社会的相互关系;②科学的伦理;③科学的本质;④学科知识;⑤科学和技术;⑥人文中的科学。配勒等人的研究形成了科学素养理论的基本框架,为后来的研究奠定了基础。

20 世纪 70 年代中期,美国俄亥俄州立大学的索尔特(Showalter)等人提出科学素养应包括:①科学的本质;②科学中的概念;③科学过程;④科学的价值;⑤科学和社会;⑥对科学的兴趣;⑦与科学有关的技能。重要的是,索尔特等人提出了科学素养的层次问题,并为谢姆斯(Shamos)、拜比(Bybee)等人继承和发展。谢姆斯认为,科学素养可以分为三个水平,即文化的科学素养——理解普通文化意义上的科学词汇;功能的科学素养——能够阅读、书写并参与讨论有关的科学问题;“真实”的科学素养——深入理解科学事业的发展变化,科学概念的来龙去脉以及科学过程的本质含义。拜比把科学素养分为 5 个水平,即科学文盲、词语的科学素养、功能的科学素养、概念和过程的科学素养以及多维的科学素养。第 5 级水平与谢姆斯的“真实”的科学素养相当。这一阶段还有从其他视角讨论科学素养的。值得指出的是美国国家科学教师协会(NSTA)在 1971 年提出了从学校教育的角度考虑科学素养教育的问题,从而把科学素养的养成落实在科学教育的层面。

到了 20 世纪 80 年代,科学素养作为科学教育的目标被明确地提出。美国国家科学教师协会在 1982 年发表了题为:“科学-技术-社会:80 年代的科学教育的年度报告”。认为科学素养的基本成分应包括:①科学、技术过程和探究技能;②科学和技术知识;③科学、技术知识在个人和社会决策中的作用;④对科学和技术的态度、价值观和鉴赏能力;⑤在与科学有关的问题中的科学和技术的相互作用。这里提出了技术,并关注到个人和社会决策,这与当时 STS(Science-Technology-Society)运动的兴起有关。

这一时期,科学素养的讨论十分活跃,而其中影响最大的莫过于米勒(Miller)的理论。米勒是国际公众科学素养促进中心主任、美国芝加哥科学院副院长,他在 1983 年提出了科学素养的三维模式:①认识和理解一定的科学术语和概念的能力;②对科学研究的一般过程和方法有所了解,具备科学的思维习惯,在日常生活中能够判断某种说法在什么条件下才有可能成立;③全面正确地理解科学技术对社会的广泛影响,能够对个人生活及社会生活中出现的科学技术问题做出合理的反应。这一模式,用一定的实证数据作基础,简洁明确,反映了科学素养的核心要素,得到了学术界的广泛认同,被普遍采用为各国测定和比较公众科学素养的基本参照标准,并以科学素养为核心概念的课程标准提供了基本框架。米勒的文章“Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review”成为科学素养研究的经典性文献。

20 世纪 80 年代中后期,科学素养由目标层次转向教育内容,美国的“2061 计

划”的中心任务即是培养全体公民的科学素养。同时其他发达国家也纷纷出台了科学素养教育的文件。科学素养的研究成为科学教育的中心内容,对科学素养的不同理解导致了科学教育目标设计的差异,从而产生各种不同的科学课程的教育目标和科学课程设计。科学素养也是当前判断科学教育质量的准则,设计科学教学的依据。因此,对科学素养内涵的理解是十分重要的,而这种理解当前又出现多元化的状态。

2. 科学素养的内涵

科学素养,绝不仅仅是指对科学知识的获得,或只需具有阅读科学文献的能力,甚而某个领域的专家也不一定具备科学素养。科学素养包括科学知识、科学技能、科学态度三个方面。科学知识涉及知道什么,科学技能涉及怎么做,科学态度涉及为什么要这样做。或有科学素养的人一定要具备获取基本科学信息、能感悟科学的价值观、能够运用这种价值观审视社会和我们周围事物的意识。但在对科学素养的实际设计和实行时又表现出概念上的不明确性和不确切性。这里我们介绍一些国内外对科学素养概念的研究成果,以帮助我们更好地理解科学素养的内涵。

(1) 科学素养含义的不同阐释

《面向全体美国人的科学》中对科学素养定义为:“科学素养包括数学、技术、自然科学和社会科学等许多方面,这些方面包括:熟悉自然界,尊重自然界的统一性;懂得科学、数学和技术相互依赖的一些重要方法;了解科学的一些重大概念和原理;有科学思维的能力;认识到科学、数学和技术是人类共同的事业,认识它们的长处和局限性。同时,还应该能够运用科学知识和思维方法处理个人和社会问题。”这里的科学定义比较宽泛,包括了数学、技术、自然科学和社会科学,一般倾向于狭义的,即科学教育指自然科学教育,技术则是科学的运用。

《美国国家科学教育标准》对科学素养的含义解释为:有科学素养是指了解和深谙进行个人决策、参与公民事务和文化事务、从事经济生产所需的科学概念和科学过程。有科学素养还包括一些特定门类的能力。有科学素养意味着一个人对日常所见所历的各种事物能够提出、能够发现、能够回答因好奇心而引发出来的一些问题。有科学素养就意味一个人已有能力描述、解释甚至预言一些自然现象。有科学素养就意味一个人能读懂通俗报刊刊载的科学文章,能参与就有关结论是否有充分根据的问题所作的社交谈话。有科学素养就意味一个人能识别国家和地方决定所赖以为基础的科学问题,并且能提出有科学技术根据的见解。有科学素养的公民应能根据信息源和产生此信息所用的方法来评估科学信息的可靠程度。有科学素养还意味有能力提出和评价有论据的论点,并且能恰如其分地运用这些论点得出的结论。当然,不同的人会以不同的方式表现出自己的科学素养,有科学素

养的程度和形式也不是一成不变的,但是人在早期确立起的对科学的态度以及价值观念,对其成年时在科学素养方面所能达到的境界会有决定性影响。

国际成人科学素养方法研究所(International Institute for Adult Literacy Methods)学者托马斯(Thomas)和肯杜(Kindo)在他们的报告《向科学素养迈进》(Towards Scientific Literacy)中认为,科学素养的主要内容包括探究精神(如何知道这是真实的?)和对科学术语和概念的基本了解(对报纸上经常出现的科学术语基本理解,阅读关于农业和其他领域的材料时所必须理解的科学概念和基本观点)。当然,这一报告针对的对象是“发展中国家”的成人农民。

印度国家科学技术传播委员会(The Indian National Council for Science and Technology Communication)支持的一个印度基层志愿科普组织(Vikas Bharati)提出的报告《全民基础科学》(Minimum Science for Everybody)中解释,一个具备科学素养的人应该具备保持自身健康、为群体的健康做出自己的贡献、理解有关环境污染的知识和环境掠夺将会给人类带来的灾难、掌握日常生活中基本的测量和计算方法以及从科学的角度理解农业和工业产品的能力。

我国台湾省在2003年3月公布的《自然与生活科技领域课程纲要》中,对“科学与科技素养”解释为:经由科学性的探究活动、自然科学的学习使学生获得相关的知识与技能。同时,也由于经常依照科学方法从事探讨与论证,养成了科学的思考习惯和运用科学知识 with 技能解决问题的能力。经常从事科学性的探讨活动,对于经由这种以探究方式建立的知识之本质将有所认识,养成重视证据和讲道理的处事习惯。在面对问题、处理问题时,持以好奇与积极的探讨、了解及设法解决的态度,我们统称以上的各种知识、见解、能力、态度与应用为“科学与科技素养”。

我国在制订中学“科学”标准时,认为中学生科学素养应涉及四个方面:①科学知识与技能。应该了解或理解基本科学事实、概念、原理和规律,学会或掌握相应的基本技能。能用所学知识解释生活和生产中的有关现象,解决有关问题。了解科学在现代生活和技术中的应用及其对社会发展的意义。②在科学探究(过程、方法与能力)方面。科学探究是科学方法的核心,具体内容为:发展观察现象和提出问题的能力,增进对提出问题意义的理解;发展提出猜想和形成假设的能力,了解假设对科学探究的作用;发展制定计划、进行简单的实验设计和手脑并用的实践能力,认识实验在科学探究中的重要性;发展收集信息和处理信息(特别是通过观察与实验获取证据)的能力,理解收集、处理信息的技术对科学探究的意义;发展科学解释和评价的能力,了解科学探究需要运用科学原理、模型和理论;发展表达和交流的能力,认识表达和交流对科学发展的意义,认识探究的成果可能对科学决策产生积极的影响。③在科学态度、情感与价值观方面。这是科学精神的重要内容,包括:热爱自然,对自然界保持较强的好奇心,养成与自然界相协调的生活态度;热爱科学,反对迷信,不断提高对科学的兴趣,关心科学技术的发展;勇于创新,独立思

考,敢于提出自己的新见解;崇尚真理,尊重反映客观事实和客观规律的科学原理;严谨求实,根据客观事实得出结论,能够根据科学事实修正自己的观点;养成善于与人交流和协作的习惯;增强社会责任感,形成用科技知识为祖国和人民服务的意识。④在科学、技术与社会的关系方面。中学生应当:了解科学与技术的区别和联系;初步认识科学推动技术进步、技术又促进科学发展的相互关系,初步认识社会需求是科学技术发展的强大动力;了解科学技术在当代社会经济发展中已成为一种决定性因素;了解科学技术不仅推动物质文明的进步,也促进精神文明的建设与发展,科学技术是重要的社会事业;了解技术也会对自然、人类生活和社会产生负面影响,初步懂得实施可持续发展战略的意义;初步形成关注环境、资源等社会重大问题的意识,增强社会责任感。

(2) 公众的科学素养受到各国重视

当今世界各国之间的竞争,已从原来的产品竞争、加工竞争和结构竞争,转向了国民素质的竞争,公众的科学素养,已被看作是兴国安邦之本。

亚洲的发达国家日本,1872年开始推行新学制,力求实现“邑无不学之户,家无不学之人。”到了1905年,日本男、女的小学就学率均超过了90%。到1992年,初等教育学龄儿童的入学率达到97%,1995年日本15岁以上的文盲占总人口比例为零!日本讲谈社的科学丛书“蓝背书”在20世纪60年代初创刊时就提出“让每个人的口袋里都有一本科学书籍”的口号,以使日本国民从小学科学,人人爱科学,全民懂科学。

在美国人的心目中教育历来占有极为突出的地位。1994年2月,美国科学院举行了“科学与国家利益”的研讨会。半年后发表了由总统克林顿签发的科学政策报告《为了国家利益的科学》,其中提出了发展科学的五项“国家目标”,第五项即是“提高全民科学素养”。

以色列人认为,科学教育的目的就是提高人口素质,人口素质提高了,国家自然也就强大了。今天的以色列,每3个人中就有1名在校学生,14岁以上的公民平均受教育达11.4年,妇女识字率占93.2%。从而使这个自称只有阳光、沙漠和大脑三种资源的国家,只用了半个世纪的时间就在一片土地贫脊、资源匮乏的国土上建立起一个工业发达、农业先进、科学技术进步的现代化国家。

英国素有重视科学事业的传统,同时注重加强科普教育,不断增强公众的科学意识,促进公众理解科学。英国政府在1996年的“展望”中明确表明了科学技术发展的五项重要目标,其中第三项就是“增强公众对科学、工程和技术意识”,目的是为了能够更好地适应现代社会对一个合格公民的科学素养的要求,进而更好地促进科学技术的进步和社会的发展。

科学素养如此重要,各国又都对公众的科学素养特别关注,而目前对科学素养的界定尚处于一种众说纷纭的状态。

对于科学素养,世界上还不存在适用于所有国家公众的统一的标准,科学素养也没有必要用一种普遍适用的方式进行解释。由于各国经济、文化、教育体制、教育思想、社会制度、宗教信仰等的差异,使用一种科学技术的传播方式也是不可能的。在考虑本国科学教育时,必须考虑到本国的社会传统、普遍的意识形态和特有条件。但在科学素养教育中,有一些内容是不可缺少的:①尽可能地包括科学技术的一般原理;②从普通公众的日常需要入手进行科学技术知识的传播;③注重对本民族文化的研究;④加强对信仰、礼仪习惯、文化内涵等的研究;⑤理性地看待科学和技术;⑥科学的事业、科学的本质、科学家的工作、科学在人类社会中的地位和作用、科学的研究过程和方法、怀疑精神、论证精神、公开性、接纳不同意见和看法的价值观、社会正义感等。

随着科学的迅速发展,社会的急剧变革,科学素养的含义在不断地变化。同时也日渐引起众多方面的关注,如2002年9月在加拿大的温哥华岛(Vancouver Island)举行的国际会议上,对科学素养与科学教育及其他方面的关系,对科学素养中“素养”的含义进行了广泛的对话。2004年7月,中国北京举办了“公民科学素质建设国际论坛”,对提高公民科学素养的各个方面进行了讨论与交流,内容丰富,视角新颖。

科学素养是一个动态发展的概念,又具有很强的地域性,我们要关注科学素养的学术研究动态,又要考虑我国当前的国情和固有传统,形成我们自己的认识。

二、我国公众的科学素养与科学素养的本土化构想

“科学素养”的含义在前面已经进行了讨论,对于“公众”,在人们的认识中往往是指非专家,或是没有经过科学技术专门训练的普通人。现代科学越来越发展,其一个趋向是学科越来越细分,今天已经很难有像当年亚里士多德那样的百科全书式的学者,同一学科内部的分支学科之间也可以是隔着一道鸿沟,而且这一鸿沟也许比学科之间所隔的鸿沟更宽,或者说,科学家之间的距离有时比科学家和同行之间的距离更大。这样,“公众”的对象就比较难以十分明确地界定。

科学素养的测定,至今也没有一种普遍公认的体系和方法,任何一种科学观点,也只在特定的条件下成立,要进行正确测试,还必须解决社会学上的一系列问题,等等。可以认为,公众科学素养的测试,是测试者的主观假设,根据这种假设去实验其假设的有效性或正确性。这样,不同的学者所进行的调查和所得的结论存在着各种差异。目前,在国际上,各国的学者认为,公众的科学素养是可以测试的,测试的结果也在一定的程度上说明问题,各国的学者对科学素养的评价体系和评价方法也在不断地修正。

1. 我国公众的科学素养

美国从 1972 年起就不间断地每隔两年进行一次调查,西欧也做,其他一些国家也在做。我国从 1992 年开始,每隔两年也进行公众科学素养的调查,并将调查结果分析后公布于众。表 1-1 是我国公众科学素养的国际比较。

表 1-1 中国公众的科学素养及国际比较(%)

	中国						美国	欧共体
	1992 年	1994 年	1996 年	1998 年	2001 年	2003 年	1990 年	1989 年
具备理解科学知识水平的公众	30.1	33.8	30.6				35.7	
具备理解科学过程水平的公众	2.6	3.4	2.7	4.4	4	8	13.3	
具备理解科学技术对社会影响的水平的公众	1.6	2.3	3.3			46.7	26.4	
具备理解科学素养的公众	0.3		0.3	0.2	1.4	1.98	6.9	4.4

我国公众的科学素养在一段时间里处于徘徊的状态,而且科学素养内涵的三个方面出现明显的差异,另外,还存在性别之间、城乡之间、地域之间和职业群体之间的差别。调查中还显示出,我国公众认为国家机关威信程度很高,大众传播媒体享有很高的信任度。公众获取科学技术信息的渠道和手段单一化,对传统知识的了解程度之高与对现代科学知识了解程度之低形成了强烈的反差,对科学信息的真伪缺乏分辨能力,没有形成对科学政策决策的参与力量 and 影响力量。我国现有文盲 2.2 亿,15 岁以上的为 1.8 亿,科盲人数达 5 亿之多。在当前历史性的社会转型时期,社会上各种丑恶现象沉渣泛起,包括嫖娼卖淫、拐卖妇女儿童、吸毒贩毒、黑社会性质的团伙犯罪、封建迷信甚至邪教,反科学、伪科学不时出现,少部分人不但没有社会责任感,连起码的社会良知和社会公德都不具备。提高我国公众的科学素养的确是任重而道远的。

2. 科学素养的本土化构建

美国的科学教育家马修斯(M. R. Matthews)强调:“科学素养的高低,往往与对文化感知程度的高低一致。”我们今天科学教育的内容还基本停留在实用的科学知识层面上,与人文教育基本上处于分离的状态,科学教育研究基本是学科教育研究。其原因除了深远的文化传统外,还有对科学的认识,对科学本质的理解,对科学教育的认识,对科学素养内涵的理解不充分,不深刻,也没有与我国的具体国情相联系。中国的传统文化极大地影响了我们对科学、对科学本质的认识与理解,也深刻地影响了我国的科学教育,这是一个十分复杂的问题。表 1-2 只是简单地介绍科学素养定义的本土化诠释。

表 1-2 科学素养内涵的本土化诠释

美国科学素养教育目标	中国“科学素养教育”现阶段目标
①在处理与他人和与环境的关系时,能够运用科学的概念、方法、技术和价值进行抉择	知道任何问题都有科学的解决办法或通向科学办法的途径;分清经验与科学方法之间的差异;分清迷信与科学之间的差异。并能运用一定的科学知识和方法对实际问题进行判断和抉择
②认识到产生科学知识必须依赖探究过程以及概念学说	在讨论问题和表达自己观点时,能够做到前后概念一致。当说不清楚的时候,不使用诡辩术。具有规则意识
③能够分辨科学证据和个人观点的不同	能够做到说话、办事、处理问题以事实为根据,尽量避免个人偏见与感情用事;防止个人意愿干扰客观观察
④能够证明事实和学说之间的关系	能够将一些观察到的现象用已知的知识和理论进行解释。具备运用知识的能力
⑤能够认识科学和技术对促进人类福利的功能和限度	认识到我们生活的各个方面都离不开科学技术,但它并不能解决所有的问题,如价值问题
⑥了解科学和社会的关系	科学对人类社会的影响将越来越大,我们要有足够的认识和能力发展、掌握、控制科学技术的发展方向,使之对人类造福,而不是带来危害。解决环境、人口等问题
⑦懂得科学来源于人类的视野,理解科学知识的暂时性,当资料充分以后,知识会改变	在懂得真理的相对性基础上,发展质疑精神、创新精神
⑧因为拥有充分的知识和经验,所以能够赞赏别人的科学成就	具有宽容品质和谦虚精神;善于合作与交流。处理好独立人格与集体主义精神的关系
⑨对世界充满乐观的态度	目光远大,心胸宽广,热爱生命,热爱祖国,热爱人民
⑩能够采用和科学相同的价值观,所以能够使用科学和享受科学	敢于创新,勇于探索。具有独立的人格。崇尚科学与民主,以坚持真理和追求真理为乐
⑪能够终身、持续探讨科学并增加其知识	以不断追求客观真理为生命的目的

表 1-2 中①~⑥属认知领域,⑦~⑪属情意领域。我们的科学教育或长期以来的自然科学中的学科教育,注重“双基”,并以“双基”为追求目标,但对情意领域的内容关注不够。我国的传统文化侧重于情意领域,但对科学的情感、态度与价值观的重视不多。这是一个悖论,确实使人感到不解与无奈。我们今天所需努力的,是如何构建有效的合理的本土化的科学素养内涵,采取切实的措施,尽快提高我国公众的科学素养,改革我国的科学教育。

三、科学素养的培养

科学教育的根本目的是提高公众的科学素养,这是一种教育构想,如何付诸实施仍是不容易的。我国由于文化传统与科学西学东渐过程中的种种因素的影响,对科学本质和科学素养的理解、对科学的认识和对科学教育的认识都存在着不少偏差,科学教育师资也是不可忽视的因素。我们需要正视现实,寻求提高公众科学素养的有效途径。

1. 科学素养与科学教育目标

尽管对科学素养概念的内涵有不同的理解,科学素养由于各国情况的不同也带来了差异,科学素养内涵随着科学技术的发展也在不断地变化,但科学素养的核心内容则是基本一致的。科学素养应包括科学知识,科学过程与方法,对科学本质的理解,科学态度、情感与价值观,科学、技术与社会的关系等方面。这些因素之间相互作用,相互联系,构成了科学教育的立体画面。

我国基础教育课程改革中,对科学教育提出了提高科学素养的总体目标。在此总目标下,课程标准明确地提出了科学教育的三维目标:知识与技能,过程与方法,情感、态度与价值观,或加上科学探究,科学、技术与社会的关系等。显然,我国基础教育课程改革已引起对科学素养培养的关注,并将科学素养的核心内涵具体化为科学教育的培养目标,引导我国的科学教育改革。课程标准中三维目标的提出,直接指导了科学课程的编制和开发,课程的实施,课程的评价。这样系统的改革,又为科学素养的落实、提供了教育的保障。因此,科学课程标准中教育目标体现科学素养理念是我国当前基础教育课程改革中的一个特点,也是亮点,是我国科学教育的一个转折点。我们必须对此引起高度重视,并切实地落实到课堂教学的具体环节之中,体现在教育教学的全过程之中。

科学素养是要在科学教育中得到实施的,科学素养的培养也是长期的过程,在基础教育的各个阶段,由于儿童的生理、心理差异,知识、能力程度的区别,教育目标应有所不同。但是,培养科学素养的宗旨是不变的,为提高科学素养而教的理念是一致的。科学教师,尤其是幼儿园、小学教师的科学素养的提高,对科学的理解,对科学本质的理解,对科学素养的理解,是至关重要的,这对教师的职前教育和职后培训都将提出明确的要求。教师是教育改革的关键,这样,科学教师专业化成长的重要方面,就应该是科学教师科学素养的提高和科学教育水平的提升。

提高公众科学素养不能忽视的一个方面,是“公众理解科学”(public understanding of science,简称为 PUS)。PUS 概念的提出,可以追溯到 1983 年英国博德默(W. F. Bodmer)关于《公众理解科学》的报告。报告认为,更好的 PUS 可能是国

家繁荣昌盛、提高公众和个人决策质量以及丰富个人生活的一个重要因素。报告对 PUS 的核心概念进行了定义。“科学”是在广泛意义上被定义的,包括数学、技术、工程和医学,也包括对自然界的系统调查和从这些调查中所得知识的具体运用。“理解”,不仅包括对科学事实的理解,也包括对其方法和限度的理解,以及对其实际影响和社会后果的一种认识。对于包括风险、不确定性和多变性在内的统计学的基本理解,以及消化、吸收数据材料的能力,也是理解科学的一个重要组成部分。“公众”,则主要指的是科学界之外的公众。尽管对 PUS 的提法有异议,但在现代民主社会,要加强公众与科学的对话,让公众参与是共同的。这从另一方面表明科学教育的范畴应该在空间上不断扩展,在时间上不断延伸。

2. 科学素养与基础学力

科学教育改革,在提高学生的科学素养的同时,提高学生的学力水平,并使更多的学生对科学学习产生兴趣。

学力(相当于 achievement),是教育的内核,是学校课程设计的前提。学力的概念比较复杂,一般是指通过学习获得的能力,尤其是指通过学校教育获得的能力。作为教学成果的学力,有人界定为“儿童在教学过程中所习得的知识、能力”,亦即“学习者内化学科内容的成果”。这样定义的学力,一是现实的学习成果的知识 and 能力,二是牵涉未来学习的潜在的“学习力”。钟启泉教授对学力观曾这样描述:任何一门学科教学的目标,大体有 4 个组成部分:①关心、动机、态度;②思考力、判断力;③技能;④知识、理解。这 4 个视点作为一个整体反映了一种学力观。有一种“冰山模型”清楚地说明了这种学力观的特色。假如有一座冰山,浮在水面上的只不过是“冰山的一角”。这个浮出水面的部分可以比作“知识、理解”及“技能”,而隐匿于水面下的不可见部分(占冰山总体的 80%~90%)才是支撑浮出部分的基础。这就是“思考力、判断力”和“关心、动机、态度”。正如冰山由浮出水面与未浮出水面两部分组成一样,“学力”也由显性部分和隐性部分组成。“显性学力”是靠了“隐性学力”的支撑才能存在与发展的。科学素养的提高,与学力水平的提高是有内在联系的,冰山模型生动地描绘了科学素养含义中各个因素之间的关系,也同样形象地表达出科学教育三维目标之间的关系。因此,提高科学素养绝不是以降低学力水平为代价,更不是以牺牲科学教育目标为代价的,而是一荣俱荣,一损俱损的关系,在提高科学素养的同时也提高了学力水平。

3. 科学素养在科学教育中的实施

科学素养如何在科学教育中得到落实,这是关键。以美国为例,要为改革提供旨在培养科学素养的科学教育构想,这种构想又被所有科学教育工作者所接受或认可,决定以科学教育标准的判定和实施作为改革的基本策略。他们以优秀的科

学教育实践和教育学、心理学最新研究成果为基础,根据对科学素养的理解,在科学家、科学教师、科学教育家、课程专家、工程师、科学学监等人的通力合作下,历经数年研究,几易其稿,制定了《美国国家科学教育标准》、《美国国家技术教育标准》等,而且出版了《科学素养的基准》、《科学素养的导航图》、《科学素养的设计》、《科学素养的资源》等系列著作。以此为指导,各地制定课程内容标准,教学标准,评价标准,职业发展标准,教育计划标准,教育系统标准等。系统地描述和构建了培养科学素养的科学教育构想和实施蓝图,成为判断科学教育质量的依据,也成为设计新的科学课程、科学教育计划和科学教学设计方案的依据,极大地推进了科学素养培养目标的实现,推动了科学教育改革。

美国科学教育改革的做法为我国的科学教育的改革提供了有益的借鉴。目前我国科学教育的目标体系与科学素养的内涵是完全一致的。因此,科学教育目标的落实也就是科学素养的实现。

(1) 科学知识的转型和科学课程的变革

知识是教育目的得以实现的基础。知识是一个内涵十分丰富、外延相当广泛的概念。对不同的关于知识的界定,可以归纳为:①知识是人类对于经验中蕴含的法则赋予意义而结构化了的成果;②知识是人的观念的总和;③知识是智慧和经验的结晶;④知识是人类积累起来的历史经验和现时达到的科学新成就的总和。

知识与课程之间的关系也是十分复杂的,诸如知识性质、知识的真理性、知识分类、知识价值、知识生成和知识层次等。

在现代时期,人们认为现代科学知识是“客观的”、“普遍的”与“价值中立”的。因而是最有教育价值的知识。科学知识被看成在促进个体发展和社会发展方面的价值都是毫无疑问的,被看成是满足个体和社会不同需要的纯粹工具。掌握、记忆、理解和应用这些知识自然地成为实现各种现代教育目的的重要手段和重要标志。

后现代知识却在根本上实现了转变,从客观性到文化性,从普遍性到境域性,从中立性到价值性。这样,后现代教育对知识的追求也要作相应的转变。①在个人发展方面,着重于追求以知识的鉴赏力、判断力与批判力为标志的“内在发展”。②在社会或国家发展方面,后现代教育着重于树立和传播以“本土知识”或“地方性知识”为基础的“本土发展”或“内在发展”的理念。③在知识发展方面,后现代教育着重于知识的多样性、异质性的发展。后现代课程建设追求的目标应当是:①改革科学课程。要实事求是地在科学课程中反映人们对科学活动和科学知识的新认识。科学课程的目标也要超越对具体科学知识、方法和技术的掌握,达到对科学哲学、科学史、科学与社会和人类关系广泛、全面和深刻的理解。②开发本土课程。认识完整、系统、历史悠久的本土知识体系,展现本土知识在本土社会历史发展中的巨大贡献,唤起本土人民对本土知识体系的价值意识,加强青少年学生的本土文