

科学教育新视野

◇ 项红专 著

KEXUE JIAOYU XINSHIYE



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

◇ 杭州师范学院出版专项经费资助项目

科学教育新视野

K E X U E J I A O Y U X I N S H I Y E

◇ 项红专 著

江苏工业学院图书馆
藏书章



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

科学教育新视野 / 项红专著. — 杭州: 浙江大学出版社, 2006.6
ISBN 7-308-04767-9

I. 科... II. 项... III. 科学教育学—研究
IV. G42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 061933 号

责任编辑 田 华
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)
(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 富阳市育才印刷有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 12.75
字 数 208 千字
版 次 2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷
印 数 0001—2000
书 号 ISBN 7-308-04767-9/G·1075
定 价 20.00 元

目 录

科学文化和科学教育

科学教育的文化使命·····	(3)
论文化视野下的科学教育·····	(12)
科学文化和科学教育·····	(20)
科学教育与真善美·····	(29)
论科学教育的人文维度·····	(37)

科学美和科学教育

科学美和审美教育·····	(49)
科学课程中的审美教育·····	(58)
论大学科学教育中的审美教育·····	(66)

科学史和科学教育

论科学史的教育功能·····	(77)
论科学课程中科学史的教育价值·····	(85)
美国科学史教育特色——理解科学本质·····	(94)

技术教育和科学教育

论技术学习的价值·····	(103)
论技术本质的教育·····	(110)
论科学教育中的技术教育·····	(119)



科学观和科学教育

论科学本质的教育·····	(129)
科学教师科学观的实证研究及启示·····	(134)
自然图景的变化对科学教师的启示·····	(141)

科学教育和创新人才培养

科学教育要为提高原始性创新能力打好基础·····	(149)
从爱因斯坦看创新人才的培养·····	(156)
科学教育的历史使命:努力培养创新精神·····	(165)

科学探究教学

实施科学探究式教学中应注意的几个问题·····	(175)
科学探究和科学精神培养·····	(181)
科学探究教学评价体系的构建与实践·····	(187)
参考文献·····	(196)
后 记·····	(201)

科学文化和科学教育

科学教育的文化使命

自改革开放以来,我国的科学教育取得了长足的进步。基础教育新课程改革,使我国的科学教育真正与国际接轨,为科学教育的可持续发展奠定了良好的基础。但同时也存在着一些问题,如以知识为中心,过于注重解题训练,学生问题意识淡薄,创新能力不足等。总的说来,当今的科学教育,还缺乏“科学文化”的底蕴。许多人学了多年的科学,既不能从文化的视角观察科学,也不会用科学的眼光审视文化。我们说,科学是一种文化,科学教育要培养科学文化人,科学教育应肩负起传承科学文化的使命。

一、科学是一种文化

所谓文化,广义地说,是指人类在自身发展过程中从事实践活动和精神活动的方式,以及由这些活动创造出来的物质成果和精神成果,包括形成的制度、规范和风俗习惯等的总和。科学,作为人类认识世界(包括人自身)、探索未知的一种实践和精神活动方式及其成果,构成了人类文化的重要部分。在一切人类社会,人们对于自然现象都表现出一种善于思考的态度。在任何一种对其思想和活动留下记录的文化中都能找到科学观念的痕迹。科学是最富有革命性的力量,是一切社会变革的根源。科学的发展极大地改变了人们的物质生活条件,并进一步开阔了人们的眼界,解放了人们的思想,变革了人们的精神,从某种意义上讲,科学决定了人们对世界的总的看法。所以,科学是一种生动的、基本的人类文化活动。爱因斯坦认为科学是“高尚的文化成就”。德国哲学家恩斯特·卡西



尔在谈到科学时曾指出:“科学是人类智力发展中的最后一步,并且可以被看成是人类文化最高最独特的成就,它是一种只有在特殊条件下才可能得到发展的非常晚而又非常精致的成果。”简单地说,作为文化意义上的科学既是一种知识体系,也是一种研究活动和社会建制。著名科学社会学家贝尔纳认为:“科学可作为:(1)一种建制;(2)一种方法;(3)一种积累的知识传统;(4)一种维持或发展生产的主要因素;(5)构成我们的诸信仰和对宇宙及人类的诸态度的最强大势力之一。”这可能称得上是从文化发展的角度对科学比较全面的理解。

科学文化具有如下基本特点:一是系统性。科学文化是由器物层次、制度层次、行为层次和价值观层次所构成的完整的社会亚文化系统。科学文化包括科学知识、科学方法、科学手段、科学组织、物化的科学成果、科学思想、科学信念、科学精神、科学审美、科学伦理等,其核心价值观念等精神层面的东西。二是普适性。作为全部人类知识的一部分,科学发现的逻辑只能是这样:各种自然规律,在(包括海洋和天空在内的)任何地方,到处都在起作用;科学是不承认任何人为的疆界的。科学从根本上说是国际性的,或许我们应该说它是超越国度的。三是基础性。作为人类高度自觉的认识和改造自然的活动中,科学已广泛地渗透到经济、社会、政治、外交、军事、教育、艺术等领域中,成为人类其他社会活动日益重要的基础。著名科学史家萨顿说过:“我从来没有宣称科学比艺术、道德或宗教更为重要,但是它更为基本,因为在任何一个方向上的进步总是从属于科学进步的这种形式或那种形式的。”四是创新性。科学的生命在于创造,科学文化主张创新。科学从来都宣告自身在认识论与方法论上的不完备性,正如恩格斯所说,自然科学本身就是彻底革命的。科学文化没有偶像,没有顶峰,也没有禁区。科学文化源于科学研究的人为性、科学活动的社会性和科学发展的历史性。我们说,科学文化源远流长,科学文化丰富多彩,科学文化魅力无穷。

二、科学教育要培养科学文化人

由于受传统的事实价值二分模式和主客二分模式的影响,一般认为,科学是求真,涉及事实判断;而人文是求善,涉及价值判断。科学文化和人文文化之间存在着一个相互不理解的鸿沟,有时还存在着敌意和反感。

其实,两者尽管形成的背景、关注的对象以及涵盖的内容不同,但在深层的价值取向上,则是相通和互补的,共同的指向就是真、善、美的理想境界。正如爱因斯坦所说:“一切宗教、艺术和科学都是同一株树的各个分枝。”萨顿把真、善、美比喻为三棱锥型塔的三个面,并认为:“当人们站在塔的不同侧面的底部时,他们之间的距离很远,但是当他们爬到塔的高处时,他们之间的距离就近多了。……这个三棱锥型的塔象征着以统一为顶点的一个新的三位一体。”由此可见,科学本质上是人文的。以往我们之所以将科学的真、善、美相分离,对科学的人文价值几近漠视,只是因为我们所站的高度不够而已。

长期以来,由于受片面的、狭隘的科学文化观的影响,科学教育关注的是大量冷冰冰的科学概念、定律、公式和繁杂问题的求解,忽视了态度、情感、价值、责任等人文内涵,见物不见人,是“无情”的教育。学生们把科学看作是“一堆绝对真理的总集”,或者是“一种解题的游戏”;一个充满活力的“科学美女”,只剩下一副X光照片上的骨架了。片面的科学教育将会培养出“单向度的人”,造就出一批所谓的“技术性头脑”,“他们对技术的专注以及由此而来的麻木不仁和无知无觉达到那样一种程度,致使他们的技术对人性已完全排斥,他们的心灵对仁慈已毫无感觉”。这种教育我们称之为“半个人的教育”或“残缺的教育”。这是不完全的科学教育,与其说是教育,不如说是训练,它本质上是一种异化的科学教育,是科学教育人文价值的丧失。

所谓“科学文化人”就是泛指具有较高文化素质的科技人才。“位高则任重”。一个人学问越精深,他的人文主义的教养就越高,他的人文主义的责任也就越重。爱因斯坦说过:“学校的目标始终应当是:青年人在离开学校时,是作为一个和谐的人,而不是一个专家。”“用专业知识教育人是不够的。通过专业教育,他可以成为一种有用的机器,但是不能成为一个和谐发展的人。要使学生对价值有所理解并且产生热烈的情感,那是最基本的。他必须获得对美和道德上的善有鲜明的辨别力。否则,他——连同他的专业知识——就更像一只受过很好训练的狗,而不像一个和谐发展的人。”著名科学家拉比指出:“只有把科学和人文科学融为一体,我们才能期望达到与我们这一代人相称的智慧的顶点。”科学文化不仅是一个科学家赖以从事科学活动的精神养分,也是一个健全的公民所应具有的内 在素质。因此,科学教育不仅要培养客观的人和理性的人,更



要培养文化的人。

三、科学教育的文化使命

当前,把科学教育异化为科学知识的教育是科学教育最大的不足。如果科学只被人从技术的和功利主义的角度来看待,那它就简直没有任何文化上的价值。萨顿认为:“只为了得到信息和职业培训的目的而讲授科学知识,那么这种从纯技术的观点看来有用的科学知识的学习就失去了一切教育上的价值。”著名教育家怀特海说过:“文化是思想活动,是对美和高尚情感的接受。”“我们要造就的是既有文化又掌握专门知识的人才。专业知识为他们奠定起步的基础,而文化则像哲学和艺术一样将他们引向深奥高远之境。”因此,科学教育应肩负起传承科学文化的使命,科学文化必须走进课堂,使得学生在学习科学的过程中真正受到文化感染,产生文化共鸣,体会科学的文化品位。科学教育的文化使命具体应体现在科学课程、科学教材和科学教学中。

1. 科学课程目标要体现科学的文化价值

课程缘于文化遗产的需要,没有文化便没有课程,课程是文化的载体。因此,传播科学文化是科学课程必不可少的功能。课程是教育目的和培养目标的基本体现;教学则是以课程为依据而展开的。从某种意义上说,所有教育目的都要以课程为中介才能实现。事实上,课程本身就可以被理解为是使学生达到教育目的的手段。教育目的是整个国家各级各类学校必须遵循的统—的质量要求;培养目标则是某级或某类学校的具体要求。培养目标的实现,主要是通过学校所设置的课程而达成的。

国际 21 世纪教育委员会在向联合国教科文组织提交的题为《教育:财富蕴藏其中》的报告中,重申了一个基本原则:教育应当促进每个人的全面发展,即身心、智力、敏捷性、审美意识、个人责任感、精神价值等方面的发展。我国《基础教育课程改革纲要(试行)》指出,要使学生“养成健康的审美情趣”。《普通高中课程方案(实验)》指出,普通高中教育的培养目标是形成“积极健康的审美情趣”。谈到美,人们也许更多地将其与人文课程相联系,认为人文课程中有许多美的因素,有助于对学生进行审美教育,而科学课程中的审美教育往往被忽视。我们说,科学不仅有认识价

值、道德价值、实用价值,还有审美价值。对科学美的认同,在当代科学共同体中已经是一个不争的事实。著名科学家彭加勒指出:“科学家研究自然,并非因为它有用;他研究它,是因为他喜欢它,他之所以喜欢它,是因为它是美的。”我国著名的科学家钱学森也说过:“科学家不是工匠,科学家的知识结构中应该有艺术,因为科学里面有美学。”科学的本质是真、善和美,科学作为一种文化,对真善美的追求是科学文化的价值内蕴。没有艺术的科学是不完善的科学。

著名科学教育家赫胥黎指出:“应当把一种完整的和全面的科学文化引入到一切学校去,决不能为了科学而扼杀或削弱文学与美学。”《面向全体美国人的科学》指出,讲授科学应该反映科学的价值观,而其中之一就是审美观。它指出:“许多人认为科学残酷无情、毫无乐趣。然而,科学地理解一件事情,例如,恒星的形成、蔚蓝的天空以及人类心脏的构造,并不需要排斥这些现象的浪漫性和神圣的含义。此外,科学知识还会产生额外的美学反响。”但是,反观我国的科学课程标准,没有提及审美教育,这是非常遗憾的。令人欣慰的是,在普通高中新课程改革中,首次增加了艺术课程,并在艺术课程的模块结构中,专门设置了艺术与科学模块。可见,艺术课程中已经注意到艺术与科学的关系,而科学课程则对艺术(科学美)相对不够关注,两者之间显示出不对称。我们认为,要培养科学文化人,就要关注科学的审美价值,必须把审美教育纳入到科学课程中去,在课程目标中应有审美教育的要求。科学课程的教学应唤起学生的审美意识、培养学生的审美能力和激发学生的审美情感。

2. 科学教材内容应反映科学的人文内涵

教科书是最基本、最重要的课程资源之一。科学教材是体现科学课程目标和内容的重要载体,是学生学习和教师教学的工具。贝尔纳曾指出:“必须打破把科学与人文学科截然区别开来,甚至互相对立的传统,并代之以科学的人文主义。同时,科学教学本身内容也必须人文化。”我们说,无论科学可能变得多么抽象,它的起源和发展的本质却是人性的。使科学人文主义化不是使它不重要,而是使它更有意义,更为动人,更为亲切。科学教材内容人文化主要体现在以下几方面:

(1)介绍科学发展的人文背景。事实上,科学进步既有其经济的和技术的根源,同时又有其思想的和文化的根源。从科学的外部环境看,科学



进步往往是由上述两种动因共同促成的。尽管与经济和技术相应的社会需要对于科学进步来说具有根本性的意义,但是,与思想和文化相应的人文背景也往往对科学产生更为直接而深刻的影响。文德尔班说得对,“近代自然科学是人文主义的女儿”。例如,可以从伽利略的一生看科学和社会:1632年,伽利略出版的巨著《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》震撼了罗马教廷。1633年伽利略被罗马宗教裁判所判刑入狱……时隔346年,罗马教廷于1979年承认对伽利略的压制是错误的,并为他“恢复名誉”。但是教会对科学的干涉和对伽利略的迫害所造成的严重后果是无法挽回的。以前一直是人才辈出的意大利,在伽利略之后,它的科学生活很快衰落下去,在很长一段时间里,没有再产生重要的科学家。没有学术的民主和思想的自由,科学就不能繁荣。正如爱因斯坦所说:“科学进步的先决条件是不受限制地交换一切结果和意见的可能性——在一切脑力劳动领域里的言论自由和教学自由。”

(2)描述科学探索的人文动力。从科学活动内部看,科学探索还需要有包括理想、精神境界、信念、意志、兴趣和激情等在内的人文的动力。如果说科学外部的人文背景给了科学以巨大推动力的话,那么,科学的内部动因对科学所起的推动作用则更大。例如,科学是从信仰开始的。科学信念信仰是科学家在进行科学研究时,对自己的研究对象(自然界)和研究结果(理论体系)所具有的自以为可以确信的看法。科学信念是科学研究中的一个重要因素,它是科学工作赖以进行的前提条件,是科学家进行科学创造的指导思想和得以进行科学创造的必要思想基础或准备。怀特海认为:“如果没有一种本能的信念,相信事物之中存在着一定的秩序,尤其是相信自然界存在秩序,那么现代科学就不可能存在。”科学信念也是科学家孜孜不倦地从事艰巨的研究工作的强大动力之一,爱因斯坦说过:“要是不相信我们的理论构造能够掌握实在,要是不相信我们世界的内在和谐,那就不可能有科学。这种信念是,并且永远是一切科学创造的根本动力。”例如,哥白尼坚信宇宙与自然是美的,而美的东西一定是简单与和谐的,托勒密的宇宙图景与他的信念不一致。

(3)反映科学研究的人文方法。科学研究的方法从本质上是理性的,科学的思维方法本质上也是理性的,它必须符合客观性和逻辑性。但是,建立在理性基础上的科学无法与非理性因素绝缘,保持一种纯理性的状态,科学研究同样需要形象、直觉、顿悟的非理性的思维方法。杨振宁

教授认为:“科学绝不是只有逻辑。只有逻辑的科学只是科学中的一部分,而且在讨论科学的创造的时候,这部分不是最重要的。”爱因斯坦显然是一位直觉型的科学家,他认为在物理学研究中,通往普遍的基本定律“并没有逻辑的道路,只有通过那种以对经验的共鸣的理解为依据的直觉,才能得到这些定律”。在科学创造活动中,猜测有时也具有十分重要的作用,它实际上是一种直觉能力,正如科学家傅科所说:“伟大的、以及不仅是伟大的发现,都不是按照逻辑的法则发现的,而都是由猜测得来,换句话说,大部分是凭创造性直觉得来。”例如,杨振宁和李政道提出的宇称不守恒就是一个猜测。又如,科学美是帮助科学发现的奇妙工具,也是评价科学理论的重要标准。著名科学家库恩说过:“美学上的考虑的重要性有时却是决定性的。”例如,华生和克里克提出 DNA 分子双螺旋结构模型的过程,就是科学美学思想指导科学研究的过程。

(4)体现科学应用的人文关怀。科学活动是一把双刃剑,对社会既有正面作用,也有负面影响。就建设性而论,科学的精神是最强的力量,就破坏性而论,它也是最强的力量。我们应当让科学技术成为促进社会进步的力量,而防止与消除其对社会的负面影响。科学不仅是科学家的事业,而且是一项全社会的事业,每一个公民都应该关心并有权利参与这项事业。爱因斯坦说过:“如果你想使你们一生的工作有益于人类,那末,你们只懂得应用科学本身是不够的。关心人的本身,应当始终成为一切技术上奋斗的主要目标;关心怎样组织人的劳动和产品分配这样一些尚未解决的重大问题,用以保证我们科学思想的成果会造福于人类,而不致成为祸害。”“当你们埋头于图表和方程时,千万不要忘记这一点。”爱因斯坦具有强烈的社会责任感,1955年4月11日,在爱因斯坦逝世前一周,他还和罗素共同签署了《爱因斯坦—罗素宣言》。在这篇宣言中,他呼吁禁止大规模毁灭人类的核武器,呼吁不用战争去解决一切国与国之间的争端!身为“原子弹之父”,面对原子弹给日本平民造成的巨大伤亡,爱因斯坦感到无限痛苦和矛盾,他愤慨地指出:“战争是赢得了,但和平却还没有。”

3. 科学教学过程应注重科学精神的培育

在科学文化中,占核心地位、起主导作用的是科学精神。如果说科学知识是科学的躯体,科学方法是科学的行为,那么科学精神则是科学的灵



魂。科学的精神价值是科学的生命。科学对人类的功能绝不是能为人类带来物质上的利益,那只是它的副产品。科学最宝贵的价值不是这些而是科学的精神。爱因斯坦说过:“科学对于人类事务的影响有两种方式,第一种方式是大家熟知的:科学直接地、并在更大程度上间接地生产出完全改变了人类生活的工具;第二种方式是教育的性质——它直接作用于心灵。”科学精神包括求实的精神、自由探索的精神、勇于批判的精神、大胆创新的精神、毫无私利的精神和为真理献身的精神等。科学精神虽然主要是通过科学家的行为体现出来,对科学事业的发展具有重要作用,但是它的积极意义却绝不只局限于科学界。科学精神可以深化或外化为一般人类文化精神。回顾历史,中国古代科学技术,人们的思维方式和价值观中缺少使科学能够存在并存活下去的那种形而上的科学精神。中国传统文化中没有这样一种精神基本上是公认的。科学传入中国或中国人接受科学的过程也是在科学精神缺席的场景下进行的。近年来,我们与各种邪教组织和各种伪科学的斗争的艰巨性提醒我们,中国依然是一个深受各种非科学思想侵蚀和毒害的民族,科学精神尚未完全植根于民族文化的灵魂之中。要使科学在中国生根,必须强调科学精神。为了实现中华民族的伟大复兴,必须全面提高公民的科学素养,而弘扬科学精神对全面提高公民的科学素养具有奠基性作用。

因此,学校的科学要反映当代科学实践之特点的理性传统与文化传统。科学教学要高度关注科学精神的培育,应把它贯穿到科学教学全过程中,落实到教学目标、教学过程和教学评价中,渗透到学科学、做科学和用科学中,使科学真正走进学生的心灵。尤其要重视培养实证精神、理性精神和批判精神。注重实证、倡导理性和鼓励质疑批判是科学的品性。正如《美国国家科学教育标准》指出,科学是格物致知的一种路径,其基本特点就是以实证为判别尺度、以逻辑作论辩的武器、以怀疑作审视的出发点。科学强调和尊重经验事实对科学理论的检验。要提倡大胆假设,小心求证,培养学生注重实践检验的良好习惯。假设就是猜,求证就是做。学习科学既要会猜,又要会做,要先猜后做。要证实自己的猜想,就需要事实证据来证实或证伪。实证离不开理性,亦即用严密的逻辑对证据进行分析和推导,在各种可能的解释中选择最合理、最可能的一种。在缺乏证据时,也能够排除那些不合理、不可能的解释。要重视学生逻辑推理能力的培养,尤其要注意归纳推理与演绎推理的互补性。科学的最大特性

是怀疑和质问一切的精神,怀疑批判精神是科学精神的精髓。我们应鼓励健康的质疑精神。要对人们提出的证据、逻辑判断和主张提出疑问,实验将受到重复检验。在教学过程上,教师应该经常提出下列问题:我们怎么知道的?证据是什么?解释这些证据的理由是什么?是否存在更好的其他解释或解题方法?目的是要使学生养成这样提出问题和求解答案的习惯。

论文化视野下的科学教育

科学具有鲜明的文化品格。科学是一种生动和基本的人类文化活动,它不仅是智力意义上的一种文化,而且是人类学意义上的一种文化。德国哲学家恩斯特·卡西尔曾指出:“科学是人类智力发展中的最后一步,并且可以被看成是人类文化最高最独特的成就。”广义地说,科学文化是由器物层次、制度层次、行为层次和价值观层次所构成的完整的社会亚文化系统,它包括文化的“形而上”和“形而下”两部分。科学知识、科学方法、科学手段、科学组织、物化的科学成果等,都属于科学文化的“形而下”;而科学思想、科学信念、科学精神、科学审美、科学伦理等组成的价值观念体系,则属于科学文化的“形而上”,或称为科学的文化底蕴。

反观当今的科学教育,见物不见人,是一种“去文化”的教育,缺少文化的底蕴,这对学生科学素养的提高和和谐发展是极为不利的。我们说,如果科学只被人从技术的和功利主义的角度来看待,那它就简直没有任何文化上的价值。科学教育不仅仅是科学知识的教育,从本质上讲就是科学文化的教育,我们应该树立科学文化教育观。知识为学生奠定起步的基础,而文化则将他们引向高远之境界。我们要引导学生在历史的长河中理解科学,从社会的视野了解科学,用哲理的深邃透视科学。具体来说,文化视野下的科学教育主要应体现在以下三方面。

一、体现科学的历史长度

科学教育过程是一个“把凝固的文化激活”的过程,教师就是要通过教育过程揭示科学文化的精神和智慧,把文化的传授和学习转化为历史