

对科学的认知、理解和信任

——科学探究性教学的最终目的

陈佳圭[†]

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

1 问题的提出

100年前,教育家杜威(J. Duwey)对大多数的教育工作者把科学看作是可以直接传授给学生一堆知识的观点进行了批判,认为这是对科学作为一种思维方式和认知态度却没有给予足够的重视.他的这种基于实用主义的教育思想,在工业化时代初期曾经起过一定的积极作用.从上世纪50年代开始,以美国为首,法国和英国先后响应,特别强调“科学教育”的重要意义和进行科学教育改革的计划,其主要精神是在义务教育中从精英教育转变为面向每一个学生的科学素养教育,并积极提倡探究性教学的方法和开放的、跨学科的综合理科方式,以及科学工作者和教育工作者共同参与的科学教育改革,目前世界上已有30多个国家包括亚洲、非洲和拉丁美洲的一些发展中国家,都在为类似的科学教育改革和实施作出实质性的努力^[1].

从2000年起,我国教育部在有关科学的课程计划中设置和推广探究性教学,将各自独立的分科整合成1—6年级(小学)和7—9年级(初中)“科学”的课程标准和教材,并在浙江、福建、黑龙江和山东等省等的城市进行试点.8年来取得了很不容易的好成绩,但也存在一些问题.教师在实施过程中提出大量的诸如:探究主题谁来确定?被证实科学结论的探究活动是否有必要去探究?无法获得成功的探究活动是否需要?活动何时结束?到底是不惜时间做完探究活动,还是来个急刹车?探究的课外延伸度的把握?探究活动过分开放合适吗?探究活动中关于教师的指导作用等技术问题外,更多的是对科学探究的理念、目的和过程等认识上的不同^[2],产生了较多的误解.

之所以在科学探究性教学中存在这些问题,除了我国科学教育的改革相对国外时间短、经验少和

条件差之外,更多的深层次的原因是观念和文化上的差异,造成对探究性教学的目的、理念、方法和实施等方面与传统教学不同的理解.例如我们的教育是以教师为主体的课堂知识传授,学生是被动的不是自主地接受知识,鼓励“两耳不闻窗外事,一心只读圣贤书”的信条,将科学与社会隔离,认为与社会结合是学生毕业后的事情,这都是悖于当今“科学社会化,社会科学化”的时代特征和要求.再者,把高考升学率作为评价标准和“状元”追捧的应试教育,是与探究性教学的理念不相容的,从而造成来自多方面的阻力.另一方面,由于面对知识爆炸的现实,进一步加强了知识传输模式的演绎.也许是受量化评价的影响,高等学校增开了如“空间材料科学”等当前科学研究前沿的课程,这些课程往往是还未成系统的零星知识的堆积.学生过多的选课,导致毕业以后什么都知道一点,什么都不精通的尴尬局面.如果学生习惯于这种单纯传输式的知识获得方式,很可能成为知识的奴隶,一旦如此,可贵的创造性将丧失殆尽.

鉴于以上的背景,我们必须对探究性教学的真正目的加以探讨,也就是说,它只是教学方法上的革新呢?还是21世纪世界性科学教育改革核心理念?

2 国外探究性教学的教材

研究分析有关教材是了解探究性教学最直接有效的方式,这里列举了法国、德国和美国的3种3个阶段(小学、初中和高中)的教材作简要的介绍.

2.1 小学(1—6年级,延伸到幼儿园)

1995年,法国诺贝尔奖获得者夏帕克(G. Char-

2008-10-06

[†] Email: chenjiagui@xiaoxiaotong.org

pak)访问美国深受启发,回国后与另外两位科学家发起了旨在改革法国小学科学教育的“动手做”计划,并付诸实施.法国认为,在小学阶段,孩子对自然科学有着很强的接受能力,而自然科学与孩子的成长紧密相连,所以在小学和学前教授科学可以发展孩子的个性、智慧、批判性思维以及他与世界的关系.通过“动手做”,达到开发孩子与世界接触的功能,调动一切因素让孩子学会发现世界和理解世界的目的.在这样的教育思想指导下,编写了一整套值得借鉴的“动手做”教材^[3],这不仅仅是教学模式的改变,更重要的是它带来了教育理念的转变.教师不再是教学的工具,而是真正成为教学的主导者.教材中选择“空气是物质吗?”、“种子与植物”、“我们吃下去的食物变成什么?”、“杠杆的原理”等主题都是来源于孩子的生活,从孩子身边选材,内容涵盖了科学的多个方面,有利于唤起孩子们已有的经验,激发孩子们的学习兴趣,并贴近学生当前和未来的生活实际.“动手做”经过美国、法国多年的试点、验证,得到较好效果而受到肯定,引入到我国的小学科学教育中称为“做中学”^[4].“动手做”这种现代教育法源于1907年居里夫人教孩子们学基础物理的“合作教学”^[5].即将看来简单的问题积累起来就成为科学的出发点,孩子们亲自动手实践具有非常重要的意义.居里夫人一边在实验室进行最前沿的科研工作,一边充分发挥想象力,让科学更接近儿童,接近日常生活.

2.2 初中(7—9年级)

德国综合理科(初中版)^[6]教材有一定的代表性,因为它体现了学科综合的特点.每一学年学一册,每册2—3章.例如其中一章的标题是“微观世界中的发现”.整章围绕放大镜、双筒显微镜和电子显微镜为中心,展开如下的课程内容:观察泥土中的小生物,土壤的形成,泥土颗粒的大小;准备工具打捞池塘中的小生物用放大镜观察;观察图画画面的网点,电视机、计算机图像放大后的点,用放大镜观察文具,用双筒显微镜看纸上写的字,种植和观察郁金香,制作球茎表皮标本,制作郁金香的薄片;纸的用途和性能,自己造纸和印刷工艺;刑事检验室(浇铸鞋印的石膏模型,提取指纹,观察毛发和纤维等);晶体和溶液;以及电子显微镜观察和其放大倍数.

另一章的标题是“身体和功能”.首先是学生脉搏、心跳的活力测试,认识呼吸器官;汗、汗腺、口渴

和自制饮料,过渡到体育课的活力测试,了解空气和氧气、听诊器、心脏和血液循环;提出“早餐吃什么?”,引出养料、消化、残渣、矿物质和维生素;最后是“人的力”,引出力和肌肉、骨骼和脊柱,以及力的概念延伸.

另外的章节有如“知觉的发展”、“我们身边的物质”、“天气和季节”等内容.

综合理科教材的特点是取材于形形色色的日常生活现象,通过各个学科的主要概念(或具体工具)加以综合,让学生拓宽视野而对科学有较完整的认识,特别强调观察和动手能力,培养对科学的浓厚兴趣.它的不足之处在于有些概念综合过渡的略显生硬(例如从活力测试过渡到早餐吃什么),以及较少的观察记录和数据分析.综合理科(初中)是小学与高中的中间连接,它在知识面上与前者覆盖较多,与后者有一定的脱节.也就是说,综合理科(初中)过多地偏重于直观观察,满足于感性认识的积累.

2.3 高中(10—12年级)

美国出版了一套被20余个发达国家选用的,相当于高中学生使用的探究性学习的综合性教材:《科学探索者》系列^[7].包括生命科学、地球科学、自然科学等内容共16册.这是一套非常好的诠释探究性教学的教材.其中任何一册的任何一章,设置了学习科学的10个方面内容与要求.有利于全方位学习和理解科学.例如在“运动、力与能”这一册的第三章,围绕着流体力学(压强、流体中压强的传递、漂浮与下沉)的内容,从以下10个方面进行教学(见图1)(1)课前就提出要学生思考与探索的问题:如你能把放在瓶子里的气球吹大吗?压强是怎样变化的?怎样用一根吸管来测量液体的密度?水将把汤匙往外推,还是往里拉?等(2)建立正确的概念,如压强、压强的平衡和变化等(3)基本概念的巩固与强化:笛卡尔沉浮子的装置实验(4)科学概念的进一步形象化,主要是伯努利定律的应用,解释翅膀的奥秘和喷雾器的原理,草地旋转洒水器的原理和设计(5)与技术科学的综合:流体力学的技术应用(6)科学探究:制作船模型(7)探究技能的强化:研究漂浮物体受到的浮力(密度和阿基米得原理等实验)(8)增进专业技能训练:预测、计算、推论、测量、分类、制图、观察等使用技巧(9)科学与社会:讨论“工业自动化给人们带来的是失业还是更多的就业机会”;“隔热与空气流通的矛盾”等现实问题(10)科学与历史.

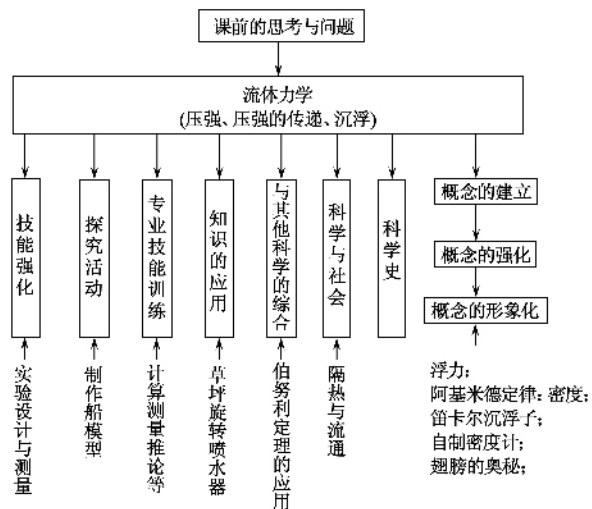


图1 《科学探索者》课程内容涉及的教学方式

3 从国外教材中得到的启发

教材的编写要遵循科学知识来自对我们周围世界的观察,并用科学的思想和方法来理解和指导这样的观察,其基本的动力应该是求知欲和好奇心。也就是说,科学教育不完全是科学知识的传授,还包括对学生科学方法的训练和科学素质的培养。这三套教材最突出的共同点是:用符合科学的认知规律和非常丰富的内容来引导、培养和保护学生对学习科学的兴趣,试想假如用灌输式的授课方式和做大量雷同的习题,只能使学生对科学产生厌学情绪,也就失去了科学教育的根本基础。

教材充分体现了科学的综合性,从分科的专门化的知识结构回归到科学是一个整体的思想。目的是注重不同学科领域的知识与技能之间的协调、融通与渗透,以培养学生综合运用知识的意识和能力。例如《科学探索者》系列教材虽然将类似因素(如内容、方法和概念)的科学组合成册,但已不是传统的专业了。其中《地球上的水》分册,通过对地球、淡水、淡水资源、海洋的教学,从物理学、化学、生命科学、生物科学、地球科学、空间科学和气象学等不同的学科视角和概念出发,将“水”综合在一起了。

美国国家科学基金会针对众多的对科学探究过程的不同理解,在1997年将科学探究的教学归纳为7个过程:观察、提问、假说、预测、调查研究、解释和交流。从而被看成经典,这7个过程缺一不可,否则探究性教学的过程就不完整^[8]。但是从这三套教材几乎看不出探究过程的斧凿痕迹,根据内容需要很自然地选择需要的过程并隐匿其中,更不是强调

“假设”、“推论”这样的术语、定义,或者记忆诸如“科学探究的7大步骤”。而是让学生经历和体会问题解决的过程,在学到科学知识和概念的同时,又能提高科学的创造性思维和逻辑思维能力。

特别是《科学探索者》这套适合高中的教材,非常重视从生活实际现象中抽象出来的、界定严格和普遍认可的科学概念的理解和应用。将概念分成建立、深化和应用三个层次来展开,一步深入一步,这种重视真正理解科学概念的教学被很多发达国家所采用,并取得了很好的教学效果。由于科学概念常常与生活中的直觉或潜意识相左,造成学生学习上的困难。例如牛顿第一定律(匀速直线运动),牛顿第二定律(加速度、惯性),声波和光波,光与颜色,光的波粒二象性,乐音和噪声,电子的运动,时空概念等,从而必须重视正确概念的建立和应用。科学概念的学习是科学教育的最重要的环节,是学习科学的一把钥匙,因为它是分析和推理的前提与设计实验的依据。在这方面《科学探索者》系列教材为我们提供了很好的范例。

4 旨在提高公民的科学素养^[9-12]

科学已渗透于社会的各个方面,促进了工业发展与国家繁荣,在生活中,科学也深刻地影响着丰富多彩的个人行为,更重要的是,科学还影响着国家政策和国际政策,因为几乎所有的政策讨论都涉及科学(或技术)方面。另一方面,应该认识到科学事业与人类其他活动一样,都是建立在诚信的基础之上的。科学工作者相信,其他科学工作者所报告的结果是可靠的。社会相信,科学工作者的研究结果反映了他们试图客观探究世界的真诚努力。当科学及其与社会的关系具有较高的信用水平时,科学才能发展和繁荣。但是现在,公众对疯牛病或核电站的安全性等发表的声明中^[10]可以看到,公众对政府部门里的科学工作者的信任度只有4.6%,对大学里的科学工作者的信任度最高,达到42%,最不信任的是记者为0.4%。这一方面说明由于对科学知识和科学目的的进一步思考,常常对人类使用科学的手段和方式提出质疑,也说明了公众对科学的理解和态度之间出现了需要解决的问题。

我们知道,通过科学研究获得的知识本身并不包含道德的因素,但寻求它的方式以及它获得的应用,都不可避免地道德发生联系。尤其是当今的发展导致科学研究不是一种自我封闭或自足的事业,

不是孤立地对真理的追求,而是大量合作的集体行为.科学研究已成为对它感兴趣的并从中得到满足的人的一种职业.因此科学工作者必须具有良好的道德规范和价值标准,其中包括诚信、团队意识与合作精神,沟通交流意识与正确处理利益、荣誉和伦理等道德层面.

科学发展到今天,相应的科学教育便着重推广探究性教学,它不仅仅是为了获得科学知识,还要理解科学.所谓“理解”,包括对科学事实和成就的了解,还包括对科学方法和科学之局限性的领会,以及对科学之实用价值和社会影响的正确评价.例如提出针对16岁以下学生开展科学方法的统计学(包括风险、不确定性、比率、变易性等概念)的教学,不能只是数学课程中的一个抽象成分,而是科学课程的一个新的目标,是理解科学的必不可少的组成部分.这种培养对科学的理解和信赖的科学教育的最终目的,归根结底是为什么培养和如何培养能适合21世纪时代要求的合格公民的问题.因此科学课程必须达到两个目标:保持其传统的为有兴趣、有天分的学生在大学中有充分的发展平台的同时,必须使所有的学生具备所谓的“科学素养”.

1992年,中国和美国对公众科学素养作了一次测试结果对比,具备科学知识水平的公众的比例中国是31%(美国为35.7%),差别不大;具备理解科学过程和科技对社会影响水平的公众的比例中国各为2.6%和10.9%,美国各为13.3%和26.4%;最后的综合统计是具备科学素养的公众,中国只有0.3%,美国为6.9%,差距就悬殊了.2004年西安市在全市13个区,1830户入户调查的结果,其中具备科学素养的公众的比例为3.12%(略高于全国平均水平,但低于北京、上海等城市).这两次调查虽然没有太大的可比性,调查也因采样数和人群的不同而不太精确,但可以看出我国具备科学素养的公众的比例远小于先进国家.

国外的先进国家还不满足公众对科学感兴趣的比列(美国为90%,英国为66%).通过研究表明,公众对于科学的态度在很大程度上取决于学校中的科学教育,而学生建立对科学的兴趣是在小学阶段(5—11岁)完成的,所以国外对小学科学课程十分重视并达到令人满意的程度(80%).因此制订了下列的中学科学教育目标:(1)在广阔的教育背景下,开发科学思考的方法——观察、寻找模式、说明、实验、交流和运用;(2)通过直接参加科学活动,获得一系列动脑和动手的技能;(3)通过系统学习,了解

和理解被称为“科学”的知识体系;(4)理解先进的技术社会的本性,理解科学与社会之间的相互作用,理解科学对文化遗产已经做出以及未来可能做出的贡献.所有这些目标都是全面地培养学生的科学素养,有助于学生在处理私人事务、工作和社会生活等方面涉科学的时候,为其理解科学打下良好的基础.

5 期望

英国历次在国家科学课程标准中,对科学探究的比例、认识和重点都有所改变.如1989—1991年探究活动所占教学时间为35%,在探究性教学中,探究模式和过程过于具体,过于强调变量控制的概念,对探究性教学的理解比较片面.到1995—2001年探究活动所占教学时间改为25%,这期间提出的探究模式就比较宽泛,强调证据在科学探究中的地位,体现了一种科学重实证的概念;同时,注重学生对科学中的观点和证据的认识,使他们懂得科学知识是如何产生的、如何受到社会和历史的影响.2001年后,许多人认为非常有必要拓宽科学教育,不能太狭隘、太专业化,应该设法让学生了解一点社会运作的情况,以及与产业、政府和教育的关系,也就是希望能使所有学理工科的学生都能理解和适应将要投入其中工作的社会.

回顾我国的科学探究的教学情况,相当于英国的初级阶段.在推广探究性教学的初始阶段,教师希望能给出科学探究的可遵循的固定模式,设计可操作的探究过程或若干个不可或缺的步骤等过于强调和依赖技术操作层面的要求,因而为了解释探究性教学过程和实施,他们编辑了大量的实际上是具体课堂教学内容的所谓案例,这些案例杜撰的情景描写,搬套教育学术语的评析,实际上是没有理解探究性教学的真正含义.探究性教学的目的是在全面地获得科学知识的同时,培养学生对科学的兴趣、理解和信任,是学习科学有效的手段和方法,在教学过程中需要师生的互动,又极富有创造性,需要在不断的教学实践过程中总结、交流和提高.

我国开展科学探究性教学的时间不长,对它的理解还有不同,与国外比较有很大的差距.我们应该在改变观念的基础上,积极推广科学探究性教学,增加试点的地区和学校,在充分体现科学教育目的和要求下编写统一的教材,大力开展科学教育的理论研究,加强培养有科研背景的师资队伍等有效措施,在教育界和科技界的密切合作下,并持之以恒,以促

进我国的科学教育事业的繁荣和发展.

参考文献

[1] 韦钰. 小学科学, 2008(1) : 4 ; 2008(2) : 4 [Wei y. Primary School Science , 2008(1) # 2008(2) # (in Chinese)]

[2] 陈佳圭. 物理教学探讨, 2008, 26(5) : 1 [Chen J G. Journal of Physics Teaching , 2008, 26(5) : 1 (in Chinese)]

[3] 乔治·夏尔帕著, 黄颖, 苏文安, 安延译. 动手做(法国小学科学教学实验计划). 人民教育出版社, 2001

[4] 韦钰, P. Rowell. 探究式科学教育教学指导. 北京: 教育科学出版社, 2005

[5] 伊莎贝尔·夏瓦娜著, 孙亚平译. 居里夫人的科学课——居里夫人教孩子们学物理. 北京: 科学普及出版社, 2007

[6] Brigitte Bomer 等著, 陈元春译. 德国综合理科(初中版 1—3). 上海: 上海教育出版社, 2000

[7] Pearson Education 编. 科学探索者(全套 16 册). 杭州: 浙江教育出版社, 2007

[8] 美国国家科学基金会教育与人力资源部中小学及校外教育处著. 探究——小学科学教学的思想、观点与策略. 北京: 人民教育出版社, 2003

[9] 美国科学、工程和公共政策委员会著. 刘华杰译. 怎样当一个科学家——科学研究中的负责行为. 北京: 北京理工大学出版社, 2004

[10] 英国上议院科学技术委员会著. 张卜天, 张东林译. 科学与社会. 北京: 北京理工大学出版社, 2004

[11] 英国皇家学会著, 唐英杰译. 公众理解科学. 北京: 北京理工大学出版社, 2004

[12] 西安市公布首次公众科学素养调查结果. 科学教育网, 2006 - 10 - 12



· 书评和书讯 ·

科学出版社物理类重点书图书推荐

| 书名 | 作(译)者 | 书名 | 作(译)者 |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 半导体自旋电子学 | 夏建白 等 | 全息干涉计量 - 原理和方法 | 熊秉衡 |
| 结构相变物理(第二版) | Fujimoto, M | 超导、超流和凝聚体(注释版) | James F. A |
| 实用量子力学 | Flügge, S | 现代经典光学(注释版) | Geoffrey Brooker |
| 经典力学新基础(第二版) | Hestenes, D | 固体能带理论和电子性质(注释版) | Jone Singleton |
| 相变和晶体对称性 | Izyumov, Y. A | 原子物理学(注释版) | Christopher J. Foot |
| 超快和纳米光学 | 张新平 | 固体的光学性质(注释版) | Mark Fox |
| 现代光学制造工程 | 杨力 | 凝聚态物质中的磁性(注释版) | Stephen Blundell |
| 量子光学导论 | 谭维翰 | 路径积分与量子物理导引 | 侯伯元 等 |
| 狭义相对论(第二版) | 刘辽 等 | 技术磁学 | 钟文定 |
| 经典黑洞与量子黑洞 | 王永久 | 量子信息物理原理 | 张永德 |
| 普朗特流体力学基础(翻译) | H. 欧特尔 等 | 量子力学 | 张永德 |
| 液晶物理学(影印) | P. G. de Gennes | 凝聚态物理的格林函数理论 | 王怀玉 |
| 临界现象理论(影印) | J. J. Binney | 惯性聚变物理 | 沈百飞 |
| 软凝聚态物质(影印) | Richard A. L. Jones | 量子统计力学(第二版) | 张先蔚 |
| 量子力学原理(第四版)(影印) | P. A. M. Dirac | 输运理论(第二版) | 黄祖洽 |
| 基本粒子物理学的规范理论(影印) | T. P. Cheng | 拉曼 布里渊散射(第二版) | 程光煦 |
| 介观物理导论(第二版)(影印) | Y. Imry | 现代物理学前沿选讲 | 黄祖洽 |
| 纳米薄膜分析基础(影印) | T. L. Alford | 半导体的检测与分析(第二版) | 许振嘉 |
| 统计力学(第二版)(影印) | F. Schwabl | d 波超导体 | 向涛 |
| 磁性量子理论 - 材料的磁学性能(第三版)(影印) | R. M. White | 薄膜材料 - 应力、缺陷的形成和表面演化 | 卢磊 |
| 半导体物理电子学(第二版)(影印) | Sheng S. Li | 激光光散射谱学 | 张明生 |
| 碳纳米管 - 从基础到应用(影印) | A. Loiseau | 量子力学(卷 I, 卷 II)(第四版) | 曾谨言 |
| 引力与时空(翻译) | 向守平、冯珑珑 | 拉曼光谱学与低维纳米半导体 | 张树霖 |
| 亚稳金属材料 | 胡壮麒 | 行星科学 | 胡中为、徐伟彪 |

购书与咨询电子信箱 : mlhukai@ yahoo. com. cn dpyan@ sina. com