



研究性学习书系
新世纪中学教学论坛成果精选

研究性学习百法

研究性学习指导

周庆林 著

YANJIUXING
XUEXI ZHIDAO

北京名校研究性教学最新成果

研学专家一线教师精心打造

研究性学习权威教参教材



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

研究性学习百法

研究性学习

指导

周庆林 著

YANJIUXING
XUEXI ZHIDAO

广西师范大学出版社
中央民族大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

研究性学习百法: 研究性学习指导 / 周庆林著. — 桂林: 广西师范大学出版社, 2002. 5

(研究性学习书系/王文琪, 邓小飞, 李敬德主编)

ISBN 7-5633-3545-5

I. 研… II. 周… III. 科学研究—能力的培养—教学研究—中小学 IV. G632.46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 029114 号

广西师范大学出版社、中央民族大学出版社出版

广西师范大学出版社发行

(桂林市育才路 15 号 邮政编码: 541004)
(网址: <http://www.bbtpress.com.cn>)

出版人: 萧启明

全国新华书店经销

广西师范大学出版社印刷厂印刷

(广西桂林市临桂县金山路 168 号 邮政编码: 541100)

开本: 890 mm × 1 240 mm 1/32

印张: 10 字数: 308 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

印数: 0 001 ~ 5 000 定价: 14.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

前言

学习早已成为人类生活中不可缺少的一部分。尤其在现代生活中,人们越来越感觉到学习的重要性,它已成为人们学会生存、寻求发展的条件,也是社会进步的前提。然而,你想过没有,究竟什么叫做学习?人们为什么要学习?现在热门的研究性学习是怎么回事?国家为什么要求开设研究性学习课程?在研究性学习中,教师应该怎样教?学生又应该怎样学呢?在本书中,我将根据自己的实践与探索,对上述这些问题作出回答。

就人们的学习而言,广义的学习是人类在认识和改造世界的活动中获得人类历史经验和个体生活经验的活动过程,是人的一种能动的、自觉的活动。而狭义的学习则是指学校里学生的学习,是在教师启发、诱导下,学生有目的、有计划、系统地掌握知识、技能、方法和行为规范的活动,是学生的一种权利和义务。

20世纪初,约翰·杜威推行了以“儿童为中心”的“做中学”的进步主义教育运动,他的学生陶行知在教育实践中创造了“教、学、做”合一的学习过程理论。20世纪60~70年代,哈佛大学结构主义心理学家J.布鲁纳倡导“发现学习方法”,芝加哥大学教授J.施瓦布领导了“探究学习”的研究,苏联教育家赞可夫进行了“发展性教学”的实验,苏霍姆林斯基提出了研究性学习方法。就方法论而言,今天我们所说的研究性学习,是上述教育思想的继承、发展与升华,是一种激发学生主体创造潜力的创新性教育。我的体会是:研究性学习是学生在教师的指导下,从学科领域或从自然、社会 and 生活中选择和确定专题进行研究,在研究过程中主动获取知识、应用知识解决实际问题,培养能力,提高素养的学习活动。在这一活动中,教师应该是学生进行研究性学习活动的组织者、参与者和指导者。

在我国,“研究性学习”一词正式提出是在教育部《全日制普通高级中学课程计划(试验修订稿)》(教基[2000]3号)文件中(以下简称《课程计划》)。该计划规定研究性学习课程是必修课,每周课时为3节,高中三年

总授课时数为 288 节。设置研究性学习课程的目的在于改变学生以单纯接受教师传授知识为主的学习方式,为学生构建开放的学习环境,提供多渠道获取知识、并将学到的知识加以综合应用于实践的机会,重在培养创新精神和实践能力。当前,受传统学科教学目标、内容、时间和教学方式的局限,在学科教学中普遍实施研究性学习尚有一定的困难。因此,国家将研究性学习作为一项特别设立的教学活动纳入《课程计划》必修课,这必将会逐步推进研究性学习的开展和深化,更能满足学生在开放性的现实情境中主动探索研究、获得亲身体验、培养解决实际问题能力、提高素养的需要。

研究性学习课程与传统的学科课程一样,是国家《课程计划》规定的必修课程,但传统学科课程有部颁教学大纲,有部编(或各省、市自编)教材,有专职教师,有一整套较为成熟的实施、评价管理方案;而研究性学习课程除了最近教育部出台的研究性学习实施指南外,其他则一无所有,它需要我们去开发、去研究。而传统的学科课程,其教材是按严谨的知识结构体系编排的。在教学过程中,更多地关注学生对基础知识和基本技能的掌握。而研究性学习课程涉及到的知识是多学科的,是综合性课程,在教学过程中,更多地关注学生“怎样才能高效获取知识”的能力培养。

国家为什么要求开设研究性学习课程?

第一,经济的全球化,知识经济初见端倪,对人才的创新精神和实践能力提出了更高、更紧迫的要求。第三次“全教会”从提高国民素质和综合国力的高度,明确指出:“实施素质教育,就是全面贯彻党的教育方针,以提高国民素质为根本宗旨,以培养学生的创新精神和实践能力为重点。”开设研究性学习课程,其主要目的就在于改变学生以单纯地接受教师传授知识为主、死记硬背、机械训练的学习方式,为学生构建开放的学习环境,提供多渠道获取知识的机会,倡导学生在学习上主动参与、乐于探究、勤于动手,培养学生搜集和处理信息的能力、获取新知识的能力、分析解决问题的能力以及交流与合作的能力。在实施过程中,培养学生将学到的知识加以综合和提炼,能够应用到自己的生活和学习实践中去。促进他们形成积极的学习态度和良好的学习策略,缩短培养创新精神和实践能力的过程。2001 年 6 月颁布的《国务院关于基础教育改革与发展

的决定》中明确要求:“开展研究性学习,培养学生提出问题、研究问题、解决问题的能力。”2001年7月颁布的《基础教育课程改革纲要(试行)》中对研究性学习也明确提出:“强调学生通过实践,增强探究和创新意识,学习科学研究的方法,发展综合运用知识的能力。”这都进一步说明了国家对开设研究性学习课程坚定不移的立场。

第二,课程改革历来就是基础教育改革的热点。我国的课程建设除了从外在、外显的属性上变革成必修课、选修课和活动课三大板块之外,还从课程设置权限出发将其分为国家课程、地方课程和校本课程。但近年来人们越来越重视从课程的内涵上进行挖掘,提出同时发展学生基础性学力、拓展性学力和研究性学力的迫切要求。因此,研究性学习课程的开设便顺理成章,水到渠成。随着有关法规的健全,从管理上保障了这一课程的实施。

第三,基础教育课程开发的多样性和需求性,也是研究性学习课程诞生的“催化剂”,它满足了学生在开放性的现实情景中主动探索研究、获得亲身体验、培养解决实际问题能力的需要。

我国教育部从1999年至今,陆续颁发了一系列关于在普通高中开设“研究性学习”必修课的文件,这无疑对推进素质教育、培养学生的创新精神和实践能力起到了极大的促进作用。

由于研究性学习是学生从自己的学习和生活世界中自主选择专题,采用科学家进行科学研究的方法,对选择的专题进行主动探究,从而获得知识和培养能力的学习过程,所以它打破了传统的以知识接受为主的学习方式,解开了对学生创新精神和实践能力培养的束缚。本书基于研究性学习指导的需要,总结了我20多年青少年科技教育活动指导和研究性学习指导的体会,归纳了近几年在北京大学附中和中国人民大学附中担任专职研究性学习教学工作中的体会,希望能对我国研究性学习指导经验的积累尽微薄之力。

本书对研究性学习提出的背景进行了分析,根据我的实践与探索,对常见的研究性学习专题研究类型、步骤和方法以及研究性学习专题研究的七个主要环节指导的要领进行了归纳。这七个环节是:

1. 研究性学习发现和提出问题的指导
2. 研究性学习选定专题(项目)的指导
3. 研究性学习查找文献资料的指导
4. 研究性学习专题研究方法的指导
5. 研究性学习发明项目设计的指导
6. 研究性学习科研论文撰写的指导
7. 研究性学习成果表述交流的指导

为了交流研究性学习的经验和成果,本书在上述七个环节中选登了一些优秀的青少年研究性学习专题研究科研论文和发明设计项目,并进行了简要的点评。希望这些范文和点评,能够使我们青少年懂得怎样发现和提出问题,怎样选定研究性学习专题(项目),怎样查找文献资料,怎样运用专题研究方法和发明方法,怎样撰写科研论文,怎样进行发明项目设计,怎样对研究成果进行表述交流。

承蒙北京教育学会会长、北京教育学院前任院长倪传荣教授、北京大学附中副校长、数学特级教师张思明老师为本书审稿,他们在百忙之中认真审阅了本书的初稿和修订稿,提出了许多宝贵的修改意见。我先后进行了多次修改,尽管还有一些地方不尽如人意,但两位专家的审定工作为本书增色不少。同时,在本书体例策划过程中,还得到北京师范大学教育科学研究所所长、博士生导师裴娣娜教授和《北京教育丛书》办公室几位老师的帮助,在此,我一并向他们深表谢意!

本书既可以为教师进行研究性学习教学活动指导提供参考,也可作为学生研究性学习必修课的指导教材。

由于我的水平有限,加之时间紧迫,书中的错误和遗漏在所难免,敬请读者批评指正。

周庆林

2002年4月

目 录

第一章 研究性学习提出的背景分析 /1

- 第一节 世界各国开展研究性学习情况分析 /1
- 第二节 我国的“研究性学习”进程管见 /14
- 第三节 近年高考突出研究性能力考查的分析 /22

第二章 研究性学习专题研究类型、步骤和指导方法 /24

- 第一节 研究性学习专题研究类型 /24
- 第二节 研究性学习专题研究步骤 /27
- 第三节 研究性学习专题研究的指导方法 /36

第三章 研究性学习发现和提出问题指导 /62

第一节 强调发现和提出问题的重要性 /62

第二节 发现并提出问题 /68

第四章 研究性学习选定专题(项目)的指导 /81

第一节 了解选题的重要性和基本要求 /81

第二节 了解专题(项目)的基本来源 /83

第三节 专题(项目)研究开题报告的设计 /96

第五章 研究性学习查找文献资料的指导 /119

第一节 强调查找文献资料的价值 /119

第二节 查找文献资料的检索工具和方法 /120

第三节 文献资料的整理加工 /124

第六章 研究性学习专题研究的主要方法 /128

第一节 对专题研究主要方法的认识 /128

第二节 社会调查研究法的应用 /129

第三节 受控实验法的应用 /147

第七章 研究性学习发明项目设计 /168

第一节 了解发明项目设计的概况 /168

第二节 明确发明项目设计的程序 /171

第三节 掌握发明项目设计的方法 /175

第八章 研究性学习科研论文的撰写 /204

第一节 写作前的指导 /204

第二节 初稿的撰写 /235

第三节 初稿的检查与修改 /238

第四节 收集论据材料 /239

第五节 论文结构形式、论证方法、叙述方式的运用 /243

第六节 科技写作中的说明方法 /245

第九章 研究性学习成果的表述交流 /268

第一节 研究性学习成果表述交流概况 /268

第二节 研究性学习的有关竞赛 /275

第十章 深化研究性学习指导的几点思考 /287

第一节 几个亟待解决和需要思考的问题 /287

第二节 研究性学习教学指导法的局限性分析 /291

附录 研究性学习选题指南案例 /293

参考文献 /309

第一章 研究性学习提出的 背景分析

第一节 世界各国开展研究性 学习情况分析

一、浅析苏霍姆林斯基的研究性学习法

苏霍姆林斯基素以“德育泰斗”著称于世,特别是他提出的“智德”概念,即智育中的德育,得到了世人的普遍认可和肯定。但是,苏霍姆林斯基对研究性学习的论述却鲜为人知。苏霍姆林斯基以辩证唯物主义的认识论和方法论为基础,根据教育教学的基本规律和学生心理发展的特点,运用科学、系统的教学原则,提出并论证了一系列指导教师教和学生学的方式、方法及模式,形成了独具匠心的教学思想。这些思想在《给教师的建议》和《教育的艺术》等论著中有充分的体现。他在长期实践中探索归纳出来的“研究性学习法”,遵循了教师的主导作用与学生主体作用对立统一、相互制约的规律,体现了启发发现式教学的指导思想,实现了教学的民主化原则和主体性原则,充分体现了学生的主体地位,极大地激发了学生学习的内在兴趣和成就动机,调动了学生学习的积极性、主动性和创造性。他的教学思想和教学方法使学生真正成为一个学习者、思考者和发现者,从而能够生动、活泼地全面发展。

苏霍姆林斯基的“研究性学习法”认为:学生的学习是积极的思考活动,是学生进行独立的脑力劳动的过程,是研究性的活动。其核心是思考,是观察、比较、分析、综合、抽象、概括、推理、判断等一系列思维活动的高度综合。教师的任务就是指导学生的脑力劳动,让学生学会思考。为此,教师是一名思考者,是一切任务得以实现的前提。教师要了解学生,遵循学生思维活动的特点和规律;要让学生明确思考的目的,激发学生思考的积极性;指导学生学会观察和记忆;丰富学生的智力生活,让知识活起来;培养学生学习的兴趣,激发学生学习的欲望和成就的动机。

苏霍姆林斯基所领导的帕夫雷什中学,曾设有 120 个课外的研究性学习活动小组。研究活动的基本要求是:参加活动是自愿的,活动要充分发挥学生的主动性和创造性;活动的形式和内容必须适合学生的身心发展与文化知识水平;活动要因时、因地、因人制宜;活动一定要坚持正确的方向。苏霍姆林斯基的“研究性学习法”对推动当时苏联的基础教育起了很大的促进作用,使苏联的科学教育一度处于世界一流水平,对世界各国的科学教育探索起到了先驱者的作用。

二、浅析赞可夫的“发展性教学”实验

20 世纪 50 年代初期,教学与发展的关系问题已开始成为全世界教育界密切关注的专题。这是因为,战后科学技术的迅猛发展,要求培养具有高度发展水平的人。赞可夫说:“现代生活不仅为学生的发展创造了巨大的可能性,而且对学校在学生发展方面的工作提出了更高的要求。”这就是:教学要走在发展的前面,促进学生的发展。

然而,20 世纪 50 年代以前的教学理论与教学实践都严重地落后于生活的需要,与时代发展的要求相去甚远。在教学理论方面,赞可夫说:“无论是教学原则、教学方法,或是编写学校教学大纲的教学论原理或教学论的其他问题,都没有从学生发展的角度来进行探讨。教育学著作中包含的一些互不一致的见解也只是泛泛而谈,仅涉及智力发展或认识能力方面。教学与发展的关系并没有在教育里作为一个学术问题作过实验性的研究。”在教学实践方面,20 世纪 50 年代以前,凯洛夫的教育学占据统治地位。教材内容编得过易,教学进度过慢,且来回重复;理论知识

贫乏肤浅,服从于方法训练;教学中重记忆而忽视思考,重知识教学而忽视学生个性发展;等等。因此,对传统教学必须进行根本的改革,创立一个新的教学体系。这个新体系要比传统体系在学生的发展上取得更大的成绩。

于是,赞可夫先后撰写了 120 多篇科研论文和 15 部著作。他的《教学与发展》、《和教师的谈话》、《教学论与生活》等书在苏联被誉为“教师必备书”。赞可夫的一些著作在美国、日本、西德等 13 个国家被翻译出版。20 世纪 70 年代,赞可夫的发展性教学陆续传入我国,引起我国教育界的注意和极大兴趣。赞可夫的实验教学,就其时间之长、规模之大、影响之深远,可算得上是教育史上著名的教育实验之一。在国际上,赞可夫被誉为与布鲁纳、瓦根舍因齐名的当代教学论三大流派的代表。

赞可夫在他的教学经验新体系中,把“使学生理解学习过程”作为五大原则之一。也就是说,学生不能只掌握学习内容,还要检查、分析自己的学习过程。要求学生对如何学、如何巩固,进行自我检查、自我校正、自我评价。这一教育体系能激发学生的思维,帮助学生掌握学习方法,培养学生的学习能力,并为学生发挥自己的聪明才智提供和创造必要的条件,最大限度地调动学生学习的主动性和积极性,使学生“学会学习”。

我认为:“学会学习”是研究性学习的精髓,学法指导是研究性学习的一个重要方面。教师应当以研究学生科学的学习方法作为创建现代化教学方法的前提,将研究教法与研究学法相结合,寓学法于教法之中。埃德加·富尔在《学会生存》一书中指出:“未来的文盲不再是不识字的人,而是没有学会怎样学习的人。”“教会学生学习”已成为当今世界流行的口号。我认为:充分发挥学习的主体作用,努力建造学习者参与的教学环境;重视发展性教学,把传授知识、发展智能与素质培养统一起来;注重对学生认知方法的培养,引导学生通过发现、探究和意义构建等途径获取知识就是研究性学习的教学出发点。

三、“二战”后美国教育的变化及影响分析

第二次世界大战后,苏联由于政治体制的优越和科研环境的宽松,学术研究气氛非常浓厚,涌现出了一批卓有建树的科学家和教育家。新的

科学理论和技术的不断涌现,对教育产生了深刻的影响。在科学教育改革蓬勃发展的苏联,出现了一批像苏霍姆林斯基、赞可夫等在科学教育方面卓有成就的教育家。科学教育的发展,反过来又促进了基础科学、应用科学的发展,促进了苏联国民经济和高科技的飞速发展。

1957年,苏联第一颗人造地球卫星发射成功,美国受到了极大的冲击和震动,引起了他们对教育意义和作用的重新认识。针对苏联领先的科学教育,美国开始了对以“纯知识教育”为目的的传统教育的改革运动。

1959年9月,美国全国科学院在政府的支持和资助下,召开了专门研究改革中小学理科教育的伍兹霍尔会议。大会主席、著名的教育心理学家布鲁纳作了题为《教育过程》的著名报告,提出了应重视科学的知识结构,重视发展学生智力、培养能力的新教育观,并率先倡导“发现法”。这一锐意改革和创新教学的方法——“发现法”作为一种有效的方法受到教育者的重视。

与此同时,美国芝加哥大学教授施瓦布(J. J. Schwab)在1961年哈佛大学举行的纪念演讲会上作了题为《作为探究的科学教学》(*Teaching of Science as Inquiry*)的报告,提出了与发现法相似,但更具有操作性的教学方法——“探究式学习”(Inquiry Learning)方法。由于探究式学习在解决教什么、学什么方面更具体、适用,加之美国著名教育心理学家加涅对“探究式学习”从理论上进行了论证,从而受到人们的重视。“探究式学习”强调科学概念、科学方法、科学态度三者的综合和对科学研究过程的理解。它所具有的这些特点,使其成为美国教育改革中最重要、最有影响的教学方法,并广泛地传播到世界其他国家。

20世纪80年代以来,以探究性学习为基础重构基础教育课程成为世界各国课程改革的突出特点。一个共同的做法是:不仅将探究作为一种学习方式,而且将探究作为课程的内容标准。

1996年初,美国推出以科学探究为核心的《美国国家科学教育标准》是在美国科学教育多年改革的基础上设计出来的,其在课程理念上的贡献有以下几个方面。

1. 面向未来,将未来社会的特点融合在其中

未来的工作环境以变化快、技术新、系统由计算机控制、办事采用新

方式为重点。所以未来的技术工人和专业人员必须进入学校继续接受教育,以领会和掌握新知识、新技能。因为没有这种本领就会被淘汰。

2. 面向未来,将未来社会所强调的素质进行描述

有越来越多的工作需要高级的技能,因而要求人们必须会学习,会推理,会创造性思维,会做决策,会在集体中协同工作,解决问题。

3. 面向学生的发展,将科学课程的内容进行综述

(1) 学科学是学生主动积极地参与的能动的过程。学科学要求学生自己实践。学生们要亲自动手做,而不能由别人来代劳,不是要别人做给他们看。自然“动手”的实践活动必不可少,但是这还不够,学生们还必须有“动脑”的体验。当学生们需要解决一些感兴趣的、又与他们的实际能力相适应的问题时,他们便发现需要科学知识,从而产生学习的积极性,并能抓住学习的要点。为解决实际的问题成为学生学科学的原动力。

(2) 科学探究是科学学习的核心。学科学的中心环节是探究。学生们在积极地参与科学探究实践的过程中逐渐对自然界有所认识。对从学生们亲身经历的事物中产生的一些实际问题进行探究,是科学教学所要采取的主要做法。应该尽可能地提供机会让学生在力所能及的范围内从事科学探究实践。科学探究实践活动在科学学习中具有重要的价值,通过“做科学”(即“科学探究实践”活动)来学科学。在这一过程中学生们就可以把科学知识 with 观察、推理和思维的技能结合起来,从而可以能动地获得对科学的真正理解。

(3) 科学课程应该强调的五点。

第一,课程要引导学生通过积极参加他们既感兴趣、对他们又十分重要的科学探究实践活动来学习科学,课程中应给学生提供更多的时间和机会参与诸如搜集证据、观察现象、撰写概述、会见记者、使用仪器等多项与科学有关的实践活动。课程中设计的学习活动不仅应该有助于积累关于世界的科学知识(科学事实、科学概念、科学定律、科学理论和科学模型),亦应有助于培养学生科学的思维习惯,培养学生对证据、逻辑和科学见解提出疑问的习惯;学生应该懂得社会对科学技术发展的影响、科学技术对社会的影响等科学意义的基本理解。

第二,课程更强调技术设计能力的培养。科学的目标是探知自然界,

而技术的目标是对这个世界加以改造,使之更适应人类的需要。科学以探究为特点,技术以设计为特点。作为对通过科学探究实践培养出的能力的补充,《美国国家科学教育标准》号召学生通过参与一些既具有挑战性又适合他们发展水平的设计活动项目,来培养他们技术设计的能力,包括发现和描述问题的能力,设计解决方案(包括成本与风险、效益分析)、实施解决方案并评价解决问题的能力,针对问题、设计和解决方案进行交流的能力。在培养学生创造能力方面,技术教育(如劳动技术教育)所发挥的作用,是其他任何科目所无法替代的。一种传统的观点认为:科学教会学生动脑,技术教会学生动手。这种看法是相当片面的。技术教育不是强调单调的技术操作,不是单纯的技能训练。技术活动需要对设计、信息处理、价值评估、权衡投入与收益等能力的培养。科学是用脑和手认识自然世界,技术是用脑和手改造世界。

第三,课程越来越强调科学技术的个人和社会侧面。强调对与个人的生活需要和社会发展需要密切相关的科学技术的了解,从而为学生提供一种理解个人问题和社会问题并采取行动的手段,为学生将来成为公民时所面对的未来决策奠定基础。

第四,课程更加强调对科学的历史与本质的学习和理解。

第五,课程越来越跨学科的特点要求为科学学习综合方法的运用提供更多机会。

(4) 各学段对科学探究活动有不同的要求。低年级学生的科学探究实践活动主要是以系统的观察、对常见物体的摆弄、测量为基础,对物体及其属性的检验和定性描述,从事分组和分类的活动,同时思考这些物体之间的共同之处和不同之处,以及对世界运动的方式进行观察和跟踪记录。随着年龄的增长,他们可以设计和完成简单的实验进而探究科学问题。到了高年级,许多学生可以接受科学实验的概念。低学段重点是培养观察能力、描述能力、根据观察结果进行解释说明的能力。应该鼓励学生谈论和画出他们的所见、所闻和所思。年龄大的学生应该记科学日志,使用仪器并记录他们的观察结果和测量结果。应该强调科学探究实践的经验和对假设的思考,而不要过分强调科学术语的使用、科学结论和信息的记忆。除了应该学会系统的观察外,还应该能够进行精确的测定(定量

描述),并会确定和控制变量;学生还应该学会运用计算机查询、检索、搜集、存储、组织、总结、显示和解释数据,并在此基础上预测和构建模型;还应该学会通过批判性和逻辑性思维建立证据与解释的关系。同时,学生还应该学习把数学运用在科学探究的各个方面,并认识到不同性质的问题需要进行不同的科学探究实践。对于高中生,则要求他们阐明问题、方法、对照组、变量的选择与控制(如识别不产生影响的变量、影响较小的变量、对结果有负面影响的变量)、实验的误差,要求他们对指导科学探究实践的概念和理论框架进行思考和说明。高中生应该具有以下数据分析的能力:确定数据的范围、数据的平均值和众数值,根据数据作图和寻找异常数据。高中生的探究实践活动最终不仅应该构造出一种解释方案或一个模型(模型可以是物理模型、概念模型或数学模型),而且还要承认并分析其他解释方案和模型,能够通过对证据的权衡和对逻辑的检查,决定哪种解释和模型是最佳的(而不是通过这些解释与自己已有经验的一致性来评价这些解释)。对高中生所提出的解释也要进行以公开讨论方式开展的“同行评议”,讨论应该以科学知识和科学准则为依据,并运用逻辑和调查研究中所获得的数据。

(5) 科学探究需要时间。课程要留出足够的时间,以使教师可以运用跨学科的战略,利用野外考察活动,为学生们提供多种机会让他们参加一些他们感兴趣的研究。学生们需要有时间去试验自己的新想法,需要留出出错误而耽误的时间,需要有时间作沉思默想,还要有时间开展相互讨论。需要给学生留出充裕的时间安排科学设备、做实验、去野外考察,或者去思考总结个人的经验,进行相互交流,还需要给学生们留出时间让他们以不同的组合方式——或个人,或结对,或小组,或全班去做诸如阅读、实验、思考、记述和讨论等多种多样的实践活动。因此对课程中的知识总量必须加以控制,以便为科学探究实践活动留出足够的时间。

(6) 探究不是惟一的学习方式。强调探究的重要性,并不意味着所有的教师都应以一种方式来教学生学科学,教师也需要运用多种不同的策略来促进学生对知识和能力的掌握。教师需要对各种不同的科学学习策略或模式及其长处与弱点了然于心,并知道什么样的科学内容应该采用什么样的教学方法。