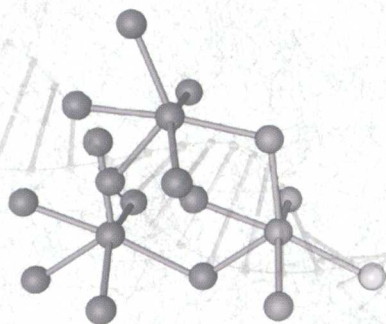


概念转变科学教学的研究在我国大陆地区是一个薄弱环节，尤其是建构主义理论提出以来，基于这种理论的有效科学教学策略，更是缺少。

概念转变的研究始于20世纪70年代。最早有关概念转变的文献乃是集中在有关儿童迷思概念的研究，接着研究者们便开始去探索如何帮助学生消除他们的迷思概念，然后改变为科学家所接受的概念。从20世纪80年代起，研究成果开始涌现。这些已有的研究为概念转变科学教学的研究提供了基础。

ESPH科学教育丛书

概念转变的科学教学



蔡铁权 姜旭英 胡 玫 / 著

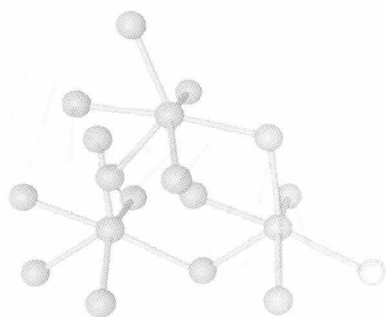
GAINIAN ZHUANBIAN DE
KEXUE JIAOXUE



教育科学出版社

Educational Science Publishing House

概念转变的科学教学



蔡铁权 姜旭英 胡 玫 / 著

教育科学出版社
· 北 京 ·

责任编辑 莫永超
版式设计 贾艳凤
责任校对 徐虹
责任印制 曲凤玲

图书在版编目 (CIP) 数据

概念转变的科学教学 / 蔡铁权, 姜旭英, 胡玫著. —北京: 教育科学出版社, 2009. 3
(ESPH 科学教育丛书)
ISBN 978-7-5041-4002-9

I. 概… II. ①蔡…②姜…③胡… III. ①科学教育学—教育史—中国—近代②科学教育学—教育史—中国—现代 IV. G529.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 201324 号

出版发行	教育科学出版社		
社址	北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号	市场部电话	010-64989009
邮编	100101	编辑部电话	010-64989537
传真	010-64891796	网 址	http://www.esph.com.cn
经 销	各地新华书店		
制 作	北京金奥都图文制作中心		
印 刷	北京中科印刷有限公司	版 次	2009 年 3 月第 1 版
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16	印 次	2009 年 3 月第 1 次印刷
印 张	22.5	印 数	1—3 000 册
字 数	408 千	定 价	36.00 元

如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

本书系全国教育科学“十五”规划
重点课题“中学《科学》课程学生知识、
能力和态度综合发展的教学策略研究”
(DAB030309) 成果

目 录

绪 论	(1)
第一章 我国近现代科学教育的滥觞与发展	(9)
第一节 我国科学教育的历史透析	(9)
一、我国近代科学教育的滥觞	(10)
二、我国近代科学教育的形成与演变	(14)
三、我国现代科学教育的建立与发展	(19)
第二节 我国科学教育的困境与突破	(22)
一、科学教育的实然分析：问题与困境	(22)
二、科学教育困境的突破：概念转变的科学教学	(27)
第二章 概念转变科学教学的理论基础	(28)
第一节 学习理论	(28)
一、认知主义学习理论	(28)
二、建构主义学习理论	(38)
第二节 科学哲学	(43)
一、波普尔的证伪主义	(44)
二、库恩的科学革命论	(45)
三、拉卡托斯的科学研究纲领方法论	(46)
四、图尔明的科学进化理论	(47)

第三章 概念转变科学教学概述	(50)
第一节 概念与前概念	(50)
一、概念	(51)
二、前概念	(53)
第二节 迷思概念	(59)
一、迷思概念的定义	(60)
二、迷思概念的特性	(63)
三、迷思概念产生的原因	(68)
第三节 概念转变科学教学的基本理论	(72)
一、概念转变的含义	(73)
二、概念转变的条件与影响因素	(74)
三、概念转变的方式与途径	(78)
四、概念转变的科学教学过程	(88)
第四节 概念转变的科学教学	(91)
一、概念转变的科学教学模式	(92)
二、概念转变的科学教学策略体系	(95)
第四章 探测认知结构：了解已有概念（上）	(98)
第一节 探测认知结构概述	(98)
一、认知结构	(98)
二、探测认知结构	(99)
第二节 概念图	(104)
一、概念图简介	(105)
二、概念图的制作	(110)
三、概念图在科学教学中的应用	(129)
四、探测认知结构的概念图分析	(139)
第五章 探测认知结构：了解已有概念（下）	(146)
第一节 访谈法	(146)
一、访谈的方式及实施	(147)
二、访谈资料的分析	(158)
第二节 二段式测验	(167)
一、二段式测验的类型	(167)

二、二段式选择测验的编制	(168)
三、二段式选择测验结果的分析	(180)
四、附录	(185)
第三节 观察	(205)
一、观察的类型	(205)
二、结构式观察及其实施	(207)
三、非结构式观察及其实施	(216)
第六章 引发认知冲突：解构迷思概念	(220)
第一节 引发认知冲突概述	(220)
一、认知冲突及其类型	(220)
二、引发认知冲突的条件及影响因素	(223)
三、引发认知冲突的教学策略概述	(224)
第二节 合作学习	(226)
一、合作学习的含义、要素与特征	(226)
二、正式合作学习的实施方式	(231)
三、非正式合作学习	(238)
四、辩论	(242)
五、概念图——合作学习的有效工具	(249)
六、引发认知冲突的合作学习案例	(251)
七、附录	(254)
第三节 探究性实验	(256)
一、探究性实验的内涵、特征与设计原则	(256)
二、探究性实验的实施程序	(260)
三、V形图——探究性实验的有效工具	(270)
第七章 解决认知冲突：建构科学概念	(274)
第一节 解决认知冲突概述	(274)
一、解决认知冲突的方式	(274)
二、解决认知冲突的影响因素	(279)
三、解决认知冲突的教学策略	(280)
第二节 类比	(282)
一、类比的定义与分类	(285)

二、类比的理论模式	(292)
三、类比教学的模式	(298)
四、类比教学的实施——以“电流”教学为例	(305)
五、类比教学的限制	(311)
第三节 模型	(314)
一、模型概念辨析	(314)
二、模型的分类	(316)
三、模型的建构	(317)
四、模型教学的实施案例	(321)
附 录 概念转变的科学课堂教学设计案例：果实与种子的形成	(323)
参考文献	(337)
后 记	(352)

绪 论

(一)

进入近代以来,科学越来越以惊人的速度向前发展。昨日还是“人猿相揖”,今日人类的足迹已经踏上月球;昨日还在“茹毛饮血”,今日已经成功地实现了“克隆”和“转基因”;昨日还要“结绳记事”,今日已在研制超大型计算机。

科学又是美好的,科学家所得到的一幅世界图样,无论在宽广、详尽、多样、优美、微妙以及美丽方面,都大大超过了诗人所得到的。晶体结构的有秩序与气体分子杂乱运动的无秩序,每一种基本粒子都存在一种反粒子的对称性与热力学第二定律的不对称性,行星绕太阳转的确定性与电子绕原子核转的不确定性都可以说是一种美。^①

众所周知,近代科学诞生于16~17世纪的西欧。但早在两千多年前,东西方都在为科学大厦的形成进行探索,都为现代科学的诞生作出了各自的贡献。

由于种种原因,中国虽然具有悠久的文明史,也具有发达的古代科学技术,但是,近代科学却没有在中国诞生。中国科学近代化源于西方科学技术在中国的传播,或者说肇始于1582年意大利传教士利玛窦(Matteo Ricci)进入中国后开始的我国明清之际的“西学东渐”。而中国近现代科学事业的真正发展则主要是在20世纪。

在19世纪的欧洲,由于科学技术的发展、社会的变化,西方传统的古典教育受到了现代教育的冲击,科学教育开始进入学校教育系统。1860年,法国、瑞士将科学教育引入了学校教育,尤其是在英国著名学者赫胥黎(T. H. Huxley)和斯宾塞(H. Spencer)的积极倡导下,科学课程逐渐在学校课程中取得了合法的地位。我国在19世纪末20世纪初,随着科举制度的废止,新式学堂的数量迅速增加,到了20世纪20年代,中国现代化教育观念和教育制度初步形成,科学教育运动也得到了较为广泛的开展。20世纪,世界

^① 阿塞·贝塞尔著,卢景楷译.物理学的基本概念[M].上海:上海教育出版社,1983.3.

科学教育不断改革,已获得了巨大的进展,科学教育已占据了教育的核心地位。进入 20 世纪 80 年代后,中国的科学教育也在改革开放的大潮中,日益与世界科学教育改革的趋势相一致,出现了许多前所未有的变革与发展。

(二)

科学概念是科学知识的基本元素,是科学知识结构的基础,形成科学概念是深刻认识自然现象本质特征的标志,也是领会自然规律的基础,所以,科学概念的教学是科学教学的关键。

不同的心理学派,对科学概念学习的理解有不同的观点。行为论认为,学习者是被动的参与者,概念学习是学习者根据回馈,建立刺激与概念间联结的历程。认知论认为,学习者是一个主动的参与者,在学习时学习者会主动地形成假设,经过不断地试验、修正、证明等步骤,最后终于获得概念,将概念的学习视为思考与问题解决的过程。建构主义学习理论认为,学习者对知识的建构是以原有知识经验为基础的,学习过程是新旧知识经验间的同化和顺应的过程。学习者原有知识经验作为知识建构的条件、基础或背景,在学习者的知识建构中发挥着十分重要的作用。它是新知识的生长点,是“记忆的抛锚处”。

吉尔伯特(J. K. Gilbert)、奥斯本(R. J. Osborne)和范闪(P. J. Fensham)认为学生学习科学概念时分成三种学习的情况^①。

1. 空白心智的假设(Blank-Minded Assumption)

学习者在正式教学前不具备任何科学知识,此时“教师的科学”(Teacher's Science, 简称 St)会影响学习者的空白心智,如图 0-1 所示。

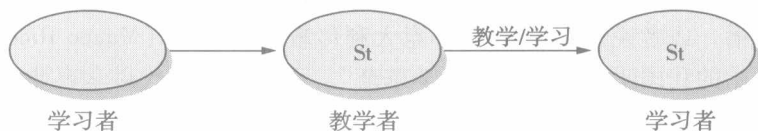


图 0-1 空白心智假设的概念学习

2. 教师优势的假设(Teacher Dominance Assumption)

假设学习者虽然在教学前对于科学主题有一些概念,但这些概念却没有什麼意义。因此,即使“儿童的科学”(Children's Science, 简称 Sch)存在,在面临教学时很容易“被教师的科学”(St)取代,如图 0-2 所示。

^① J. K. Gilbert, R. J. Osborne, P. J. Fensham. Children's science and its consequences for teaching [J]. Science Education, 1982, 66 (4): 623-633.

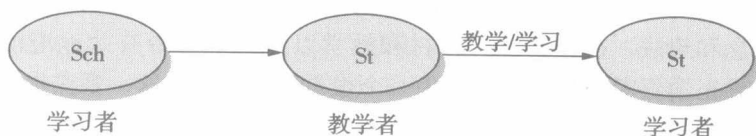


图 0-2 教师优势假设的概念学习

3. 学生优势的假设 (Student Dominance Assumption)

儿童有强烈的科学概念，以致原本的概念保留并与教师的教学内容互相影响，如图 0-3。

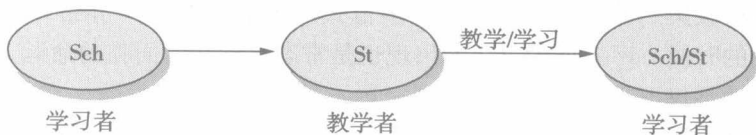


图 0-3 学生优势假设的概念学习

兹尔伯斯特金 (A. Zylbersztajn) 提出了一种概念学习的框架，来探讨从课程的设计到学生的学习过程，如图 0-4 所示。首先，“科学家的科学 (Scientists' Science, 简称 Ss)”被转化成为“课程科学 (Curriculum's Science, 简称 Scr)”；第二步则是借由教师将课程转变成“教师的科学 (St)”；第三步是使学生能够理解、诠释呈现给他们的课程，从学习活动中建构他们个人的意义，在此过程中，他们的原有知识——“儿童的科学 (Sch)”明显扮演了一个相当重要的角色。在这些活动里，儿童的科学与教师的科学相互作用，结果则称为“学生的科学 (Students' Science, 简称 Sst)”^①。这表明学生经过学习之后所得到的科学概念会受学生原有知识的影响。

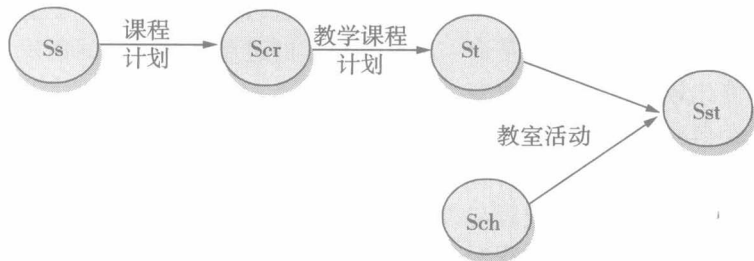


图 0-4 兹尔伯斯特金的学习概念框架

^① 刘俊庚. 迷思概念与概念改变教学策略之文献分析——以概念构图和后设分析模式探讨其意涵与影响 [D]. 台北: 台湾师范大学, 2001. 13.

综上所述可见,学生在接受正规教学之前,在对自然现象的认知上,已有自己的概念和想法,这样,设计教材和教学以协助学习者有效地澄清原有概念,适时导正学习者的想法,就成为一个很重要的步骤。这一观点也正是现代科学观所强调的。

现代科学哲学观与知识论有逐渐取代传统经验主义、实证主义或理性主义的趋势。库恩(T. Kuhn)在1962年出版了《科学革命的结构》(*The Structure of Scientific Revolutions*)一书,对科学作了一番新的描述,并且以科学史上的事件作为他观点的佐证。在这本著作中,库恩最希望阐明的是“范式”(Paradigm)这个概念,他认为科学的发展是一个革命的过程。如果常态科学阶段的科学家所收集到的事实,有愈来愈多范式所无法说明的“异常”时,也是危机出现的时候。库恩认为危机的出现也是常态科学必然面临的命运,因为常态科学活动不仅不预期新事物的发现,更不鼓励新理论的发明,在这种时候,必须有新理论的出现,较原来的旧理论更能解释这些异常现象。这种新旧理论更替的阶段,库恩称之为“科学革命”。

阿贝伯拉(I. O. Abimbola)指出,除了库恩之外,还有许多晚近的科学哲学家如布洛诺夫斯基(J. Bronowski)、费耶阿本德(P. Feyerabend)、拉卡托斯(I. Lakatos)、波兰尼(M. Polanyi)以及图尔明(S. E. Toulmin)等,他们虽然在某些问题上的观点并不一致,但至少在下列几个方面的观点是相同的:①我们感官所察觉到的信息主要决定于我们已有的知识、信念和理论,因此观察是和理论密不可分的;②科学家是在某些他所接受的范式、预先作的假定或研究计划之下进行研究的,范式决定了有待解决的问题、可以使用的仪器、推论的技巧以及可以运用的模型;③科学的主要核心是不断地研究和持续不停地批判,而非一些被认可的固定的结果;④科学有常规的科学和革命的科学两个阶段。在常规的科学中,科学家是以共同的范式进行研究的。科学史上最重大的事件是造成范式改变的科学革命。因此,科学的进展并非不断的累积,它常产生一些不能比较的范式上的改变。

随着经典科学观向现代科学观的转变及学习理论新的发展,国际科学教育产生了新的趋向。在科学教育方面,概括地说,即是由唯一强调科学知识转而更加重视科学知识获取的过程与方法,强调对科学本质的理解和提高学生的科学素养。如澳大利亚科学课程标准强调科学教育要培养公民的科技素养;科学教育鼓励学生具有批判精神,并使他们认识到科学的局限以及要共同承担保护当地和全球环境的责任。美国《国家科学教育标准》则十分强调提高学生的科学素养,有科学素养就意味着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来。

苏联教育学家维果斯基 (L. S. Vygotsky) 指出, “科学概念的直接教授是不可能的, 而且也是没有效果的。一位试图如此做的教师, 除了空洞的言辞和儿童鹦鹉似的背诵外, 一无所成。虽然模仿了相应概念的知识, 但实际上是一片空白。”^① 知识的产生乃源于我们过去的经验与现有概念间发生冲突和矛盾所造成的结果, 由于有矛盾和冲突的缘故, 我们的认知结构便不断地作同化、顺应、统整和改变, 以融合新的概念和扩展旧的知识结构, 终于形成一个更大的概念转变 (conceptual change)。因此, 所谓的学习, 即是一种概念转变的过程。^② 科学的学习可以看做是一种概念转变的过程, 进而, 科学教学也就可以被看成所谓的“概念转变教学”^③。自 20 世纪 70 年代以来, 受认知心理学图式建构论与科学哲学的影响, 以及一贯追求教学绩效的努力, 科学教育界开始重视概念转变与概念转变教学。从 20 世纪 80 年代起, 研究成果开始涌现。1982 年, 美国康奈尔大学的波斯纳 (G. J. Posner)、史翠克 (K. A. Strike)、亨森 (P. W. Hewson) 和加特 (W. A. Gertzog) 四位教授提出了概念转变模型 (Conceptual Change Model, 简称 CCM), 大大推动了概念转变的研究与教学。

在概念转变模型提出之后, 国外学者提出了多种概念转变的模式, 并已用于教学实践。如德瑞弗 (R. Driver) 与奥德姆 (V. Oldham) 提出了概念转变教学三步模式: 定向; 引出学生的想法; 学生想法的重组。纳斯鲍姆 (J. Nussbaum) 和诺维克 (N. Novick) 也提出了概念转变的三步教学模式: 揭示和弄清学生已有的前科学概念; 引进与前科学概念相冲突的新概念; 鼓励学生对新概念进行评论, 并形成对有关问题的新的概念图式。奥斯本和费莱伯格 (P. Freyberg) 以电学单元为教学内容, 运用准备、聚集、挑战及应用四个阶段建构教学流程进行教学, 经过教学过程中的不断尝试和发展后, 发现无论学生或是教师大部分对此建构教学模式都持正面回应。除此之外, 还有 5E 教学模式、学习环教学模式等。

(三)

《学会生存》一书指出: 传统的科学教育很少致力于把课堂知识和科学实践联系起来, 在教学中不是发现假说, 而是检验假说, 不是寻找定律而是学习

① 列夫·谢苗诺维奇·维果斯基著, 李维译. 思维与语言 [M]. 杭州: 浙江教育出版社, 1997. 94.

② 余民宁. 有意义的学习——概念构图之研究 [M]. 台北: 商鼎文化出版社, 1997. 122.

③ 郑毓信. 科学教育哲学 [M]. 成都: 四川教育出版社, 2006: 428.

定律。这种旧的课程计划很难启发科学活动中的创造性、直观、想象、激动与怀疑的态度，而观察、搜集证据、归类以及证明结论的能力都不应看成只是科学家的任务。科学的非神秘化和科学实践的通俗化不应看成是一种倒退，而应看成是走向正确方向的一个步骤^①。我国的科学教育，从指导科学教育活动的教育理论来看，赫尔巴特（J. F. Herbart）的教育思想通过日本、随后通过英美、解放以后通过凯洛夫（И. А. Каиров）的教育学传播到国内教育界，并一直占据着主流地位。由此，我国科学课堂教学仍停留在传统的赫尔巴特教学方法上：明了——给学生明确地讲授新知识；联想——新知识要与旧知识联系起来；系统——作概括和结论；方法——把所学知识用于实际（作业）。在教学中，讲授科学原理、规律通常是直接指向结论，很少让学生经历科学发现的思维过程，很少花时间回顾它是怎样从扬弃旧理论中发展起来的，不注意强调它的适用范围是有限的；让学生解决的问题过于模式化和公式化，不易使学生形成综合运用各学科知识解决实际问题的创新意识；不鼓励学生大胆猜想、提出与众不同的见解，而是让学生循规蹈矩，靠机械记忆、套用公式来应付考试。这种注入式的教学方法成为科学教育中最常用的方法。教学往往是在组织教学和复习旧知识之后传授新知识，奉行的是向学生灌输真理，而不是教学生发现真理。

这种传统科学教学深受经典科学观的影响，认为自然界是真实和客观的，科学知识是有效的，科学知识的证据来自观察，科学知识的有效性可以通过实验加以检验，科学知识是一种不断增加的事实资源。在这一经典科学观的影响下，科学教师认为科学教学中传授的科学知识就是教科书上的定义、定理、定律和公式，而且将它们看成是现成的静态的结论。获取知识的方法也主要是记忆、了解、理解、掌握和运用，所谓运用主要就是用来解题以对付考试。对于蕴涵其中的深刻的科学本质、科学精神则不作深究。教学中致力的是教科书内容教学的完整与周到，却很少顾及学生的创新精神、实践能力以及个性的养成。这样的科学课堂教学，至今也并没有从根本上得到改变。

《基础教育课程改革纲要（试行）》明确提出：“教师在教学过程中应与学生积极互动、共同发展，要处理好传授知识与培养能力的关系，注重培养学生的独立性和自主性，引导学生质疑、调查、探究，在实践中学习，促进学生在教师指导下主动地、富有个性地学习。……”这是包括科学教学在内的所有教学的新的要求。由此，我国当前科学教育改革必须改变传统传递式的教

^① 联合国教科文组织国际教育发展委员会编著：《学会生存——教育世界的今天和明天》[M]，北京：教育科学出版社，1996. 94.

学方式,立足于学生,充分关注学生已有的知识经验,促使学生实现概念转变。

概念转变教学的研究,在科学教育领域表现得尤为迫切,科学理论特有的概念系统,以及概念、原理之间严密精确的关系,与日常生活和社会现象的距离等,都使得相应学科的概念转变教学研究不断得到重视。我国大陆关于概念转变教学的研究目前尚属起步阶段,在基础教育课程改革的推进过程中,科学课程成为本次基础教育课程改革的一个重要组成部分。再加上我们长期的科学教学,看到的就是以定义、定理、公式、规律出现的“知识”,强调对“知识”的记忆,不太关注知识所得到的过程和获取知识的方法,不重视知识的价值观教育和情感教育。由此,概念转变科学教学的研究是新课程科学教学改革的一个重要取向。

(四)

本书主要从概念转变的角度对科学教学的一些基本问题进行系统分析,试图对上述问题作出回应,目的是为推动我国科学教育改革的进程,并为我国科学教学中的概念教学出现一个全新的变革贡献一份力量。

全书共七章。第一章,我国近现代科学教育的滥觞与发展。从我国科学教育的发生和发展历程解释我国科学教育中问题产生的历史根源,揭示科学教育的现实困境,并从科学教学的角度提出突破这一困境的途径。第二章,概念转变科学教学的理论基础。从皮亚杰(J. Piaget)的认知发展理论、奥苏贝尔(D. Ausubel)的有意义学习理论、建构主义学习理论和波普尔(K. Popper)的证伪主义、库恩的科学革命论、拉卡托斯的科学研究纲领方法论、图尔明的科学进化理论构建了概念转变学习理论和科学哲学理论基础。我们不仅为概念转变的科学教学构建心理学、教学论的理论基础,而且寻找科学哲学和科学史的理论依据,这样做,是要引起广大科学教育工作者对科学史哲的关注,对科学史哲与科学教学关系的重视,这种关注和重视十分必要,却又是我们所完全缺失的。第三章,概念转变科学教学概述。综述了国内外关于概念、前概念、迷思概念、概念转变教学的理论及概念转变的教学策略,为概念转变教学理论体系的构建提供了概念框架和教学理论基础。第四、五、六、七章是概念转变教学实践体系的构建。其中第四、五章探测认知结构:了解已有概念,分析了概念图、访谈、二段式测验和观察是如何探测学生的认知结构的,从而发现学生的迷思概念。第六章,引发认知冲突:解构迷思概念,探讨了合作学习和探究性实验在认知冲突引发中的运用。第七章,解决认知冲突:建构科学概念,分析了类比和模型是如何帮助学生解决认知冲突,建构科学概念的。

本书以现代认知心理学、建构主义学习理论和现代科学哲学为基础,结合概念转变教学理论、概念转变教学的研究与实践,介绍了概念转变的模型及其发展、概念转变的方式、概念转变的过程及概念转变的教学模式与策略,从概念转变教学过程出发,构建了概念转变的教学体系——探测认知结构:了解已有概念;引发认知冲突:解构迷思概念;解决认知冲突:建构科学概念,如图0-5所示。

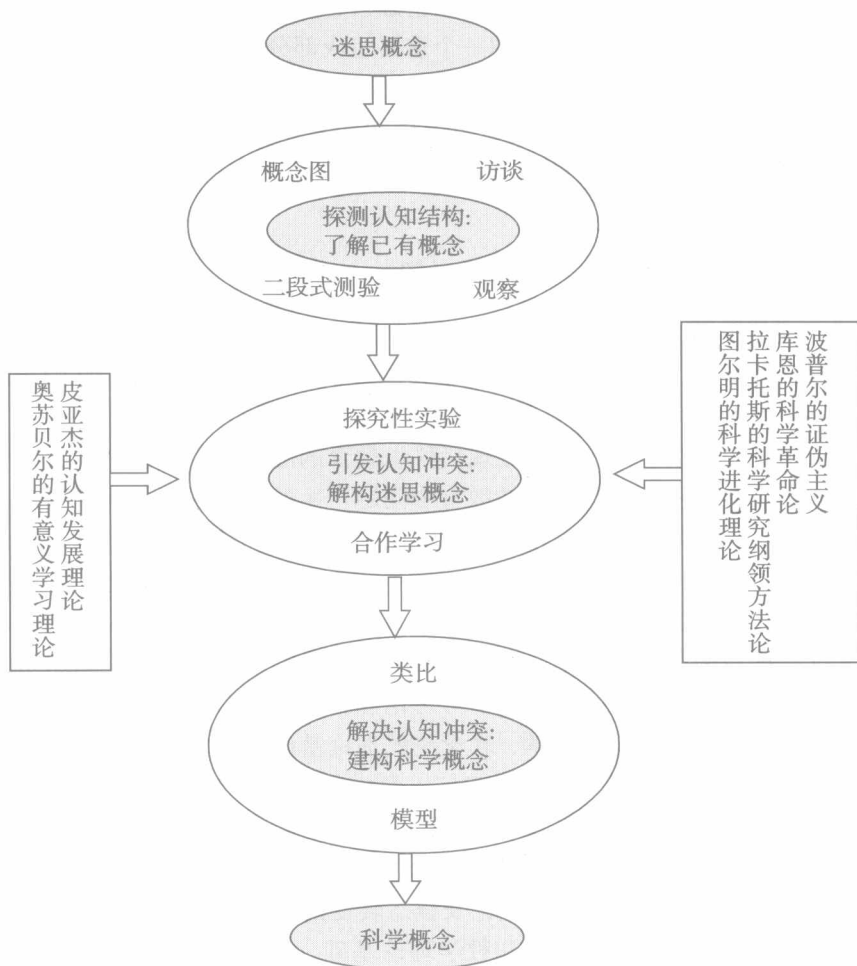


图0-5 概念转变教学体系示意图

全书着重反映了近三十年来国际上关于概念转变科学教学研究的新成果及当前的趋势。在本书各部分的论述中,提供了丰富的科学教学案例。我们衷心希望本书内容对于一线科学教师和从事科学教育教学研究的人员能够有所帮助。

第一章

我国近现代科学教育的滥觞与发展

传统的科学教育是指物理、化学、生物等自然科学学科教育的统称，是相对于社会学科、人文学科而言的。20 世纪 50 年代以后，随着科学技术的飞速发展，科学教育的内涵也在不断地扩展。科学教育的历史远比科学研究的历史短得多，科学进入学校教育近代后期的事，是近代科学的发展对社会产生越来越影响的必然结果。追寻科学课程的发展轨迹，主要有分科科学课程和综合科学课程两种发展形态。我国自新课程改革以来，小学阶段提倡以综合科学课程为主，初中有分别开设的物理、化学、生物和地理的分科课程，也有以综合课程形态呈现的“科学”，高中阶段则主要是分科进行的科学课程，包括物理、化学、生物和地理。本书中的科学教育指的是分科与综合两种形态的科学教育。本书中所说的科学教学，也是指包括分科和综合两种基本形态在内的科学教学。

在中国教育史上，科学教育经历了一个曲折的发展过程。经过长期的教育与科学相脱离的古代，直到近代，西学东渐之风将西方近代科学技术带到了中国，教育和科学才逐渐结合起来。在伴随着中国社会政治、经济、文化剧烈变革的一百多年历史中，科学教育由于变革的需要，参与并促进了这种变革。对我国科学教育的历史进行回顾和反思，有利于对我国当前科学教育现状做出合理的解释，从而有针对性地进行科学教育改革，以促进我国科学教育的发展。

第一节 我国科学教育的历史透析

作为历史悠久的文明古国，我国在古代曾拥有高度发达的科学技术，在相当长的历史时期内居世界领先水平。但是，受重人文科学、轻自然科学，尤其鄙薄生产知识和生产技术的文化传统影响，我国古代的科学始终处于分散、唯象的状态，未能完全从哲学母体中分化、独立出来，因而我国古代的科学教育也停留在零散、感性的水平上，缺乏系统性。直到清朝末年，列强的坚船利炮