

C
A
T

科学概念 的教与学

CAT:
A Learning Cycle of
Scientific Concepts

林静 著

高等教育出版社

C
A
T

科学概念 的教与学

CAT:
A Learning Cycle of
Scientific Concepts

林静 著

高等教育出版社·北京

内容简介

科学概念一直是科学教育的重要内容。学生对科学概念的深度理解,不仅有助于其构建科学知识体系,还能发展学生高层次思维能力、学习迁移能力、元认知策略和科学素养等。本书根据“CAT 科学概念学习环”的理论与实证研究结果,从5个方面,分别阐述科学概念的教学价值、着眼于学习内部条件的科学概念学习环CAT的内涵、CAT的课堂应用案例、CAT课堂应用的主要策略、科学概念有效测评方式等内容,旨在为教师提供基于学习科学的科学概念教学方法与策略,以帮助教师开展以学习者为中心、以探究为中心的有质量的科学概念教与学,提高科学课堂教学质量,提升学生科学素养和核心素养。

本书可供高等师范院校相关专业的学生使用,也可作为中小学科学职前、在职教师与教研员,以及各类机构和高校科学教育研究者、科普教育工作者等的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

CAT: 科学概念的教与学 / 林静著. — 北京: 高等教育出版社, 2018. 5

ISBN 978-7-04-049684-0

I. ①C… II. ①林… III. ①科学教育学 IV.
①G40-05

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第071935号

CAT: KEXUE GAINIAN DE JIAO YU XUE

策划编辑 吴雪梅 李光跃
版式设计 王舒婷

责任编辑 靳 然
责任绘图 邓 超

封面设计 张申申
责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 天津文林印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 9
字 数 140千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2018年5月第1版
印 次 2018年5月第1次印刷
定 价 32.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 49684-00

前言

关于“科学概念的教与学”，若您关注的是某一具体知识点的教学处理，本书可能发挥不了多大作用；若您关注的是一些方法论上的问题，那么本书具有可资借鉴的参考。知识点的教学处理，需要依据学生的具体条件而定。有些看似简单的基础知识，若您教的学生尚未掌握，那在新知识的学习中就是疑难问题。有些看似复杂的基础知识，若您教的学生恰在这方面已有很好的体验和收获，则在新知识的学习中就可作为学生的已知，而不用作为教学的难点。所以，在本书中凡涉及知识点的教学处理，其目的不是为了告知应进行这样的教学处理，而是作为具体的案例，呈现本书想要表达的，基于学生学习的内部条件来构建有效的“科学概念的教与学”的思考和探索。

知识的教与学，于广大中小学科学教师而言，是老生常谈之事。本书期待能引起读者再思考的第一个问题，是如何定位科学知识的教学目标与教学价值。中小学科学教育的每一堂课，都会涉及知识的教与学。若视科学知识为一堆科学概念与一些科学事实，则教学内容将庞杂无边，教师教得累，学生也学得苦。若视知识为一座有结构的“金字塔”，以知识的教与学为载体教会学生搭建“知识金字塔”的本领，从而使学生将来能自主扩建和发展自己的“知识金字塔”，教师就会更关注“概念的教与学”，会设定每堂课知识教学的目标为构建某一概念的意义，在每学期、每学年的课堂教学中会注重概念的发展并搭建概念与概念之间的联系。换一个角

度而言，以“科学概念的教与学”来代替“科学知识的教与学”，意在突出有系统、有结构地处理科学知识，教授学生掌握最重要的知识节点并以此为载体发展学生的科学思维、科学探究以及科学情感、态度与价值观。

本书期待引发读者再思考的第二个问题，是关于学习的发生以及遵循学生学习规律的教学。“科学探究”“建构主义”，大家对这些教学理念已耳熟能详，许多教师也认为自己是认同和掌握这些教学理念的。但为何许多教师在课堂中仍是一遍又一遍地讲演，学生仍是一遍又一遍地演练？既然课堂有学生参与的活动，在学生活动之后，为何大多数教师期待的却是学生讲出“标准答案”而不是真实描述自己的活动体验？既然学习是学生自主构建意义的过程，为何教师拒绝而不是珍视学生在学习过程中发生的错误？这些都说明，学习并掌握某一理念或概念，对教师和学生而言都不容易。由此，反思学生在学习科学概念过程中的不易，我们应该思考的是，怎样创设有利于学生真正掌握科学概念并能学以致用了的课堂教学，而不是一味地拒绝学生的错误理解或批评学生不用功。

本书期待引发读者再思考的第三个问题，是教学评价的问题。目前有一糟糕的现象，是教师以为学生都理解了所学内容，学生自己也以为自己理解了所学内容，但其实未必，因为学生一遇到新情境或实际问题，就不能迁移应用这些新学的内容。这一糟糕的现象是与教师的教学评价理念及其掌握的评价技术有关的。若科学课程的学习目标仅为知识的掌握而不是素养的提升，那么教学评价的出发点就会在于检查学生掌握的知识，而学生只用理解和记忆知识的文本涵义就可应对这样的教学评价。另外，怎样的测评方式可以有效考查学生的能力与素养？这仍是当前教学评价的疑难点，是大多数教师尚未掌握的评价技术，需要教师反思和探索何谓概念理解的学生表现、何谓具有科学素养的学生表现，进而探索有效评价的问题。

基于以上几点的考虑，本书在第1章描述了科学概念在发展学生科学素养方面的作用和价值之后，在第2章至第4章着重介绍一种基于学习科学的科学概念教与学的方式——CAT学习环。第2章讲解了CAT学习环的基本内涵，突出阐述了聚焦学习内部条件的认知冲突（C）、抽象概括（A）、

迁移运用(T)这三大基本学习环节在学生科学概念中的独特价值与作用。第3章基于实证,列举物质科学、生命科学、地球与空间科学等领域的几个重要科学概念的CAT学习环设计以及课堂应用,具象地呈现了CAT学习环的教学应用及其价值。第4章重点描述适宜CAT学习环课堂应用的基本条件,从实施要点和具体策略的角度讲解CAT学习环的应用思路和应用方法。最后,本书在第5章着重讲解科学概念的理解性评价,结合纸笔测评、表现性测评以及基于计算机的测评等方式,讲解有效测评学生概念理解的题型、试题研制技术以及评价反馈等内容。

关于科学概念教与学的研究,借助现代认知科学、神经科学以及脑科学等领域对人类学习的持续探索,以及现代信息技术的进一步发展,将不断涌现系统的、深入的研究成果。CAT学习环基于已有的概念转变为理论研究成果,进一步聚焦学习者的学习内部条件从而系统整合学习内部条件与学习外部条件,在中小学科学概念的教与学方面为大家提供一些思路 and 参考。CAT学习环在科学概念教与学中的应用还在持续的探索和研究进程之中,假若大家有兴趣,欢迎携手合作,一起探索。

感谢在CAT学习环的研究过程中,北京师范大学、北京市科学技术委员会、北京市中小学科学教研员、北京市中小学科学教师以及实验区与实验学校给予的大力支持与合作!感谢高等教育出版社编审吴雪梅博士、副编审李光跃与编辑靳然在本书出版过程中给予的支持、指导、帮助和辛勤工作!

期待与对本书给予关注的朋友们有进一步的交流与合作,敬请大家批评指正!

林 静

2018年1月20日

目录

1 / 科学概念与科学素养	1
一、概念与科学概念	1
二、科学素养与科学概念	3
三、科学概念的学习机制	7
2 / CAT 学习环的基本内涵	15
一、科学概念的认知冲突 (C)	17
二、科学概念的抽象概括 (A)	19
三、科学概念的迁移运用 (T)	22
3 / CAT 学习环课堂教学案例	27
一、月相的 CAT 学习环	31
二、四季形成的 CAT 学习环	35
三、弹力的 CAT 学习环	40
四、热传递的 CAT 学习环	43
五、动物分类的 CAT 学习环	47
六、生物进化的 CAT 学习环	51

4 / CAT 学习环课堂应用条件.....59

- 一、学生前科学概念的调查分析.....60
- 二、以学生为中心的课堂环境创设75
- 三、学习共同体的组建85
- 四、学习进阶研究.....86

5 / 促进理解的科学概念评价101

- 一、纸笔测评102
- 二、观察评价107
- 三、作图评价110
- 四、写作评价113
- 五、概念图评价116
- 六、V 形图评价118
- 七、表现性测评121
- 八、计算机交互式测评127

参考文献①.....



科学概念与科学素养

本章在辨析概念与科学概念的基础上，指出科学概念在中小学科学教育中对培养学生科学素养的价值与意义，并介绍国内外科学概念教与学的研究进展，剖析存在的困境，指出以素养为本的科学概念教与学应进一步聚焦学生的学习内部条件，并遵循学生认知规律而开展教学活动。

概念是思维最基本的形式，也是构成知识的最基本成分。科学概念的学习，不仅促使中小学生对科学知识的理解、形成科学知识体系，还是中小学生对科学思维、提升科学素养的重要途径和方式。

一 概念与科学概念

何谓概念（concept）？哲学、逻辑学、术语学、认知科学、神经科学等不同领域对此有不同的视角和界定。总体而言，或将概念作为思维单元，或将概念作为知识单元。作为思维单元的概念界定，侧重于概念获得与概念理解中的思维活动与认知加工过程，将概念定义为“反映事物的特有属性的思维形式”（《辞海》，2010），指出概念是人们通过实践，经过一系列的思维加工从事物的许多属性中抽出其特有属性概括而成的。而作为知识单元的概念界定，侧重于知识体系与知识表征的特征，将概念定义为“通过对特征的独

特组合而形成的知识单元”(GB/T 15237.1—2000)。可以说,人类对自然与人文的任何认识成果,都是通过形成各种概念来总结和概括的,进而形成知识体系。表达概念的语言形式是词或词组。概念都有内涵和外延,内涵即概念的涵义,是事物特有属性的反映;外延是概念所指事物所组成的那个类。内涵和外延是互相联系、互相制约的。概念不是永恒不变的,而是随着社会历史和人类认识的发展而变化的。

科学概念(scientific concept)专指科学知识体系中的概念,是人类通过认知、交流、发展对客观世界和人类自身的认识的思维形式。与其他领域的概念,尤其是文学领域的概念不同,作为一类科学知识,科学概念必须是基于实证研究的,且必须是经过系列规范的程序而被科学共同体所认可的。所以,每一个科学概念,都有其特定的、公认的术语或名词,都有其约定的、可检验的内涵和外延,代表公众的共识而非个体私有之见。

例如,自然界的“花”在公众的经验之中常被视为节假日的礼物或喜庆与美好的象征。这是一个公众概念,但并非科学共同体所界定的科学概念。也有人将花瓣、花蕊等花的形状结构误认为是花的定义,这是将概念与事实相混淆而形成的个体对花的错误概念,或称其为日常概念、前科学概念或迷失概念等。概念基于事实,是对事实的抽象概括,而不是事实本身。观察形形色色各类植物的花,就可发现,花的形状结构各异,有的花甚至没有花瓣,因此不能将花的形状结构作为花的特有属性。作为植物6大器官之一,花的科学概念的定义是“被子植物的繁殖器官”。从功能定位出发理解花的结构如何与其功能相适应,其功能又是如何作用的,这是中小学生在科学课程学习中应达成的对花的概念理解,即应获得的花的科学概念。

科学概念有层次之分。概括程度高的大概念,即上位概念(supreme concept),包含概括程度低的小概念,即下位概念(subordinate concept)。器官是花的一个上位概念,指由多种细胞和组织构成的、行使一定功能的结构单位。器官的概念外延包括心脏、肺、肾等动物器官以及根、茎、叶、花、果实、种子这植物6大器官。桃花是花的一个下位概念。与器官、花这类需要通过下定义来概括其特有属性的定义性概念(defined concept)或抽象概

念 (abstract concept) 不同, 桃花属于具体概念 (concrete concept), 通过正例、反例的观察与辨别可获得其涵义, 其概念外延包括桃花的各个品种以及变种。

科学概念与科学概念之间的逻辑联系, 则构成科学模型、原理与定律等科学知识, 由此形成以科学概念为单元的、有结构的科学知识体系。例如, 根、茎、叶、花、果实、种子之间的结构与功能的协同作用, 构成了植物体。心脏、血管、血细胞等组成循环系统。非金属、金属以及各类化合物之间的物质与能量关系是化学反应的原理所在。导体、电阻、电压、电流等在电路中的关系形成了欧姆定律。因此, 学生掌握科学概念是形成和表达科学知识体系的基础。

二 科学素养与科学概念

科学素养 (scientific literacy) 是当今被公认的科学教育目标。科学素养的提出, 是“科学为大众” (science for all) 的时代需求, 是科学教育在价值取向上对精英教育与大众教育的统一。

科学素养的内涵不是一成不变的。最早提出“科学素养”一词的科南特 (Conant, 1952) 并未界定其内涵。佩勒 (Pella, 1966) 等人对 20 世纪 60 年代的相关文献进行分析与概括, 提出那时科学界与教育界对科学素养的主要认识, 提炼为 6 个方面的涵义, 分别是: 科学和社会的相互关系、科学伦理、科学本质、概念性知识、科学和技术、人文中的科学。到了 20 世纪 70 年代中期, 索尔特 (Showalter, 1974) 等人又采用文献研究的方法, 从当时的文献中分析和概括出科学素养的 7 个维度, 分别是: 科学本质、科学中的概念、科学过程、科学价值、科学和社会、对科学的兴趣、与科学有关的技能。索尔特等人不仅一一说明了各个维度的涵义, 还提出了一个人的科学素养是由低级到高级、由不成熟到成熟逐步发展的。这也就说明了, 一个人的科学素养不是“有”或“无”的状态, 而是存在不同的发展水平。

到了 20 世纪 80 年代, 关于科学素养的概念研究愈加广泛和热烈。国际公众科学素养促进中心主任米勒 (Miller, 1983) 在前人的研究基础上,

提出了影响至今的科学素养三维模型,分别是:理解科学概念,具有足够的科学词汇,能阅读在新闻和杂志中相互竞争的论点;理解科学探究的过程和科学本质;理解科学、技术与社会的相互关系,理解科学技术对个人、社会的影响。

1985年美国启动的“2061计划”以及1996年美国国家研究理事会(NRC)颁布的《国家科学教育标准》,都是围绕米勒的科学素养三维模型来界定科学素养培养目标的。“2061计划”丛书之一《面向全体美国人的科学》(AAAS, 1989)对具有科学素养的人的描述是:“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。”

关于人的科学素养发展水平,谢姆斯(Shamos, 1995)提出3个发展水平模型。由低到高,这3个发展水平依次是:第一个水平——“文化”的科学素养,即能理解普通文化意义上的科学词汇;第二个水平——“功能”的科学素养,即能够阅读、书写并参与讨论科学问题;第三个水平——“真实”的科学素养,是指科技人员的专业水平,即能理解科学事业的发展变化,理解科学概念的形成过程以及科学过程的本质。拜比(Bybee, 1995)则提出了科学素养5个发展水平模型,由低到高分别是: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、多维的科学素养。拜比提出的科学素养这5个发展水平的其中3个,与谢姆斯提出的3个发展水平的内涵相似。另外2个,最低发展水平的科学文盲,表示科学素养水平很低,甚至趋向零的状态;而最高发展水平的“多维的”科学素养,不仅对科学的事业、知识体系、科学过程、科学本质等科学本身具有专业的理解,还对科学应用以及科学、技术、工程、社会之间的关系有专业的理解。

美国1996年颁布的《国家科学教育标准》认为,具有科学素养的一个人能够:对日常经历中的各种事物提出、发现、回答一系列科技相关的问题;描述、解释甚至预言一些自然现象;读懂通俗报刊刊载的科学文章,参与辩

论有关问题的结论是否科学合理的社交谈话；识别国家和地方的重大科学问题，并且提出有科学技术根据的见解；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；有能力提出和评价有论据的论点，并且恰如其分地运用从这些论点得出的结论。

国际教育测评项目，例如经济合作与发展组织（OECD）的国际学生成就评价（PISA）、国际教育成就评价协会（IEA）的国际数学和科学评价（TIMSS）、美国国家教育进步评价（NAEP），将米勒的科学素养三维模型进一步发展为知识、能力和态度的三维模型，分别从知识维度、能力维度和态度维度来界定科学素养的测评指标。

我国于本世纪初启动的基础教育改革，也将培养学生科学素养作为中小学科学教育的宗旨和目标。中小学的综合科学课程（包括初中科学、小学科学等学科）与各分科科学课程（包括物理、化学、生物、地理等学科）也从知识、能力和态度这3个维度来提出各自学科领域的科学教育目标与内容（教育部义务教育阶段学科课程标准，2011）。概括中小学科学教育各类课程标准，可提炼出我国中小学科学教育在培养中小学生学习科学素养方面的共性目标，分别是：获得科学事实、概念、原理和规律等基础知识，理解科学知识在生产、生活中的应用以及对社会发展的影响；掌握科学思维和科学探究的方法，并能在科学实践中应用这些方法来解决现实世界中的实际问题；养成对科学的学习兴趣，具备实事求是的科学态度与科学精神，形成运用科学知识和技能参与社会决策的意识和责任感。

随着科技的发展与知识经济的到来，21世纪对人才的综合能力和核心素养提出了进一步需求，国际科学教育与教育测评项目对科学素养的界定也有了新的发展，除了对科学知识、能力、态度这3个维度提出一些整合性的要求外，还进一步增强了对科学应用以及科学、技术、工程、社会之间的关系理解的要求。例如，美国于2013年颁布的《新一代科学教育标准》要求美国科学教育通过以围绕科学大概念而组织的科学实践来提升学生科学素养。科学实践包括科学探究和工程设计，既指类似于科学家从事的变量控制、科学建模、推理论证等科学探究活动，也指类似于工程师进行的设计和建造

等工程设计活动。

值得一提的是,美国《新一代科学教育标准》对科学实践的重视,并不是对科学探究这一科学本质属性的否定,而是对其的丰富与拓展(林静, 2014)。从美国《新一代科学教育标准》的实践内涵来看,除了强调对问题基于证据的解释,即探究,还重视社会与文化在科学探究中的权重,从而将科学回归到人类的实践本质特征上,脱离了“科学研究就是实验室实验与理论研究”的单一图景。由此,美国《新一代科学教育标准》从以下3个维度来组织科学素养的培养目标与内容:科学知识维度——科学与工程跨学科概念和学科核心概念,能力与过程维度——科学探究与工程设计的实践,科学社会学维度——科学、工程与社会之间的关系。

关于国际教育测评项目在科学素养内涵上的发展,以OECD的PISA为例来说明。PISA2015对所测试学生(15岁)科学素养的定义是:具有科学素养,就是意味着作为反思性的公民,具备参与科技相关问题、观点的讨论与研究的能力,主要包括科学解释现象的能力、评价和设计科学探究的能力、科学解释数据和证据的能力。围绕这3类能力的测评,PISA测评的科学知识有3类:①内容性知识,包括物理、化学、生物、地球与空间科学这几大领域;②过程性知识,关于科学家为获取可靠和有效的数据而采用的规范过程的知识;③认知性知识,是指对于科学知识形成过程以及科学知识自证过程的认知和概念,影响着一个人如何以科学假设、理论或观察等进行科学知识的自证,也影响着自我察觉如何知道自己的所知(Duschl, 2007)。而涉及的科学态度测评内容分别是:对科学的兴趣、对科学探究的认同和支持,以及对资源和环境的责任感。

由以上所述可见,科学概念一直是科学素养的重要维度。而学习科学在专家与新手方面的比较研究结果佐证了科学概念在科学素养发展中的重要性。根据各个领域的专家与新手在问题解决中的表现,研究表明专家与新手的差异不仅仅表现在能力方面(如记忆力、推理与建模能力),还在于专家具有宽厚且结构良好的知识。概念是专家组织和呈现这些结构良好的知识的基本单元。这些结构良好的知识能使专家识别新手注意不到的信息特征和

有意义的信息模式,从而影响专家对信息的组织、再现和理解,进而影响专家的记忆、推理和问题解决能力。

在物理、数学和历史等学科领域的研究结果进一步表明,专家结构良好的知识不仅不是一些孤立的事实或命题,还是以大概概念或核心概念来组织的专业知识体系,即有层级的概念体系。在问题解决中,专家的大概念或核心概念的思维方式有利于专家提高对问题的理解力。而新手的知识极少是以大概概念或核心概念来组织的,他们往往通过自己的日常直觉寻找问题解决的答案。

由此,国际科学教育界进一步深化“少而精”(less is more)的科学教育理念,提议科学教育的原则应致力于让学生理解科学大概念,并提出14个科学大概念,包括科学概念以及关于科学本身和科学在社会中所起作用的概念(Harlen et al., 2010)。我国科学教育的各类课程标准也都提出要围绕科学重要概念来组织科学课堂教学以提升学生科学素养的教学建议,强调应发挥重要概念或核心概念在课程内容组织与学生科学素养发展方面的重要价值。

三 科学概念的学习机制

从概念的思维单元属性可见,概念学习不仅仅是知识的记忆,更是思维积极参与的过程。从概念的知识单元属性可见,概念学习应掌握的不仅仅是术语或名词,更应理解并构建其意义。那么,人是如何构建概念与理解概念的?概念又是如何在人的大脑中存储与激活的?

自20世纪70年代以来,科学概念的教与学就一直是科学教育研究的重要议题。塔梅尔(Tamer et al., 2014)等人将科学概念的教与学的研究历程分为3个阶段。第一阶段是20世纪70年代至80年代,重点在于揭示具体内容领域中,学生形成概念的主要特征。第二阶段是20世纪90年代至21世纪初,重点在于理解学生概念转变的过程,承认其复杂性并涉及诸多的因素。第三阶段是自21世纪以来,开始采用系统观点来研究学生概念特征以及概念转变过程,并综合考虑相关诸多因素之间的互动来设计概念的教学。

第一阶段的研究成果主要有3个方面。首先,承认概念的形成是基于特定内容和领域的,即不存在脱离具体学科内容的概念获得;其次,认为学生形成概念的过程与人类形成科学理论的过程非常相似,是复杂、困难且费时的;再者,提出了一些概念学习以及概念之间多种关系的理论与假设。

在已有的概念学习理论中,最具影响的是波斯纳(Posner, 1982)等人提出的“概念转变模型”(CCM)。该理论从认识论角度将概念学习界定为学习者从原有概念到新概念的“概念转变”过程,后续诸多概念教学的研究都是从“概念转变”的角度探寻其方法或模型(Osborne & Wittrock, 1983; Hewson, 1992; Ayres, 2005)。

波斯纳等人认为,概念转变需要具备以下4个条件,分别是:①学生认识到自己的某个概念不能解释新的事件或不能解决当前遇到的问题,对原有概念产生不满;②学生认识到新概念是可理解的,能懂得新概念的真正涵义;③学生认识到新概念是合理的,能相信新概念的真实性;④学生认识到新概念是有效的,是解释某问题的更好途径。但事实上,学生的概念转变并不如模型所描绘得这么顺利。诸如学生的学习方式、情感状态、问题解决策略、对科学本质的理解等因素都影响着学生的概念转变(Wandersee et al., 1994; Dreyfus et al., 1990)。另外,学生运用新概念解释现象时,往往比运用原有概念还要不能令人满意,所以常会继续持有他们的原有概念,而将科学概念置之不理。

另一个颇具影响的是奥斯本(Osborne et al., 1983)等人提出的概念转变教学模型。奥斯本等人基于认知心理学的视角,提出促进学生概念转变的教学由4个阶段组成:①预备阶段,教师要理解科学家、学生以及自己对新概念的观点;②关键阶段,教师要创设情境,最好是真实的生活情境,促使学生理解新概念;③质疑阶段,教师要鼓励学生阐明自己的观点,让学生相互质疑和辩护;④应用阶段,教师要提供各种情境让学生运用新概念。可见,这一模型旨在促进学生对概念的信息加工。奥斯本等人发现,“那些与学生的观点不同,又没有被学习情境所强化的概念,需要后续的更多应用练习。”

已有的其他概念教与学的理论，基本上都类似以上这两个模型，吸收了皮亚杰基于儿童行为观察和言语访谈而提出的意义建构学习观，注重学生的已有知识与积极参与。但已有的概念教与学的理论对于教学各环节的设定，更多的是以各环节应达成的学习目的和学习结果为主旨，鲜有涉及各环节学习发生的内在机制。所以，这些理论对教学的指导更多的是在于学习外部条件的创设，即教学事件的构建，而不是聚焦于学习的内部条件。而学习的外部条件只有作用于学生学习的内部条件，才能引发学习（Gagne, 1962）。所以，这些理论在概念教与学的实践应用中也显示，学生还是难以获得科学概念，难以迁移运用。

因此，第二阶段的研究着重解释概念转变过程中学生的认知情况，并从本体论、认识论、模型和建模、动态的社会交互等这些方面形成概念转变过程的多维解释框架。凯（Chi, 1992）从本体论的角度提出概念转变的难易与概念的本体属性相关。概念之间可以分为3个不同的本体类别：物质的、关系的和过程的。物质本体类别指具有特定属性的范畴，如生物、分子、金属等。关系本体类别指依赖于相互作用而产生的范畴，如物质和能量的守恒、食物链、力的相互作用等。过程本体类别指随着时间的改变而发生变化的范畴，如声音的传播、生物进化、物质溶解等。同一本体类别的概念转变，比跨越不同的本体类别的概念转变要容易一些。例如植物、动物与生物这3个概念的学习，发生的是本体类别内的概念转变过程。而将力作为一种特性转向为作为一定条件下的相互作用，将地球作为一个物体转向为作为天文学中的运动体，这些本体类别间的概念转变，对学生而言存在本体类别的“范式”，转变要困难得多。

认识论角度的概念转变过程分析，采用学习科学对元认知的观点，认为元认知能促使学生对学习进行自我调控，利于达成学习的理解和迁移，所以注重学生元认知在概念转变过程中的作用，并认为学生概念转变的过程就是学生认识论不断成熟的过程。认识论的概念转变视角带来了“写作”（writing to learn）方法（Mason & Boscolo, 2000）在概念教学中的运用。“写作”方法是让学生不断地通过写作来反思概念学习，包括他们所学到的概念、仍