

中学科学教学心理学

林崇德 主编 申继亮 副主编
胡卫平 著

教育部重点科研项目成果

中小学学科
教学心理学书系



北京
教育
出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学科学教学心理学/胡卫平著. —北京:北京教育出版社, 1999.

12

(中小学学科教学心理学书系/林崇德主编)

ISBN 7-5303-2018-1

I. 中… II. ①胡… ②卫… III. 理科(教育)—学科心理学—中学 IV. G447

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 53065 号

中小学学科教学心理学书系

中学科学教学心理学

ZHONGXUE KEXUE JIAOXUE XINLIXUE

林崇德 主 编

申继亮 副主编

胡卫平 著

*

北京教育出版社出版

(北京北三环中路 6 号)

邮政编码:100011

北京出版社出版集团总发行

新华书店经销

北京市朝阳宏伟胶印厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 11 印张 250 000 字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—4000

ISBN 7-5303-2018-1

G·1992 定价:15.00 元

◇ 序

20余年来，我一直在从事心理能力（或智力与能力）发展与培养的研究。在研究中我发现，心理能力不是空洞的，它总是同一种活动，或者同一种认知联系在一起。其中一种显著的表现，就是同学科教育相联系，构成学生的学科能力。各学科教学是否有成效，关键在于能否形成学生的各种学科能力。近年来，由于对这个课题的深入研究，北京师范大学以发展心理研究所为基地，开始招收“学科能力发展与培养”方向的博士研究生，旨在为学科教育，尤其是为基础教育服务；为发展学科教学论或学科教育学服务；为教育心理学，特别是学科教学心理学建设服务。

“中小学学科教学心理学书系”是我主持的教育部（原国家教委）“九五”人文社会科学重点研究课题——“学科能力的建构与发展”的成果。这里仅作三点说明：

首先，我们的课题研究重点是学科能力的建构与发展。尽管教学心理学研究的前沿是探讨教学过程中知识获得和认知发展的心理机制，但教学的主要目的是在传授知识的同时，灵活地去发展学生的智力，培养他们的能力。这犹如吕洞宾给人金块，可是受金者不要金子，却要吕仙人的点石成金的手指头。培养学生的智力与能力，授予他们以“点金术”，这正是我们课题组在教学实验中的宗旨。所以我们这次出版的每一本学科教学心理学中都有一章阐述本学科的心理机制或基础，然

而，却用更多的篇幅阐述提高学生分析问题、发现问题和解决问题的能力。

其次，教学中培养智力与能力，要建筑在学科能力的基础上，通过某学科的学习，使学生能具有现代知识，具有较大的适应性和富于创造精神。对此，在各学科能力构成方面，我们统一地突出三个含义：一是学生掌握某学科的特殊能力；二是学生学习某学科的智力活动及其有关的智力与能力的成分，特别是概括能力和思维品质；三是学生学会某学科的学习能力、学习策略与学习方法。

第三，本套书的作者都是和我一起从事学科能力研究的学者，他们和我一起完成了重点课题的研究，且将研究成果汇编成著作。他们具备两个特点：一是懂得心理学，是心理学的博士、硕士，或者是心理学研究生课程班结业的年轻教师；二是懂得某门学科的教学，即从事某学科教学论的研究或者是长期从事某学科的教学工作。具体地说，他们中间有相当数量是我们“学科能力发展与培养”方向毕业的博士生。在一定意义上说，这批作者坚持理论联系实际，从交叉学科角度来探讨学科教学心理学。本套书是我们的作者从事学科教育以及学科能力的建构与发展研究的结果。

本套书的副主编申继亮教授是我多项课题的合作者和助手。这次，是他帮助我完成了“学科能力的建构与发展”的研究，同我一起审读了全部书稿并提出了宝贵的修改意见。从他和本书的作者队伍来看，可以看出一项重点课题的研究过程也是学术梯队建设和人才成长的过程。人才培养的量和质，应该是检验该课题实际质量的重要指标。

北京教育出版社的同志给予了我们莫大的支持，这是使这套书得以顺利出版的关键。关于本套书的内容，属于对一个新

领域的摸索，我期待广大读者的批评指正，同我们一起来完善学科教学心理学的理论。

林崇德

2000年5月1日于北京师范大学

◇目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 中学科学教学心理学的研究对象和内容	(1)
第二节 中学科学教学心理学的研究意义	(6)
第三节 中学科学教学心理学的研究进展	(9)
第二章 中学科学学科的特点、目的和要求	(20)
第一节 中学物理学学科的特点、目的和要求	(20)
第二节 中学化学学科的特点、目的和要求	(28)
第三节 中学生物学学科的特点、目的和要求	(34)
第三章 中学科学教学的心理学与教育学基础	(41)
第一节 中学生科学能力的结构	(41)
第二节 中学科学教学设计	(47)
第三节 中学科学教学的基本方法和基本模式	(58)
第四章 中学科学知识教学的心理分析	(72)
第一节 中学科学实验教学的心理分析	(72)
第二节 中学科学概念教学的心理分析	(85)
第三节 中学科学规律教学的心理分析	(100)
第五章 中学生的科学能力及其培养 (一)	(113)
第一节 中学生的科学观察能力及其培养	(115)
第二节 中学生的科学实验能力及其培养	(130)
第三节 中学生解决科学问题的能力及其培养	(145)

第四节 中学生科学学习中的自我监控能力及其培养	(158)
第六章 中学生的科学能力及其培养 (二)	(179)
第一节 科学思维概述	(179)
第二节 中学生科学思维能力的结构	(194)
第三节 中学生科学思维能力的发展	(210)
第四节 中学生科学思维能力的培养	(220)
第七章 中学生的科学能力及其培养 (三)	(233)
第一节 中学生科学创造力概述	(233)
第二节 科学创造性思维分析	(243)
第三节 中学生科学创造力的发展与培养	(254)
第八章 中学科学教学中的非智力因素	(267)
第一节 中学生科学学习中的动机	(267)
第二节 中学生科学学习中的兴趣	(284)
第九章 中学科学教学的测量与评价	(298)
第一节 中学科学教学测量概述	(298)
第二节 中学科学课堂教学质量的测量与评价	(302)
第三节 中学生科学学业成就的测量与评价	(316)
参考文献	(330)
后 记	(338)

◇ 第一章 绪论

中学科学教学心理学中的“科学”，主要指物理、化学和生物。这些学科有共同的特点，都是自然科学的分支，都是基础学科，都是观察、实验和思维相结合的学科。美国在 80 年代出台的“2061 教育工程”，意指公元 2061 年完成的教育改革方案，课程改革是其中的主要内容，明确规定五门主科：语文、数学、科学、地理和历史，对科学不再列出各分支学科。我国的高考改革方案中明确规定，要考查理科综合能力。我们这里把物理、化学、生物教学心理学写在一起，主要目的在于寻找它们共同的规律，为中学科学教学改革提供理论依据。

第一节 中学科学教学心理学 的研究对象和内容

一、中学科学教学心理学的研究对象

中学科学教学过程是根据一定的培养目标、教学目的和学生身心发展的特点，在教师的指导下，运用各种教学手段和方法，使学生通过各种活动认识客观世界、掌握科学知识（包括科学事实、科学概念、科学规律等）和科学方法，训练基本技能，促进智力、能力和非智力因素的全面发展，形成辩证唯物主义世界观和培养良好的道德品质的过程。在这一过程中，存

在着三个最基本、最主要的因素，即教师、学生和客观世界及其规律性。从教的角度看，教师是教育者、影响者、变革者和促进学生发展的实践者，是教的活动的主体；学生则是受教育者，是教师实践的对象，是教的活动的客体；联结主客体之间的中介是教学内容，主要是客观世界及其规律性，即科学知识，这是教师作用于学生的媒体和工具。从学的角度来看，学生是教育目的的体现者，是学习活动的主人，是学习活动的积极的探索者，也就是学的活动的主体；科学知识是学生学习的客体；教师在学生学习科学知识的过程中起着媒体作用。教学活动是师生双方面的活动，学生由不知到知、少知到多知，由知识技能到智力、能力、品德等的转化，教师居主导地位。因此，在教学过程中，教师要创造有利于学生学习科学的环境，激发学生学习科学的动机和兴趣，有效地传授知识，培养能力，使学生形成独立健康的个性。而学生获得知识，发展智能、个性、品德是科学教学的根本目的，他们只有处于积极的、主动的状态，才能真正理解和掌握所学的科学知识、技能和方法，并获得相应的能力，养成良好的学习习惯和实事求是的科学作风。

在实现上述活动的过程中，存在着一系列复杂的心理过程，如学生有着不同的特点，表现出不同的动机、兴趣、情感、意志，在学习概念和规律时存在着一些心理障碍。学生如何用适当的方法，有效地获得科学知识、掌握科学方法、提高科学能力；教师如何根据学生身心发展的特点，安排教学活动、进行教学设计，如何在教学过程中激发学生的动机和兴趣，如何培养学生的智能，如何结合科学教学培养学生的思想品德等；课堂教学质量如何评价，科学能力与学业成绩如何测量，中学生的科学能力的发展有何特点；科学教师应具有何种

教育观念、知识结构、教学能力和教学行为等。在科学教学过程中,学生和教师的这些心理活动,师生间的交互作用,就是科学教学心理学的研究对象。

二、中学科学教学心理学的内容

心理学、教育学与科学教学相结合而形成的科学教学心理学,是一门新兴的应用学科,国内外尚无同类专著。根据科学教学心理学的研究对象,中学科学学科的性质、目的和要求以及教育学、心理学的基本原理,结合国内外对科学教学心理的研究,将中学科学教学心理学的内容概括为如下几个方面:

第一,中学科学知识的教学心理。中学科学知识教学,是教师依据教学大纲和选定的教材,在分析学生身心发展水平的基础上,组织和指导学生掌握科学知识,完成科学学习的过程。这一过程的展开体现着科学教学原则的落实,过程的终结则表现出科学知识教学目标的实现。在中学科学知识的教学过程中,存在着很多的心理因素,影响和制约着科学知识的教学。如学生在学习科学概念时,常常由于前科学概念的干扰、感性认识的不足、思维方法的不当、数学知识的影响以及概念间的混淆等原因出现心理障碍,制约着学生正确的科学概念的形成;学生在学习科学规律时,常常因为感性知识不充分、日常错误观念的干扰、思维定势的负迁移、抽象思维能力不强等原因造成对规律理解的不深刻、应用的不灵活等。因此,对中学生形成和掌握科学知识的心理规律的研究;对教师选择有效的教学方法,使学生有效地掌握科学知识的研究,是中学科学教学心理学研究的主要内容之一。

第二,科学能力的教学心理。能力是成功地解决某种问题(或完成某项任务)所表现的良好适应性的个性心理特征,是保证顺利地进行实际活动的稳固的心理特征的综合。中学生的

科学能力是在科学知识学习和科学问题解决中形成和发展的，并在这一过程中所表现出来的良好适应性的个性心理特征，属特殊能力。中学生基本的科学能力主要有：观察能力、实验能力、思维能力等，综合的科学能力有学习能力、分析问题和解决问题的能力、科学创造能力等。在这些能力中，思维能力是核心。科学能力的培养是中学科学教学的主要目标之一。在我国推行以创新精神为核心的素质教育的今天，中学科学教学必须将学生科学能力的培养作为核心目标，这就要求我们在中学科学教学中研究有关科学能力的问题，如中学生科学能力的结构、中学生科学能力的发展、中学生科学能力的培养等问题，从而构成中学科学教学心理学的核心内容之一。

第三，科学教学中的非智力因素。林崇德教授认为：“非智力因素是指与智力、能力活动有关的一切非智力（非认知）、非能力的心理因素。一般来讲，非智力因素的结构包括如下几个方面：（1）情感过程，（2）意志过程，（3）个性意识倾向性，（4）气质，（5）性格等等。学生的学习活动是智力与非智力因素的综合效益，学生的学习成绩不仅与智力水平高低有关，而且与非智力因素的优劣有密切的关系。非智力因素在学习活动，乃至整个智力活动及其发展中的作用主要表现在动力作用（引起智力与能力发展的内驱动力）、定型作用（气质和认知方式以一种习惯化的方式来影响智力与能力活动的表现形式）和补偿作用（即非智力因素能够补偿智力与能力的某方面的缺陷或不足）。^① 这些结论是他 20 年的理论与实验研究的总结。知识的教学和能力的培养是中学科学教学的两个重要目的，而实现这两个目的，完成中学科学教学的任务，我们必须

^① 林崇德：《教育的智慧》，开明出版社，1999 年版，第 221 页。

重视非智力因素的培养。我曾经以林崇德教授的智力与能力理论为指导,在山西省部分中学从1994年开始进行了“中学生科学思维能力的培养”的实验研究,采取的措施之一就是加强非智力因素的培养,特别是狠抓了学习动机和兴趣的激发、良好学习习惯的训练、克服困难意志的培养和科学教学中的美育,收到了良好的效果。要在科学教学中培养学生的非智力因素,就要对非智力因素进行研究,例如,对中学生学习科学的动机和兴趣的现状和培养的研究,对中学生学习科学的习惯的现状分析及矫正,对中学生坚强意志的培养,对中学科学教学中美育途径的研究等等,这些问题构成中学科学教学心理学的又一研究领域。

第四,中学科学教学的测量与评价。教育测量就是对教育领域内的事物或现象,根据一定的客观标准进行严格考核,并依一定的规则对考核的结果予以数量化描述的过程。科学教学的测量与评价,就是运用各种测量手段和统计方法,定性分析与定量测量相结合,对教师完成科学教学目标的程度,对学生学习的成就作出科学的判断。对学生的学习效果、科学能力和教师的教学质量作出科学的测量和评价,是提高科学教学质量,贯彻党的教育方针,实现培养目标的必要环节,它不仅具有鉴定、反馈的功能,而且具有导向、激励和强化的功能。通过测量和评价,引导教师改变教学方法,提高教学水平和学生的学习成就,特别是在由应试教育向素质教育转变的今天,加强对科学教学测量与评价的研究,提高测量与评价的科学性、准确性和全面性,加大对能力考察的力度,引导科学教学真正落实素质教育具有重大的意义。中学科学教学的测量与评价也是中学科学教学心理学的一个重要内容,它是教育测量和评价的一般原理和方法在科学教学中的应用。由于中学科学教学的

目的和任务主要是教给学生知识、培养学生能力、激发学生的学习兴趣、培养学生的高尚品格，而在实现这一目标的过程中，存在着教师、学生以及教学内容和手段三个基本要素，因此，科学教学的测量和评价应包括对教师教的测量与评价（如教师的教学态度、教学方法、教学水平、课堂教学质量等）、对学生学的测量与评价（如知识、能力、兴趣、品格等）以及对教学媒体（如教材、教学手段等）的测量与评价。本书主要讨论中学科学教学测量与评价的基本问题、中学科学课堂教学质量的测量与评价、中学生学业成就的测量与评价三个问题。

第五，科学教师的心理。教师个人的心理品质，即个人在心理过程和个性心理两方面所表现出来的心理特征，如兴趣、情感、意志、性格、能力等，不仅制约着教师的行为，而且影响着学生的发展。科学教师与一般的教师具有共同的特点，如在职业理想、教育观念、教学监控能力以及教学行为与策略方面，具有很多共同之处，但也有自己的特点，如在知识结构方面，科学教师与文科教师相差甚远，因此，在科学教学心理的研究中，应对科学教师的心理进行探讨，鉴于书系的一致性考虑，本书不对此作介绍。

第二节 中学科学教学心理学 的研究意义

科学教学心理学是由多门学科交叉而形成的一门崭新的应用学科，它与传统的教学思想和教学方法不同，旨在阐明教师与学生双方心理活动的特点和规律。随着科学教学改革的不深入，提出了大量的教学研究课题，这些问题的解决几乎都与科学教学心理学的理论和原理有关。国外对科学教学的研究一

般均从教学心理的角度来具体分析,国内近几年对教学心理问题的研究也有了很大的发展。我们建立科学教学心理学,不仅能为科学教学提供心理学依据,而且能促进教育心理学和发展心理学乃至整个教育科学和心理科学的发展,提高教师的教学能力。

第一,研究科学教学心理学,是在科学教学中落实素质教育的需要。

《中国教育改革和发展纲要》明确指出:我国基础教育改革的目标是由应试教育向素质教育转变,彻底扭转应试教育的倾向,全面推进素质教育,是基础教育的一场深刻的革命,是基础教育的当务之急。实施素质教育,就是要面向全体学生,使他们生动活泼地在德、智、体、美、劳诸方面得到全面的发展。但是,科学教学领域中尚存在违背教育规律和素质教育的倾向。一方面,片面追求升学率,如将考试成绩的高低作为惟一评价教学效果的标准;违背教学计划和教学大纲的要求,只顾考试课程并随意增加超越教学大纲要求的内容,取消或削弱不考课程的教学;不注意教给学生科学方法、培养学生的科学能力,而是通过大量的练习、考试、补课等手段,以提高考试成绩和升学率等等。这样,增加了学生的学业负担,损害了学生的身心健康,不利于创造性人才的培养。另一方面,削弱课堂教学,认为只要有课外活动,只要学习音乐、美术,只要学生愉快就是素质教育。我们认为,这两种倾向都是错误的,要实施素质教育,必须真正理解素质教育的内涵,以课堂教学为主渠道,以课外活动、生产劳动和社会实践为辅助手段,培养学生的科学文化素质、身体心理素质、思想道德素质和审美创美素质。课堂教学是学校教育的基本组织形式,是全面贯彻党的教育方针,实现培养目标的基本途径。我们必须加强对科学

课堂教学的研究,从素质教育的内涵出发,以学生的身心发展特点为基础,结合科学学科的特点、目的和要求,以教育学和心理学的基本理论为指导,研究课程的设置、大纲的制订、教材的编写、教学方法的选择、考试方式的改革、教学效果的评价等问题;研究如何培养学生的观察能力、实验能力、思维能力、分析解决问题的能力、学习能力和创造能力;研究如何提高教师自身的素质等。科学教学心理学应该为此作出自己的贡献,为这些问题的解决提供理论依据。

第二,研究科学教学心理学,可以促进教育科学和心理科学的发展。

教育是一种以促进人的发展、社会的发展为目的,以传授知识、经验和文化为手段的培养人的社会活动。教育科学是研究教育现象和教育问题,揭示教育规律的科学。教育科学经过长期的发展,产生了各种理论,形成了许多分支,如普通教育学、婴儿教育学、高等教育学、职业教育学、特殊教育学、成人教育学、教育经济学、教育统计学、教育心理学等。这些学科的产生,丰富了教育科学的理论体系,促进了教育科学的发展,为有效地培养社会所需要的人才提供了理论依据。但是,就我国教育科学的研究现状来看,思辩的多,实证的少;宏观研究多,微观研究少;理论探讨多,应用研究少,理论与实践脱节。致使大量的研究成果不能很好地解决教育教学中具体的实际问题,如学科教学中课程的设置、教法的选择、能力的培养、技能的训练、知识的传授、教学的评价等。因此,在现阶段,我国的教育科学研究应与国外接轨,采取定性 with 定量相结合、理论与实践相结合的方法,大力发展应用科学,以解决教育实践中的具体问题,真正指导教育教学活动,提高教育教学质量。科学教学是教育的一个重要领域,科学教学心理学的研

究将填补教育心理学领域的一项空白,促进教育应用科学的发展,丰富教育学科群,直接指导中学科学教育实践。

第三,研究科学教学心理学,有助于科学教师素质的提高。

教师的素质对学生的发展起着决定性的作用,是决定教学效果的关键因素。要善于将科学教学和心理学结合起来,从心理学的角度看待和分析科学教学过程,以心理学为依据选择教学方法,要善于分析科学教学过程中出现的许多实际问题,将心理学知识灵活地运用于各种新的情况。科学教学心理学正是研究科学教学过程中教与学的心理特征和心理规律,直接为科学教学提供理论依据。因此,科学教师可以通过学习和研究科学教学心理学,灵活掌握和运用心理学和教育学知识,认识受教育者身心发展的特点和规律,提高教学艺术和教学能力。

第三节 中学科学教学心理学的研究进展

心理学是科学教学的基础,国外对科学教学的研究大都从心理学的角度来探讨。自从1879年科学心理学诞生以来,对科学教学心理的研究有了长足的发展,虽然至今尚未见到综合讨论科学各学科教学的教学心理学专著,但是,发表在各种科学教育刊物上的有关科学教学心理的文章比比皆是。本节对近年来国内外科学教学心理研究的进展作一概述。

一、概念教学研究

(一) 对概念转变的研究

众所周知,学生在学习科学之前,头脑中已经存在了一些来自于生活经验的对科学现象的直觉认识,其中有些与科学的

理解基本一致,但是有些理解与科学概念相违背,这就是错误概念(misconception)或相异概念(alternative concept)。这些概念的核心特点有:(1)是学生头脑中强烈具有的一种稳定的认知结构;(2)不同于专家的概念;(3)会对学生如何理解自然现象并作出科学的解释产生重要影响;(4)必须被克服、避免或消除,以使 学生接受科学的理解。错误概念往往不单单是由于理解偏差或遗忘而造成的错误,它常常与日常直觉经验相联系,植根于一个与科学理论不相容的概念体系。

概念转变指个体原有的某种知识经验由于受到与此不一致的新的经验的影响而发生的重大改变。这里的“概念”比一般的概念范围广,它是指关于某一对象的观点、看法,比如,“地球绕着太阳转”便是一个概念。概念的变化有两种可能,一种可称为“丰富”,即新知识的纳入补充了现有的知识,通过积累的方式使这些知识发生变化;另一种可称为“修订”,这是指新获得的信息与现有的信念、假定或有关理解之间存在着冲突,因而要对原有的理解作出调整。

对于概念转变的研究始于本世纪 70 年代。80 年代开始,研究成果开始涌现。1982 年,波斯纳(Posner)等人提出了著名的概念转变模型(conceptual change model),^①他们认为,一个人原来的概念要发生顺应需要满足四个条件:(1)对现有概念的不满。只有感到自己的某个概念失去了作用,他才可能改变原概念。(2)新概念的可理解性(intelligibility)。学习者需懂得新概念的真正含义,而不仅仅是表面的理解,他需要把片

^① Posner G. J., Strike K. A., Hewson P. W., Gertzog W. A.. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. Science Education, 1982, 66: 211-227.