



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHING FOUNDATION

中国物理教育研究丛书

郭玉英 主编

王文清 著

促进认知发展的 物理探究教学研究

CUJIN RENZHI FAZHAN DE
WULI TANJIU JIAOXUE YANJIU



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国物理教育研究丛书

郭玉英 主编

王文清 著

促进认知发展的 物理探究教学研究

CUJIN RENZHI FAZHAN DE
WULI TANJIU JIAOXUE YANJIU



广西教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

促进认知发展的物理探究教学研究 / 王文清著. —南宁: 广西教育出版社, 2016. 12

(中国物理教育研究丛书)

ISBN 978-7-5435-8217-0

I. ①促… II. ①王… III. ①中学物理课—教学研究
IV. ①G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 320546 号

策 划 黄敏娴 黄力平
责任编辑 潘 安 潘姿汝
装帧设计 刘相文
责任校对 何 云
责任印制 蒋 媛
封面题字 李 雁

出 版 人: 张华斌

出版发行: 广西教育出版社

地 址: 广西南宁市鲤湾路 8 号 邮政编码: 530022

电 话: 0771-5865797

本社网址: <http://www.gxeph.com>

电子信箱: gxeph@vip.163.com

印 刷: 广西壮族自治区地质印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

字 数: 192 千

版 次: 2016 年 12 月第 1 版

印 次: 2016 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5435-8217-0

定 价: 29.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系调换。

序

20 世纪 90 年代，广西教育出版社出版了《学科现代教育理论书系·物理》，由我的导师阎金铎教授担任主编，在物理教育领域产生了重要影响，已经成为本学科专业发展的里程碑。二十多年过去了，随着新世纪中国基础教育课程改革的全面推进，物理教育研究呈现出前所未有的繁荣景象，涌现出丰富的研究成果。当 2014 年该社提出要我组织编写一套《中国物理教育研究丛书》，汇集新时期的标志性成果时，我认为这是一个现实与历史意义兼具的重要选题，同时也感到是一个非常艰巨的任务，责任重大。

我国的物理教育有研究与教学紧密结合的优良传统，许多优秀的中学物理教师和教研员植根于教学实践开展研究，积累了大量本土化、原创性的研究成果，展示出物理教育的中国特色。近十几年来，随着研究生教育的发展，物理教育的国际交流不断拓展和深化，越来越多的年轻学者借鉴国际科学教育研究的经验和方法，针对我国物理教育实践中的问题，开展了多角度、多层次的深入具体的实证研究，如围绕新课程倡导的科学探究和探究教学的研究，针对物理学科核心概念和关键能力展开的学习进阶研究，促进学生发展的课堂教学模式的研究，关于物理课程和教材的深入研究和国际比较研究，关于物理教育测量和评价的研究，物理教育与信息技术整合的研究，针对物理教师观念的研究等。研究内容涵盖了课程与教学论的各个分支领域，研究对象从课程教材到课堂、学生、教师、试题，研究视角从哲学到物理、心理、技术，研究方法从思辨到定量、实证，呈现出多元化和多样化的研究取向，拓宽了物理教育研究的视野和

范围,为我国物理教育理论和中学物理教学实践提供了研究基础和方法论指导。

本丛书的选题力图涵盖上述诸方面的主要研究成果,简要介绍如下。

在来自一线教师和教研员的研究成果中,包含了从哲学层面到物理课堂教学操作层面的四本著作。《物理与哲学—中学物理教学的视角》呈现了中学物理教师的哲学思考。作者从物理与哲学的关系入手,结合中学物理教学的具体内容,论述了哲学的洞见与物理教学实践密不可分,将中学物理教学上升到哲学高度。在实验教学方面,毕生从事高中物理实验教学与研究的专家撰写了《高中物理实验教学研究》,从科学技术发展和教育理念进步的角度,突出了以学生为主体的教育理念和学科素养在实验中的表现及培养的途径,重点探讨了高中物理实验教学的目标、内容和方法策略方面的热点问题。在课堂教学实践层面,《中学物理习题教学研究》凝聚了中学物理特级教师的经验和智慧,从习题和试题的不同功能出发,以大量的题例阐述了习题和试题的编写要领,论述了优化习题教学的各种途径,提出了科学实施习题教学的策略,把习题教学的目标落实到提高学生解决问题的素养上来。《中学物理教学疑难问题研究》则来自基层教研工作者,从一线教学实际和物理教师的需求出发,对新课程实施过程中遇到的多方面的具体疑难问题进行了深入分析和探讨。

丛书围绕新课程实施以来物理教育研究领域关注的重点—科学探究和探究教学呈现了三个不同视角的研究成果。《科学探究能力模型与培养研究》系统介绍了国际科学教育领域对科学探究能力及其培养的研究和实践,构建了基于知识和技能的科学探究能力结构模型,结合案例论述了在中学物理教学中如何利用探究式教学法培养学生的科学探究能力。《促进认知发展的物理探究教学研究》聚焦目前中学物理探究教学中亟待解决的核心问题,从物理学科自身特点出发,构建了促进认知发展的探究教学模型,并对实施该探究教学模型的教学策略进行了探讨。《中学物理教师的探究教学观研究》则聚焦教师观念和行为,基于对探究教学的理论探讨,提出了教师探究教学观的分析框架与研究方法,从语言表达和教学行为两个层面研究了物理教师的探究教学观现状及其影响因素。

围绕学科核心概念展开的对学生认知和能力发展的研究是近几年的研究热点,学习进阶是将学生核心素养的发展与课程、教材和评价紧密联系在一起桥梁,是具有发展潜力的新兴研究领域,丛书呈现了其中

四方面的最新研究成果。《高中物理概念学习进阶及其教学应用研究》针对我国概念教学中存在的问题,构建了核心概念统领下的物理概念层次结构模型和概念学习进阶模型,以静电场核心概念为例进行了实证检验,并应用于教师培训。中学物理中的能量概念既是物理学科的核心概念,又是与社会发展和技术进步密切相关的共通概念,对于学生的发展至关重要。《中学物理能量学习进阶研究》构建了以学生为中心、具有实证有效性的“能量”进阶框架,并以此对学生“能量”概念的认知状态和发展情况进行了刻画和阐释,针对如何帮助学生提升“能量”概念的认知水平给出了相关建议。《中学物理课程中科学解释学习进阶及其教学应用》结合科学哲学的相关理论,提出了科学解释的“现象—理论—资料—推理”框架,确立了学习进阶的二维进阶模式及其进阶变量,通过跨年级测试建构了科学解释的学习进阶,并结合能量学习进阶进行了准教学实验研究。《基于学习进阶的中学物理教学设计研究》将物理概念和能力学习进阶的研究成果与现代教学设计理论相结合,建立了教学设计模型,结合大量中学物理教学案例,论述了如何基于学习进阶的研究成果开展以学生为中心的教学设计,从而促进学生物理核心素养的进阶发展。

关于课程和教材的研究呈现了两方面的研究成果,分别体现了不同的研究范围和方法。《高中物理量子理论课程研究》聚焦中学物理中的量子内容,从课程角度开展研究。采用理论和实证研究相结合的方法,对高中物理课程中量子理论的地位与教育价值、课程发展历程与现状进行了系统深入的探讨。《中学物理教材比较研究》选取中国、美国、俄罗斯、英国、法国、德国、日本、韩国、新加坡和澳大利亚十个国家的初中物理主流教材为比较对象,对教材的难度、广度、平均深度进行了比较研究,并分别比较了教材中实验的内容、例题和习题及拓展内容情况,分析了教材特点并提出了教材建设的启示与建议。

学生物理核心素养的测评一直是本领域关注的重要问题,特别是像高考、中考这样的高利害考试的有效性已经成为全社会关心的热点。《大学入学物理考试内容效度研究》对大学入学物理考试的内容效度进行了多方面的定量研究。一方面以高中物理课程标准为效标,研究比较和评估了我国(包括台湾和香港地区)大学入学考试物理试卷的内容效度。另一方面从比较我国的高考物理考试与美国 AP 物理考试、英国 A-Level 物理考试出发,研究评估了我国大学入学物理考试的内容效度,提出了

对我国现行高考制度的改革建议。

《中学物理教学与信息技术整合研究》展示了跨领域的研究视角，凸显了现代技术特色。在“数据探究”理论指导下，探讨了信息技术与中学物理教学深度融合的基本概念、理论等问题。同时还根据物理学科教学的特点，选取了几何画板软件、物理虚拟仿真实验软件、Camtasia 视频制作软件、FrontPage 网站制作等技术，用案例说明了信息技术在物理教学中的实际应用。

大学物理教学研究是我国物理教育研究领域中正正在发展的研究方向，关于心智模型和建模教学的研究也是新的研究热点。《基于学生心智模型进阶的物理建模教学研究》介绍了国内外关于模型与学习进阶、建模与建模教学的相关研究。在此基础上整合心智模型、学习进阶和建模教学的研究，结合我国物理教学的实际，从教学要素和学生心智模型进阶两个维度建构了基于学生心智模型进阶的导引式建模教学模式，并以大学物理“静电学”为例展开实践研究。其研究内容和方法对中学物理教学与研究均有参考价值。

十几位学者参与了本套丛书的编著工作。他们有的是长期从事物理教育研究和中学物理教学的专家，凝聚毕生研究之学术精华；有的是具备海外学习经历的年轻学者，用现代科学教育研究方法研究我国的实际问题。其中多数作者为本领域的博士。作者们都为丛书的出版付出了艰辛的劳动。本丛书从策划、编辑到出版面世，得到时任广西教育出版社副总编黄力平编审、编辑部主任黄敏娴副编审和各书责任编辑的大力支持，也得到不少同行的关心和帮助，其中参阅引用了大量相关的研究成果，均已在参考文献中列出，在此一并表示感谢！期望本丛书的出版有助于物理教育研究领域的繁荣与发展，也期望这些研究成果能够在物理教育实践中得到进一步的检验、修正和完善。

郭玉英

2016年11月于北师大

前言

2006年，我幸运地从一所普通师范院校考入北京师范大学，攻读课程与教学论（物理方向）的教育学博士学位。出于本人执教物理教学论的工作需要以及个人的兴趣，更深受导师研究方向的影响，我最终选择“促进认知发展的探究教学模型研究”作为自己的学位论文课题。本书就是在我的学位论文基础上修改、补充而成的。

对我而言，要完成关于“探究教学”这样一个被众多领域学者所关注、有数以万计的文献所讨论的课题实在是太难了。首要的问题是，该如何规划课题的研究思路呢？是基于教育学的建构主义教学理念、模式展开论述，还是基于心理学的建构主义学习理论展开讨论？事实表明，这种惯用的教学研究思路总是不能对学科教学问题做出更为细致、深入的讨论，学科教学的问题终究还是要通过具有学科自身特点的途径加以解决。

著名教育家顾明远先生在“学科现代教育理论书系”总序中写道：“我认为，师范院校的教材教法不能只分析一门课如何讲授，更重要的是要研究、分析一门科学的发展历史和现状，以及其发展的内在逻辑，结合学生的认知特点，遵循教育规律，把它组织成一门学科。”那么，物理探究教学作为物理教学论的一个重要方面，也应当关注两个核心问题——物理学科的历史、现状及其发展的内在逻辑和学生的认知特点，由此来寻找学科教学的特有规

律。

因此，本书探讨物理探究教学的基本思路是：由物理学的发展历史着手，基于物理学家的原著，考察物理学家建构各自学说的思想历程，进而揭示物理学的认知建构特征；借鉴物理教育领域关于学生认知的研究成果，并对中学生物理学习进行案例观察与分析，进而揭示中学生物理探究学习的认知建构特征；基于物理学的认知建构特征和中学生物理探究学习的认知建构特征，构建一个简明的课堂情境下学生进行物理探究的认知心理过程模型——课堂情境下学生物理探究的认知发展模型；基于上述认知心理过程模型，参照我国物理课堂教学的传统结构，构建一个具有非线性认知建构特点的物理课堂探究教学模式——促进认知发展的探究教学模式；接着，对新建立的探究教学模式展开实践研究，初步检查其教学效果，并反思实施过程中存在的种种问题；最后，给出运用该探究教学模式进行课堂教学的教学设计案例。

时至今日，对中学物理教师而言“探究教学”已不再神秘，但是如何从物理学科自身特点来理解“探究教学”却依然是一个十分重要的问题。本书试图给读者展示一种不同的思路，期望为我国中学物理探究教学的实施提供帮助。

本书能够出版，首先要感谢北京师范大学对我的培养。在那里，我能真切体验到这所承载着中国教育优良传统的百年老校的文化底蕴和人文情怀，能聆听众多知名学者和教育界负有盛名的大师的教诲，能亲身感受不同地域、不同国家的学者的交流，特别是能与那些堪称骄子的同学们朝夕相处、促膝相谈，可谓一生之幸！

然后，我要感谢我的导师郭玉英教授，感谢我国物理教育界的前辈阎金铎教授，感谢北京师范大学的李春密教授，感谢南京师范大学的刘炳昇教授，感谢首都师范大学的续佩君教授、卢慕雅博士，是他们多年来给我的关怀和教诲促使我专心于物理教育的研究并有信心完成本书的撰写。

感谢陪伴和激励我在北京师范大学顺利完成博士学位的前后历届同学，他们的智慧和友情是我享用不尽的财富。

感谢我的学生亦朋友贾勇，他为我的教学实践研究付出了大量的时间和精力；感谢北师大附中的苏永乔老师、北京二中的王平老师、北京五中物理教研组的张奕等各位老师、北京十一学校的秦建云老师等，他们的教学实践给了我许多极有意义的启示。

感谢广西教育出版社给我们出版“中国物理教育研究丛书”的机会，感谢黄敏娴副编审、潘安编辑、潘姿汝编辑为本书付出的辛勤劳动。

王长清

2016年6月

目 录

绪 论 / 1

第一章 探究教学的研究进展 / 5

第一节 国内教育与心理学界的相关研究 / 6

一、探究教学的核心概念 / 6

二、探究教学（学习）的理论研究概述 / 11

三、探究教学（学习）的课堂实施研究概述 / 14

第二节 国内中学物理教育中的探究教学研究 / 16

一、新课改前我国大陆中学物理教育中的探究教学思想与研究 / 16

二、新课改以来我国大陆中学物理探究教学研究 / 22

三、台湾地区中学物理探究教学研究 / 24

第三节 国外物理教育中的探究教学研究新进展 / 27

一、科学探究教学概念的认识发展 / 27

二、科学探究教学理论的研究进展 / 28

三、中学物理课堂中的探究教学实践趋向 / 37

第二章 中学物理探究教学的问题聚焦及论述框架 / 39

第一节 中学物理探究教学的问题聚焦 / 40

一、对已有研究的讨论 / 40

二、研究的焦点问题 / 44

	第二节 研究的基本内容及论述框架 / 46
	一、研究的基本内容 / 46
	二、研究的论述框架 / 46
第三章	新的探究教学模式之理论探讨 / 48
	第一节 认知建构概念界定 / 49
	第二节 物理学的认知建构特征分析 / 51
	一、亚里士多德运动学说的认知建构特征分析 / 51
	二、哥白尼“日心说”的认知建构特征分析 / 55
	三、伽利略运动理论的认知建构特征分析 / 58
	四、牛顿力学理论的认知建构特征分析 / 64
	五、物理学的认知建构特征 / 68
	第三节 中学生物理探究中认知建构的典型特征 / 74
	一、课堂探究中学生认知建构特征的观察案例 / 74
	二、中学生物理探究中认知建构的典型特征 / 79
	第四节 课堂情境下学生物理探究的认知发展模型 / 82
	一、课堂情境下学生物理探究的认知发展模型 / 82
	二、课堂情境下学生物理探究的认知发展模型的特征 / 84
第四章	促进认知发展的物理探究教学模式 / 85
	第一节 典型探究教学模式分析 / 86
	一、“学习环”模式分析 / 86
	二、“5E”模式分析 / 87
	三、“萨其曼探究训练”模式分析 / 87
	四、“七要素”模式分析 / 88
	五、“双重情境学习模型”分析 / 89
	第二节 促进认知发展的探究教学模式 / 91
	一、“促进认知发展的探究教学模式”的理论构想 / 91
	二、“促进认知发展的探究教学模式”的要素与结构 / 92
	第三节 “促进认知发展的探究教学模式”的教学策略 / 105
	一、问题定位的策略 / 105
	二、诱导探究的策略 / 106

	三、焦点突破的策略 / 107
	四、知识表征与研讨的策略 / 107
	五、应用整合的策略 / 107
第五章	“促进认知发展的探究教学模型” 实践研究 / 109
	第一节 实践研究的设计 / 110
	第二节 实践研究的实施 / 111
	第三节 实践研究结论 / 138
第六章	基于“促进认知发展的探究教学模型” 的教学设计案例 / 139
	第一节 物理概念的探究教学设计案例 / 140
	一、“升华与凝华” 探究教学设计 / 140
	二、“加速度” 探究教学设计 / 142
	第二节 物理规律的探究教学设计案例 / 147
	一、“光的反射规律” 片段的探究教学设计 / 147
	二、“透镜对光的作用” 片段的探究教学设计 / 149
	三、“动量定理” 片段的探究教学设计 / 151
第七章	关于中学物理探究教学的建议 / 154
	一、中学物理探究教学设计与实施的建议 / 155
	二、中学物理教材编写的建议 / 155
	三、中学物理教师培训的建议 / 155
	四、中学物理探究教学评价的建议 / 156
参考文献	/ 157
附 录	/ 164
	附录 1：“动量守恒定律” 前测卷 / 164
	附录 2：“动量守恒定律” 后测卷 / 166
	附录 3：“机械能” 一章备课建议 / 169
	附录 4：“曲线运动” 一章备课建议 / 177
	附录 5：“动量” 一章备课建议 / 184
	附录 6：“万有引力定律” 一章备课建议 / 189

绪 论

一、研究的背景

科学教育中的探究教学是在杜威教育思想和皮亚杰发生认识论的影响下,由布鲁纳、施瓦布等积极倡导,伴随20世纪五六十年代美国的理科课程改革运动而兴起的。20世纪80年代末,国外学者从哲学、心理学以及科学教育等方面深刻反思科学探究教学中的客观主义倾向,掀起了教育领域的建构主义思潮,逐步形成了对科学认知的建构解释,大大加深了人们对“科学探究”的理解。

至20世纪90年代,美国“2061计划”的推进和《美国国家科学教育标准》的制定使科学探究在科学教育中的核心地位日益凸显。之后,随着众多国家科学教育课程标准的出台,科学探究教学逐步成为国际科学教育的基本理念、课程目标和教学方式。

2001年和2003年,我国教育部先后颁布义务教育阶段和高中阶段各学科的课程标准,在理科课程中明确倡导以探究教学为主的多样化教学方式,使科学探究成为我国中小学理科教学所追求的主流方式。

中学物理新课程的实施促使中学物理教师对新的课程理念做出自己的理解和思考,促使他们对传统的教学方式进行反思、调整和改进。可以说,突出科学过程的探究教学已经引起中学物理教师的广泛关注。

那么,进入新课改之后的中学物理教学的状况如何呢?为了对此有一个初步的了解,在本研究的初期,我们从不同途径搜集了相关资

料。其一，深入中学，对实施新课程的中学物理教学进行现场观摩。在2007年北京市高中进入新课改之际，我们到北京市七所中学观摩并实地记录了几位高一物理教师的数十节课堂教学。其二，搜集并观看中学物理探究教学的录像。我们搜集到的主要是近几年由中国教育学会物理教育专业委员会组织的“全国中学物理教学改革创新大赛”获奖作品中的探究教学案例。其三，搜集公开出版的中学新课改实验区探究教学案例的文本资料。

经过对上述资料的初步考察，我们认为，进入新课改后的中学物理探究教学的基本状况是：（1）部分物理教师能够积极尝试新课标教材中的探究教学方式，按照新课标中的“科学探究要素”模式组织学生进行探究，使课堂教学呈现出生动活泼的局面。但是，不少探究教学设计是以表现科学探究的七个要素为主，形式化倾向较为明显。经过几年的实践探索，探究教学中的形式化倾向有所转变，基于观察与实验的探究也渐成风气。但是，就普遍的情况来看，目前的探究教学在引发学生深层次的建构性思考方面仍然十分欠缺。（2）部分教师基于自己的教学经验对新课标教材中的探究教学方式进行了改造，在坚持传统启发式教学思想的基础上加强了课堂中的演示实验和随堂实验，促进了传授式教学向探究教学的转变。但是在课堂探究中，学生的思考受教师的启发、暗示偏多，思考的深度不够，自主建构性不强。（3）为数不多的具有丰富教学经验的教师能够在课堂上组织学生针对某一问题进行开放式讨论，有效地激发学生的批判性思维，促进学生对知识的进一步理解，但这种讨论主要出现在运用知识解决问题的过程当中，而新知识形成过程中的建构性思考依然不多。

总的来看，目前我国中学物理课堂教学中的探究教学的实施状况不能令人满意。这是因为，无论是体现科学探究七个要素模式的课堂探究，还是基于传统启发式思想的课堂探究，虽然在突出学生主体性方面有所改善，但并没有显著体现出学生认知建构的深刻内涵。中学物理教学的现实迫切需要物理教育研究者寻求具有显著建构特征的课堂探究教学途径。

二、研究的意义

1. 研究的现实意义

研究者认为“从我国现当代教育发展史来看,我国的教育改革所面临的最困难的问题首先是教学实践中的问题”(吴奎亮,2008)。

如前文所述,我国中学新课程实施以来,物理探究教学所面临的问题是十分严峻的。其一,当形式化的探究教学不能取得理想的效果时,探究教学就不能被教师接纳和理解,它只能成为所谓公开课、示范课、讨论课的表现形式,而不能真正成为物理教学的主流方式。其二,如果探究教学的实施不当,其结果不仅会影响学生对科学知识的掌握,还会影响学生对科学方法、科学本质的合理体验和正确理解。

因此,到底该如何理解和实施中学物理课堂中的探究教学,迄今为止,这依然是中学物理教学实践中亟待解决的重大问题。

本研究所针对的就是中学物理课堂中的探究教学实践环节的问题,基本意图是在已有的探究教学概念和理论的基础上,进一步通过对物理学发展历史的考察,深刻揭示物理学的认知建构特征,并深入探讨中学生物理学习的认知建构特点,对课堂教学中学生的认知建构做出进一步解释,进而构建一个尝试性的课堂探究教学模型,以期为中学物理课堂中的探究教学开辟新的途径,为解决现实中的中学物理探究教学的实践问题提供新的思路。

2. 研究的理论意义

本研究针对的是物理探究教学实践环节的问题,它离不开相关理论的支撑。但是,我们并不是简单地将已有探究教学的一般理论直接运用于中学物理教学,而是要基于物理学科的自身特点,在理论上进行更加深入的探讨。具体而言,本研究既要对相关理论研究的最新进展进行引介和评析,还要深入探讨物理学以及物理探究学习的认知建构特征,并对课堂教学中学生的认知建构机制做出进一步描述,进而发展出新的探究教学模型。因此,本研究对中学物理课程与教学论的发展具有积极意义。

3. 研究的应用价值

第一,基于本研究所开发的探究教学模型而确定的课堂教学基本要素,可望帮助我们改进现行中学物理课堂中的传授教学方式和形式化探

究教学方式，为实施中学物理探究教学提供一种可供选择的课堂教学组织方式。

第二，本研究提出的探究教学模型对中学物理教材编写中的课题展开、问题设计及探究实施等具有积极的参考价值。

第三，本研究的实践部分是在中学物理教学的自然状态下进行的，所采用的教学方法、研究方法以及相关数据均可为中学物理教师的日常教学与教研提供借鉴。