

学科教育 前沿论丛

王 磊◎主 编

中学化学课程学科结构研究

——• 魏 锐◎著

ZHONGXUE HUAXUE KECHENG
XUEKE JIEGOU YANJIU



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

北京师范大学出版社

中学化学课程与教学论

· 第二版 ·

教育部师范类专业认证
合格专业



华东师范大学出版社
EAST CHINA NORMAL UNIVERSITY PRESS

学科教育前沿论丛

王磊◎主编

中学化学课程学科结构研究

·魏锐◎著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学化学课程学科结构研究 / 魏锐著. —北京: 北京师范大学出版社, 2012.2

(学科教育前沿论丛)

ISBN 978-7-303-11970-7

I. ①中… II. ①魏… III. ①化学课—教学研究—中学 IV. ①G633.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第253194号

营销中心电话 010-58802181 58805532
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电子信箱 beishida168@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京新街口外大街19号
邮政编码: 100875

印 刷: 北京中印联印务有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 170 mm × 230 mm
印 张: 22.5
字 数: 400 千字
版 次: 2012年2月第1版
印 次: 2012年2月第1次印刷
定 价: 38.00 元

策划编辑: 范 林	责任编辑: 范 林
美术编辑: 毛 佳	装帧设计: 天之赋设计室
责任校对: 李 菡	责任印制: 李 啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

《学科教育前沿论丛》

编 委 会

主 任 顾明远

副主任 郑国民 王 磊

委 员 (按姓氏笔画排列)

王 民 王 蔷 王 磊 刘恩山 郑 林

郑国民 郭玉英 曹一鸣 程光泉

总 序

改革开放 30 多年来，我国教育发展取得了巨大的成绩：在一个有 13 亿人口的发展中国家普及了九年义务教育，高中毛入学率超过了 79%，高等教育实现了跨越式发展，进入了大众化阶段。但是从总体上讲，我国教育还不适应经济社会发展和人民群众接受良好教育的要求。表现在教育观念相对落后，内容方法比较陈旧，中小学生课业负担过重，素质教育推进困难，学生适应社会的能力不强，教育体制机制不活，教育发展不平衡，等等。今后的任务是要促进教育公平和提高教育质量。而提高教育质量又是重中之重。因为教育不公平不仅表现在入学机会上，更表现在教育过程中，即教育质量均衡上。只有达到一定的质量，才能谈得上真正的教育公平。

课程是提高教育质量的核心。纵观世界教育改革的发展的历史，每一次重大的教育改革都是以课程改革为核心。我国新一轮课程改革从试点开始已经进行了 10 年，现在正在总结、调整、改进和完善中。课程改革与学科教育有着紧密的联系，学科教育理论应该是课程改革的理论基础；课程的设置、课程的内容和实施又是学科教育研究的对象。因此，学科教育研究总是围绕着课程改革而展开的，同时促进课程改革和发展，为提高教育质量服务。

《学科教育前沿论丛》就是在我国新一轮课程改革进程中出现的。它研究论述了中学化学、物理、地理、语文等学科教育中的重大理论问题和实际问题，介绍了当今各学科发展的前沿理论。它可以帮助教师对本学科的性质、内容、学科的演变和最新进展有一个全面了解，从而把握本学科的本质特征；可以帮助教师提高对本学科在整体课程中的地位和作

用的认识，掌握学科教学的先进方法，最终达到提高教育质量的目的。

《学科教育前沿论丛》以北京师范大学学科课程与教学论专业的博士论文为基础。这些博士生在导师的指导下深入我国课程改革的实际，并将理论和实际相结合，因此，论丛的内容具有时代性、前沿性、理论性、实践性。我想，读者会从中得到某种知识和启迪。



2010年6月12日

序

我们创意这个《学科教育前沿论丛》，并定位于辑选学科课程教学论专业的优秀博士研究生学位论文。希望以此为平台，催生充满活力的学科教育研究新生力量，记载现代学科教育及其研究的发展沿革和学科教育人才培养的经验，反思学科教育研究的理念、内容、方法和手段，从而实现推动高水平学科教育研究的最终目的。

这是一个成果系列，而且将不断加入最新的研究成果；这个系列的研究成果是充满活力的年轻学者的积极探索所得，而且是他们最投入、最自主的一次研究经历所得；这个成果系列也凝结着各位博士生导师的智慧、心血和追求，记载和反映着大家对学科教育、学科教育研究和学科教育研究人才培养的个性化理解，而且这种理解也将与时俱进、不断发展，令人期待的将是五年、十年甚或是十五年的坚持出版。为感谢培养我们导师和研究生的母校，我们选择了北京师范大学出版社，感谢北京师范大学出版社的领导和责任编辑为京师学科教育前沿论丛的策划、编辑和出版所做出的努力和贡献。

我国的现代化学教育研究应该可以说是从20世纪80年代开始进入了正规的发展阶段，其中重要的标志就是开始招收化学课程教学论专业的硕士研究生。20世纪90年代，我国年青一代的化学课程教学论研究者当中有一批学者进入教育心理学、教育学原理、课程教学论或比较教育等专业进行学习并获得博士学位。进入21世纪之后，我国终于有了第一批化学课程教学论专业的博士生导师，开始招收本专业自己的博士研究生。这标志着化学课程教学论的学科发展进入了新的时期。北京师范大学化学课程教学论专业从2005年开始培养博士研究生，胡久华、魏锐作为第一批博士研究生于

2008年7月顺利毕业,随后是陈颖、宋万璐、支瑶、黄燕宁……此时,我们突然有了一个愿望,就是将这些博士研究生的学位论文编辑出版构成北京师范大学化学教育研究前沿论丛,以这个出版系列,记载北京师范大学化学课程教学论专业博士生导师对学生的培养成果,并希望慢慢显现出我们师生共同的研究取向、研究兴趣、研究方法和研究成果,记载北师大化学教育研究团队的研究路径。

我们以为,化学教育研究的核心选题应该着重于那些能够对教师的教学进行干预的,化学教育研究的问题域应着重于持续地回答教什么、为什么教、怎么教和教得怎么样这些基本而核心的问题。主要包括化学课程内容的选取和组织,化学教学的方式方法和策略,学生化学学习与发展的空间和层级、学习的规律和特点、学习与发展水平的评价及其影响因素,以及化学教师的成长与专业发展等方面的问题。所谓前沿论丛就是新的时间里,年轻的学者在重要而核心的研究领域进行独立的思考和研究,提出具有前瞻性和趋势性的研究问题和学术观点,开展深入扎实的实验和实践研究,探索科学合理有效的研究方法,得到独有的研究数据和资料,形成具有理论和实践双重价值的研究成果。

魏锐于2002年获保送成为北京师范大学首批“4+2”硕士研究生,由我指导开展硕士学位论文《教科书结构分析与实证研究——以〈实验化学〉为例》研究,表现出较为突出的研究兴趣和能力。硕士毕业当年考取我的第一批博士,与胡久华成为同年博士同学。读博期间,作为核心成员之一参加了《高中新课程选修课教与学(化学)》、《化学教学研究与案例》、《普通高中选课与学习指南(化学)》、《传感技术——化学实验探究手册》、《化学综合实验》等著述的编写工作;连续几年作为核心成员之一参加了由我主持的教育部高中化学新课程教师远程培训项目。他表现出很好的综合素质,并对科学哲学及学科结构、课程教材和化学实验等研究领域具有强烈兴趣和独到见解。本书为魏锐由其博士论文《基于学科结构的学术中心化学课程研究》修订而成。该论文以学科的基本结构作为研究的切入点,在对国内外具有代表性的化学教科书进行文本分析以及对相关研究成果进行综述的基础上,建立了学科结构的模型,将学科结构划分为两种类型——基于类目关系的学科结构和基于实质联系的学科结构,首次明确提出基于实质联系的学科结构是有别于类目关系的学科内容结构化的另一种重要形式。以科学哲学、教育学和心理学等多种理论为基础对两类学科结构模型及其相互关系进行了深刻的论证和阐述,并系统梳理了基于类目关系的中学化学学科结构,首次构建了基于实质联系的中学化学学科结构,特别概括阐述了结构观、能量观、化学时间、系统观等化学的基本观念,探讨了基于三个维

度和三个水平的化学课程的学科结构模型。在上述研究基础上，独立创编了一套体现学科结构的化学课程并编制讲义，亲自在中学进行了两年的试教、探索和反思，并将试教的心得融入论文撰写之中。论文从多方面强调了统摄概念在整合与改革中学化学课程结构中的作用，为重新审视学术中心化学课程的合理内涵提供了有力的例证，对于化学课程与教材内容的研究具有积极的启发意义和前瞻价值。

这是北京师范大学化学教育研究所近年来在基于学科本质与学生认识发展视角对化学课程教学论开展系列化研究的重要成果之一。该研究成果的突出意义和价值在于对化学学科本质、学科结构、学科思想、基本观念、统摄概念等进行的深刻阐释，并在此基础上提出了如何实现课程化的系列思路和策略。这一研究成果在当前国际上理科课程设计与研究越来越重视核心概念和大观念的形成与建立、强调课程内容的连贯一致与整合贯通、科学设计学生学习发展进阶的新趋势下将显示出更为重要的意义和价值。

王 磊

2012年1月于北京师范大学化学教育研究所

前言

化学课程之所以称其为学科课程，是因其课程的核心内容取之于化学学科，课程内容的逻辑受化学学科逻辑的约束，课程内容的结构受化学学科结构的影响。由此，学科是课程的基础，课程是连接学科和教学的桥梁。不管从学科到课程要经过怎样的处理和转化，都需要考虑学科的逻辑与学科的基本结构。因此不论是基于学科、基于学生，抑或是基于社会问题的课程编制取向，所有的课程之中都必然有学术性线索。但值得反思的是，在一场场教师培训、一堂堂教学研讨课、一部部探讨课程与教学的著作之中，人们又给予了学科概念本身、学科逻辑以及学科结构多少关注呢？

也许假设是这样的，人们已经谙熟于学科本身，或者说我国的课程对学科本身的关注是太多了，而非太少了。我国的中小学课程长期冠以“学术中心”的头衔，饱受舆论的批判。课程内容繁、难、偏、旧，教学过程重知识的传授而轻科学过程的体验，学生课业负担过重等问题困扰着中国的基础教育。尤其是在目前“素质教育”、“教育公平”、“人本教育”、“愉快教育”、“教育对话”等话语体系下，“学术中心”就唯有遭到批判，而无立足之地了。

优化课程方案、改进教学设计固然是提高教育质量的一条有效途径，而对学科内容本体与学科的结构进行思考，从而对课程内容的选择与组织进行深入研究和改造也相当重要。例如，对于化学学科，什么是这个学科的基本结构？如何分析其学科结构？如何将化学学科的基本结构转换为课程结构？如何转化为体现学科结构的教学设计？……近几十年来这一领域的研究颇为有限，对于这些课程论的核心命题仍然缺少深入的研究，并未提出课程与教学设计的很好的方法和策略。

也就是说,人们对学科本体的了解与反思不是太多,而是太少了,是一种因为“熟知”的“漠视”,被“重视”并“忽视”着。

眼前我们所处的时代,西方的文化不断充斥着我们的视野,我们也安心于引证来自西方的证据。谈起学科结构,不得不把镜头拉回20世纪60年代,发端于美国的轰轰烈烈的学科结构化运动,构建了一批学科结构课程(“学术中心课程”的典型代表),倡导通过掌握科学的基本结构和研究方法,发展受教育者的能力。尽管学科结构化运动在世界范围内得到广泛的关注和响应,但最终却以失败而告终,并受到普遍的批评。这场运动的失败成为人们读史以明鉴的“有力证据”,这也许是学术中心课程的实践和研究沦为“非主流”的又一个重要原因吧。

值得思考的是,学科结构化运动的失败以及对这场运动的各种批判,是其理论的彻底失败和对它的完全否定,还是缘于理想与现实的差距?通过对其基本理论的研究和梳理以及与各种批评进行细致的对比,可以发现学科结构化运动的失败不等于学术中心课程理论的失败,而是因为实践层面的课程改革并没能很好地落实学术中心课程的基本理论。学科结构化运动所倡导的基本理念和基本思想之中仍有大量的极富研究价值的命题值得我们去探寻。可以毫不夸张地说,学科结构化运动是课程现代化进程中的一座里程碑,学术中心课程使学科课程发展到新的阶段!

视线再回到中国这片热土上。当一些课程内容试图被不断削减、教学要求试图被不断降低的时候,一批批有识之士又会拍案而起,“长此以往,国将不国”了!由此,凸显学术性的课程必然在我国课程方案中留有一席之地,而且是一个重要的席位。当然,在“科学技术是第一生产力”、科学教育会直接影响一个国家的综合国力的背景下,对于国际科学教育而言也是如此,于是我们可以看到当前世界各国学校课程仍以学术性的分科课程为主。在我国新一轮基础教育课程改革的课程框架中,仍然确保了学术性模块的重要位置。不容置疑,学术中心课程是一种重要的课程类型,对于学生具有奠定学科基础、促进思维发展、提升研究能力的作用;对于应对科学技术和社会经济发展提出的挑战,满足人类文明进步、国家和民族发展的需要,以及满足学生个体发展的需要都具有重要的意义。

尽管学术中心课程已经成为一种基本的课程设计取向,是科学课程中的一种重要形式。但是学术中心课程的理论尚存在不够深入、不够微观等局限性,学术中心课程的具体编制和教学实践也存在很多问题。通过本书的探讨,读者能够明确地体会到:我国的学科课程尽管长期冠以“学术性”的头衔,但是与学

术中心课程的基本理念和要求却存在很大差距。学术中心课程所倡导的学科探究方法与态度并未很好体现,对于学科的基本理论结构也缺少深刻的反思与阐释。已经不是再盲目批判学术中心课程的时候了,而是要弄清到底什么是学科结构,如何落实学科结构,如何使学术中心课程更加符合学生发展的需要……我们不禁要呼吁加强对学科结构和学术中心课程研究的必要性了!

本书正是以此为切入点,尝试建立学科结构的模型;深入剖析化学的学科结构,并尝试将其转换为学生易于接受的结构形式;进行化学课程的比较研究,并对学科结构在化学课程中的具体落实以及相关教学提出建议。

本书将学科结构划分为两种基本类型,并提出分析学科结构的思路和方法。①基于类目关系的学科结构:科学分类的过程在于发现事物之间的类似关系,并用统摄性的概念原理将看似并不相关的事物(或命题)联系起来,便形成一个类。科学是组织化的知识体系,类目是学科结构的重要形式。分类不仅是科学发展的必要途径,也是学生形成科学认识的重要工具。②基于实质联系的学科结构:随着科学家不断探寻事物运动更本质的规律,类内部的实质联系被逐渐揭示,不同类之间的实质联系也被发现。在此基础上,新的类被创立,类目结构被调整。同时,也还有许多实质联系尚未转化为人们认识事物的习惯的思维方式(或称为思维范式),即还没有改变已有的类目结构。因此,实质联系是有别于类目关系的学科内容结构化的另一种形式。

借此,本书重新梳理了中学化学课程的核心内容,指出这些内容在分类上所存在的分类破缺和分类杂糅等问题,并对中学化学课程内容的类目关系进行了分析讨论。其中,化学反应分类的二维模型是本书对化学反应分类的新见解,化学反应分类的层次模型提供了建立不同化学反应之间联系的线索。本书的另一个重点在于构建中学化学课程核心内容的实质联系,设立了“从原子到分子——相同与不同”、“物质结构的简单判断——分子轨道的简化”、“重建化学键模型——连续的观点”、“分子的构成——水的‘衍生’”、“化学反应的方向——熵增加与势能降”、“平衡与速率——热力学与动力学的统整”6个论题,对化学核心概念的本质进行了深入的探讨,澄清了中学化学教学中许多常见的认识误区。通过对概念间实质联系的研究,并在考虑学生认知结构特点的基础上建立统摄性的概念,为学科结构在课程编制中的具体体现提供借鉴。在此基础上,本书概述了结构观、能量观、化学时间、系统观等化学的基本观念,并对基于三个维度(结构、能量和时间)和三个水平(宏观、分子、电子)的化学课程的学科结构进行了简短讨论。

本书对化学学科结构中类目关系的讨论,主要探讨物质和化学变化的分类

体系，侧重于描述性知识；而对实质联系的揭示，主要探讨物质结构和反应原理核心概念的内涵及相互之间的关系，侧重于理论性知识；这样，两大部分各有侧重，相互补充，构成一个有机整体，使化学学科结构的概貌得以展现。

本书还选择了国内外不同时期的8套18册中学化学教材作为学术中心课程的代表性案例进行比较研究。从原子结构，化学键、分子与晶体，物质的类别与存在形式，氧化还原与电化学，化学反应方向、限度与速率5个方面讨论了统摄性概念的建立、概念组的编制以及概念群的群内和群间关系。根据上述研究，本书将学术中心课程划分为基于类目关系的学术中心课程和基于实质联系的学术中心课程，并对课程和教学中一些耳熟能详的命题进行了反思和不同角度的探讨。

本书适合不同的读者，化学教师、化学教研员、化学教育研究者，以及在读的化学专业师范生，甚至是热爱化学的中学生，都可以从本书中获得有益的观点。

如果读者从一线教学的角度出发，可能期待看到实操性的、可直接用于教学的内容，第五、六、九章能够很好地满足这一要求。这几章直指中学化学课程中的核心概念，或是建立看问题的新视角，或是澄清现有的认识误区，或是对比不同教材的编写方式，或是给出新颖的教学思路。如果读者着眼于化学教育研究，除上述章节外，第一、三、四、七、八章旨在对学科结构与学术中心课程的基本理论问题进行反思和阐述。这几章对化学学科结构的已有研究进行了梳理，提出构造凸显实质联系的化学学科结构的思路与方法，并进而对课程编制的理论展开讨论。

第二章从哲学的视角对学科结构的两种基本类型——“基于类目关系的学科结构”和“基于实质联系的学科结构”进行理论论证，这是本书整体架构以及具体分析、比较研究的基础。但本章也是相对晦涩的一章，如果读者觉得着实枯燥，可以略过本章，不影响对全书其他章节的理解；但如果读者能够耐心地把这一章读完，相信它一定能促进读者对科学认识过程的反思和对科学本质的理解。

本书的引论和余论尽管没有编入章目次，但它们通过轻巧的内容和鲜明的观点，提请大家关注那些司空见惯、习以为常却往往被忽视甚至漠视的问题，同样会引发读者的共鸣和思考。

最后需要说明的是，由于作者并不具备科学哲学的学习或研究背景，进行化学研究的经历也并不丰富，本书的撰写是在边学习、边思考、边研究、边实践的过程中进行的。对相关问题的哲学反思深度有限，对学科问题的探讨也难免出现错误，在论述和行文过程中也会存在各种纰漏和谬误。本书所做的探

讨，仅是对“学科结构”的结构和中学化学课程中的化学学科结构的尝试性构建。不过笔者认为，本书的价值不在于给出分析学科结构的固定模式或者化学学科结构的确切框架，更重要的是引发读者的思考，关注这些尽管处于核心，却不被重视的问题。通过本书的出版，我们也强烈呼吁重新审视和研究学术中心课程及其理论，倡导对学科内容本质和学科结构进行深入剖析，并建立了学科结构分析、课程编制与研究的新思路和新视角。这些对于化学课程研究的意义也许并不亚于本书所给出的具体的分析和结论。

若本书中的只言片语能够引起读者的共鸣，生成新的更有价值的研究问题，在课程研究的学术海洋中扬起远航的风帆，作者当感到无限的欣慰。聊以为序。

作者

2011年10月

目 录

引论 揭开尘封的记忆

引论 揭开尘封的记忆 /3

- 第一节 揭开尘封的记忆：学科结构——永无
休止的批判 3
- 第二节 被重视并忽视着：学术中心——不容
遗弃的取向 12
- 第三节 非主流的挣扎与奋起：学科本体——课程
编制的起点 19

上篇 化学学科结构的反思

第一章 “学科结构”的结构 /29

- 第一节 “学科结构”理论探源 29
- 第二节 “学科结构”的结构 40

第二章 学科结构的两种基本类型 /45

- 第一节 类比——“发明”科学理论的重要途径
..... 45
- 第二节 学科结构的类目关系与实质联系 ... 59
- 第三节 学科结构的分析方法 73

第三章 类目——化学学科结构的模式 /86

- 第一节 中学化学课程的核心内容 87

第二节	化学学科的分支及层次结构	107
第三节	化学物质及变化的分类体系	110

中篇 基于实质联系的化学学科结构的构造

第四章 建立化学概念间实质联系的有效途径 /133

第一节	化学科学的维度、水平与基本观念	133
第二节	建立实质联系的思路与方法	137
第三节	实质联系构建中的论题选择	140

第五章 用联系的观点看物质——微观粒子的相似性 /142

第一节	从原子到分子——相同与不同	142
第二节	物质结构的简单判断——分子轨道的简化	162
第三节	重建化学键模型——连续的观点	173
第四节	分子的构成——水的“衍生”	179

第六章 化学反应的方向与快慢——分立与统整 /195

第一节	自发反应的方向——熵增加与势能降	195
第二节	平衡与速率——热力学与动力学的统整	207

下篇 学科结构视域中的化学课程编制

第七章 基于学科结构的课程——学术中心课程 /227

第一节	“学术中心课程”理论探源	227
第二节	学术中心课程的基本特征	246
第三节	学术中心课程的两种亚型	250

第八章 学科结构在化学课程中的呈现形式 /254

第一节	基于类目结构的中学化学课程编制	254
第二节	实质联系在课程中的呈现——概念的群组模型	261

第九章 化学课程中实质联系的比较研究及课程论问题探讨 /267

第一节	原子结构	267
第二节	化学键、分子与晶体	279