

学科教育 前沿论丛

刘恩山◎主 编

初中生物学 前科学概念研究

· 李高峰 ◎ 著

CHUZHONGSHENGWUXUE
QIANKEXUEGAINIAN 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

学科教育 前沿论丛

刘恩山◎主 编

陕西师范大学研究生教育教学改革研究资助项目

初中生物学 前科学概念研究

·李高峰◎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

初中生物学前科学概念研究 / 李高峰著. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.5

(学科教育前沿论丛)

ISBN 978-7-303-12238-7

I. ①初… II. ①李… III. ①生物课—教学研究—初中
IV. ①G633.912

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第049814号

营销中心电话 010-58802181 58808006
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电子邮箱 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: 18

字数: 312千字

版次: 2011年5月第1版

印次: 2011年5月第1次印刷

定价: 32.00元

策划编辑: 姚斯研 梁志国

责任编辑: 姚斯研

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

总 序

改革开放三十多年来，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，中小学生学习负担过重，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》以北京师范大学课程与学科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 言

1996年我正在衣阿华大学访学时，读了导师 Yager 教授参与编著的名为“*What Research Says to the Science Teacher*”的一本书。在阅读中感到颇受启发的同时，也梦想了两件事情：什么时候我们可以基于本土的研究为中国的中学生物学和科学教师写一些相同的书？什么时候我们可以基于研究结果来提高生物学教育水平？在当时看来，这样的目标似乎十分遥远。今天，这两件事我们可以做了，我们正在做。所以，我在为这套《生物学学科教育前沿论丛》构想序言的时候，首先想到了：这就是当年我所期待的中国版的“research says”。这不大不小的梦想成真，心中的喜悦和兴奋之情也油然而生。为此，我要祝贺这套丛书的出版！这是我国生物学教育发展中的一个具有标志性的成果。

细细算来，从做梦到圆梦已经有将近十五年的时间了。在这期间，我国社会和经济的快速发展不仅为基础教育的发展提供了良好环境，也对教育提出了更高的要求；在这期间，我国开始了第八次基础教育课程改革，中学生物学课程从理念到实践都发生了深刻的变化；在这期间，生物学课程改革实践中产生的许多新问题已经无法从我们以往经验中回答，运用科学研究的思路和范式来探讨生物学教学问题成为了我们必不可少的选择；在这期间，北京师范大学完善了生物学课程与教学论硕士研究生的课程建设和培养方案，并在国内率先实施了生物学教育博士研究生的培养计划，生物学教育专业研究人才的培育机制走向完善；在这期间，几十位优秀的学子在北京师范大学开展研究，以学位论文的形式回应了生物学课程和教学中的问题，其中的佼佼者为这一丛书编写和出版提供了坚实的素材。十五年，回首往事如梦，但对参

与者而言却是步步艰辛。正是有了这十多年的积淀，才使得这套丛书的出版变得水到渠成。

从国家整体的生物学教学水平而言，其发展和提高的途径至少可以通过三种主要的形式来实现，即通过国外引进一本土化的过程实现发展，通过教学实践经验的积累和传播的发展，以及用科学实证方法研究学科教育所推进的发展。回顾我国中学生物学教育发展的历史可以看到，从十九世纪中期至二十世纪中后期，我国中学生物学课程的发展主要是基于国外引进一本土化的过程实现；二十世纪后期，主要依靠了教学实践经验的积累和传播来促进和实现发展；进入新世纪后，生物学教育的提高则同时依赖了引进、实践和研究的途径，其中利用了本土研究或基于国外研究成果来推进课程发展的因素大为提高。这样的变化有利于生物学教育的发展保持理性的决策、稳定的方向和更好的实践效果。因此，高质量的生物学教育研究以及其成果传播在推进课程改革和教师专业发展方面的作用愈发不可忽视。这样的认识也是这一丛书编写和出版的宗旨。

丛书中的每一册都是以博士研究生的研究成果和学位论文为基础，展示了研究者在揭示生物学教育教学规律、探讨理论、实践问题方面所取得的成果。这些研究大都是以中外已有的研究为起点，基于当代的教育理论或观点，运用自然科学的研究思路和方法，采用可信的测量工具来探究并回应生物学课程发展或课堂教学中的问题。书中的内容不仅阐述了相关研究的意义、最新进展、研究成果在实践的应用价值，还在文献资源、实验设计、测量工具开发、检验以及数据处理方法等方面都有所介绍。我们希望这套丛书所介绍的内容对中学生物学课程设计人员、教材编写人员、教研员、一线教师、高校从事生物学教育研究的教师和研究生都有不同的帮助。当然，丛书中所涉及的研究尚不能处处都做到字正腔圆、完美无缺，其中的瑕疵也恳请同行们的指正。尽管如此，我们仍然希望以这一丛书来分享我们在生物学教育研究方面的关注、思路、方法和现阶段取得的成果，抛砖引玉，以激发更加深入的研究、助推良好的教学实践。

李高峰是陕西师范大学生命科学学院副教授、硕士生导师。作为中学生物学教师和教研员，他具有11年的教学经历。多年的教学实践，使得他对生物学教育有了较为深入的理解和领悟，也为日后开展系统的研究积累了宝贵的素材和经验。他2001年考入北京师范大学生命科学学院，攻读生物学课程与教学论，并先后于2003、2007年获得教育硕士学位、教育学博士学位，成为我国大陆培养的首批生物学课程与教学论专业的博士。《初中生物学前科学概念研究》一书正是李高峰博士论文的研究成果。过去的十多年间，关于生物学前科学概念的研究报告大都是来自境外的学者，而本书的突出价值就是基于实证

研究的方式揭示了我国初中生和教师在生物学前概念方面的现状及其产生的缘由，为有效开展生物学概念教学提供了针对性的研究证据，具有很好的理论和实践价值。

在我们发展本领域研究生教育的努力中、在我们开展课题研究的过程中、在我们决定和编纂本套丛书的工作中，得到了境内外许多朋友和同事的无私支持和热情帮助，没有这些宝贵的援手，也难有我们今天的进步。真诚感谢所有支持我们的朋友！

在写这个序言时，正是 2011 年春节，窗外烟花四起，鞭炮声不绝于耳。在人们喜迎虎年之际，祝愿我们的生物学教育研究虎跃龙腾，加速发展！也希望《生物学学科教育前沿论丛》能够成为我们事业腾飞道路上的一块基石。

刘恩山

2011 年 2 月于北京

作者简介

李高峰(1970—),男,河南沁阳人;陕西师范大学生命科学学院副教授,教育学博士,硕士生导师。

1988年毕业于河南省沁阳师范学校。

1988—1993年在河南省沁阳二中任教;期间在河南师范大学生物系函授学习,获专科学历。

1993—1999年在沁阳市教委教研室任教研员;期间在河南教育学院生物系自修,获本科学历。

1999—2000年在北京外国语大学进修英语。

2001年考入北京师范大学生命科学学院,师从于生物教育学家刘恩山教授攻读生物学课程与教学论,分别于2003年、2007年获得教育硕士学位、教育学博士学位。

2007年7月进入陕西师范大学生命科学学院生物学课程与教学研究室工作。

2010年6月进入陕西师范大学教育学博士后流动站,师从胡卫平教授开展“中学科学教师专业能力发展”研究。

目 录

绪论 前科学概念研究的缘起 /1

第1章 科学概念 /6

1.1 概念及科学概念 6

1.2 科学概念教学五要素 7

第2章 前科学概念的术语和内涵 /17

2.1 前科学概念的术语 17

2.2 前科学概念的内涵 23

2.3 生物学前科学概念的内涵 29

第3章 前科学概念的性质、类别及共识 /38

3.1 前科学概念的性质 38

3.2 生物学前科学概念的类别 44

3.3 前科学概念研究的共识 51

第4章 初中生生物学前科学概念的抽样调查 /57

4.1 初中生生物学前科学概念测量
问卷 57

4.2 测量结果与分析 62

第5章 初中生物学教师前科学概念的抽样调查 /78

5.1 初中生物学教师前科学概念测量
问卷 79

5.2 测量结果与分析 83

5.3 初中生物学教师与学生前科学概念
的关系 89

第6章 前科学概念的来源 /100

- 6.1 生物学前科学概念来源的理论分析 102
- 6.2 初中生生物学前科学概念的来源的自我分析 113
- 6.3 生物学教育工作者对学生前科学概念的来源的分析
..... 121

第7章 生物学前科学概念发展的相关因素 /145

- 7.1 初中生生物学前科学概念相关因素调查问卷 146
- 7.2 测量结果与分析 149

第8章 初中生物学错误概念的揭示 /165

- 8.1 个体概念的内部言语外显鉴别法 167
- 8.2 前科学概念揭示表 170
- 8.3 案例及分析 180
- 8.4 揭示出来的生物学错误概念 186
- 8.5 教师访谈 194

第9章 初中生物学错误概念的转变策略 /204

- 9.1 国外前科学概念的转变策略概览 204
- 9.2 我国前科学概念转变策略的研究 212
- 9.3 初中生物学错误概念的内涵修整策略 218
- 9.4 教学实验 221
- 9.5 案例及访谈 232

第10章 教学建议及研究展望 /246

- 10.1 教学建议 246
- 10.2 研究展望 252

参考文献 /257**附录一:七年级生物学错误概念转变的调查问卷 /269****附录二:七年级生物学后测试卷 /271****后 记 /276**

绪论 前科学概念研究的缘起

“前科学概念”是一种客观存在，人们何时开始对其关注和研究无从考证。据有关资料显示，美国的斯坦利·霍尔(Stanly Hall)早在1903年就曾启动一个计划，调查儿童对自然现象如热、霜和火的观念。前科学概念理论研究的起点应是皮亚杰的认知发展论和维果茨基的思维与语言的研究。

让·皮亚杰(Jean Piaget, 1896—1980)是瑞士著名的儿童心理学家、哲学家和教育家，是当代著名的发生论专家。皮亚杰的心理学偏重于儿童认知、智力和思维发展的研究，建立了结构主义的儿童心理学。皮亚杰按照不同的语言机能，把儿童的言语分为自我中心言语和社会化言语。他认为，儿童最初的言语是自我中心的言语，从七八岁起，自我中心言语开始萎缩，儿童表现出想和别人共同活动的欲望，并开始试图改进交流思想的方法和增进相互间的理解。皮亚杰强调自我中心思维是自发产生的，不能客观地看世界，缺乏理智上的相对性和任何理性的参照系统。据已有的文献，皮亚杰是最早注意到儿童这两种概念的区别的学者，他将其分别称为“自发概念”(spontaneous concepts)和“非自发概念”(nonspontaneous concepts)；皮亚杰关注自发概念，但对自发概念如何与非自发概念交互发生作用研究不多。

列夫·谢苗诺维奇·维果茨基(Lev Semenovich Vygotsky, 1896—1934)是文化—历史学说(culture-history theory)的创始人，他对皮亚杰关于儿童自我中心言语问题的解释给予了评价，肯定了皮亚杰对心理学的贡献，同时也提出了异议。可以说，皮亚杰的研究对维果茨基具有一定的影响，引发了他更多的思考。

维果茨基研究教学与发展的关系时，对儿童通过经验和独立思考形成的“日常概念”和在学校里所学到的“科学概念”之间的关系非常感兴趣。他认为，“日常概念基于特殊的事例，它并不是一个具有内聚性的思想体系的一部分，而科学概念则是某一个系统的一部分”^①。

维果茨基在《思维与语言》中陈述了皮亚杰的观点。皮亚杰认为，日常概念

^① 鄢超云：《从日常概念到朴素理论——维果茨基关于日常概念与科学概念的理论及其挑战[J]》，《学前教育研究》，2003(5)：8—10。

与科学概念分别是自发的(spontaneous)和非自发的(nonspontaneous),即自发概念和非自发概念。自发概念是儿童通过自己的心智努力形成的,非自发概念是受成人的决定性影响而形成的。皮亚杰说,二者具有鲜明的界限,非自发概念值得单独研究。维果茨基指出,皮亚杰的错误在于没能看到两种概念之间的相互作用。实际上,自发概念和非自发概念的发展是彼此联系和相互影响的,它们是单一过程的组成部分,本质上是一个整体过程,不是对抗的冲突和相互排斥的心理形式。

对于童年期科学概念的发展,维果茨基认为,概念“是一种复杂而又真实的思维活动,这种思维活动无法通过训练来教授”^①;“概念的直接教授不可能,而且没有效果”^②。儿童习得一个新词时,仅仅是概念发展的开始,它不断地被高级类型的概括所取代。科学概念和日常概念是在全然不同的内部条件和外部条件下形成和发展的,一个源自课堂教学;一个源自儿童自己的个人经验。科学概念和日常概念与儿童的经验有着不同的联系,而且在儿童对事物的看法上,具有不同的影响。科学概念和自发概念从开始到最后的形成遵循着不同的发展路径。

关于学龄期儿童日常概念和科学概念所具有的典型特征,维果茨基赞同皮亚杰的观点。他们认为,儿童思维不周密、无意识,其日常概念是以儿童意识不到关系为标志的。例如,儿童能够抓住句子“因为我病了,不能上学去”的意思,自发地、正确地运用了“因为”一词,但他不知道如何有意识地使用,意识不到因果关系;在许多情境中,常用结果代替原因。日常概念(自发概念)具有无意识、非系统的特征。儿童在操作自发概念时,并未意识到它们,其注意力通常集中在概念所涉及的对象上,而没有集中在思维活动本身。例如,儿童打了个结,他的知觉集中在结上,而非动作上,他不能解释那个结是如何打的。儿童获得科学概念时,学校教学促使儿童把知觉到的东西概括起来,帮助儿童意识到自己的心理过程。科学概念被置于一个概括关系的系统中,成为一个系统的组成部分,隶属于意识并被有意识地控制。如某一概念被纳入一个上位概念(superordinate concept)和一系列下位概念(subordinate concept)构成的系统中。例如,儿童知道“花”和“玫瑰”,但他对“花”包括“玫瑰”无意识,认为它们是并列的,不把“玫瑰”作为下位概念。当“花”这个概念变得概括化时,“花”和“玫

① [俄]列夫·谢苗诺维奇·维果茨基. 思维与语言[M]. 李维,译. 杭州:浙江教育出版社,1997:93.

② [俄]列夫·谢苗诺维奇·维果茨基. 思维与语言[M]. 李维,译. 杭州:浙江教育出版社,1997:94.

瑰”的关系在儿童头脑中发生变化，上下位关系形成，一个系统产生了。

科学概念与自发概念的关系隶属于学校教学与儿童心理发展的关系。关于学校教学与儿童心理发展的关系，有三种观点。第一种观点认为，教学和发展是彼此独立的，发展遵循着它的正常进程，不经教学也能达到高级水平。第二种观点认为，教学和发展这两个过程是同一的、同义的。第三种观点是对前两者的折中，认为发展具有两个方面：成熟和学习，二者相互依存；教学对发展具有意义，教学可跟随成熟或与其同步，也可在其进程中领先于成熟。维果茨基等人的调查和研究表明，教学所需的心理基础的发展并不先于教学，发展的曲线与学校教学的曲线并不一致，教学先于发展；教学操作促进了高级的心理机能的发展。维果茨基认为，学校教学促使儿童科学概念的发展亦是如此。

维果茨基等人指导雪夫(I. Shif)以小学生为被试，用实验的方法对科学概念的发展与日常概念的发展进行比较研究。给儿童提供结构上相似的问题，让他们去处理两组材料：第一组为科学的材料，来自二年级和四年级的社会科学课程；第二组为日常的材料，来自日常生活的简单情境，例如，“因为……这个男孩出去看电影”，“虽然……这个女孩还不会阅读”。比较学生的解答(表0.1-1)发现，“当课程提供必要材料的时候，科学概念的发展先于自发概念的发展”^①；“在科学概念领域达到高水平的儿童也提高了自发概念的水平”^②。

表 0.1-1 二年级和四年级学生的科学概念和自发概念的发展^③

正确完成的句子片段	二年级/%	四年级/%
用“因为”完成的句子片段		
科学的概念	79.7	81.8
自发的概念	59.0	81.3
用“虽然”完成的句子片段		
科学的概念	21.3	79.5
自发的概念	16.2	65.5

① [俄]列夫·谢苗诺维奇·维果茨基. 思维与语言[M]. 李维, 译. 杭州: 浙江教育出版社, 1997: 116.

② [俄]列夫·谢苗诺维奇·维果茨基. 思维与语言[M]. 李维, 译. 杭州: 浙江教育出版社, 1997: 118.

③ [俄]列夫·谢苗诺维奇·维果茨基. 思维与语言[M]. 李维, 译. 杭州: 浙江教育出版社, 1997: 117.

维果茨基认为,科学概念和自发概念沿着相反的方向发展,自发概念的发展是向上的,科学概念的发展是向下的;两个过程是密切相联的,自发概念向上发展,使儿童达到某种水平,以便吸收相关的科学概念,科学概念向下发展,到达更为基本的和具体的水平。其关系类似于母语的学习和外语的学习。儿童能够从其学习母语拥有的意义系统迁移出新的语言,反过来,外语学习也促进了更高形式的母语的掌握。区别自发概念和科学概念的最重要的心理依据是:是否是一个系统。例如,哑童没有多大困难就能学会“桌子”“椅子”“沙发”等词,但学习“家具”就太难了;同样,能够学会“衬衫”“帽子”“裤子”,却难以掌握“服装”的概念。哑童难以概括、抽象,将这些词都置于同一个层次上,没有上位概念和下位概念的关系,都是并列概念。与之相反,科学概念是一个系统。例如,能将“花”置于上位概念,将“玫瑰”置于下位概念,将“玫瑰”与其他具体的花定为并列概念。

皮亚杰对“自发概念”的研究、维果茨基对“日常概念”的研究是前科学概念研究的开拓性工作,他们的研究除了为后人提供理论性的结论,还有关于科学概念和日常概念研究的方法论的结果。他们的研究领域是儿童思维心理学,研究的范畴是社会科学的概念,以此为起点,前科学概念的研究逐步开始涉足学校教学中不同领域的概念。

学术界对学生的前科学概念的研究已有百年历史,文献丰富,成绩斐然。皮亚杰对儿童自发概念的研究和维果茨基对日常概念的研究具有开创性的价值,为后人进行前科学概念的研究奠定了理论基础。国际上科学教育研究人员对前科学概念的术语、定义进行了比较和界定,揭示了前科学概念的性质;在物理学、化学、生物学等学科,进行了比较深入和广泛的研究。国际前科学概念研究的成果对我国相关领域的研究不仅提供了理论支持,而且也给予了方法论的指导,具有参考和借鉴意义。我国前科学概念的研究在物理学、化学和生物学等领域也已起步,取得了一定的成果。

学生系统地学习生物学是从初中阶段开始的,在开始学习生物学之前,个体已经在日常生活中认识了许多生物、拥有了许多生物学概念。但是,个体所拥有的这些生物学概念与科学的解释是不尽一致的;学生是带着大量的生物学前科学概念走进生物学课堂的,是在大量的前科学概念的基础上开始学习生物学的,前科学概念对生物学教学具有显著的、广泛的和长久的影响,认识和研究初中生物学前科学概念是中学生物学课程与教学研究的重要课题。

知识链接

显微镜的种类很多，如普通光学显微镜、暗视野显微镜、相差显微镜、荧光显微镜、透射电子显微镜、扫描电子显微镜和扫描隧道显微镜。

电子显微镜，简称“电镜”，是根据电子光学原理，用电子束和电子透镜代替光束和光学透镜，使物质的细微结构在非常高的放大倍数下成像的仪器。电子透镜是电子显微镜镜筒中最重要的部件，它用一个对称于镜筒轴线的空间电场或磁场使电子轨迹向轴线弯曲形成聚焦，其作用与玻璃凸透镜使光束聚焦的作用相似，所以称为电子透镜。

随着技术的发展，一些普通光学显微镜不再利用自然光源，而用内置的 220V 的电光源照明系统。这种利用“电”作为光源的显微镜仍然是光学显微镜，而不是“电子显微镜”，当然也不能简称为“电镜”。

第1章 科学概念

内容提要

- 概念是反映事物及其特有属性的思维形态。
- 科学概念是反映自然界中各种物质、现象及其本质属性的思维形式，包括物理学概念、化学概念、生物学概念、矿物学概念、数学概念等。
- 科学概念的获得，需要具有概念的语词、概念的内涵、概念的外延和概念的例证。
- 进行科学概念的教学，要关注五个基本要素：科学概念的语词、内涵、外延、例证及其前科学概念。

1.1 概念及科学概念

客观世界中存在着各种各样的个别事物，每一事物都具有许多属性。在日常生活中，人们通过感觉、知觉与印象对客观事物有了一个感性认识——通过感性认识感知的事物是一个个的具体事物；例如，在生活中认识了张三、李四，男人、女人，大人、小孩，中国人、外国人等。随着社会实践的继续，感性认识就进一步发展为理性认识——将上述的张三和李四、男人和女人、大人和小孩、中国人和外国人的区别舍弃掉，即把对这些人的一些认识去粗取精、去伪存真，将他们区别于动物的特点抽取出来，认识到“人”的特有属性是“能够制造和使用生产工具”。这种认识，就是对人的“理性认识”，亦即“人”的概念。概念是反映事物及其特有属性的思维形态。

知识链接

家兔、袋鼠、蝙蝠、鲸、猫、狼、黑熊、牛、猴之间具有很大的差别，但它们都是哺乳动物。

哺乳纲动物的主要特征：(1)体外被毛；(2)牙齿有门齿、犬齿、臼齿的分化；(3)体内有膈，体腔被分成胸腔和腹腔；(4)用肺呼吸；(5)心脏四腔，体温恒定；(6)大脑发达；(7)胎生、哺乳。