

科学学习理论概论

——科学哲学的视角

刘瑞 著



科学出版社

科学学习理论概论

——科学哲学的视角

刘 瑞 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

当前,科学教育研究越来越重视科学哲学的作用,科学哲学作为科学教育理论的基础地位逐渐得到人们的认可。本书基于科学哲学,从4方面探讨科学教育中的科学学习问题:起源、过程、结果和本质。其中,“起源、过程和结果”属于认识论范畴,“本质”属于本体论范畴。全书推理严密,印证资料丰富。读者能够很好地从案例中找到理论的生长点,易于理解。

本书可供从事中学科学教育(化学、物理、生物等)的研究人员参考,也可作为大专院校相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

科学学习理论概论——科学哲学的视角/刘瑞著. —北京:科学出版社,2015.3

ISBN 978-7-03-043924-6

I. ①科… II. ①刘… III. ①科学哲学-研究 IV. ①N02

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第055134号

责任编辑:朱丽 杨新改 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年3月第一版 开本:720×1000 B5

2015年3月第一次印刷 印张:9 3/4

字数:200 000

定价:46.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

自 19 世纪中后期自然科学大规模进入学校教育以来，各种教育思想和心理学流派始终对科学教育（Science Education）产生着深刻的影响。但科学教育的理论基础仅靠教育学和心理学是不够的。因为这些理论只解决了 Science Education 中的“Education”问题，也即所有教育的共性问题，但不能解决“Science”问题，也即科学教育的特殊性问题。解决科学教育的特殊性问题，需要扩大思维视角，从更大范围、更深层次去思考。

目前科学教育研究日益呈现出多学科融合的趋势，在这个意义上，科学教育已不单是教育学的分支学科，不如说是一个由不同学科从不同视角对相同或类似问题进行协作研究的“领域”。20 世纪 80 年代以来，一些新的学科加入到科学教育研究中，科学哲学（Philosophy of Science）以其对科学本质和科学知识增长机制的深刻洞见，成为科学教育研究的重要支撑。以科学哲学作为科学教育的理论基础，将为揭示科学教育的特殊规律、有效地指导科学教育实践提供新的视角。

如果说，心理学、教育学及科学哲学共同构成了科学教育的理论基础，那么它们共同关注的课题是什么呢？这就是学生的科学学习。学习通常被理解为是一种心理事件，学习心理学是心理学最为重要的分支学科之一；从教育学的角度，无论是课程还是教学，最终落脚点都是学生的学习问题；而从广义上讲，学习活动即认识活动，从哲学的角度看，学习可以放在认识论的大标题下进行讨论。正是基于此，本书将“科学学习”作为研究主题。

本书以科学哲学为理论基础，从 4 方面探讨学生的科学学习：起源、过程、结果和本质。其中，“起源、过程和结果”属于认识论范畴，“本质”属于本体论范畴。

- 科学学习的起源：“起源”问题是科学学习研究中最基本的问题。对“起源”问题的回答将直接影响我们对“过程”和“结果”的认知。基本上，人们对科学学习起源的常识性观点就是基于实证主义的。鉴于实证主义自身存在的一系列无法破解的痼疾，本书首先剖析了基于实证主义的科学学习起源的基本观点；随后对其进行批判性反思；最后从批判理性主义的视角重建科学学习的起源。

- 科学学习的过程：对科学学习过程的研究与科学学习的起源一脉相承。以批判理性主义为理论基础，基于重建后的“起源”，本书着重讨论科学学习过程中的认识论细节——问题及其成长、尝试与清除错误，以及这一过程中的创造思

维和批判思维。在学生本能和科学属性的互动与冲突中，彰显科学学习过程的动态性和发展性。

·科学学习的结果：从“起源—结果”之间的始态和终态的关系角度，历史主义科学哲学的“整体性”向度为本研究提供了重要启示。本书首先从库恩科学哲学的“结构”视角探讨概念的本质和属性；以此为基础，分析学生概念的特点及其与科学概念的异同，最后从“结构”和“范式转换”的观点考察学生的概念转变。

·科学学习的本质：在处理了与科学学习理论相关的基本的认识论主题之后，本书将转向一些更具本体论意味的探讨。以“三个世界”理论为理论基础，从多元论的视角探讨科学学习的本质；最后回归认识论范畴，建构基于“三个世界”的客观主义认识论。

在本书即将完成之际，特别要感谢我的博士生导师东北师范大学郑长龙教授！先生的治学精神和人格魅力永远激励着我。在我们相处的这些年里，他不仅在学业上指导我，更像对待自己的孩子一样在生活中给我莫大的关怀。现在所呈现的这部著作，凝聚着先生的辛勤和汗水！

本书也是东北师范大学化学教育研究所课题组集体智慧的结晶。周仕东副教授参与了整个创作过程的讨论，提出了很多宝贵的建议。多年来他总能切中我思想的要害，并给予指正；王秀红教授审阅了本书，给予我热心指导和鼓励；师姐李艳梅博士、王林哲博士、历晶博士细心地评阅本书初稿，给了我很多具体的帮助；师兄娄延果博士、高俊明博士，师姐辛万香博士，给了我很多实践层面的启发；师兄盖立春博士、付立海博士，在我写作最艰难的时刻，给了我莫大的激励。一并感谢李德才博士、姜鹏博士、许凌云博士、何鹏博士对本书做出的贡献。

还要感谢四川师范大学各位同仁的支持和帮助。彭蜀晋教授、毕剑教授以及化学与材料科学学院的老师和同学们，让我这个东北人在四川感受到了家庭般的温暖。感谢山东师范大学毕华林教授对我学业和工作的诸多帮助。

本书的出版得到了科学出版社的大力支持，特别要感谢朱丽编辑的帮助，是她的辛勤劳动保证了本书的顺利出版。

最后我要感谢我的家人，在我撰写本书的时候，他们做了其他更重要的工作，使我能够安心写作并倾注全力。

由于时间仓促、水平有限，书中不妥和疏漏之处在所难免，还望同行专家和读者提出宝贵意见。

刘 瑞

2015年1月于四川师范大学

目 录

前言

| | |
|---|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 科学学习是科学教育的中心 | 1 |
| 1.2 作为科学教育理论基础的科学哲学 | 2 |
| 1.3 科学哲学与科学学习 | 3 |
| 1.4 科学学习的四个基本维度及其关系 | 4 |
| 参考文献 | 7 |
| 第 2 章 科学哲学、科学教育与科学学习理论 | 9 |
| 2.1 科学哲学对科学教育的影响 | 9 |
| 2.1.1 科学教育研究中当代科学哲学的缺失 | 9 |
| 2.1.2 历史主义科学哲学在科学教育研究中的崛起 | 9 |
| 2.1.3 科学教育研究者对批判理性主义科学哲学的忽视 | 12 |
| 2.2 科学教育发展中的科学学习理论 | 14 |
| 2.2.1 早期的科学教育：受缚于古典教育的科学学习方式 | 14 |
| 2.2.2 进步主义时期的科学教育：“儿童中心论”与“做中学” | 16 |
| 2.2.3 科学课程改革时期的科学教育：“发现学习”与“探究学习” | 20 |
| 2.2.4 当代科学教育：课程标准中的科学探究与建构主义学习理论 | 24 |
| 参考文献 | 30 |
| 第 3 章 科学哲学的历史及脉络 | 33 |
| 3.1 实证主义科学哲学：从经典经验主义到逻辑实证主义 | 33 |
| 3.1.1 经典经验主义 | 33 |
| 3.1.2 实证主义 | 35 |
| 3.1.3 逻辑实证主义与逻辑经验主义 | 36 |
| 3.2 批判理性主义科学哲学：科学知识增长论 | 37 |
| 3.2.1 科学知识增长论产生的科学、哲学背景 | 38 |
| 3.2.2 科学知识增长论概述 | 39 |
| 3.3 历史主义科学哲学：科学发展的结构 | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.1 库恩的科学发展图像 | 43 |
| 3.3.2 常规科学与范式 | 43 |
| 3.3.3 异常现象与科学危机 | 45 |
| 3.3.4 科学革命与范式转换 | 46 |
| 3.4 “三个世界”理论：世界 1、2、3 及其相互作用 | 48 |
| 3.4.1 世界 1、2、3 | 48 |
| 3.4.2 世界 3 的本体论地位 | 49 |
| 3.4.3 三个世界的相互作用 | 51 |
| 3.4.4 语言、自我、科学与世界 3 | 52 |
| 参考文献 | 53 |
| 第 4 章 科学学习的起源：学生的主观期望及其批判性反思 | 55 |
| 4.1 科学学习的实证主义起源 | 55 |
| 4.1.1 追求“确定性”：科学学习实证主义起源的基本预设 | 56 |
| 4.1.2 科学学习起源于学生经过“净化”的头脑 | 57 |
| 4.1.3 归纳的本质和重复在科学学习中的作用 | 60 |
| 4.2 对科学学习实证主义起源的批判性考察 | 63 |
| 4.2.1 确定性的终结——生理和逻辑的考察 | 63 |
| 4.2.2 没有无期望的重复——心理的考察 | 66 |
| 4.3 科学学习起源于学生的主观期望及其批判性反思 | 69 |
| 4.3.1 重建理性：科学的理性在于批判 | 70 |
| 4.3.2 主观期望是人类学习的起源 | 71 |
| 4.3.3 科学学习起源于学生对主观期望的批判性反思 | 73 |
| 参考文献 | 75 |
| 第 5 章 科学学习的过程：尝试与清除错误 | 77 |
| 5.1 融入科学学习：问题及其成长 | 77 |
| 5.1.1 理解问题先于理解理论 | 78 |
| 5.1.2 问题的产生 | 79 |
| 5.1.3 问题的成长和演变 | 82 |
| 5.2 尝试与清除错误 | 85 |
| 5.2.1 可错性是人的本性，同时也是科学的属性 | 85 |
| 5.2.2 学生本能的试错与科学家的试错 | 87 |

| | |
|---|-----|
| 5.2.3 试错法与演绎推理 | 89 |
| 5.2.4 科学的预测性本质与科学学习中的实验设计 | 91 |
| 5.3 科学学习中的创造思维和批判思维 | 93 |
| 5.3.1 “大胆猜想”中的创造思维 | 93 |
| 5.3.2 “严格反驳”中的批判思维 | 96 |
| 5.3.3 科学学习过程的概念模型 | 98 |
| 参考文献 | 99 |
| 第 6 章 科学学习的结果：学生的概念架构 | 101 |
| 6.1 概念及其架构 | 101 |
| 6.1.1 “结构”之于《科学革命的结构》 | 101 |
| 6.1.2 概念的本质：以分类的方式把握自然规律 | 103 |
| 6.1.3 概念的结构性和扩展性 | 105 |
| 6.2 学生的概念架构 | 108 |
| 6.2.1 基本预设与概念架构 | 108 |
| 6.2.2 现象基元与概念碎片 | 110 |
| 6.2.3 学生概念与科学概念 | 112 |
| 6.3 促进概念转变的科学学习 | 114 |
| 6.3.1 概念转变的经典研究 | 115 |
| 6.3.2 概念转变的困难 | 116 |
| 6.3.3 促进概念转变的科学学习 | 118 |
| 参考文献 | 121 |
| 第 7 章 科学学习的本质：“三个世界”的相互作用 | 123 |
| 7.1 从“三个世界”的观点看科学和科学学习 | 123 |
| 7.1.1 科学是为使“客观知识”的第三世界发展的活动 | 124 |
| 7.1.2 科学学习以学生的主观世界为根本出发点和最终落脚点 | 126 |
| 7.1.3 世界 3 客体在科学学习中的存在形式 | 127 |
| 7.2 学生主观世界的发展：世界 1、3 与世界 2 的相互作用 | 130 |
| 7.2.1 物质世界与学生主观世界的相互作用 | 130 |
| 7.2.2 世界 3 客体与学生主观世界的相互作用 | 134 |
| 7.3 客观主义与建构主义的对立与超越——基于“三个世界”的客观主义认识论 | 137 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| 7.3.1 亟待变革的客观主义认识论 | 138 |
| 7.3.2 科学学习中的主观主义认识论——建构主义 | 139 |
| 7.3.3 基于“三个世界”的客观主义认识论 | 140 |
| 参考文献 | 143 |
| 第8章 结语：必要的张力 | 145 |
| 8.1 本能的教条与批判的理性 | 145 |
| 8.2 试错的被动性与主动性 | 146 |
| 8.3 概念的个人性与主体间性 | 146 |
| 8.4 本体论上的主观性与客观性 | 147 |

第 1 章 绪 论

1.1 科学学习是科学教育的中心

科学教育究竟应该以学生为中心，还是以科学为中心，或者以教师为中心，这是多年来大家争论的焦点。自 19 世纪中后期，科学进入学校课堂，成为学校教育内容的一个必要组成部分，这种争论从未停息过。美国的进步主义教育运动及欧洲的新教育运动，开启了现代科学教育的开端。“以学生为中心”是这一时期科学教育的主要理念，但“以学生为中心”在实施过程中仍会造成一种失衡，忽视科学自身的属性和教师的作用——将科学教育等同于学生的生活，必然导致学生科学学习质量下降和缺乏对科学的深度理解。随着 20 世纪 60 年代的科学课程改革，科学教育的重心发生了重大转变，“学科的基本结构”取代了学生的中心位置。事实证明，这次改革是失败的、令人失望的。“新课程没有为全体教师和学生接受，普通教师感到新教材难教，普通学生感到新教材难学”^[1]。同时，以学科为中心势必导致精英化的科学教育，从而压制了普通学生学习科学的心理意向。那么以教师为中心是否可取呢？如果以教师为中心，就会产生我们经常说的“直接教学法”和“教师一言堂”等情况。学生在教师的权威下处于被动接受信息的地位，缺乏自主性的科学学习往往导致学生缺乏独立思考和解决问题的能力，这是“以教师为中心”无法回避的难题。

事实上，学生、科学和教师是科学教育必不可少的三个构成部分，任何顾此失彼都会导致科学教育的失衡。然而，类似“平衡科学教育的三个方面”这样的说法未免过于笼统、模糊。平衡固然不错，但这个平衡点究竟在哪？是什么使科学教育的三个构成部分结合起来？这个平衡点或结合点就是学生的科学学习活动。科学学习是科学教育的中心。一个更为形象和具体的说法是，如果说学生、科学和教师分属科学教育三角形的三个顶点，那么学生的科学学习活动就处于这个三角形的中心。正是“科学学习”维持了学生、科学和教师三者间的张力，如图 1.1 所示。

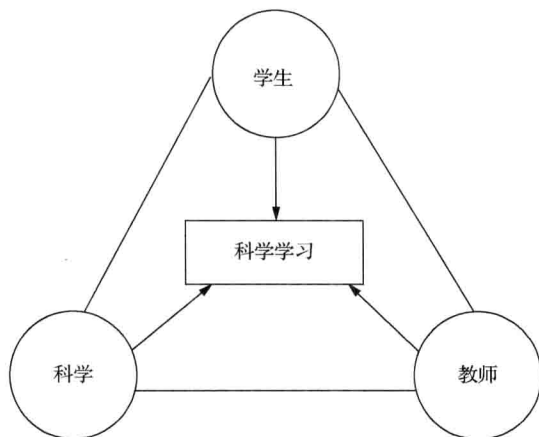


图 1.1 以科学学习为中心的科学研究

从学生的角度，科学学习有别于学生在自然状态下的学习。自然状态下的学习更多地源于学生的本能，受本能的驱使，学生在无意识的情况下就完成了诸多领域的学习。科学学习则表现出更大程度的应然性，科学自身特有的属性为学生的科学学习提供了方向性的指引。任何忽视科学自身特有属性的科学教育也同时自动放弃了其作为科学教育的地位和价值。教师是科学教育的另一个支点。但教师并不是科学的直接代言人，也不是凌驾于学生之上的绝对权威。教师需要面对的是学生的科学学习。在科学学习的过程中，一方面要尊重学生在日常生活中形成的学习方式和已有经验，另一方面则需从科学的角度对这些自然状态下的学习方式和已有经验进行改进。因此，无论从学生的角度、科学的角度，或者教师的角度，科学学习都是科学教育的中心。

1.2 作为科学教育理论基础的科学哲学

在学校科学教育 150 年的发展中，科学教育作为教育科学的一个分支学科，始终受到来自各种教育理论和心理学流派的深刻影响。即使在 20 世纪 60 年代科学课程改革时期，除了自然科学家在课程研发上发挥作用外（主要是知识内容的更新和现代化），基本上，可以说是心理学家主导了这场改革，著名心理学家皮亚杰（Piaget J）、布鲁纳（Bruner J S）、加涅（Gagne R）、奥苏贝尔（Ausubel D）等人的名字都赫然在列。

然而，以教育学和心理学理论为基础的科学教育，在实践中也遇到了很多难以用这些理论加以解释和说明的具体问题。例如，科学探究是科学的基本属性，那么，它是不是科学课程与教学的基本属性；科学过程和科学方法是科学认识的重要手段，那么，它能不能成为科学课程、教学和学习的重要手段，而且是仅仅把它作为手段，还是既把它作为目的、内容，又作为手段；科学实验是科学认识的基本途径，因而科学课程与教学应以实验为基础，那么，以实验为基础中的“实验”的涵义是否只是做实验。诸如此类问题，单靠教育学和心理学的理论是无法清楚解释和说明的，而在科学教育的实践中，以上问题又是学生和教师迫切需要解决的。

可以说，教育学和心理学理论只解决了科学教育中的“教育”的问题，也即所有教育的共性问题，但却无法解决“科学”的问题，也即科学教育的特殊性问题。解决科学教育的特殊性问题，需要扩大思维视角，从更大的范围、更深的层次去思考。

目前科学教育研究日益呈现出多学科融合的趋势，在这个意义上，科学教育已不单是教育科学的分支学科，不如说是一个由不同学科从不同视角对相同或类似问题进行协作研究的“领域”。20世纪后期以来，一些新的学科加入到科学教育研究中，科学哲学（Philosophy of Science）以其对科学本质及科学知识增长机制的深刻洞见，成为20世纪80年代以来科学教育研究的重要支撑。因此，以科学哲学作为科学教育的理论基础，将为揭示科学教育的特殊规律、有效地指导科学教育实践提供新的视角。

1.3 科学哲学与科学学习

如果说，心理学、教育学及科学哲学共同构成了科学教育的理论基础，那么它们共同关注的课题是什么呢？对于这个问题，我们的回答是：学生的科学学习是心理学、教育学及科学哲学共同关注的课题，如图1.2所示。

学习通常被理解为一件心理事件，学习心理学是心理学最为重要的分支学科之一；从教育学的角度，无论是课程还是教学，最终落脚点都是学生的学习问题，对学生学习的研究决定了课程和教学研究的取向；而从广义上讲，学习活动即认识活动，从哲学的角度看，学习可以放在认识论的大标题下进行讨论^[2]。正如马修斯（Matthews M R）所说：“任何令人满意的学习理论都包含着认识论的

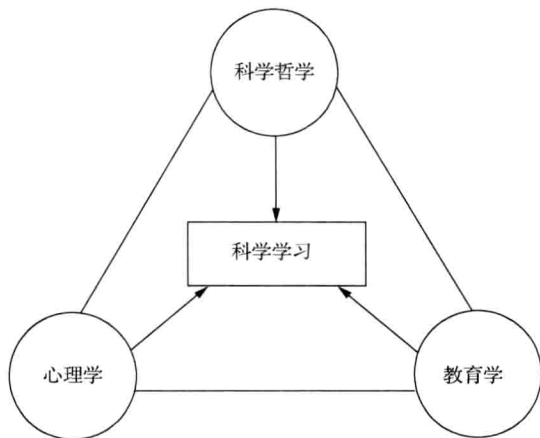


图 1.2 科学学习：心理学、教育学及科学哲学共同关注的课题

思考^[3]。”

科学学习并不完全等同于通常意义上的学习，它具有自身特有的属性。科学学习之所以不同于其他领域的学习，不仅是因为科学知识的组织方式不同，更重要的是因为科学基于不同的认识途径，即认识论。现代科学哲学突出了认识论问题的研究。这为我们从科学哲学，特别是科学认识论的角度研究科学学习问题提供了丰富的理论养分。

然而，我们必须小心处理科学学习与科学的关系，不能将科学学习简单地等同于科学研究。这一点集中体现在科学学习的本体论层面。科学哲学中的本体论探讨，将为我们厘清科学学习与科学的关系，正确认识科学学习的本体、促进学生的科学学习提供理论支持。

1.4 科学学习的四个基本维度及其关系

本书拟从科学哲学的角度考察学生的科学学习。科学哲学是以科学为研究对象的哲学，是对科学进行的哲学反思；同时，为了更好地实现对科学的哲学研究，科学哲学通过对人类本能认识方式的考察，以揭示科学认识的特殊性。换句话说，科学哲学一方面研究人类本能的认识方式，另一方面研究科学特有的认识方式。科学哲学研究的两个方面从哲学的角度阐释了科学学习中的主要张力：“学生—科学”，这是我们从科学哲学的角度考察学生的科学学习的基本出发点。

现代科学哲学主要包括三大流派：逻辑实证主义、批判理性主义和历史主义。逻辑实证主义是20世纪70年代以前一直居于主导地位的科学哲学，本质上是实证主义的。在相当长的时间里，逻辑实证主义被认为是对科学的正统的认识。直到今天，在很多人眼中，科学的形象仍然是逻辑实证主义所描述的。

自20世纪中期以来，科学哲学研究发生了急剧的变化，涌现出波普尔(Popper K R)、库恩(Kuhn T S)等一批杰出的后实证主义科学哲学家，形成了包括批判理性主义和历史主义在内的当代科学哲学，虽然他们的观点并非完全一致，但都对逻辑实证主义进行了批判。其中，波普尔以其批判理性主义率先向逻辑实证主义发难。首先建立了与逻辑实证主义针锋相对的科学知识观，“任何科学理论都是试探性的，暂时的，猜测的：都是试探性的假说，而且永远都是这样的试探性假说”^[4]，即科学知识是假说。在此基础上，他突破把科学看作科学知识的静态积累而加以逻辑分析的框框，而把科学看作是知识增长的动态过程，提出了著名的“科学知识增长论”。库恩则从其对科学史的研究中，看到了科学发展的结构性^[5]。科学是从前科学(pre-science)阶段，经由意见分歧又达成一致而进入常规科学(normal science)时期。常规科学以一定的范式(paradigm)作为自己的专业基础，在范式的支配下从事解谜(puzzle-solving)活动，随着范式日臻完善，“反常”(anomaly)现象不断增多，终于使旧范式穷于应付而陷入危机，导致科学革命(scientific revolutions)，由新范式代替旧范式而占支配地位，这样科学进入新常态科学时期。科学就是通过常规科学和科学革命交替发展的。

实证主义影响至深，不仅科学家，几乎所有人，包括许多心理学家、教育学家——特别是对科学学习理论感兴趣的研究者，都在不同程度上认同实证主义。但在现实中，基于实证主义的科学学习理论很少接受人们的批判性讨论。基于此，本书在对传统科学学习理论进行哲学反思的基础上，以当代科学哲学为理论基础，在认识论层面，探讨科学学习起源、过程、结果。

(1) 科学学习的起源：“起源”问题是科学学习中最为基本的问题。基本上，人们对科学学习起源的常识性认识就是基于实证主义科学哲学的。它将科学学习的起源定位于学生经过“净化”的头脑，希望经由起源的确定性达到结果的确定性。由此引发了与起源问题密切相关的另一个重要议题——归纳的本质和重复在科学学习中的作用，它与“确定性”共同构成了科学学习实证主义起源的两大支柱。在充分探讨科学学习的实证主义起源后，本书将转向对其进行批判性反思，

分别对“确定性”和“重复”进行了生理、逻辑和心理的考察，最后从批判理性主义科学哲学的视角重建科学学习的起源。

(2) 科学学习的过程：对科学学习过程的研究是科学学习起源的继承和延续。科学学习起源于学生的主观期望，而当这些期望无法适应当下的事件时，就产生了最初的问题。学生最初的问题是模糊的，他们通过尝试与清除错误理解问题，也通过尝试与清除错误解决问题，其中交织着人类本性和科学属性的互动与冲突。在科学学习的过程中贯穿着“大胆猜想”的创造思维和“严格反驳”的批判思维。

(3) 科学学习的结果：科学概念与科学知识具有相当程度的相似性，但对于科学学习的结果，“知识”一词经常意味着“个别的”、“静态的”和“不变的”；而概念一词却意味着“结构性”、“动态性”和“发展性”。这种词汇用法上的细微差别，反映出我们对科学学习结果的期待：学生通过科学学习获得结构性、动态性和发展性的认知。概念的“结构性”是此部分的中心议题。以此为基础分析学生概念的特点和属性，及其与科学概念的异同，最后从结构和范式转换的观点考察学生的概念转变。

以上三个科学学习的基本维度属于认识论范畴，其相互关系如图 1.3 所示。

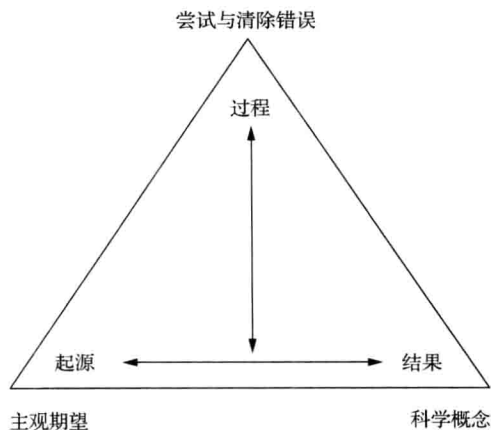


图 1.3 科学学习的起源、过程和结果的相互关系

起源和结果处于三角形的底部，暗示了其基础性地位。这种基础性地位一方面源于从起源到结果代表了科学学习的基本走向，另一方面源于主观期望与科学概念之间密不可分的关系。科学学习起源于学生的主观期望。这些期望，无论是

先天的还是后天的，在科学学习前的水平上都相当于我们在科学水平上称作“概念”或“理论”的事物。从认知结果的角度看，科学学习的目的在于转变学生的已有概念，使学生理解和掌握与科学家相近的科学概念。因此，就本书的整体而言，我们将“概念”（无论是科学学习前水平上还是科学水平上）看作是科学学习理论的根本性问题。从起源到结果是科学学习的过程，科学学习的过程连接了学生的主观期望和科学概念。这一过程既表现为学生本能学习的实然性，又表现为科学学习的应然性。基于学生的本能学习，突出科学认识的特殊性是本书的基本取向。

(4) 科学学习的本质：在处理了与科学学习相关的基本的认识论主题之后，本书将转向一些更具本体论意味的探讨。基于“三个世界”理论，宇宙是由三个本体论上泾渭分明的次级世界（ontologically distinct sub-worlds）组成，或者说存在“三个世界”。“世界1”是指物质实体或物理状态的世界；“世界2”是指精神的或心理的主观世界；“世界3”是指人类心智产物的世界，包括语言、故事和解释等。其中，尤为突出的是科学理论，同样重要的还包括问题、假说和批判性论证等。

“三个世界”理论为我们厘清科学学习与科学的关系，正确认识科学学习的本体提供了理论支持。首先，从三个世界的相互作用关系来看，科学与科学学习并没有什么不同，二者都可以表征为三个世界的相互作用：

世界1 ↔ 世界2 ↔ 世界3

然而，当我们审视这一关系中，世界1、2、3在科学及科学学习中所扮演的角色时，仍然会发现一个本体论上重大的差异。在科学中，科学家为创造客观知识的第三世界而努力，目的在于获得具有“主体间客观性”的科学知识；而对于科学学习，学生需要面对世界3客体，在与世界3客体的相互作用中，建构自己的主观知识；反过来，这些主观知识又被应用到它们与物质世界（世界1）的相互作用中。学生的主观世界（世界2）是科学学习的本体。但这个本体不是孤立存在的，必须将其置于“三个世界”的相互关系中重新审视——科学学习的本质即“三个世界”的相互作用。本书最后回归认识论范畴，建构基于“三个世界”的客观主义认识论。

参 考 文 献

- [1] 丁邦平. 国际科学教育导论. 太原: 山西教育出版社, 2002. 102
[2] 申克. 学习理论: 教育的视角. 韦小满等译. 南京: 江苏教育出版社, 2003. 14

- [3] Matthews M R. Introductory comments on philosophy and constructivism in science education. *Science & Education*, 1997, 6 (1): 5~14
- [4] 波普尔. 科学知识进化论: 波普尔科学哲学选集. 纪树立编译. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 1987
- [5] 库恩. 科学革命的结构. 第二版. 金吾伦, 胡新和译. 北京: 北京大学出版社, 2003