

■ 韦 钰 [加] P. Rowell 著

探究式科学教育

教学指导

费曼说，我现在知道，在那些鸟的脚上，存
虱子，在虱子的腿上也不一定有更小的生物，父亲告诉我的，
细节上并不准确，但是他却教给我根本上正确的东西。

美国科学院阿伯尔茨 (Alberts) 院长引证了这段故事以后写道，我
们每个人不可能都有像费曼那样的父亲，培养我们孩子的责任，就应
该落在学校身上。

教育科学出版社

探究式科学教育教学指导

韦 钰 [加] P. Rowell 著

教育科学出版社

· 北 京 ·

责任编辑 王 薇 殷梦昆
版式设计 尹明好
责任校对 徐 虹
责任印制 曲凤玲

图书在版编目 (CIP) 数据

探究式科学教育教学指导/韦钰, (加) 罗威
(P. Rowell) 著. —北京: 教育科学出版社, 2005. 10
(2006. 2 重印)

ISBN 7-5041-3228-4

I. 探... II. ①韦... ②罗... III. 科学教育学—小
学—教学参考资料 IV. G623.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 120211 号

出版发行	教育科学出版社	市场部电话	010-64989009
社 址	北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号	编辑部电话	010-64989519
邮 编	100101	网 址	http://www.esph.com.cn
传 真	010-64891796		
经 销	各地新华书店		
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		
开 本	880 毫米×1230 毫米 1/32		
印 张	4.625	版 次	2005 年 10 月第 1 版
字 数	75 千	印 次	2006 年 2 月第 2 次印刷
定 价	7.00 元	印 数	10 001—15 000 册

如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

序 言

“做中学”科学教育试点工作在中国开展已经三年多了，第一批中国的五个优选案例集成《“做中学”在中国》一书，也已经由教育科学出版社出版。到目前为止，取得较好成绩的试点城市已扩大到七八个，还有许多学校希望加入这项科学教育改革的行列。在几年的实践中，不断有教师提出需要一本供教师用的指导书，或是培训教师的指导书。尤其是在教育部颁布了《全日制义务教育科学（3~6年级）课程标准（实验稿）》，一些教科书相继问世以后，这种需要更显迫切。

出于对“做中学”科学教育试点工

作的热爱，我自告奋勇来着手写这本书。虽然，从1994年开始我就参与了国际科学界对探究式科学教育的研究和推动，参加过不少会议，观看过不少国内外学校的科学教育课；科学研究也伴随着我的一生，但是，我对小学教育毕竟不熟悉。恰在此时，中国和加拿大合作项目——加强中国西部基础教育项目启动了，项目中需要编写一本探究式科学教育的远程教师培训教材。我有幸被邀请为该项目的顾问并参与撰写培训教材的工作，因此，得以在2005年4月，到加拿大埃德蒙顿（Edmonton）大学参加为期两周的工作会议。这期间，我能和罗威（Patricia M. Rowell）教授等加拿大朋友进行交流和研讨，受益匪浅。罗威教授对儿童科学教育有长期的研究和教学经验，是加拿大阿尔伯塔省（Alberta）小学科学教育标准和教材的主要编写者之一。在加拿大两周的工作和研讨，扩大了我的视野，从与中国城市的教师合作到和西部农村的教师合作；从科学研究的视野到教学的视野，使我对探究式科学教育的认识有了新的飞跃。

经过商议，我和罗威教授决定共同来完成这本用于对中国教师进行培训的《探究式科学教育教学指导》。

我原来就写好了前五章的初稿，在到加拿大参加工作研讨以后，我在前面的章节中，特别是第三、四章中加入了罗威教授提供的一些课堂运用的实际策略。第六章有关评估的内容是由罗威教授执笔，我把它译成中文的。译完以后，我注意到内容方面和前面几章有重复之处，侧重和论述的细节上也有些不

同。经考虑，我决定保留第六章译文的完整性，不作改动，只是做了一些必要的文字通顺工作。这样做，不仅是因为删节很难，而且我认为在评估的一章里，把一些重点重复一下，对教师更好地理解探究式科学教育会有好处。在探究式科学教育的框架内，有不同的侧重和风格，可以扩大教师的视野，教师可在比较中选取适合自己的教学方式。

在我参与中加合作项目期间，加方的彼得（Peter Morgan）先生、吴洁女士，中方的王珠珠、郑大伟、刘占兰和章学梅同志都给予了很多支持和协助。指导书写就以后，在南京和北京先后以此书为主线办了几期教师的高级研讨班，一些教师对本书的进一步完善提出了宝贵的意见，在此一并表示感谢。

写这类书，对我来说是初次，不足之处，请使用者不吝指正。

韦 钰

2005年7月于北京

目 录

第一章 什么是科学 / 1

第一节 科学知识 / 2

第二节 科学研究的原则和
类型 / 6

第三节 科学精神和科学
态度 / 9

第四节 科学素质 / 12

参考文献 / 14

第二章 中国小学的科学教育改革 / 15

第一节 科学教育的重要性 / 16

第二节 课程标准中的科学
教育 / 20

第三节 SCI 和探究式科学教育 / 22

第四节 “做中学” 科学教育实验项目简介 / 23

第五节 实施科学教育改革的过程和要素 / 27

参考文献 / 30

第三章 探究式科学教育 / 32

第一节 什么是探究 / 33

第二节 什么是探究式科学教育 / 34

第三节 探究式科学教育的步骤 / 41

第四节 为什么要以探究的方式来学习科学 / 51

参考文献 / 59

第四章 探究式科学教育中教师和学生作用 / 61

第一节 教师的引导、组织和支持作用 / 61

第二节 学生是主动的学习者 / 82

第三节 教师和学生互动 / 84

参考文献 / 85

第五章 探究式科学教育实践中若干问题的探讨 / 86

第一节 提出合适的探究问题 / 87

第二节 如何组织讨论 / 96

第三节 关于观察 / 97

第四节 关于科学记录和表达 / 103

第五节 关于从其他资源获取信息和信息技术的应用 / 106

参考文献 / 107

第六章 探究式科学教育中对学生学习的评测 / 108

第一节 评测的目的 / 109

第二节 评测任务的设计 / 111

第三节 对探究式科学教育成效的预期 / 114

第四节 科学教育评测的特点 / 117

第五节 进行连续的评测 / 123

第六节 后续的评测活动 / 126

附录 参与式教师培训计划 / 131

第一章 什么是科学

教师对科学的理解，以及他们对科学的态度，直接影响到科学教育的实施，影响到学生科学探究学习的质量，因而，帮助教师回顾和整理、澄清并明确对科学本身的认识非常重要。同时，在科学教育课中，除了需要让学生掌握有关科学知识的概念以外，也需要让学生明确科学及与之有关的一些基本概念。

什么是“科学”呢？

通常科学指近代科学，一般把伽利略（Galileo，1564—1642）的研究工作和他对实证方法的确立，看作是现代科学诞生的标志。科学原来指的是自然科学，20

世纪 90 年代联合国教科文组织（UNESCO）重新明确了科学的范围。按照联合国教科文组织给出的定义，科学包括自然科学和社会科学。在幼儿园和小学的科学教育里，我们探究的是自然科学领域的问题。

科学和技术是两个不同的概念，虽然，它们之间有联系，我们在习惯上也经常把它们联在一起，但它们的起源、研究的内容与方法以及对社会的作用有很多不同。简要地讲，科学在认识世界中发现新的知识，而技术在改造世界中发展新的手段。对学生进行科学和技术两方面的教育都是很必要的。对小学科学教育来说，主要是让学生获得自然科学方面的一些基本概念和探究的技能，但是，也会在实际动手中涉及一些技术的使用。我们鼓励在实验中考虑到发展适合于学生的技能，把科学和技术结合在探究过程中。这样做，对这个年龄段儿童的发展是很有好处的，如建构一些结构模型和搭建电动车等，不仅有利于发展学生运用多种感官和感知的能力，而且也有助于发展学生综合解决问题的能力。

据学者们研究，对科学的定义至少有 50 多种。所以，我们不必去探究“科学”的确切定义，而应该去理解有关“科学”的主要含义。我们论及的“科学”，至少包含科学知识、科学研究和科学方法、科学精神和科学态度，还可以包括科学素质等。

第一节 科学知识

自古以来，人类就在大自然中进化、生存和发展。人们对

自身生命的奥秘，以及绚丽多彩又复杂多变的自然界，不断地在进行着探索，不断地用不同的方式进行解释，包括诗歌、绘画、舞蹈等艺术形式以及哲学、宗教和各种假说等。但是，科学的解释与其他形式不同。科学的语言是基于实证的，有推理和经过归纳的，力求用定量而简明朴素的语言来描述事实，表达概念和规律。

例如，在我们周围存在着许多自然现象，这之中包含了一些必然的因果关系，如“我们松开手，石头就会落到地上”。古代的人们试图去描述这个过程，解释石头和其他物体是怎样落向地面的。两千多年前，古希腊的著名学者亚里士多德（Aristotle，公元前384—公元前322）首先把对这类现象的描述归纳成为规律。他认为，体积相等的两个物体，较重的下落得较快，较轻的下落得较慢。他又认为，在物体下落的过程中，下落的速度是恒定的，物体在做匀速运动。在伽利略（Galileo，1564—1642）以前近两千年的时间里，没有人对亚里士多德的主张提出疑问。

伽利略对亚里士多德的主张发生了怀疑。为此，伽利略设计了实验。据说他在20多岁时，曾爬上意大利比萨城的比萨斜塔，做实验来验证亚里士多德的论断。他的实验结果证明了亚里士多德关于物体下落的快慢与它的重量成正比的论断是错误的。运用推理的方法，伽利略对物体下落是否速度恒定也产生了怀疑。为证实他对亚里士多德主张的疑问，他设计了一个实验：用一块近11米长的木板，将木板中间刻出一个宽为两

厘米的沟槽，并用非常光滑的牛皮纸覆盖它，以减小摩擦力。他让一个光滑的铜球沿着斜面滚下，同时用一个带有阀门的蓄水器计时。在做了球从不同高度滚下斜面的近百次的实验后，他发现铜球运动距离和时间之间的关系非常接近于 $z = Kt^2$ ，而不是如亚里士多德所总结的 $z = Kt$ （式中 K 是常数， z 是距离， t 是时间）。当时还没有可以精确计量时间的仪器，为了计量时间，伽利略在一个水桶的底部装上一根很细的管子，在物体沿着斜面下滑的过程中，水也同时经过这根细的管子流到一个杯子里，精确地称出杯子里水的重量，就可以知道不同运动时间之间的比例。

伽利略用了定量的方法来进行测量，用实证的实验方法证实了他的假定，用逻辑推理归纳出了规律，证明物体下落是加速度不变的加速运动，而不是速度不变的匀速运动。这种因怀疑而提出问题，用具有精确定量的方法来做实验，并从事实中运用推理归纳出定律和数学模型的过程，集中体现了近代科学研究的主要特点。所以，人们一般把伽利略的研究工作和实证方法的确定视为近代科学诞生的标志。

伽利略解决了物体是怎样落向地面的问题。但是，物体为什么会落向地面，而不是远离地面呢？对于这种日常到处可见的自然现象人们都很熟悉，但是很长时期里却没有人问为什么。直到17世纪，英国科学家牛顿（Newton，1642—1727）才进一步研究了石头为什么会落向地球，为什么是加速运动。他力图归纳出不仅适用于地球与位于地球上物体之间的，也适

用于宇宙大千世界中不同物体之间相互作用的规律。在观察了许多自然界里发生的过程之后，牛顿从直觉的假想出发，利用数学模型归纳出了适用于世上万千物体之间相互作用的万有引力模型。许多不同的实验为牛顿的假想提供了实证，他的假想就成为了公认的万有引力定律。

直到20世纪初，爱因斯坦（Einstein，1879—1955）才认为牛顿的定律在描述宇宙的某些现象时有局限性，于是在牛顿研究的基础上诞生了相对论。

人类对客观世界的探究进程会继续不断地深入进行下去，科学研究就是这样不断地肯定、否定、否定之否定，依靠实证来不断逼近自然界客观存在的真理，积累着科学知识。

总之，科学知识是指人类经过科学研究而积累的，对客观世界和人类自身的系统的认识。这个认识是一个不断修正，不断深入，以逐步逼近客观存在的过程。科学知识的表现形式有科学事实、科学概念、科学原理、科学理论和科学模型等。科学知识并不是固定不变的真理，更不是绝对的真理，科学具有开放性。通俗地说，科学知识的得来是有道理的，经过实证证明的，但是，它又是有局限性的，它在科学家不断地探究之中得到修正、发展和深化。无限的客观世界是如此复杂，而且在不断地变化之中，我们人类主观的认识能力与之相比是十分有限的，人类对客观真理的探究总是不断地在曲折中前进。

第二节 科学研究的原则和类型

在上一节中，我们已经用实例介绍了科学研究的主要特点，现在我们可以把科学研究的原则归纳如下 [1.1]。

科学研究应该符合以下的原则。

第一原则：引出有价值的、能用实证方法来进行研究的问题

从直觉的怀疑到概括和界定出一个有价值的研究问题，对科学研究来说是很重要的。引出的问题应是为了填补现存知识的缺陷，或是为了寻求新的知识，致力于鉴别某些现象的一种或多种起因，对一些假说进行规范的实验等。在进行具体科学研究时，必须首先认真地阅读科学文献，详细地了解已有的科学成就，以便对已有的有关理论、方法和实证工作有详尽的了解，然后才能确定研究的具体问题和目标，并为求解它而制定研究计划。

第二原则：把研究与有关的理论相联系

科学常常把建立理论作为努力的目标。这种理论不仅能解释具体的实例，也能对某类现象提供普遍化的解释。不论是以明显或是以隐含的形式出现，每一种科学探究都会与某个已存在的理论或概念的框架相联系，并用它们来指导整个研究活动。科学通过建立、修正和完善已有的理论，有时也会通过更替已有的理论以获得新的解说，逐步积累科学知识。

第三原则：使用能够直接对问题进行调查研究的方法

在不同的研究中，应采用不同的与之相适应的研究方法，这很重要，也是一个普遍的规律。特定的研究构思和方法常常仅对某一类研究和研究的问题适用，很难适用于一系列探究中的所有问题和课题。因此，在研究某个系列问题时，经常要采用完全不同的研究方法对该系列问题中的不同部分进行研究。

第四原则：提供一个连贯的、明晰的推理过程

科学的核心之一是理性的推论：根据已获得的信息和对现象的观察，提出解释、结论或预测。科学研究需要一个逻辑的推理过程：从实证到理论，然后再回到实证。这个过程是连贯的、可与人分享的、对怀疑者具有说服力的。

第五原则：可重复性和可推广性

科学研究强调对每个发现与结果进行检验、证实和校核。由于所有的研究都是基于有限的观察结果和实验之上，因而，科学上需要把特定情况下获得的发现，应用于更多的对象和情况。当某些发现能在一定的时间和地点范围内被重复实现时，才可以认为它是被承认的科学知识。

第六原则：公开研究情况，以便鼓励专业界的审查和批评

科学研究只有在广泛地传播，并得到专业同行的评审后，才能肯定它对知识的积累做出了贡献。这种不断进行的、合作性的、公开的批评是科学界兴旺的标志。

我们了解了科学研究的原则，就可以用它来指导我们的研

研究工作，鉴别什么样的文章是科学研究的论文，什么文章只是个别经验的记述。例如，一篇科学论文必须附有参考文献，以说明哪些是前人的研究成果，哪些是自己的研究发现，没有给出参考文献的文章不属科学论文。在许多介绍有关教育经验的文章中，往往只表述如何在自己的班级里获得了成功的过程，并没有给出条件，没有统计的结果，别人无法重复和验证所提供的结果，这也不是合格的科学论文。

广义地讲，科学研究的类型包括科学研究和实验发展，即我们通常讲的 R&D。什么是 R&D 呢？

根据我国科学技术部发布的文件 [1.2]，科学研究与实验发展（R&D）活动是指在科学技术领域，为增加知识总量以及运用这些知识去创造新的应用而进行的系统的、创造性的活动。它包括基础研究、应用研究和实验发展三类活动。

基础研究：指为了获得新知识而进行的实验性或理论性研究。这些新知识包括关于现象和可观察事实的基本原理，它揭示客观事物的本质、运动规律，获得新规律、新学说，它不以任何专门或特定的应用或使用为目的。

应用研究：也是为获得新知识而进行的创造性研究，主要针对某一特定的目的或目标。应用研究是为了确定基础研究成果可能具有的用途，或是为达到预定的目标，探索应采取的新方法（原理性的）或新途径。

实验发展：指利用基础研究、应用研究和实际经验所获得的已有的知识，为生产新的产品、材料和装置，建立新的工