

21 世纪科学教育书系

科学探究与国家科学教育标准

—— 教与学的指南

Inquiry and the National Science Education Standards
A Guide for Teaching and Learning



原 著 [美]国家研究理事会科学、数学及技术教育中心
《国家科学教育标准》科学探究附属读物编委会

组织翻译 国家基础教育课程改革项目重大课题
“科学探究性学习的理论与实验研究”总课题组

翻 译 罗星凯 等

科学普及出版社

21 世纪科学教育书系

科学探究与 国家科学教育标准

——教与学的指南

Inquiry and the National Science Education Standards
A Guide for Teaching and Learning

原 著	〔美〕国家研究理事会、科学、数学及技术教育中心 《国家科学教育标准》科学探究附属读物编委会
组织翻译	国家基础教育课程改革项目重大课题 “科学探究性学习的理论与实验研究”总课题组
翻 译	罗星凯 张琴美 吴 娟 李萍昌
审 校	罗星凯

G 632.4
4932
科学普及出版社

·北 京·

714246

图书在版编目 (CIP) 数据

科学探究与国家科学教育标准：教与学的指南/美国国家研究理事会科学、数学及技术教育中心，《国家科学教育标准》科学探究附属读物编委会著；罗星凯等译.
北京：科学普及出版社，2004. 8

ISBN 7-110-05952-9

I. 科... II. ①美... ②国... ③罗... III. 科学技术—活动课程—中小学—教学参考资料 IV.G634. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 063757 号

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:62179148 62173865

科学普及出版社发行部发行 各地新华书店经售

北京国防印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×960 毫米 1/16 印张:14.5 字数:205 千字

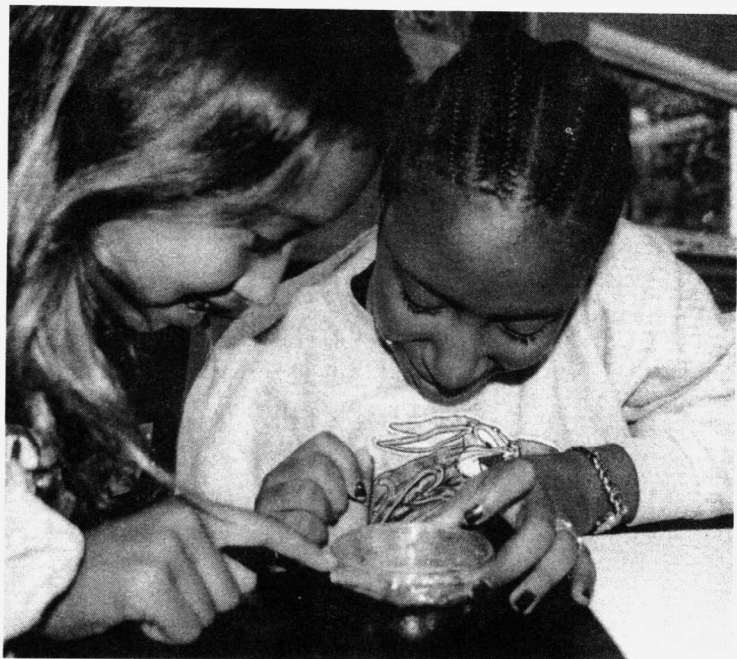
2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:29.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

序言：一个科学家眼中的探究

20世纪50年代在芝加哥郊外长大成人的过程中，我所获得的最有意义的教育经历全都与我致力于应对那些激起我兴趣和主动投入的挑战有关。记得在7年级时我写了一篇题为“耕种问题”的报告，解释为什么我们的政府当时要付钱给农民让他们休耕。在8年级的时候，我必须向班上其他同学解释电视机的工作原理。而到了9年级，我记得当时已在芝加哥公共图书馆啃起了光谱学



方面的著作，为的是准备一篇关于光谱学在化学中应用的报告。

这三项任务，以及其他类似的对我这样一个学生来说有兴趣的活动，涉及到如今我们称之为“探究”的东西。通过探究来教科学是让学生思考一个问题，然后针对问题寻求可能的解释。例如，在我所从事的细胞生物学领域，细胞膜的通透性必须是有选择的，一方面它要能让诸如糖之类的养分进入细胞，而另一方面又要能让二氧化碳之类的废物排出，而形成细胞的那么多大分子却仍保留其中。什么样的材料具有这样的特性而且能随着细胞的成长而胀大？

同样留在记忆中或者说更为人熟知的是另一种类型的科学

2A092/88



教学。在这种至今仍然相当普遍的教学 中，教师给学生的是一系列的科学事实以及描述那些事实的术语。最糟糕的是硬往学生头脑中灌输词汇和结论的教育方式，如：线粒体“是细胞的发电厂”、DNA是“遗传物质”以及运动“产生动能”等等。这样的科学课把教育变成了一种为应付像媒体上常见的知识

抢答之类的“玩艺儿”而进行的操练。

这样的科学教育观有很多的问题。大多数学生都并不心甘情愿做“考试秀”的参加者，看不出这样的知识对他们的今后究竟有什么作用，因此对这种所谓的“学校学习”缺乏内在的驱动力。

最要紧的是，这种教学没有给予所有学生足够的机会，使他们发展出作为适应21世纪的劳动者和公民所需要的解决问题、交流和思考的能力。

探究部分地是一种思维状态，即一种好奇心驱使的心理倾向。大多数的儿童具有天然的好奇心，他们总喜欢问这是为什么，那又是如何。然而，如果成人对他们不厌其烦提出的问题置之不理，认为那不过是一些幼稚可笑或无聊的问题，儿童就会丧失这种好奇心。随便去参观一个2年级的课堂，你都会感受到那里充满活力和欢乐，孩子们在积极地观察和努力寻找问题的解答。而若到一个8年级的课堂，你会得到何等鲜明的对照！学生们表现的常常是对学习、对学校的厌倦和不投入！

美国国家研究理事会1995年出台的《国家科学教育标准》^{*}，

^{*} 美国《国家科学教育标准》正式出版是在1996年，但1995年12月6日，美国国家科学基金会主席尼尔·莱恩就宣布了它的正式出台，因此阿尔伯兹在这里用的是1995年。

为教师如何才能保持学生们的好奇心、帮助他们发展与科学探究有关的一系列能力提供了宝贵的思路。《标准》强调科学教育要发展学生三种科学能力和理解能力。学生不仅要学习科学的原理和概念，获得科学家的推理和程序技能，而且要理解科学作为一项特别的人类事业所包含的本质。这样，学生就要能够规划和实施调查研究，以检验他们的想法，他们必须懂得为何这样的研究具有独特的作用。研究表明：用这种方式学过的概念，学生明显地更有可能理解和保持它。

例如，会进行控制变量的研究，即在改变一个因素时保持其他因素不变，是所有学生都应该通过科学教育获得的一种技能。对于工作和日常生活中遇到的许多问题，具有这种能力等于掌握了强有力的一般策略。伯克利加州大学劳伦斯科学馆的研究人员开发了一套5年级用的科学课程，其中安排了非常丰富的活动让学生研究系统中各个因素的变化关系。第一个活动就是让学生分成四人一组，用细线、胶带和垫圈做成大小不一的摆，在各小组记录了15秒内他们的摆来回摆动的次数后，抓住各组间数据差异做文章，开展进一步的探究，终于找出原因在于摆长的不同。在此基础上，为进一步加深讨论还使用了图线这种表示数据的方法。理想地说，教师应该使用这样的教学设计来教关于时钟的历史，并且强调自从人类能将白天和晚上都划分出可靠的时间间隔以后，带来了诸多社会变化。

与这样的科学课相比较，在更传统的关于摆的课堂上，主要是教师讲和演示。学生要做的通常只是把一张表上的空白逐一填上，展示他们有关摆长、质量和起始释放高度之类变量的知识。

对于每一个想要改进科学教育的人，我们面临的挑战就是要创造一种开发利用儿童好奇天性的教育，使他们不仅在上学期间，而且在一生当中都保持着学习的动力。我们需要让教师和家长们认识到孩子们提出的“为什么”之类问题的重要性。我回想起了理查德·费曼的父亲对他成长为一名科学家的重要影响。一个夏日，在纽约的凯兹克尔山上，当时费曼还是一个小男孩，另一个男孩对他说：“看那有一只鸟，你知道它是什么



鸟吗？”费曼回答说：“我全然不知。”那男孩就说：“你爸爸什么都没教你！”然而，他的父亲却用自己的方式教给了他有关鸟的事情。正如费曼所回忆的：

“看到那只鸟了吗？它是一只斯宾塞的鸣鸟。”（我明白他并不知道其真名）“……你可以知道那鸟在世界上各种语言中的叫法，但你除此之外，对有关它的事情一无所知，只不过知道不同地方的人们怎样称呼这种鸟罢了。因此，让我们来观察这只鸟，看它在干什么，那才是要紧的呢！”

你们现在要读的这本书，描述的就是这样的教科学的方法。在对《国家科学教育标准》中所述的探究展开讨论的基础上，它展示了从事科学教育的人们怎样能够给年轻人创造其所需的机会发展他们的科学理解和探究能力。这样的过程必须

从幼儿园开始持续下去，在各个年级，提出适合学生年龄特点的挑战性问题。学生们必须面对这些困难但又不是高不可攀的问题，最终能享受经过艰苦努力终于摘到果子的乐趣。这样，学生们就意识到他们能够处理越来越困难的问题。当他们获得了探究的工具、养成了探究的习惯，他们就真正成了学习的主人。在科学教育中，没有什么事情比这更令人满足、更重要的了。

美国国家科学院院长 布鲁斯·阿尔伯兹

前言

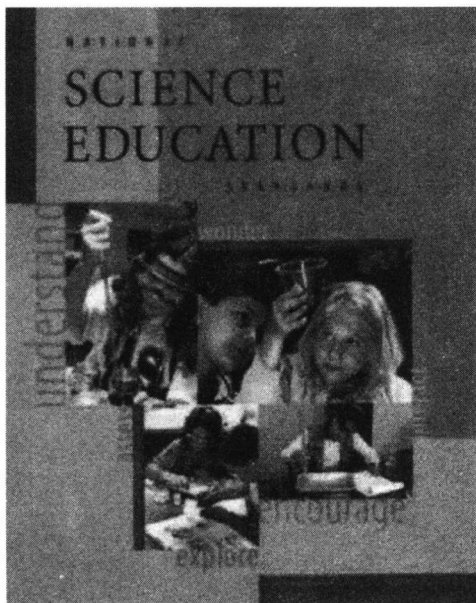
1995年12月，国家研究理事会发布了《国家科学教育标准》，正如它在该书最前面的“行动的号角”中所指出的，这部标准清楚地描绘了“一幅在21世纪使面向全体美国人的科学素质教育成为现实的蓝图。”《国家科学教育标准》是广泛汲取了各方面智慧的产物。1991年，全国科学教师协会的主席和其他一些人士提请国家研究理事会出面组织，为科学教育制订一部国家标准。从1991年到1995年，国家研究理事会组织的由教师、科学家、行政管理人员、师范教育工作者以及其他专业人士组成的数个小组各自起草了一个《国家科学教育标准》，作为初稿提交给同行广泛征求意见。最后形成的该《国家科学教育标准》自发布以来一直是美国科学教育改革的推动力。

《国家科学教育标准》的一个突出特征就是对探究的强调。“探究”这个词在《国家科学教育标准》中使用，有两种不同的方式。其一，它表示学生需要发展的设计和实施科学实验研究的能力以及应获得的对于科学探究本质的理解；其二，它表示一种能使学生通过调查研究掌握科学概念的教与学的策略。这样，《国家科学教育标准》就将科学知识的学习与科学方法的学习以及科学本质的学习联系了起来。

《科学探究与国家科学教育标准》旨在为教师、专业的课程开发人员、行政管理人员以及其他欲将《国家科学教育标准》更注重探究的号召落到实处的有关人士提供实用的指南。

因此，编委会进一步要求，本书还应该包括以下的部分：

- 对探究的背景的讨论；



- 对有关探究在科学教育中的价值所做的有说服力的研究和学术文献综述；

- 教师、行政管理人员、家长以及其他人员需要采取的行动；

- 规划和实施教学支援所需的资料目录。

为此，这本指南包括了以下的八章和3个附录：

第一章“科学中的探究和科学课堂中的探究”，通过比较一个地质学家所做的科学探究与一班5年级学生及他们的富有进取心的老师所做的探究，描述了探究的多重角色。

第二章“《国家科学教育标准》中的探究”，阐述《国家科学教育标准》中所勾画出的科学探究情景。

第三章“从幼儿园到12年级的科学课堂探究实例”，通过对取自小学、初中和高中的一系列课堂探究案例的讨论，从探究的角度考察科学。

第四章“课堂评价与科学探究”，讨论在探究性的课堂教学中，评价的各种功能和方法。

第五章“探究性教学的师资培养”，讨论从职前到在职教师的专业进修问题。

第六章“实施探究性教学的研究基础”，介绍了为探究性教与学提供支持的一些研究成果。

第七章“有关探究的常见问题”，对教师、管理人员、家长以及其他人员经常会提出的一些问题给出简短的回答。

第八章“支持探究性的教与学”，讲述从校长到管理人员的领导层如何能够促进探究在教与学中的应用。

附录中提供了对《国家科学教育标准》中所列探究能力和理解的进一步讨论，给出了寻找探究性教学资源的指南，还列出了一张与探究性的科学教育有关的资料清单。

本书中有好几章选取了师生们进行探究性教与学的案例。这些案例所依据的是经委员会成员和本书作者考察的教学实践，为突出那些特别的要点，对一些细节有所改动。这些案例有助于说明本书的一些关键思想，但并不代表理想的课堂或专业进修情境。

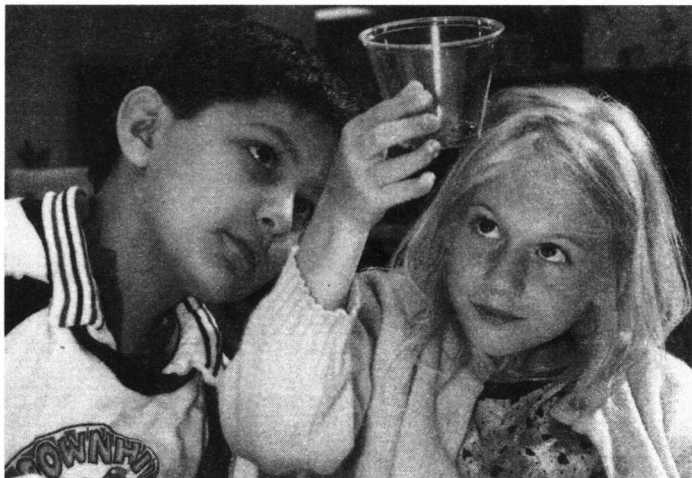
本书是在中小学科学教育委员会的领导下完成的，该委员会是国家研究理事会数理与工程教育中心的一个执行机构，它

设立了一个对《国家科学教育标准》的科学探究方面进行补充的委员会并领导这个委员会编写资料，帮助教育工作者通过运用探究的方法改进教与学以及评估的质量。项目经费来自国家自然科学基金会、国家航空航天局以及国家科学院。

本书可以有多种用法。一线教师、科学教研组长、科学活动导师以及师资培训人员可以直接将它用于教与学的改进；学校和公共管理人员可以借助于它来理解和推动探究性的教与学；教师职前和在职培训人员可以用它来改进自己的教学方式，给未来的教师 and 在职教师提供探究性学习的机会；大学的科学系科可以用它来反思给师范生提供的课程中所使用的教学内容和方法；对于那些坚信探究应该成为每一个科学课堂的一部分的人们，可以用它来激发讨论、指导进行真正有效的改革的奋斗方向。

不打算一页一页读下去的读者，应从作为其他各章基础的第一章或第二章开始。在第三章，案例是分年段的，读者可根据自己对哪个年段的学生的探究感兴趣进行选择性的阅读。对其他章的选择则要根据读者个人工作性质而定。例如，第五章特别针对的是师资培训人员，而第八章则适合于行政管理人员或其他科学教育改革的领导者。

本书是已纳入计划的《国家科学教育标准》附属读物中的第一本，有关科学与技术及有关课堂评估的附属读物也在准备之中。本中心还制作了几种其他的为基于《国家科学教育标准》的科学教育改革服务的资料，包括有关选择教学材料、设计多年的课程计划和运用第三次国际数学与科学成就测量研究的结果的一些出版物。



我谨代表编委会向为本书做出贡献的人们表示深深的感谢。Elizabeth Stage, Ron Anderson, Jim Minstrell, Denis Goodrum, Maryellen Harmon, Doris Ash, Lezlie DeWater, and David Hartney撰写了文字材料；Mike Atkin, Kathy DiRanna, Sally Crissman, Kathy Stiles, John Layman, JoAnne Vasquez, and Henry Heikkinen对初稿提出了意见和建议；许多教师和教师培训者的探究教学经验为本书的一些观点提供了例证。我们要特别地感谢苏珊·劳克斯-霍斯利和杰伊·哈克特作为项目的全程负责人所付出的辛劳；科学、数学及技术教育中心的其他倾力投入的工作人员，包括罗杰·拜比，哈罗德·普拉特，莉萨·范德马克，克里斯坦斯·科茨，琳达·迪普和蒂娜·温特斯，帮助我们构思、修改和制作了这个文本；史蒂夫·奥尔森出色的编辑极大地提高了本书的制作水平；许多参加培训的教师和管理人员，对我们投入试验的想法和思路给予了很有价值的反馈。

《国家科学教育标准》科学探究附属读物
编委会主席：彼特·道

译者前言

三年前，为配合“国家基础教育课程改革项目”中理科各学科课程标准的研制和随后展开的新课程实验工作，我们组织翻译了美国国家研究理事会科学、数学及技术教育中心编著、美国国家科学院出版社2000年出版的《科学探究与国家科学教育标准——教与学的指南》一书，作为内部资料参考。该书系美国国家研究理事会在《国家科学教育标准》（以下简称《标准》）出台五年后正式出版的第一本专门讨论科学探究性学习的著作。正如该书前言所述，《标准》的一个突出特征就是对探究的强调，出版这本书就是要“为教师、专业的课程开发人员、行政管理人员以及其他欲将《标准》更注重探究的号召落到实处的有关人士提供实用的指南。”通读全书后，我们感到该书在很大程度上的确能起到这样的作用。

如今，基础教育新课程已经发展到了全面推广和向纵深推进的阶段，科学探究即使在尚未进入新课程实验的地区也已成为广大教师经常提及的话题。不少教师更是身体力行，用自己的教学实践从事着探究性教学的探究。通过实践，我们和广大一线教师共同的体会是：要真正将探究性教学的目标落到实处，我们要走的路还很长，需要学习和探索的问题还很多。接触了众多的国内外资料之后，我们越发地感到了本书的价值。

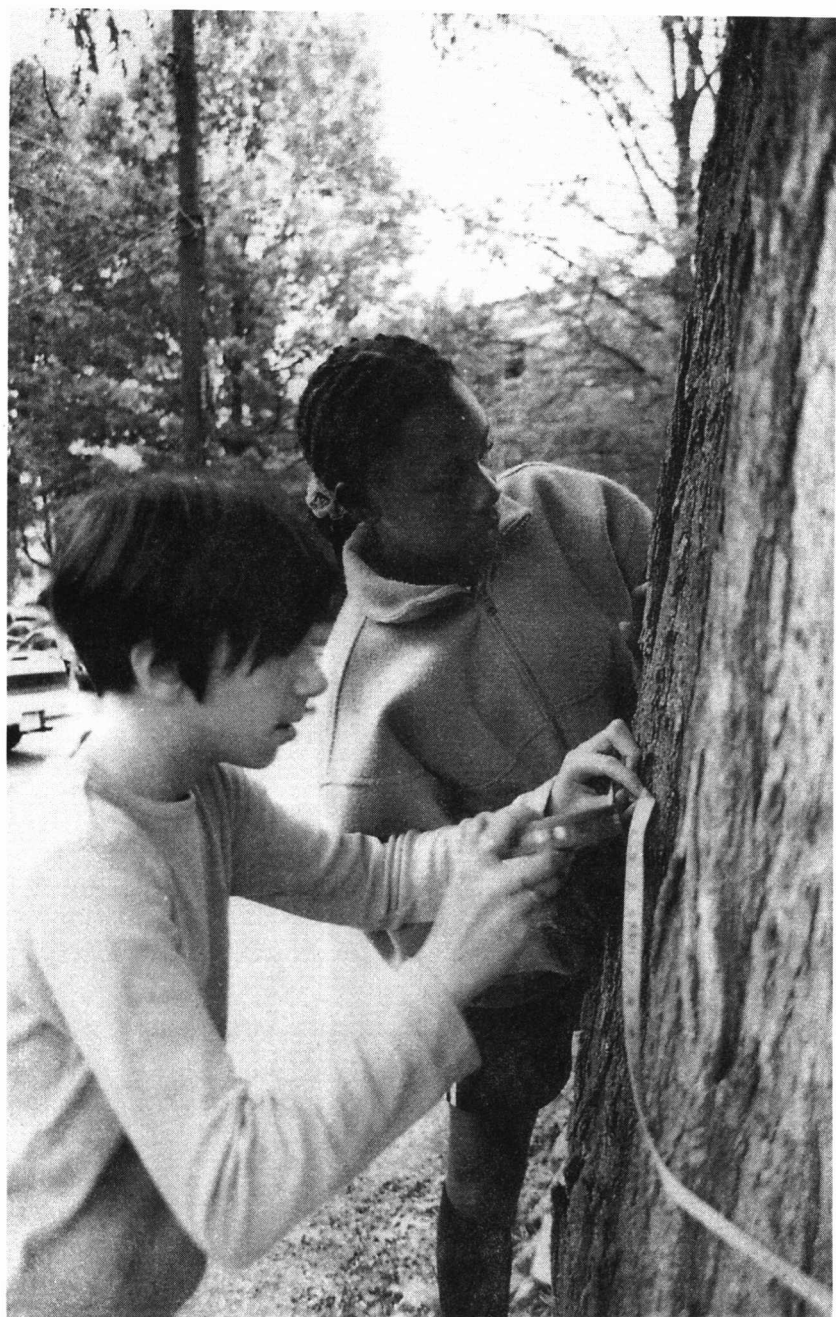
感谢中国科学技术协会和科学普及出版社的积极努力，使本书中译本最终得以正式出版。我们还要特别感谢多年来对我们的工作给予激励和指导的教育部基础教育司领导以及众多的科学界、教育界专家和同仁。能为国家科学教育事业的改革发展做点实际工作，我们深感荣幸。

参与全书翻译工作的是本课题组负责人罗星凯教授和广西师范大学科学教育研究所物理教育研究室研究生张琴美、吴嫻、李萍昌。参与前期工作的还有杨小红、罗运文、李建设、李耀俊等。全书由罗星凯校对和统稿。译文中有不当之处，欢迎指正。

国家基础教育课程改革项目重大课题
“科学探究性学习的理论与实验研究”总课题组

<http://www.risechina.org>

2004年6月



目 录

第一章 科学中的探究与科学课堂中的探究	1
第二章 《国家科学教育标准》中的探究	13
第三章 从幼儿园到12年级的科学课堂探究实例	37
第四章 课堂评价与科学探究	73
第五章 探究性教学的师资培养	83
第六章 实施探究性教学的研究基础	111
第七章 有关探究的常见问题	127
第八章 支持探究性的教与学	139
参考文献	150
附录A 《国家科学教育标准》摘录	163
附录B 教学材料的选择	171
附录C 探究性教学资源	185
索引	190

第一章

科学中的探究与 科学课堂中的探究

科学探究指的是科学家们用以研究自然界并基于此种研究获得的证据提出种种解释的多种不同途径。科学探究也指的是学生们用以获取知识、领悟科学的思想观念、领悟科学家们研究自然界所用的方法而进行的各种活动。（《国家科学教育标准》P23/P30*）

正如《国家科学教育标准》（美国国家研究理事会1996年发布）指出的那样：尽管学生是使用探究法学习科学知识，而科学家是在努力增进人类对自然界的了解，学生和科学家所从事的活动及思维过程都有许多相同之处。当然，力图将探究引入课堂的教育工作者，对科学家从事的活动与思维过程并不总是很熟悉的。本书通过对科学中的探究和科学课堂中的探究的描述，揭示科学教育中探究的方方面面。借助举例和讨论，本书还展示师生怎样通过探究来学会“做”科学，从而了解科学的本质、学习科学知识。

* “/”前面的页码系指在英文原著中的页码，“/”后面的页码系指在中译本（美国国家研究理事会著，戴守志等译：《国家科学教育标准》，科学技术文献出版社，1999年版）上的页码。

探讨这个问题，我们这样来开始：将一位科学家的研究工作与科学课堂的探究活动进行比较。本章的故事做个引子，后面分许多主题来谈。旁边有注解，说明在科学上和科学课堂上的探究中都至关重要的一些方面。

科学探究

进行观察

一位地质学家绘制华盛顿州的海岸矿产图时，惊讶地发现了一片死亡的西洋杉树林。相当大的一部分树林仍直立在地上，但明显已死了好多年了。在俄勒冈州和华盛顿州其他几处海岸边，这位地质学家也找到了类似的直立着的死树林。他感到奇怪：“是什么导致了大面积树林死亡呢？”



表现出好奇，从已有知识背景中提炼出问题

他仔细地思索自己所知道的有关地震、地壳板块边界及海岸线塌陷等方面的知识，以寻求可能的解释。他提出了一连串问题：“这些树是同时死亡的吗？”“这与附近的火山活动或生物学上的某种枯萎病有关吗？”“既然是发生在沿海地带，是否与那咸咸的海水有关呢？”

使用技术和数学方法收集证据

为了解决第一个问题，地质学家使用了 ^{14}C 放射性探测法测量这些树的最外层年轮形成的时间，发现它们都死于300年前。至于树木死亡的原因，经过检测他没有找到在死亡森林的地区一般广为存在的火山沉积物的证据，更为重要的是这些树木没