

21 世纪科学教育书系

面向全体儿童的科学

——改进小学科学教育的指南

Science for All Children

A Guide to Improving Elementary Science
Education in Your School District



原 著 [美] 国家科学资源中心
国家科学院史密森协会

翻 译 李 勇

科学普及出版社

21 世纪科学教育书系

面向全体儿童的科学

——改进小学科学教育的指南

Science for All Children

A Guide to Improving Elementary Science Education
in Your School District

原 著 [美] 国家科学资源中心
国家科学院史密森协会

翻 译 李 勇

科学普及出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

面向全体儿童的科学: 改进小学科学教育的指南/美国国家科学资源中心等著; 李勇译. —北京: 科学普及出版社, 2005. 1

ISBN 7-110-05953-7

I. 面... II. ①美... ②李... III. 小学—科学教育学 IV.G620

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 068414 号

This is a translation of *Science for All Children: A Guide to Improving Elementary Science Education in Your School District*, National Science Resources Center of the National Academy of Sciences and the Smithsonian Institution © 1997 National Academy of Sciences. First published in English by National Academies Press. All rights reserved. This edition published under agreement with the National Academy of Sciences.

著作权合同登记号 北京市版权局图字: 0-1-2004-1177

本书中文版权由美国科学院出版社授权科学普及出版社独家出版, 未经出版者许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分

·版权所有 侵权必究

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

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: 11 字数: 150 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—5 000 册 定价: 20.00 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

近来，美国科学院和美国工程院所属的执行机构——国家研究理事会（the National Research Council）发表了《国家科学教育标准》（the National Science Education Standards）。制订这一共同性的文件历时4年，这些标准致力于帮助我们的国家达到一个重要的目标——在21世纪所有的学生都将获得科学素养。正如《国家科学教育标准》提示我们的：“科学素养可以帮助人们在做出个人决定的时候使用科学的方法和步骤，并运用影响社会的科学方法论来讨论问题。”

《国家科学教育标准》提出了新的科学教育体系，这是一个大胆的改革。这些标准明确了高中毕业生应知应会的知识。标准描述了学校必备的条件以保证所有的学生都有学习的机会，同时，所有的教师都有教学的机会。标准还强调了将学校转变成教育社区的重要性，在这些社区里学生们主动地从事科学探究，通过这种方式来认知世界。标准还强调了学校和学校体制的重要性。在这种体制下教师应该受到支持，并且拥有对有效的学习十分关键的决定权。

在全国范围内的许多学区，科学家在科学教育改革中已经扮演着主要的角色。通过与一些科研机构和合作，这些科学家已经在课堂上或幕后帮助着学校的教师。《国家科学教育标准》表明了这样一种教育体制：邀请越来越多的科学家和科学团体中其他成员的参与以不断地改进和完善教育体制。

许多学区正在实施《国家科学教育标准》所推荐的内容，他们能够从这些努力和挑战中获益。这些努力也是国家科学资源中心（the National Science Resources Center）已经在全国范围内开展的学区基础科学教育改革工作的延伸。《面向全体儿童的科学——改进小学科学教育的指南》为带来学区范围内基础科学改革提供了国家科学资源中心战略规划模式。

自从1985年发起科学教育改革以来，国家科学资源中心对科学教育改革作出了许多积极的贡献。他们开发了“面对儿童

的科技”项目，这是一个面向 1~6 年级以探究为中心的科学课程。国家科学资源中心一直十分活跃于科学改革的其他领域，包括宣传教授科学课资源信息、如何让学区的领导充当科学教育改革的先锋，以及对学区提供技术援助。这些活动已经对全国范围内的许多学区的科学教育产生了积极和有意义的影响。

作为国家科学资源中心的主办机构——美国科学院和史密森协会对本书的出版感到十分骄傲和自豪。能够使所有孩子都获得科学素养的美国科学教育改革是一项具有挑战性的任务，它需要在下一个10年里进行战略思考。本书中经过试验的实施方案将有助于这项任务的完成，这些计划一定会受到所有关心和关注基础教育科学改革人士的欢迎。

布鲁斯·阿尔伯兹
(Bruce M. Alberts)
美国科学院院长

迈克尔·海曼
(I. Michael Heyman)
史密森协会会长

前 言

我代表国家科学资源中心很高兴地向读者介绍《面向全体儿童的科学——改进小学科学教育的指南》一书。这本书是国家科学资源中心的主要出版物。它标志着国家科学资源中心科学教育改革模式的首次发表和广泛传播。

国家科学资源中心科学教育改革模式大部分是基于两个主要的经验来源。一是在20世纪70年代和80年代一些先行的学区实施的基础科学课程所带来的成果；二是通过“基础科学教育领导研究所”项目，国家科学资源中心本身与一些学区一起工作的成果。通过这些成果，我们可以认识到将科学项目视为一个融合的系统是十分必要的，其中包括以下因素：一个以探究为中心的研究型科学课程、专业的发展、物质的支持、合适的评价策略，以及社区和行政区的支持。这些因素必须协调一致创造出一个独立的系统。这一系统应修改、调整以满足各类型学区的需要，无论是大学区还是小学区，无论是在城市还是在农村。为了表明这一模式的灵活性，本书包括了8个研究案例，展示了不同的学区如何采用这些因素来满足他们特殊的要求。

通过“面向儿童的科技”项目的开发，随着学区科学教育改革的深入，我们还更多地了解了这些学区所从事的改革进程。我们的区域测试项目在改革阶段的初期就提供给课程开发人员大量的机会访问学区，与他们共同讨论各个学区所面临的挑战。这些反馈使得我们能够积极地改善科学教育改革模式的质量。它还提醒我们：改革是困难的，是需要时间的。由于这一原因，学区从类似国家科学资源中心这类组织机构中得到了巨大的帮助和支持，并受益匪浅。

我们写了这本书，并将其交给学区以帮助他们建立一个探究式的科学项目。经验告诉我们热情常常是初始的催化剂，那些深知改革问题的学区行进得最有效率。本书提供给我们改革模式的基本信息、如何进行战略策划，以及如何建立和维系科学项目的关键因素。我们希望学区将发现本书能够帮助他们确

改进小学科学教育的指南

定有效的科学教育改革模式，并开发一个战略计划来实施这一模式。本书还可以提供一些特别的忠告来战胜所遇到的挑战。

《面向全体儿童的科学》并非是一份研究文件或一个彻头彻尾的文学总结报告。它的主要目的是激发全国范围内基础科学课程的改革。我们鼓励读者参考其他的出版物，其中包括列在本书每章后面的书目，这些出版物能够进一步提供给我们科学教育改革特定方面的细节。

我们要感谢国家科学资源中心的两个上级机构：美国科学院和史密森协会，是它们的真知灼见和鼎力相助使得国家科学资源中心完成了这一项目。最后，我们衷心地希望听到读者对本书的评论和改进建议。

道格拉斯·莱普

(Douglas Lapp)

国家科学资源中心主任

导 论

国家研究理事会 (National Research Council) 于1996年颁布的《国家科学教育标准》充分说明了对所有美国人进行科学教育的重要性。该《标准》强调“每个人都应能够运用科学知识对日常遇到的事情做出选择。每个人都必须能够用自己的智慧参与交流和讨论科学技术方面的重要问题。而且每个人都有权利分享对自然世界理解和学习所带来的愉悦和自我满足。”

科学教育在工作中也变得越来越重要了。越来越多的工作要求人们具备批判性的思考能力，要求他们解决问题，并能有效地应用各种技术。此外，我们如果想在全球市场竞争中取得胜利，也必须使我们的公众具有科学文化知识。

已经被证明为实现这些目标行之有效的道路之一就是从小学甚至从幼儿园开始进行科学教育。通过一种被称为“以探究为中心”的特殊的科学教育方法，使儿童能逐渐学会提问题，做实验，形成自己的理论，相互交流各自的观点。

本书给出了运用“以探究为中心的科学教育”的方法进行教学的一个科学教育体系模型。这个模型是在研究和实践的基础上形成的，它由五个要素组成。这五个要素分别是：以研究为基础、以探究为中心的课程；专业化发展；材料支持；合适的评价战略以及社区和行政支持。这些要素作为一个整体协同发挥作用，而同时每个要素又有各自的内涵，各自具有不可缺少的重要性。因此，本书不仅对每个要素做了深入的探究，而且对它们之间如何协同工作也进行了说明。

为进一步证明本书提出的观点，本书还给出了一系列案例研究，这些案例研究说明了这个模型是如何在全国范围内的不同学校实施的。案例研究证明，通过实施国家科学资源中心 (NSRC) 的科学教育改革模型，许多学校已经在实施《国家科学教育标准》的推荐做法上取得了较为可喜的成绩。

《面向全体儿童的科学》一书的篇章结构

本书分为三个部分。

第一部分：为变革构建基础。解释了以探究为中心的科学的原理，并为设计这样的计划提供了一些基本工具。本部分包括以下四章：

第一章：科学教育的价值；

第二章：儿童如何学习；

第三章：分享可模仿的基础科学的想像力；

第四章：规划新的基础科学计划。

第一章开篇讨论了以探究为中心的基础科学及过去研究对其有效性的评价。第二章探索了以探究为中心的科学的建立是在儿童怎样进行学习的知识基础上的。第三章对有效的基础科学计划的五个要素进行了回顾。第四章讨论了学校如何开始战略规划过程。

第二部分：改革的基本要点。通过集中阐述NSRC科学教育改革模型的五个组成要素，解释了如何实施以探究为中心的科学计划。这个部分包括以下几章：

第五章：选择以探究为中心的科学课程材料的标准；

第六章：以探究为中心的科学的专门发展；

第七章：建立科学材料支持中心；

第八章：以探究为中心的科学的评估策略；

第九章：为科学计划构建支持系统。

第三部分：以探究为中心的科学实践。收集了8个努力实施第二部分中描述的以探究为中心的科学的模型实例。实施这一计划的学校有马里兰州蒙特高米利县公立学校；华盛顿州斯波坎县81学区；路易斯安那州东巴顿罗杰教区公立学校系统；加利福尼亚州库伯挺县库伯挺联合学区；亚拉巴马州翰特斯威尔县实践活动科学项目；加利福尼亚州帕萨帝娜县帕萨帝娜联合学区；加利福尼亚州旧金山的城市科学（旧金山联合学区）以及威斯康星州绿湾地区的爱因斯坦项目。



这些学区都以略有不同的方式进行改革。有的是自发的，在他们自己的学区内进行改革；有的是由赞助公司牵头进行改革；也有的通过学术机构建立的合作关系与科学界的成员合作进行改革。最后，有的学区之间互相联合形成协会，这也是一种实施改革的有效途径。

在每一章的最后为读者提供了进一步阅读的参考书目。

如何使用本书

本书可供学区或社区的多数成员阅读，包括教师、行政管理人员、校委会成员、父母以及科学家。读者可能希望把注意力集中在自己最感兴趣的部分。例如，校委会主席、孩子的父母或PTA活动家可能会选择第一部分（第一章至第四章）仔细阅读。本部分主要包括一些研究数据，用以证实以探究为中心的科学的有效性，以及其他一些支持这种教学方法的讨论材料。这个部分能帮助读者建立自己的一套方案，提供给学校行政管理人员或社区成员。

参与以探究为中心的科学教学的教师和学校行政人员会发现第二部分特别有用。第五章至第九章说明如何实施以探究为

中心的科学计划。本部分主要包括关于选择课程材料、为专业化发展创造机会、建立并维护材料支持中心、开发新的评价学生学习情况的策略等方面的重要信息。

每一位与教育有关的人士都会发现第三部分对他们很有帮助。案例研究详细说明了8个项目是如何实施科学教育改革的，同时还探索了在改革道路上学校官员和社区活动家所经历的一些“起起落落”。

每一位从事儿童工作的人员以及对儿童教育感兴趣的人士都会发现本书很有用处，而且内容丰富。我们希望本书会激发教育工作者在自己的学区内积极实施以探究为中心的基础科学计划。

目 录

导论

第一部分 为变革构建基础

- 第一章 科学教育的价值 (3)
- 第二章 儿童如何学习 (15)
- 第三章 分享可模仿的基础科学的想像力 (25)
- 第四章 规划新的基础科学计划 (33)

第二部分 改革的基本要点

- 第五章 选择以探究为中心的科学课程材料的标准 (53)
- 第六章 以探究为中心的科学的职业发展 (65)
- 第七章 建立科学材料支持中心 (77)
- 第八章 以探究为中心的科学的评价策略 (87)
- 第九章 为科学计划构建支持系统 (105)

第三部分 以探究为中心的科学实践

- 绪论 (117)
- 马里兰州蒙特高米利县科学计划 (118)
- 华盛顿州斯波坎县计划 (125)
- 路易斯安那州东巴顿罗杰教区计划 (130)
- 加利福尼亚州库伯挺计划 (135)
- 亚拉巴马州翰特斯威尔计划 (139)
- 加利福尼亚州帕萨帝娜计划 (145)
- 加利福尼亚州旧金山计划 (150)
- 威斯康星州绿湾计划 (155)
- 结语 (161)

第一部分 为变革构建基础



第一章

科学教育的价值

1

对求知者在探索科学知识的现实生活经历中发现的主题素材加以应用，最好地说明应用现有经验把求知者带到一个更广阔、更美好、更有序世界的基本原理。

——约翰·杜威，《经验与教育》，1938

每年秋天，几百万儿童进入幼儿园，开始接受正式教育。这些5岁大小的孩子们满怀激情与兴奋，像大孩子一样登上校车，终于有机会去看看学校是什么样子的了。父母们也把此刻看作一个转折点。学校为孩子们提供机会去发现他们经常所问的问题的答案，如岩石是怎样形成的？为什么轮船会浮起来？等等。所有与儿童有关的人都希望学校能继续激发儿童好奇求知的本能。

教师运用许多方法来使这种求知的欲望保持下来。为了激发孩子们对自然的好奇心，有的老师安排他们到湿地、河流、湖泊去郊游，把这作为孩子们学习自然生态系统的一个组成部

分。为了使孩子们的想像力更加丰富，有的老师把鸭蛋带到学校，鼓励学生照看这些鸭蛋，让他们想像小鸭子孵出时的样子。为了培养对实验究根寻底的精神，老师们用电池和灯泡或岩石和矿物等材料作为提问问题、做实验、发展理论和交流观点的出发点。

所有这些学习活动都是“以探究为中心的科学”（有时也简称为“探究”）的一部分。根据《国家科学教育标准》，探究涉及“观察；提问；查看书本和其他信息以获得已知的知识；安排调查；根据实验证据对已知知识进行评价；应用工具收集、分析并解释数据；提出方案、进行解释和预测；交流结论”等方面。这些活动都深深地扎根于科学传统和教育理论。

但是，探究对很多学校和老师来说还是一种进行科学教育的新方法。探究之所以显得新，其原因在于许多学校已经习惯于依赖教科书，把它作为向学生传播知识的主要工具。虽然教科书可能包括科学课程的基本知识，但它们往往过分强调词汇和事实。由于老师对学生是否“掌握了它的全部知识”过于看重，他们常常要求学生记住这些单词和事实。经验表明：记忆单词和事实不仅忽略了科学的最重要部分，而且也似乎使年轻的求知者感到厌倦，感到这些知识似乎与他们毫无关系。

为说明以教科书为中心的科学课程所产生的消极学习环境，请看下面这个摘自霍华德·豪斯曼（Howard Hausman）撰写的专著《为小学选择科学课程》的例子。

26个3年级的学生坐在课桌前。老师叫卡拉（Carla）大声朗读课本的第56页内容，这页有一幅图画，画面上有农场，农场里有动物和风车。卡拉读道：“农场有许多动物，它们需要饮水”。然而，画面上显示农场土地上只有少量的水，暗示了必须用风车的动力把水从井中抽出来。她从课本上直接朗读问题，“风车是用来干什么的？”

老师重复道，“谁能猜出风车是用来干什么的？乔伊（Joey），你知道吗？”乔伊已经略读了课文的下一个段落，他回答道：“风车因空气的力量而转动，就带动了抽水机。抽水机把水从井中抽到水罐里，供动物饮用。”

“很好，乔伊”，老师说道，“卡拉，请你把下一段读一下，好吗？”卡拉继续朗读：“风车因空气的力量而转动，就带动了抽水机。抽水机把水从井中抽到水罐中，供动物饮用。”她还读到了关于风车带动机器以产生电力的内容，然后读到了“流动空气产生能量”的其他例子。

几个孩子开始骚动不安起来，玩弄着铅笔并窃窃私语。老师又要求他们集中注意力，就像前面她两次要求孩子们集中精力一样。

“风能干什么？”老师问道。没有人回答。“风能做任何事情吗？”“它吹动了风车，”有的孩子回答道。

仍然有孩子骚动不安。老师又一次要求孩子们注意课堂秩序，孩子们被迫安静了一会儿。书本被收起来并放在架子上。

传统课堂的局限性

为什么这节课没有使孩子们的兴趣维持下去呢？在科学课上孩子们为什么骚动不安而且似乎不想对提出的观点进行探究呢？

原因之一在于孩子们没有“做”科学。他们没有调查对象，没有观察现象，没有设计实验，没有收集数据，也没有讨论他们的观点，没有机会独立思考和解决问题。相反的，他们仅仅是“读”了科学。孩子们得到的知识很少，因为他们所读的书本描述的是他们不熟悉的事物或他们不关心的事物。今天的大多数孩子从来没有看到过真正的风车，也不知道抽水机是什么东西。风车能产生电这一事实对这些孩子们来说也没有什么意义；对他们来说，电是当他们按下电灯的开关时就会发生的東西。“作用”和“能量”是抽象的概念，对他们来说从来都是无形的和无意义的。因为这些概念超出了他们所经历的世界，孩子们根本不想对它们进行进一步的探索。

经历是关键的因素。对儿童学习的研究揭示了这样一个事实：当孩子们没有亲身经历在学校所学的事物时，课程想要传授的知识往往对他们毫无意义。简·皮亚杰，瑞士的一位心理学