

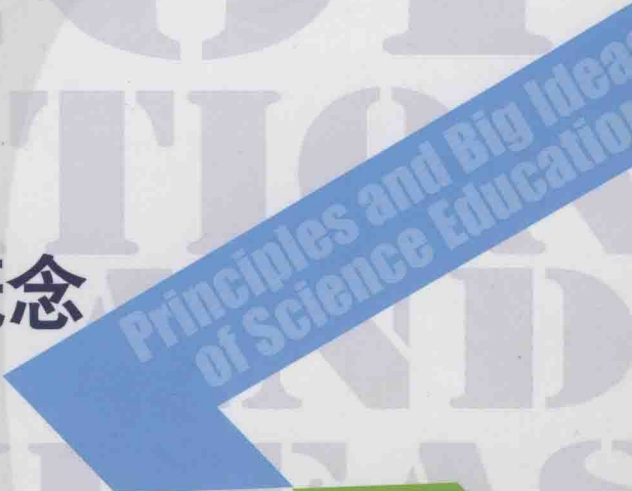
“做中学”科学教育丛书

科学教育的原则和大概念

Principles and Big Ideas of Science Education

[英] 温·哈伦 编著

韦 钰 译



科学普及出版社
POPULAR SCIENCE PRESS

“做中学”科学教育丛书

科学教育的原则和大概念

[英] 温·哈伦 编著

韦 钰 译

参与专家:

德雷克·贝尔, 罗莎·德韦斯, 休伯特·戴西, 吉耶尔莫·费尔南德斯·加尔扎, 皮埃尔·莱纳, 罗宾·米勒, 迈克尔·赖斯, 帕特里夏·罗厄尔, 韦钰

科学普及出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

科学教育的原则和大概念 / (英) 哈伦编著; 韦钰译. —北京: 科学普及出版社, 2011.7
(“做中学”科学教育丛书)

书名原文: Principles and Big Ideas of Science Education

ISBN 978-7-110-07533-3

I. ①科… II. ①哈… ②韦… III. ①科学教育学—研究 IV. ①G40-05

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第132963号

本图书贴有防伪标志, 未贴为盗版

Copyright © Wynne Harlen 2010

本书中文版由 Wynne Harlen 授权科学普及出版社出版

著作权合同登记号: 01-2011-2820

版权所有 侵权必究

出版人: 苏青

责任编辑: 单亭

英文审校: 祝贺

图书装帧: 盛世华娱

责任校对: 林华

责任印制: 李春利

法律顾问: 宋润君

科学普及出版社

北京市海淀区中关村南大街16号 邮政编码: 100081

电话: 010-62173865 传真: 010-62179148

<http://www.cspbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京华联印刷有限公司印刷

*

开本: 889mm X 1194mm 1/20 印张: 4 字数: 150千字

2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷

ISBN: 978-7-110-07533/G · 3245

印数: 1-10000册 定价: 18.00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)

中文版序

科学教育无论是对科学的未来还是对世界的未来都是极为重要的。随着科学技术成为现代社会第一生产力，科学态度、科学方法、人文和科学精神成为现代公民基本的素质，几乎所有国家都认识到科学教育关乎国家和民族的兴衰。为了应对21世纪社会发展所带来的挑战，各国纷纷进行教育改革，从而给国民提供更高质量的科学和人文教育，培养适应未来社会发展的创新人才。

中国的现代科学教育始于20世纪初，在经历了一个多世纪的不断探索和改革之后，我们科学教育的目的已经逐渐由培养社会中少数科技精英转变为面向每一个人，成为培养合格公民的基本要求之一。2006年，国务院颁布《全民科学素质行动计划纲要(2006-2010-2020年)》，提出完善基础教育阶段的科学教育，提高学校科学教育质量，是全民科学素质提高的最重要、最基础性的工作。

科学作为一种人类文化通过教育不断传承和发展。关于科学教育，我想科学家是应该承担这份社会责任的。因为在科学家的职业生涯中，不仅仅亲身经历了自然界规律的发现和研究过程，同时也实践了科学的精神和科学的态度和方法。历经探索科学规律、发展技术、在经济和社会发展中实践科学发展观之后，科学家们应当可以告诉人们怎样学习和理解科学和技术，怎样以人文道德观念为指导，正确运用科学技术造福社会和人类。

韦钰院士翻译了《科学教育的原则和大概念》，把来自不同国家的科学家对于科学教育的认识和思考介绍给中国的读者。这些不同国家、不同学科背景的科学家们非常关注科学教育的改革，聚会讨论研究科学教育，让科学素养能够通过教育惠及人类的下一代。他们以科学家的角度对全球的科学教育提出了一些看法——科学教育不应该传授给孩子支离破碎、脱离生活的抽象理论和事实，而是应当慎重选择一些重要的科学观念，用恰当的、生动的教育方法，帮助孩子们

建立一个完整的对世界的理解，初步形成科学态度，掌握科学方法，了解科学精神，构建一个人健康协调发展的基础。由于我们对世界的认识不断深化，由此形成的科学观念也在不断更新，新的观念不仅包含原有观念的内涵，还超越原有观念的适应范围，开辟新的科学发展领域。本书介绍的一些重要科学观念对儿童日常生活接触的范围来说已经足够，一些适应更广阔范围的科学观念可以在他们成长以后再学习。

希望这本书能给我们的科学教育带来启示与借鉴，同时这本书产生的“故事”也将唤起越来越多的科学家从科研工作中走出来，用不同的方式参与到科学教育事业中来，为我们的下一代，为国家民族的发展贡献智慧和力量。

2011年5月18日

前 言

2009年10月，一个规模不大的国际研讨会召开了，其目的是为了确定学生在科学教育中应该接触到的核心概念，以帮助他们理解自然、赞赏自然，并且对自然界充满好奇。举办这样一个研讨会的初衷是考虑到在中小学科学教育中，除了少数例外，大多缺乏连贯性，对于宏观上的考虑往往会带有随意性，但这些宏观上的考虑对学生学习却是重要的。虽然有许多团队制定了各种国家标准和指导书，标准中也涉及了内容选择的问题，但是常常表现为关注于特定的条目，掩盖了在制定标准中的宏观考虑——只见树木不见森林。这不仅是一种表面现象，实际上触及了科学教育的实质。与新的思想相比，从历史中学习更能使我们获益。

研讨会的参与者中，既有经验丰富的科学家和工程师，也有长期从事科学教育的教育家。他们都关心科学教育的改革，不仅关心本国的，也关心国际的。在这份报告的最后给出了这些参与者的简介，可以看出他们为研讨会带来了广泛领域的专业知识。这些工作十分繁忙的专家，能够腾出时间，在会前就为研讨会撰写和收集文献，不仅自愿，而且带着热情聚集到苏格兰来，这本身就证明了研讨会举办的必要性和重要性。

这个研讨会能够举行，也得益于法国科学院和圣艾蒂安矿业学院颁发的Purkwa奖*，使我们可以在罗蒙湖边召开这个为期两天半的会议。研讨会后，有关工作仍以通信的方式在继续，大家不断地对报告作出评论、修改和补充，这份报告的确是大家共同的作品。十分感谢德雷克·贝尔，罗莎·德韦斯，休伯特·戴西，吉耶尔莫·费尔南德斯·加尔扎，皮埃尔·莱纳，罗宾·米勒，迈克尔·赖斯，帕特里夏·罗厄尔，韦钰和朱利叶·米勒。朱利叶·米勒在研讨会期间承担了会议记录的任务，并规划了这份报告的框架。

温·哈伦

2010年7月于邓斯

南 城

（此处为模糊不清的正文内容，疑似为“南城”主题的散文或新闻报道，文字难以辨识。）

* Purkwa 奖由法国科学院和圣艾蒂安矿业学院设立。Purkwa 的发音近似法语“为什么”，设立该奖项的目的就是鼓励孩子们提问和求知。该奖项是全球儿童科学教育领域的著名国际奖项，授予全球在儿童科普教育领域作出过杰出贡献的人士。

科学教育的10项原则

TEN PRINCIPLES OF SCIENCE EDUCATION

- ① 在义务教育的所有年级，学校都应该设置科学教育项目，以系统地发展和持续保持学习者对周围世界的好奇心，对科学活动的热爱以及对如何阐明自然现象的理解。
- ② 科学教育的主要目的应该是为了使每个人能够参与有依据的决策和采取适当的行动，这对保证他们个人、社会以及环境的健康和协调发展是重要的。
- ③ 科学教育具有多方面的目标，科学教育应该致力于：
 - ◆ 理解一些科学上有关的大概念，包括科学概念以及关于科学本身和科学在社会中所起作用的概念；
 - ◆ 收集和运用实证的科学能力；
 - ◆ 科学态度。
- ④ 基于对概念的审慎分析以及基于当前对学习是如何发生的有关研究和理解，应该给出为了达到科学教育各个方面目标的清晰进程，指出在不同阶段需要掌握的概念。
- ⑤ 应该从学生感兴趣并与他们生活相关的课题开始，逐步进展到掌握大概念。
- ⑥ 学习的经验应该明晰地反映出既包含科学知识，也包含科学探究的理念，并且符合当前科学和教育方面的见解。
- ⑦ 所有科学课程活动都应该致力于深化学生对科学概念的理解，同时应该考虑其他可能的目标。例如，科学态度和能力的培养。
- ⑧ 为学生设置的学习项目以及教师的职前教育和专业发展，都应该与为达到原则3中所设置目标需要的教与学的方法保持一致。
- ⑨ 评测在科学教育中具有关键的作用。无论是对学生学习过程的形成性评测，还是对学生学习进展的总结性评测，都必须考虑到所有的学习目标。
- ⑩ 为了达到科学教育的目标，学校的科学项目应该促进教师之间的合作，并需要社会其他力量包括科学家的参与。

科学中的14个大概念

FOURTEEN BIG IDEAS IN SCIENCE

科学概念

1. 宇宙中所有的物质都是由很小的微粒构成的。
2. 物体可以对一定距离以外的其他物体产生作用。
3. 改变一个物体的运动状态需要有净力作用于其上。
4. 当事物发生变化或被改变时，会发生能量的转化，但是在宇宙中能量的总量总是不变的。
5. 地球的构造和它的大气圈以及在其中发生的过程，影响着地球表面的状况和气候。
6. 宇宙中存在着数量极大的星系，太阳系只是其中一个星系——银河系中很小的一部分。
7. 生物体是由细胞组成的。
8. 生物需要能量和营养物质，为此它们经常需要依赖其他生物或与其他生物竞争。
9. 生物体的遗传信息会一代代地传递下去。
10. 生物的多样性、存活和灭绝都是进化的结果。

关于科学的概念

11. 科学认为每一种现象都具有一个或多个原因。
12. 科学上给出的解释、理论和模型都是在特定的时期内与事实最为吻合的。
13. 科学发现的知识可以用于开发技术和产品，为人类服务。
14. 科学的应用经常会对伦理、社会、经济和政治产生影响。

中文版序

前言

科学教育的10项原则

科学中的14 个大概念

引言

为什么需要大概念 1

第一章

支撑科学教育的基本原则 6

第二章

科学大概念的选择 17

第三章

科学上从小概念到大概念 27

第四章

以大概念的理念进行教学 47

参与研讨会人员介绍 56

参考资料 66

中文版后记 68

引言

为什么需要大概念

WHY BIG IDEAS

现在已经广泛地，甚至是普遍地认识到，当所有的学生完成义务教育时，应该对科学的概念和过程有一个基本的理解。然而，我们却发现学习科学的年轻人在减少，而且还表现出对科学缺乏兴趣，至少在世界上发达国家的情况是这样。学生普遍反映学校教的科学与他们无关，对科学不感兴趣。无疑这只是学生的看法，不是事实。显然他们没有认识到，他们进行的科学活动与他们周围的世界是有联系的。他们不能认识到这一点，因为他们对周围事物的研究变成了对一系列没有关联的事实的学习。实际上，他们能感受到的仅是需要通过考试。测试和考试的确在导致目前的这种状况中起着作用，虽然它不是唯一的原因。

目前的课程，即使是在过去二十年里发展出来的课程，都有其历史根源。每一次改革都会受到它之前情况的影响。不久以前，科学课还只是对14岁左右学生开设的选修课，而且中学里的科学课是为那些准备专攻科学的学生而设置的，而不是面向全体学生的。虽然现在已经认识到科学教育对所有的学生在义务教育的所有阶段都是重要的，但是传统的观念是很难摆脱的。因而并不奇怪，现在学校的科学教育无法使许多学生接触到发展着的宽泛的科学知识，无法帮助学生了解他们周围的事物，使他们能够在未来科学和技术越来越重要的世界中成为一名能够有依据地进行决策的公民。

与此情况有关联的是经常会听到中学生抱怨：与小学科学课相比，他们学的概念变得越来越抽象。在学习科学的进程中，需要逐渐去掌握一些应用更为广泛的概念，因此必然会更为抽象。如果这些概念的建立不能追溯和连接到更为具体的经验，对这些概念的理解会发生困难。

在小学，科学活动一般是从周围的物体和事件开始的，这种学习背景能给学生真实的感受，教师也力图使内容引起儿童的兴趣。小学阶段的问题不在于缺乏能使学生感知的内容，而在于难以选择适当的学习内容，并使这些内容不仅对学生在中学的学习有用，而且对他们

现在学校的科学教育无法使许多学生接触到发展着的、宽泛的科学知识，无法帮助学生了解他们周围的事物，使他们能够成为一名能作出有依据地进行决策的公民。

科学教育的目标不是去获得一堆由事实和理论堆砌的知识,而应是实现一个趋向于核心概念的进展过程,这样做有助于学生理解与他们生活相关的事件和现象。

一生都有用。有非常多的可以使用的题材和活动,教师该如何选择它们,使得有限而宝贵的学习时间能最有效地被运用呢?

在构思科学教育的目标时,在知识方面不是用一堆事实和理论,而是用趋向于核心概念的一个进展过程,可能会部分有助于克服上面提到的困难。这些核心概念及进展过程可以帮助学生理解与他们在校以及离开学校以后的生活有关的一些事件和现象。我们把这些核心概念称为科学上的大概概念(Big Ideas)。在这份报告中,我们试图阐明这些大概概念是什么,它们是怎样被挑选出来的,以及如何能最好地表达它们。为了能表达概念和经验之间的联系,表达的方式是关键,用叙述式的表达要比用不连贯的列表形式好。呈现出这些概念如何来自儿童早期的探索也是很重要的。这样,教师即使已不是儿童了,也可以了解这些活动在将周围世界的科学内涵展示出来所起的作用。

· 不同课程中有大概概念吗?

选定一些支柱性的事实和数据来展开主题,不仅可以改善科学这一门学科的教育,历史学者也主张将特定的一些事件与叙述史相连;同样的,在地理学中也很强调从研究不同的现象开始,聚集到相同的概念下。许多知识领域都是这样:构成一个知识领域,是因为具有核心的知识、技能和态度,然而像科学一样,这种核心的特性并不是很明晰的。用这种展开大概概念的形式来表达时,应该确切地给出其逻辑依据和某种框架,这种框架可以用于发展学校课程学习的详细主题和类型。

· 高标定性的评测

现在的学生在许多领域学习经验之所以支离破碎,无疑是由于所用的评测方式造成的。常规的测试和考试中询问的是一些不相联系的问题,从许多可能中选择时,不可避免地要选择那些容易评分的问题,无疑就会鼓励教师传授一些不连贯的知识点和教授如何能给出“正确”的答案。加之,评测的结果会用来对学生和教师作出高标定性的判断,评测什么和

如何评测影响就更大了。当运用测试和考试的结果来评定学生和教师时，对准确性要求就会很高，导致学习结果的评定会被限制在成绩容易用对和错来判断的内容，而将不能明确地用对和错来判断的学习结果排除在外。例如，概念的运用、推理、理解（它们是和事实性的知识相对的）和态度，这些是对学生今后学习产生影响的。虽然有些成绩很难用纸笔测验来获得，但可以通过项目或课程作业来评测。但是高标定性评测造成的压力，会导致视野局限于反映评测标准有关的内容。如果经常举行这样的测试，并且用它来测定教师或学校的成绩，这种弊病会扩展到小学阶段。

极端情况下，高标定性的评测会导致教什么是由评测什么来决定的，而不是考虑其在增进对核心概念的理解、发展推理能力和科学态度方面具有的价值。这就使得教师的教学方式既不会令学生喜爱，也不会满足学生的要求。不幸的是，尽管近二十年来的研究已经给出这样做会产生负面影响的实证，而且也驳斥了“测试可以有利于标准推行”的论断，然而频繁地对全体学生施加外部测试的政策仍在执行。虽然，进一步讨论有关学生成绩评测，或是评价学校教学成效的问题，并不是本报告的目的，但是我们愿意指出，给予足够的投入来研制新的评测方法，以更好地评测所有领域的核心概念和能力，已是到了关键的时刻了。

高标定性评测会导致教什么是由评测什么来决定的，而不是考虑其在增进对核心概念的理解、发展推理能力和科学态度方面具有的价值。

· 新近在科学教育方法上的改革

为逆转学生对科学缺乏兴趣和乐趣的状况，近年来采取的措施主要集中在教学方法方面，广泛提倡采用基于探究的教学方法，并且已在全球许多国家实施。真正实现探究的教学会使学生理解和时常回顾已经学到的知识，以使新的概念从以前学到的知识中发展而得。学生用与科学家相似的方法在工作，搜集实证，用实证去检验他们对所研究现象的解释，发展对知识的理解。越来越多的证据表明这对学生的科学态度也会发生积极的影响。但是如果设想无需改变内容或课程，只改变教学法就可以带来变化，这未免过于乐观了。实现基于探究的教学法，对教师能力和教学时间的要求都是很高的。基于探究的教学会大大增加理解的深度，但是需要花费更多的时间，内容的广度必须要减少。因此，在推进基于探究的科学教育的同时，必然需要选定一些大概念。

在推进基于探究的科学教育的同时，必然需要选定一些大概念。

· 选定科学中的大概概念

在选定科学中的大概概念方面，已经进行过许多不同的尝试，因此大家会问，为什么已经有了还要重复？一方面是因为现有的概念列表没有完全满足我们的要求；另一方面更重要的是，不仅需要列出这些概念，而且需要给出其逻辑依据和背后的思考。此外，为了确保学生能够通过探究加深理解，需要明确认知进展的过程。

基于以上的目的，2009年10月的研讨会和后继工作产生出的这份报告，旨在不仅给出在义务教育完成以后（指高中毕业）需要掌握的概念，还希望给出进展到最终概念需要先获取的一些概念。这就需要判断进展过程的特性和如何表达它。需要回答进展过程是如何来确定的，是依据概念相互之间的逻辑关系，还是依据已经知道的学生在不同学习阶段掌握概念的实际情况，或是两者都需要？如何既能表达这个进展过程，又不至于失去与总概念的联系。

为了阐述我们的理由，在确定可能提出的大概概念以前，先考虑了一些原则，它们可以指导我们回答许多有关科学教育目标和步骤的问题。在选定大概概念的时候，只有很好地考虑目前教学的内容才有意义。选择大概概念需要给出明晰和符合原则的理由。在研讨会一开始，我们就考虑了这些原则，到会议结束时，我们又回过头来回顾这些原则。在由每位参与者分别主持的会议中，讨论了大概概念的内容、选择的标准；研究了一些实例和已有的框架、学习进展的特性以及与所提原则相符并能促进对科学概念和科学活动本质综合性理解的教学方法。

在两天半的研讨会期间，我们对上述论题都没有得出结论。例如，没有就大概概念的目录达成一致意见。在接下来的几个月里，我们用通信的方法继续工作。在本报告中，在给出支撑面向全体学生的科学教育的10项原则之后，我们阐述了选择14个大概概念的考虑，其中10个是科学概念，4个是关于科学的概念。然后我们考虑了为掌握这些概念的学习进展问题，以及以大概概念的理念进行课堂教学实践的一些具体含义。

在报告研讨会和后继工作的成果时，我们没有特别列出有关文献和其他类似工作的参考资料目录。经过我们仔细考虑以后，我们决定不列出那些支持我们观点的著作，但是我们也认识到有意或无意间我们会涉及许多学者和研究者的著作和思想。在准备研讨会时我们列出

了一个主要资料的目录，其中大多数是与会者已经熟悉的。与会时及更多的是在撰写这个报告过程中，也添加了一些参考资料。其中最有用和关系最密切的参考文献列在书后“参考资料”中。

第一章

支撑科学教育的基本原则

PRINCIPLES UNDERPINNING ESSENTIAL EDUCATION IN SCIENCE

关于原则的陈述，表达了我们认为在指导科学教育决策和行动中应该考虑的价值观和标杆以及应该斟酌哪些决策和行动。这些陈述的排序并不代表它们具有不同的层次，而是按照大致的逻辑来安排的，从总的目的、意图、目标和进展开始，接下来表达与学习经验以及学校科学项目有关的原则。

1

ONE

在义务教育的所有年级，学校都应该设置科学教育项目，以系统地发展和持续保持学习者对周围世界的好奇心，对科学活动的热爱以及对如何阐明自然现象的理解。

儿童具有寻求周围世界含义和理解的天然倾向，在此基础上，科学教育应该增强学习者对周围世界的好奇、欣赏和探询。学生在学校里学习科学应以活动的方式进行，这种活动是一种包括了学生本人参与的人类实践活动——他们亲历发现和将新的经验和过去的经验相联系，这不仅能给他们带来激情和快乐，而且能够通过主动的探究增加他们的知识。科学活动的过程和结果都会引起正面的情绪反应，它是进一步学习的动力。

在学校里学生学习科学应以活动的方式进行，一种包括了学生本人参与的活动。

基于这样的认识，我们认为“科学”具有多方面的内涵，既包含了有关世界的知识，也包含了知识和理论赖以发展和改变的过程，这个过程包括观察、提问、调研和对实证进行推理。以这种方式来理解科学，在确认科学教育在早期学校教育中的关键地位时，不会否定在学校教育的早期建立数学和语文基础的重要性。语言对所有的学习都是十分关键的。在提供语境和学习动机方面，科学对语言的发展具有特殊的作用。对来自直接经验的一些想法进行

交流和讨论时，需要学习者将其含义向他人表达；同时，当他人给出他们的经验时，学习者又要重新组织自己的想法，以作回应。这样，语言发展和获得有关世界的概念会自然地结合在一起。同样地，科学也为数学能力的发展提供关键的背景内容。

我们并不主张在早期教育中引入和要求理解所有的概念。科学的理解源于在好奇心激励下进行的对物体和现象的探索，而这种好奇心是出自于对我们周围事物寻求解释的愿望。正如在下面（原则4）将要进一步指出的那样，理解并不是简单的有或无，而是随着经验的不断增长，不断增加复杂性的过程。

科学应该成为小学教育的一部分，这个原则的提出，基于它来自正面的有力证据。小学科学教育会使儿童的一些由直觉形成的非科学的想法受到挑战，如果这些想法不被遏制，会干扰他们以后对世界的理解。

从事科学探究，可以使学生体验亲历发现的快乐，并开始了解科学活动的本质、科学的威力和局限性。学习科学人物和科学史有助于了解科学是一项人类的重要事业，在其中人们通过系统地收集数据和运用实际的证据来发现可信的知识。

从事科学探究可以使学生欣赏自身，并开始认识到科学的威力和局限性。

2

TWO

科学教育的主要目的应该是为了使每个人能够参与有依据的决策和采取适当的行动，这对保证他们个人、社会以及环境的健康和协调发展是重要的。

“面向全体学生的科学教育”意味着这种教育对所有学习者都是重要的。不管是对那些今后会成为科技工作者的学习者、将来在他们的职业中需要一定科学知识的学习者，还是不属于这类情况的学习者，都是重要的。科学教育为个人和社会提供服务。

对于学习者个人来说，科学教育帮助他们发展理解能力、推理能力和科学态度以及引导学生拥有一个身心健康和有价值的人生。对他们周围世界，包括对自然界和因科学应用而造成的环境的理解，不仅能满足他们的求知欲，激发他们的好奇心，而且能帮助他们在健康与环境上作出抉择，也会帮助他们对自己的生涯作出选择。学习科学的方法有利于理