

美国《新一代科学教育标准》概述

演讲人 _Jacob Foster 录音整理 _ 胡晓蕾

学生需要科学素质教育以使他们成为由科学与技术主导的社会的合格成员，并为他们在接受完正规的基础教育后迎接各种机遇作好准备。

《新一代科学教育标准》为学生们提供了这样的基础。整合了科学与工程实践、核心概念和跨学科概念 3 个维度，该标准提出一套连贯的学习预期以支持学生跨年级的学习。标准对课程和教学产生了许多影响，为学生提供了更多的科学探究和工程设计的机会。这些标准的实施需要时间来整合资源，并得到得教师的支持。

◎ 为什么需要《新一代科学教育标准》

在科学教育中，标准非常重要，一方面是因为标准与技术息息相关，有了标准我们才能在技术方面作出正确的判断，才能了解我们生活中科学与工程的问题与决策，比如基因检测、气候变化、可再生能源等。标准对于学生们来说很重要的另一个方面，就是能为学生进入大学和就业作好准备。标准呈现了一种对于学生达到以上目标需要什么的一致共识。

请大家设想这样一个场景，将一颗枫树的种子种在地里，慢慢地长出一棵树，现在给你一段枫树的树干，问你手上的树干是从哪里来的。如果问学生这个问题，他们常常给出的答案是水、土壤等，原因就是学生们能够看到树有根，他们认为很多东西都是来自于树根的。实际上树干的大部分成分都来自于空气中的二氧化碳，这是一个非常困难的概念，因为对学生来说，他们看不到空气中的分子。教师也很难给学生们一些实实在在的的证据，让他们来信服教师所说的是正确的。



Jacob Foster 是美国马萨诸塞州中小学教育委员会 STEM 项目主任助理，负责监督州 STEM 教育标准的实施和州资助的教师专业发展，并为学区提供支持。Jacob 是美国国家研究理事会《K—12 科学教育框架》的设计组成员、《新一代科学教育标准》的编写组成员。此前，他曾在推进学校改革的重点学校联盟工作，教授过高中物理和地球科学，担任过一所初中的科学教师，并且成为了科学教师的培训工作者。

这是一个关于概念的内容，也是教师很难去改变学生心目中已经形成的一些概念的例子。所以说，科学教育标准是非常重要的。

◎ 标准是如何制定的

科学的推理对学生进入大学和就业非常重

要。它可以分析真实世界里的科学现象，运用科学推理对科学主张和技术决策进行支持、批判和交流。在科学和技术的情境中还会应用到相关数学知识。鉴于此，《新一代科学教育标准》首次提出了三维整合的框架体系，即科学、工程实践、学科核心概念和跨学科概念三者有效地整合。

第一个维度是科学与工程实践，它提出了8个方面的概念或内容。

- 提出科学问题，明确工程难题
- 建立和使用模型
- 设计和实施调查研究
- 分析和解释数据
- 使用数学与计算思维
- 建构科学的解释，设计工程解决方案
- 基于证据的论证
- 获取、评估和交流信息

以上8条对于很多工程设计者来说都是非常熟悉的，这里想着重强调的就是建立和使用模型，构建科学的解释和设计工程的解决方案。

第二个维度就是核心概念，也称之为大概念。核心概念是让学生解释和说明周围世界的关键知识。学科核心概念聚焦了在科学方面最重要的课程、教学和评测内容，涉及4个领域：物质科学，生命科学，地球与空间科学，工程、技术和科学的应用（表1）。这里需要着重强调的两点是：遗传，以及地球和人类的活动。

在以前的科学教育中，工程方面涉及得并不是特别多，《新一代科学教育标准》中有关工程的内容主要包括工程设计，工程、技术、科学与社会之间的联系。这里面着重要说的，就是工程设计实际上就是科学在工程上的运用。新标准和过去标准的一个主要区别，就是

表1 《新一代科学教育标准》的核心概念

生命科学	物质科学
LS1：从分子到生物体：结构与过程	PS1：物质及其相互作用
LS2：生态系统：相互作用、能量和动态	PS2：运动和稳定：力和相互作用
LS3：遗传：性状的继承与变异	PS3：能量
LS4：生物演化：统一性与多样性	PS4：波及其在信息传递技术中的应用
地球与空间科学	工程与技术
ESS1：地球在宇宙中的位置	ETS1：工程设计
ESS2：地球的系统	ETS2：工程、技术、科学与社会之间的联系
ESS3：地球与人类活动	

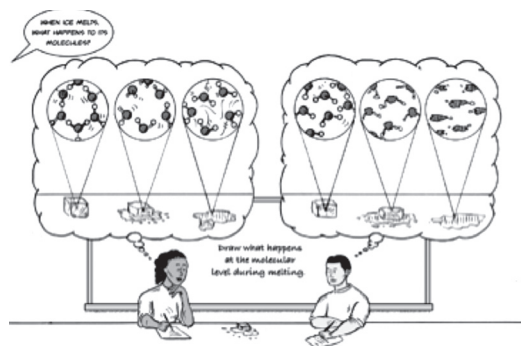


图1 冰融化时，分子之间会发生什么变化

通过实践与科学内容的整合，更好地反映真实的科学，增加学生对科学内容的掌握，以及对工程技术的兴趣。

第三个维度是跨学科概念。在以前的标准中，探究和内容是相互独立开来的，现在新标准把探究和内容实践都整合起来了。表2是《新一代科学教育标准》的一个关于中学物理的示例，是关于物质与物质之间的相互作用，里面就有关于模型建构这一部分。

表2中下面的3个部分就是前面所提到的3个纬度，它比以前的标准增加了一些内容，就是关于学生对于课程学习的一些期望值。最右边的是跨学科概念，这些概念学生通常都不是了解得很清楚，他们需要通过将自己的经验和学到的东西与其他学科联系起来，一起进行理解。

在《新一代科学教育标准》的一些课程中，核心概念实际上写得是比较宽泛的，很多细节部分都不包括，主要是让学生能够了解一些最核心的概念，然后把把这些核心概念应用在他们的日常生活中。细节部分需要学生在学习中进行运用和实践。通过实践与内容的整合，可以让学生在一定的时间点上了解他们是如何学习到真正的内容，并理解这些科学内容的。

例如：在图1中，右边的学生代表了对此概念的最常见的错误理解，他在想冰融化时分子之间会发生什么变化。当教师要求学生建立一个模型描述他们的想法时，因为学生看不到分子这个层面，其实很难真实地、正确地进行描述。这就要求科学教育工作者运用经验，用一种可视的方式，向学生解释到底发生了什么。

表 2 《新一代科学教育标准》示例

MS-PS1: 物质和物质之间的相互作用		
MS-PS1-4: 构建模型来预测和描述加热（或降温）时纯净物的状态、温度和粒子运动的变化。 (说明: 重点在用固体、液体、气体的定性的分子水平模型去解释增加或者移除热能在物态变化出现以前可以升高或者降低粒子的动能。模型包括图纸和图表。粒子包括分子和惰性原子。纯净物包括水、二氧化碳和氮气。)		
上述预期效果根据 NRC《K—12 年级科学教育框架》中的以下内容发展而来。		
科学与工程实践 构建和使用模型 6—8 年 级 的 建 模 在 K—5 年 级 的 基 础 上 进 展 到 构 建、使 用 和 改 进 模 型 来 描 述、检 验 和 预 测 更 抽 象 的 现 象 • 构建模型来预测和 / 或 描述 现象 (MS-PS1-4)	学科核心概念 PS1.A: 物质的结构和性质 • 气体和液体由分子或者惰性原子构成, 可以相互转化 (MS-PS1-4) • 液体中, 分子不断和其他分子相接触; 气体中, 除了分子之间碰巧发生碰撞以外, 它们彼此间距离很远。固体中, 原子间距很小, 而且可以在原位上振动, 但是并不改变它们的相对位置 (MS-PS1-4) • 在改变温度或者压力的情况下, 物态发生的变化可以使用这些模型进行描述或者预测 (MS-PS1-4) PS3.A: 能量的定义 • “加热” (heat) 一词适用于日常用语指的是热运动 (原子或分子在一个物体里的运动) 和辐射 (特别是红外线和光)。在科学中, 加热仅仅被用来指其中的第二个意思, 它指的是当两个物体或者系统温度不一样时能量的传递 (secondary to MS-PS1-4) • 温度不是能量的测量标准。温度和一个系统中的总能量的关系取决于类型、状态和大量的物质存在 (secondary to MS-PS1-4)	跨学科概念 原因和结果 • 因果关系能够被用来预测自然的或者有计划的系统里的现象 (MS-PS1-4)

每一阶段的标准都要设计成与下一个阶段的标准相互联系起来。图 2 最开始是一个非常简单的处于小学水平的解释, 关于固体、液体还有气体的画图解释。到下一阶段就会增加一些更复杂的概念, 比如说运动, 还有能量等。在高中阶段就又会增加一些关于分子方面的知识, 进一步学习到化学层面的知识。在《新一代科学教育标准》中, 所有的核心概念, 都会用这样一种循序渐进的方式, 一步步增加学生对于核心概念的理解。

◎ 《新一代科学教育标准》对教学与课程的影响

《新一代科学教育标准》对未来的教学有以下几点启示。

第一是相关性, 新的标准围绕解释周围世界的核心概念来组织, 在课程和教学中教学目标就需要从事实和概念转到对现象和系统的解释。

第二是严谨性, 新的标准中, 与概念相关的科学与工程实践将发挥中心作用, 这就需要在我们的教学目标下开展的探究式学习不是一个单独的活动, 所有的科学学习都应包括构建知识和使用知识的实践。这种把概念、实践和内容相结合的方式, 改变了学生在课堂上的表现。对于学生表现预期也发生了改变, 期望值更高了, 亲自动手做一些科学实验, 已经成为

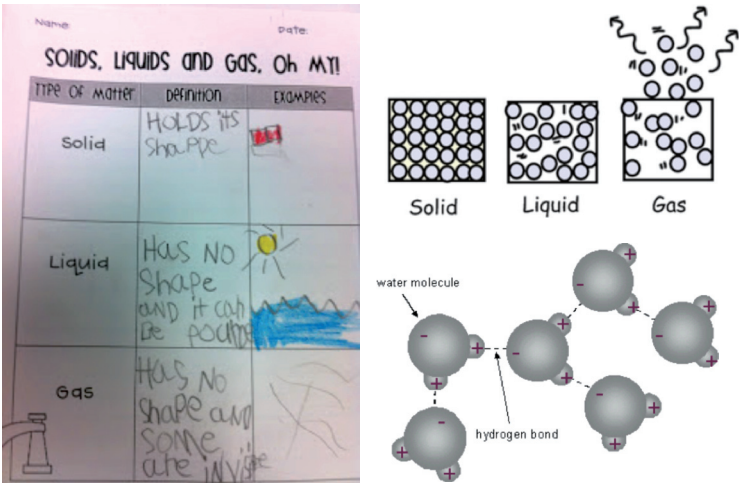


图 2 物相变化的进程

学生日常生活的一部分。

第三是连续性, 新的标准中知识和实践的发展需要时间, 并在学科之间进行构建, 这就要求教学建立在连续发展的时间主线上, 任何时间段的学习都应相互联系在一起。

针对《新一代科学教育标准》, 美国开发了一些资源 (参见 <http://ngss.nsta.org/>)。美国科学教师协会及很多教育机构也开发了一些课程, 由国家科学教育委员会审核这些课程, 看是否符合新的教育标准。马萨诸塞州也制定了相关的示范过程, 包括专业发展、需要改进支持等方面都有配套设计。■