

基于学习进程的教学：结绳而行 助力攀登 ——以小学密度概念教学干预为例

文_单道华 / 江苏省南京市成贤街小学

实践表明，告诉学生正确科学概念的方式并不能消除学生原来持有的错误概念。大多数科学概念十分复杂，不能在一步之内让人从不明白到深刻领会、广泛应用。在 2013 年颁布的美国《新一代科学教育标准》中，教育界提出了以学习进程来解决上述问题的明确主张。学习进程理论认为，每个复杂概念都有几个高低不同、不可逾越的认知阶段，它们按照学生的思维水平和经验水平由低到高依次排列，直到完整的科学概念。找到核心概念的学习进程，教材编写者、一线教师 and 教学评估者的工作目标就能统一于某一个概念水平。2012 年 1 月至 2014 年底，南京市玄武区的“做中学”研究团队在中国科协青少年科技中心、“做中学”科学教育改革实验项目教学中心的领导下，参与了“密度”概念学习进程的研究，不仅以本地区小学生为对象研究了密度学习进程，还基于密度学习进程尝试对小学高年级学生进行教学干预，整个研究基于调查，成于教学，可谓小有进展。

◎ 建立密度 / 沉浮概念学习进程

沉浮现象是小学生学习密度概念的好支架，源于小学生对沉浮现象非常感兴趣。物体在什么情况下会沉，什么情况下会浮，儿童会给出千奇百怪的解释。科学解释只有这 3 种：浮力说、密度说、质量说。我们所提出的密度学习进程基于国内外大量相关研究，采用质量说，即物体质量大于同体积的液体质量时，物体在此种液体中处于下沉状态。

图 1 表明，幼儿园至小学阶段儿童密度 / 沉浮概念水平分为 6 个层级。

A 层级表示仅仅凭借心理和直接经验来判断物体的密度或沉浮。

B 层级表示能考虑物体本身的特性，寻找相关和不相关因素来解释密度或沉浮。

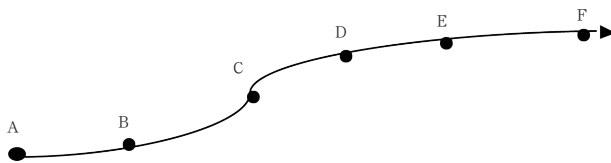


图 1 密度学习进程

C 层级表示能够使用单一维度（重量或者体积）来判断物体密度或沉浮。

D 层级表示能同时考虑 2 个维度（重量和体积）来判断物体密度与沉浮，但无法正确认识二者之间恒定的关系。

E 层级表示能认识到物体重量和体积之间恒定的关系（能解释实心物体的沉浮现象），初步建立密度的概念。

F 层级表示能认识到物体和同体积液体之

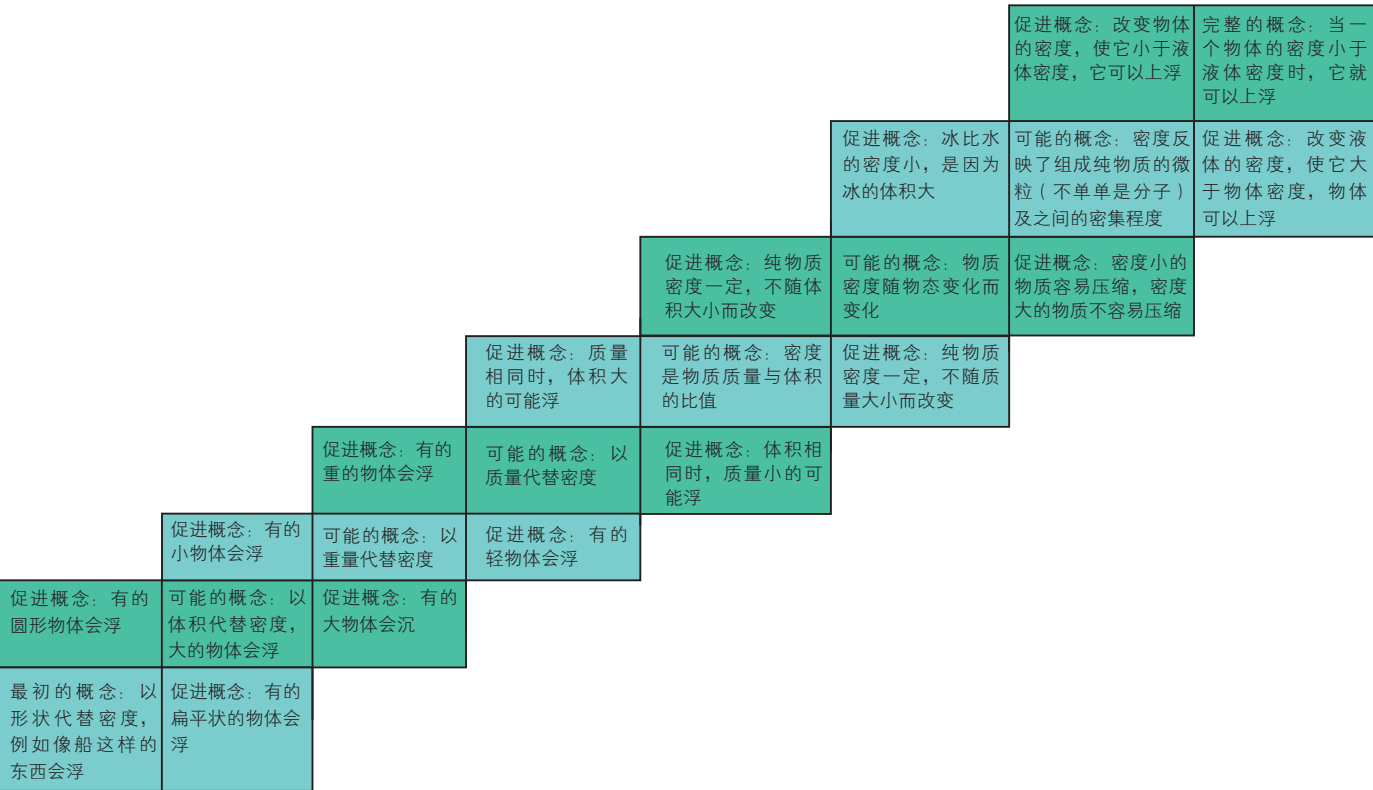


图2 密度 / 沉浮概念转变学习概念串

间的关系（解释空心物体的沉浮），建立相对密度和平均密度的概念。

概念评测的数据，不仅验证了以上密度 / 沉浮概念学习进程，还进一步得到以下结论。

（1）小学生密度概念的发展水平在 A—C 水平之间，总体随着年龄的增长逐步提升。

（2）单一维度（轻重或者体积大小）判断沉浮是小学生密度概念的主要迷思。

（3）小学生概念发展水平在不同情境中是不同的，有先有后，是渐进式的。不同的情境会采用不同的概念模型。

◎ 密度 / 沉浮学习进程在教学中的应用

基于密度学习进程的教学干预，是我们研究的另一个重难点。我们的困惑是：有了密度学习进程，如何转换为对应的课程，教师如何到位实施课程，学生学习反应如何等。带着种种懵懂，在教学干预阶段我们先后做了以下几项工作。

➤ 建立概念串

促进概念是概念转变教学理论的核心。促进概念在课程发展中尤其有用，指提升概念水平所必需的观念或信息。要把密度 / 沉浮学习进程转换为实用课程，不能缺少一系列促进概念。我们利用前期对 4 年级学生的课程访谈，做了 2 次重要的沉浮课程设计，并进行教学实践，对哪些促进概念、哪些学习活动能帮助学生提升概念水平，积累了较为丰富的经验。基于以上实践经验，我们整理了密度 / 沉浮概念转变学习的概念串。这个过程既伴随儿童思维发展变化，也伴随儿童经验发展变化。

➤ 选定主目标

由于科学课程的时间限制，大多数学校并没有条件实施完整的“漂浮与下沉”单元教学。我们认为，如果只能用 2 ~ 3 个课时来进行概念转变教学的话，那么教学目标应该致力于促进概念从 C 层级向 D 层级发展，也就是帮助儿童从单一维度的认识实现双因素的跨越，这恰



恰是小学生密度 / 沉浮概念的主要迷思，绝大多数学生认为“重的沉，轻的浮”。

完善课程流

什么样的促进概念，才能让儿童认知自觉向双因素跨越呢？一方面是“破”，要呈现冲突，让他们意识到事实与原有观念之间的冲突；另一方面还要“立”，能引领他们形成新的解释，让概念得以生长起来。具体来说，促进概念从C层级向D层级发展，需要以下2个促进概念：一是轻重相同的情况下，小的可能沉，大的可能浮；二是在大小形状相同的情况下，比水重的一定沉，比水轻的一定浮。

如何从原有概念“重的沉，轻的浮”出发，帮助学生获得这2个促进概念呢？告诉是没有用的，要让他们感到这样的促进概念真实可信，一定要经过个体的思维活动和操作活动，建立在观念和事实的对撞之上，儿童才会修正自己的迷思概念。为这2个促进概念，我们精心设计了相对应的思维活动和操作活动，见表1。

教学设计举例

课时1. 轻重相同，沉浮一样吗

教学材料：演示材料1组；透明水槽；常见物品5种；分组实验材料——天平、泡沫与花生、塑料块与回形针，还有1组黑色不明物体（如图3，黑色塑料袋内可包裹封闭木屑、面粉、沙子、盐、糖、豆子、米、土壤等物品，连同塑料袋质量相同，目的是淡化材质差异，



图3 轻重相同的不同物体

表1 促进概念从C层级向D层级的课程流

课时	主要迷思概念	新情境	操作活动	促进概念
1. 轻重相同，沉浮一样吗	轻的浮，重的沉	2个物体，轻重相同，沉浮一样吗	把轻重相同、大小不同的物体放入水中，观察它们的沉浮	轻重相同的情况下，小的可能沉，大的可能浮
2. 大小相同，沉浮一样吗	与轻重有关，又不能单独决定沉浮	什么情况下，物体在水中一定沉？什么情况下，一定浮	大小、形状相同的不同物体放入水中，沉浮有什么规律	在大小、形状相同的情况下，比水重的一定沉，比水轻的一定浮

引导学生更加关注轻重和大小的属性)。

教学过程：①聚焦。以演示实验呈现情境，预测影响沉浮的因素。②检视。检验前概念是否可信，能否预测新物体的沉浮。③探究。探究轻重相同的物体，沉浮是否一样。④描述。促进概念，轻重相同的物体，大的可能浮。⑤新思考。什么情况下，物体在水中一定沉？

课时 2. 体积相同，沉浮一样吗

教学材料：分组实验材料——学习单；透明水槽；电子秤；1组体积相同的物品（如图4所示，使用规格、材质相同的空塑料瓶，只是所装满的物品不同，可巧妙地实现控制体积变量的目标）。

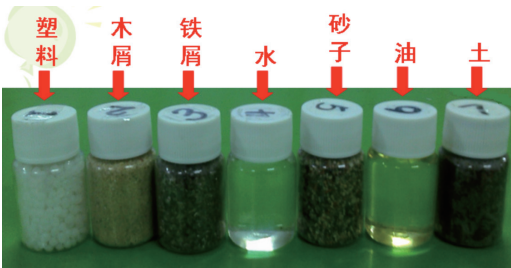


图4 大小相同的实验物品

教学过程：①聚焦。预测并观察每个瓶子在水中的沉浮情况。②思考。探寻沉的瓶子相似之处，发现促进概念——比装满水的瓶子轻的浮，反之则沉。③检视。出示1个一模一样的瓶子，里面装满1种不知名液体，不放入水中，怎样判断出它在水里可能是沉还是浮？并判断1个更大的瓶子，用称一称、比一比的方法判断沉浮，是否可行？④新思考。在体积和轻重都不一样的时候，怎么判断物质的沉浮？

教学效果

课后，课题组随机找了5个同学，问了他们1个问题：整个土豆放进水里是沉下去的，如果把它切一半，情况会如何呢？为什么？这

5个孩子的答案都是沉。一个孩子说沉的原因是一半土豆是整个土豆的一部分，所以会沉。3个孩子说因为切小了一半，重量变轻了一半，体积也减小了一半，所以还是沉。1个孩子的答案是，土豆的重量是均衡的，随便切走一块，它的密度是不变的，所以肯定是沉。从孩子们的回答中，我们可以看到，通过2节课的教学，对孩子们密度概念的推进是有效的，虽然还存在低层次的思考方式，但大部分孩子已经开始通过二维角度思考沉浮的问题了。

课题组还设计了“塑料瓶重到什么程度会沉下去”、“谁更重”、“设计并建造1个能连续浮沉的潜水艇”等课程，能进一步提升儿童密度/沉浮概念发展水平，可与广大教师一起分享、交流。

◎ 反思教学干预规律与策略

引进学习进程，是一大进步，意味着中国科学教育改革与国际科学教育改革进入了同一个发展轨道。可以说，原来科学课程设计的依据主要来自编写者个人兴趣和教学经验，有了学习进程，则课程设计的依据是学习进程，既体现概念发展的普遍规律，又关注学生的实际水平，课程与教学目标更细化，也更具适应性。

课程目标更细了，过去的学习活动、学习材料如果不能匹配新的课程目标，也要跟着发生变化。这时，对课程设计者提出了更高的要求，要善于通过大量调查找到合适的促进概念，在课程中为儿童提供获取更特别的、真实可信的事实经验的机会，引导他们聚焦产生冲突的现象，促使他们自动进入原有概念改变、发展和重建的思维过程，进一步提出更有解释力的新概念或新思路。如果还能适时提供新概念的应用机会，将进一步提升新概念的可靠水平或应用水平。实践也告诉我们，一次课程不宜

跨越多个层级，否则学生会感到焦虑和厌倦，容易失去学习的乐趣。把概念学习比作登山，学生结绳而行，老师助力攀登，不忘适时停顿休养，那跟上节奏的是大多数学生，放弃的是极个别。

今天的科学教育从关注概念数量转向关注概念质量，在提升学生概念水平的同时，实现促进学生求知欲、思维技巧和学习信念的同步提升。实践表明，学习进程研究有助

于提升教学干预的质效，通过提供概念发展线索促进课程与教学的转变，能更有针对性地发展儿童科学素养。然而，这项研究尚处于起步阶段，参与的人员有限，研究的概念尚不多，国外可借鉴的还不多，建议在更多地区普及推广这项研究，以概念学习进程深化课程改革、标准制定和教材建设，以改变当前的课程开发和课堂教学深深浅浅、高高低低的分散而低效的面貌。■

基于“力的作用与运动”学习进程研究的教学实践

文_吴肖旻 / 上海市静安区教育学院 王 蓓 / 江苏汉博教育培训中心

美国国家研究理事会（NRC）2001 年发表研究报告《知道学生所知道》^[1]，这份报告呼吁了人们对学习进程的重视，随后各类研究者开始就各领域的学习进程进行研究，其中“力的作用与运动”是儿童科学学习过程中的一个重要内容，直指科学教育的大概念。但是不同地区的学生对于力的作用与运动这一学习进程可能存在差异，为了更好改进儿童的科学课堂教学及解决教师对于教学难度的困惑，上海市静安区在 Alonzo 和 Steedle 等学者的研究^[2]基础上通过实证研究的方法，找到并验证适合本土的儿童关于力的作用与运动的学习进程，并用于改进课堂教学，也取得了一定的成效。

◎ 建立力的作用与运动学习进程

上海市静安区教育学院联合静安区部分试点校参与了力的作用与运动概念学习进程的研究。通过研究国外相关文献、整理现有教材的相关内容，并结合一线教师的教学经验及分析对学生的访谈结果，建立了儿童关于力的作用与运动的学习进程假设，并通过实证研究进行验证并修改，最终形成了力的作用与运动学习进程，如图 1 所示。

水平 0：偏离的想法。

水平 1：学生把力理解为力气，是由生物内部产生的，比如推、拉等动作，力是物体的一个内部特征，与物体的重量有关。力可以影响运动，也可以不影响运动。

水平 2：学生能认识到力可以由生物或非生物产生，不一定来自物体内部。物体的运动表示有一个与物体运动同方向的力作用在物体上，没有运动，就表示没有力的作用。力使物体产生同方向的运动。但不能意识到一些不接