

寻求概念关联 形成概念发展—— 以小学分子原子学习进程教学干预为例

文_贾 欣 / 北京教育科学研究院基础教育研究中心

科学素养不应视作支离破碎信息及毫不相干技能的简单集合，而应是一个内容丰富、技能与观点可以相互支撑的架构，这个架构是随着时间的推移而发展变化的。从小学到高中，学生的学习应建立在他们的既有知识基础上，这才能了解他们今后还得学什么，并为他们日后还应该学习什么作好准备。

——《科学素养的导航图》

从2012年1月开始，北京一线教师、教研员在“做中学”科学教育改革实验项目教学中心及北京教育科学研究院基础教育教学研究中心科学教室的指导下，进行“儿童科学概念学习进程——分子原子理论”的课题研究。依据研究计划，研究小组逐步完成了北京地区小学生“分子原子理论”学习进程框架的预设，在此基础上完成了1—6年级3个学段的测试题的编制并开展调研，了解北京地区小学生在学习进程上的概念理解情况，并以此为依据，对进程框架进行修订。基于学习进程进行教学设计，开展实践教学，形成一系列课程。在此与各位老师分享、交流研究成果与经验。

◎ 基于实证调研，建立概念进程框架

通过文献搜索参考国内外相关研究，并结合研究团队科学教学的经验和背景的理解，课题组提出了“分子原子概念进程”框架的假设，包括3个大概概念：“物质的存在和材料种类的多样性”，“物体具有（自己的）特征，能够被测量和解释，质量、重量和体积是物体的3大特性”及“（不同的）材料具有不同的特性，能够被测量和解释”，并将小学分成初、中、高3个年级段，分别是：1—2年级、3—4年级、5—6年级。每个大概概念在各年级段分解成符合学生理解水平的小概念。对各小概念的理解拼成整体的认知结构，最终掌握大概概念，这就是拼图式学习进程的特点。

在北京随机抽取3313名小学生进行问卷和访谈调查，了解学生对于“分子原子”相关概念的理解情况，并依此对进程假设进行修订，形成进程框架，如表1所示。

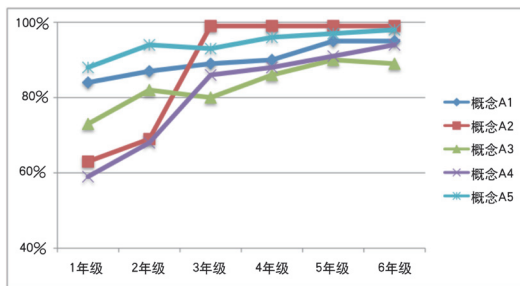


图1 各年级学生对大概概念A中各小概念的理解发展

以大概概念A“物质的存在和材料种类的多样性”为例，小学生对5个子概念的理解水平如图1所示，总体上是随年级增长而逐渐加深理解的，概念A1和A5在小学1—6年级得分率都在80%以上，符合一二年级学生的理解水平，可作为低年级段的基础；概念A2、A3、A4在二三年级之间有转折点，3年级后稳定在80%以上，是教学干预的关键期。

◎ 依据概念进展模型，开展教学实践

➤ 确定教学内容

课题组选取概念A4“物体占据空间并有重量”作为教学内容开展教学实践。该概念在低年级段正确率在60%~70%，中年级段在80%~90%，到高年级段上升至90%以上，因

表 1 分子原子概念进程框架

核心概念的分解	1—2 年级具体概念	3—4 年级具体概念	5—6 年级具体概念
大概念 A. 物质的存在和材料种类的多样性	A1. 物体由一定材料组成 A2. 同一种物体可以由不同材料组成	A3. 物体有固体、液体、气体的形态 A4. 物体占据空间并具有重量	A5. 有些物体太小了以至于不可见（仅现象）
大概念 B. 物体具有（自己的）特征，能够被测量和解释，质量、重量和体积是物体的 3 大特性	B1. 物体具有一定的特征（重量、长度、面积和体积）能够被描述、比较和测量	B2. 重量作为物体的一种可以累计的特性能够被测量出来（例如：一个物体的重量就是这个物体的所有组成部分重量的总和）	B3. 体积是物体一种可以累计的特征，能够被测量 B4. 物体的重量跟它的体积和组成物体的材料有关
大概念 C. （不同的）材料具有不同的特性，能够被测量和解释	C1. 材料的特性能够被描述和分类（仅对那些易于观察到的特性进行探究，例如：颜色、硬度、弹性）	C2. 材料具有特定的性质，跟它的具体尺寸无关（扩展一些不太明显的特性：密度、导电性、导热性）	C3. 材料具有特定的性质，跟它的具体尺寸无关（扩展知识：沸点、凝固点、密度）

此 3—4 年级是该概念教学干预的关键期，课题组也将课程设计在 3 年级。

从分子原子理论的进程框架及课题组的教学经验来分析，学生建立起“物体占据空间”是需要分别对“固体、液体和气体占据空间并有重量”逐一建立起认识才能达成最终目标的，其概念掌握的路径如图 2。

水平 1：认识物体的 3 种形态（固体、液体和气体）的属性；

水平 2：认识固体、液体的共同之处——占据空间和有重量；

水平 3：认识固体、液体、气体都能占据空间；

水平 4：认识固体、液体、气体能占据空间并有重量；

水平 5：认识所有物体都能占据空间并有重量。

🌀 课程思路

根据“物体占据空间并有重量”概念的拼图式进程，课题组设计了 5 节课：固体和液体、空气、空气占据空间、空气有重量和物体占据空间。这 5 节课的课程目标与进程中的 5 个水平相对应，如表 2 所示。

第 1 课“固体与液体”是整体概念进程发展的基础，让学生认识固体和液体，并会以颜色、大小、软硬等科学词汇去描述固体和液体的属性；知道固体和液体的共同点：有重量，占据空间；会用电子秤测量物体的重量。

第 2 课“空气”开始触及到这个系列活动中的难点“感受空气的存在，并学会描述空气”，

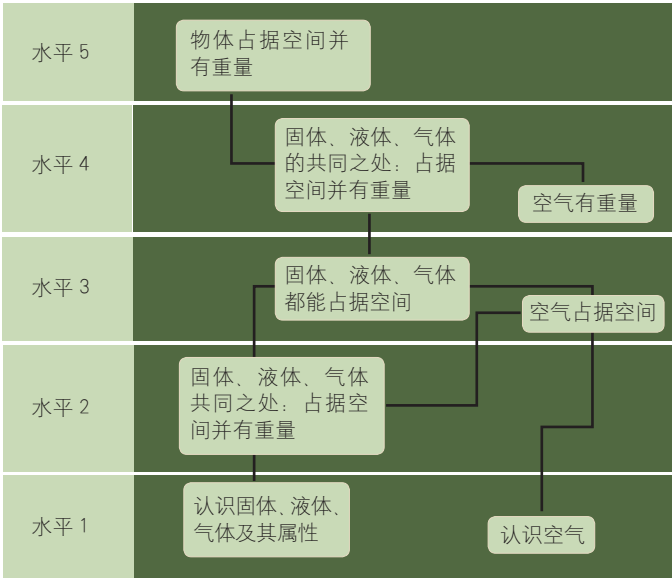


图 2 “物体占据空间并有重量”概念的拼图式进程

表 2 教学活动概念水平分布表

	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5
	认识物体的 3 种形态（固体、液体和气体）的属性	认识固体、液体的共同之处：占据空间和有重量	认识固体、液体、气体都能占据空间	认识固体、液体、气体能占据空间并有重量	认识所有物体都能占据空间并有重量
固体和液体	✓	✓			
空气	✓				
空气占据空间			✓		
空气有重量				✓	✓
物体占据空间			✓	✓	✓

并寻找空气与固体、液体的共同特征。

第3课“空气占据空间”突出用空气与固体和液体占据空间的特征作类比的过程。在类比中，空气占据空间和固体、液体占据空间构成了概念间的关联。

第4课“空气有重量”这一课延续类比的思维方法，发展“空气有重量”这一概念。这一系列的活动设计最终将“固体、液体和气体能够占据空间并有重量”的认识，归纳到“物体占据空间并有重量”的认识上，概念发展到水平5的阶段。

第5课“物体占据空间”是“物体占据空间并有重量”这一概念学习的总结课，在此课前，学生已经建立了以下概念：认识物体的3种形态（固体、液体、气体）及其属性；认识固体、液体能够占据空间并有重量；认识空气占据空间，以及固体、液体、气体都能占据空间；认识空气有重量，以及固体、液体、气体都能占据空间并有重量；认识物体都能占据空间并有重量，达到了水平5。本课在以上概念的基础上，进一步强调概念之间的联系，促使学生将原有的知识结构进行重组，形成新的知识。最终巩固完善“物体占据空间并有重量”的概念体系。

➤ 教学设计举例

课程1：固体与液体

◆ 材料

水、醋、铅笔、海绵、水槽、烧瓶

◆ 教学过程

➔ 描述物体的属性

- 让学生描述4种物品的外在特征：水、醋、铅笔、海绵。
- 让学生会用如下词汇进行描述：气味、味道、透明度、有重量、弹性……

➔ 认识物体的2种存在状态：固体和液体

- 根据观察结果以小组为单位对4种物品进行分类。学生的分类标准很多，但是往往难以主动使用“有无固定形状”的标准来分类的。而固体有固定的形状，液体没有固定的形状，是固体和液体的一个显著区别。

- 教学干预。让学生将水和醋装进2种形状的容器（水槽、烧瓶）里，发现在圆形的罐子里面它们就是圆形，在长方形的罐子里面它



图3 水和醋放在不同的容器中形状不同

们就是长方形。而铅笔和海绵不像水和醋那样，放在正方形的盒子里就变成正方形，放在长方形的盒子里就变成长方形。得出如下认识，像水和醋这样会流动，没有固定形状的物体叫液体，如图3。像大豆、海绵这样不会流动，有固定形状的物体叫固体。

➔ 认识固体和液体的共同特征之一——有重量

让学生用手掂一掂几种物品的重量，描述并比较各个物品的重量。

➔ 认识固体和液体的共同特征之二——占据空间

让学生描述杯子里面装入黄豆的样子，并尝试用水继续占据杯子里的空间。

➔ 板书总结

在活动中结合学生的描述和总结逐渐形成如下板书（如图4）。

课程2：空气有重量

◆ 材料

气球、打气筒、平衡尺、电子称

◆ 教学过程

➔ 质疑引发思考

教师引导依据之前对气体、固体和液体的研究，比对各自所属的特征后，引发学生思考“空气是否有重量”，并请学生结合生活经验解释他们的想法。

➔ 实验

- 平衡尺实验。证实空气有重量，在平衡尺两端分别挂上1个充了气的气球和一个没充气的气球，看平衡尺两端的状态，并画在记录单上（如图5）。

- 电子称称量。证实空气有重量，称量排球在充气 and 放气2种状态下的重量，通过数据比较，分析原因，强化“空气是有重量的”这一概念。

➔ 总结

通过实验，得出结论“空气有重量”，并

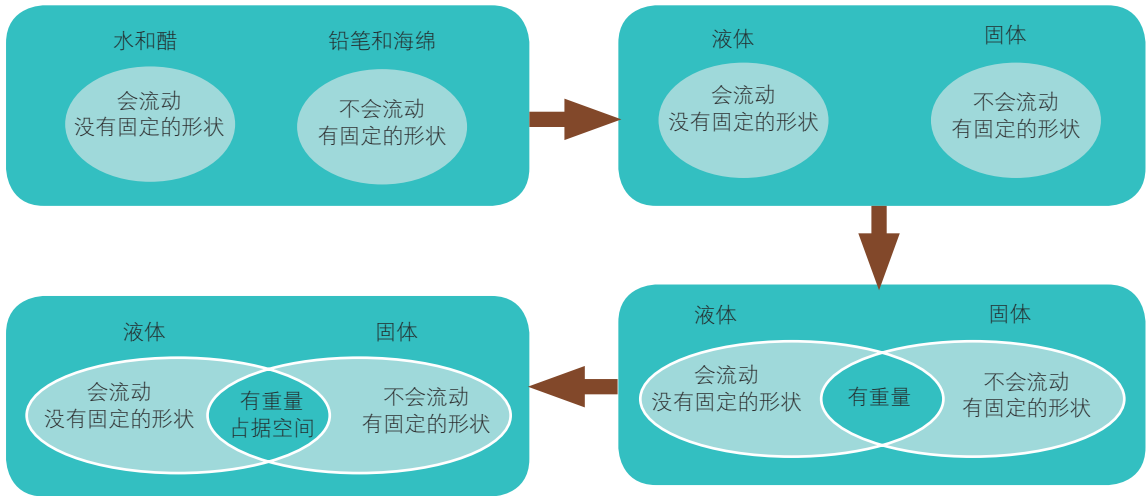


图4 结合学生的描述和总结形成板书



图5 平衡尺实验

结合之前的课程，得出结论“气体与固体、液体的共同特征是占据空间，有质量”。板书如图6。

● 教学反思

通过这5节课的教学实践，课题组发现对于拼图式学习进程中的概念学习也需要一系列

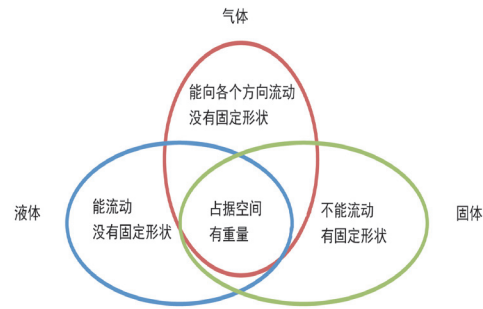


图6 板书总结固体、气体、液体的共同特征

课程的“拼图”。任何学习进程都包括起始点、终结点及每个发展水平的定位。学习进程呈现了对一个特定科学概念发展进程的预设。由此可见，在学习进程研究过程中，课题组关注的是各个概念点之间的关联与发展，这样的研究基础务必要通过具有概念发展内在联系的系列教学活动来展开。当然从目前课题组的研究来看，课题组还不能够完全确定这4个教学活动实施过程上的模式，它们可能在一个学期里连续教学，也可能在不同的时间段分别展开，这些还需要通过后期的评测与研究进一步确定。

另外有一点需要说明的是，在这一系列活动中，课题组用了“重量”而非“质量”概念，这与进程研究是有关系的。学习进程研究是学生围绕核心概念建立认识的过程，小学阶段的学生，必定要经历具体到抽象的认识过程，“重量”是儿童从小就接触的、在日常生活中形成的概念，因此，使用“重量”一词符合学生这个阶段的认知水平。如果课题组强行让学生接纳“质量”这个词，课题组想学生可以使用，但这完全不是从分子原子微观角度理解之后形成的概念，这样的学习过程与这项研究的初衷是相悖的，所以“重量”和“质量”概念的出现要以学习进程的发展为依据。从此项研究所设定的概念框架来看，在6年级以后的学习阶段，伴随学生对分子原子微观层面概念学习的深入，“质量”这个词才开始出现，在更高的学习阶段还将要学会区分“重量”和“质量”。■