

# 促进学生微观认识发展的“物质构成奥秘”主题教学研究\*

周冬冬<sup>1</sup>, 王磊<sup>1\*\*</sup>, 黄燕宁<sup>2</sup>, 王严<sup>3</sup>, 赵志平<sup>3</sup>, 蒋俊波<sup>3</sup>, 陈涛<sup>3</sup>, 耿茜<sup>4</sup>

(1.北京师范大学化学学院, 北京 100875; 2.首都师范大学首都基础教育发展研究院, 北京 100048;

3.北京市海淀区教师进修学校附属实验学校, 北京 100025; 4.北京市第三十五中学, 北京 100037)

**摘要:** 在梳理“物质构成奥秘”主题教与学的已有研究的基础上, 挖掘学生问题产生的根源, 将“物质构成奥秘”主题的教学定位于促进学生微观认识发展, 并提出“物质构成奥秘”主题的认识模型, 在初三年级进行该主题新授课的单元整体结构化教学设计与实施研究, 并对教学效果进行了检验。在此基础上, 提炼促进学生微观认识发展的“物质构成奥秘”主题的有效教学策略。

**关键词:** 物质构成奥秘; 认识模型; 单元整体教学; 微观认识发展; 教学策略

**文章编号:** 1005-6629(2015)2-0024-06

**中图分类号:** G633.8

**文献标识码:** B

## 1 问题的提出

“物质构成奥秘”是义务教育化学课程标准<sup>[1]</sup>规定的5大主题之一, 包含化学物质的多样性、微粒构成物质、认识化学元素和物质组成的表示4个二级主题。该主题教学对学生有两大发展点:

(1) 帮助学生建立正确的微粒观; (2) 应用微观认识描述物质的组成和构成, 对物质进行分类, 解释物质性质和变化。

日常教学中, 很多教师反映: 学生基于日常生活常识以及小学科学和初中物理的学习对“物质构成奥秘”主题有一定的认识, 他们对原子、分子、元素等概念并不陌生, 但是经过“物质构成奥秘”主题的学习后, 仍然会出现一系列的错误, 如: 概念混淆、物质分类出错、概念应用错误、宏观与微观分不清、对变化的本质把握不准。已有研究<sup>[2]</sup>提出学生在本主题存在一些认识偏差, 如表1。可以说, 学生并没有形成基于微粒的认识方式, 不能基于微粒去认识物质组成/构成、性质和变化。

已有研究<sup>[3-5]</sup>中关于“物质构成奥秘”主题

教学研究主要集中在: 如何创设生动的情景增强教学的直观性, 如何创设联系学生生活实际的情景增强教学的趣味性, 如何利用科学史实培养学生严谨求实的科学态度, 如何创设丰富的情景探查学生微观认识本身的认识偏差, 如何通过任务活动落实化学基本观念等。综上教学现象究其关键, 本主题教学中存在的问题有: (1) 概念建构孤立, 不能结构化设计和整合安排教学; (2) 以定义为中心教授概念, 不重视概念之间的联系, 不重视概念的功能价值。如: 教师重视讲授原子和分子的区别, 进行很多是非判断练习, 但不关注学生学习原子和分子后对物质和微粒关系的认识, 以及化学反应和物质性质的认识。

本研究针对“物质构成奥秘”的教学价值以及教与学的现状分析, 力图构建“物质构成奥秘”主题的认识模型, 促进学生的微观认识发展; 基于此, 设计并实施促进学生微观认识发展的“物质构成奥秘”主题的单元教学; 并进一步反思、提炼促进学生微观认识发展的“物质构成奥秘”主题的

表1 学生对“物质构成奥秘”主题的认识偏差举例

认识对象	认识偏差的具体表现
物质组成/构成	水没有粒子, 可以随意抹掉一滴水; 水的最小粒子是氢原子和氧原子; 水中存在 H <sub>2</sub> 分子和 O <sub>2</sub> 分子……
物质性质	硫的粒子是黄色的; 糖的粒子是甜的; 冰的粒子是固态的; 碳的粒子在烤肉的时候是燃烧的, 变成灰烬……
物质变化	冰中存在粒子, 但冰融化后粒子就消失了; 液态汽油中有粒子, 但蒸发后就被破坏……

\* 北京师范大学化学教育研究所高端备课项目研究成果, 国家社科基金“十二五”规划教育科学重点课题“中小学生学习能力表现研究”(AHA11005)成果之一。

\*\* 通讯联系人, Email: wangleibnu@126.com

有效教学策略。

## 2 “物质构成奥秘”主题的认识模型

义务教育教科书(2012版)<sup>[6]</sup>在单元小结处呈现了“物质构成奥秘”单元的知识内容结构,总结了概念之间的关系,如图1。

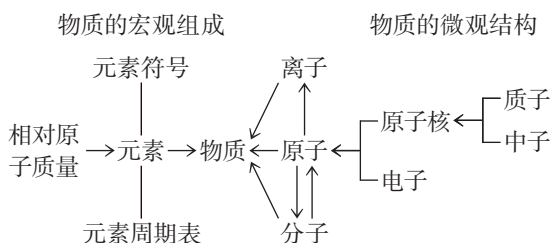


图1 义务教育教科书(2012版)“物质构成奥秘”单元内容结构

然而,在日常教学中,图1常被一线教师作为单元知识总结图。为了让图1从表达来看更加功能化,我们将图的形式和认识功能整合起来,构建并提出“物质构成奥秘”主题的认识模型,如图2。该认识模型有3大功能:(1)明确了认识对象和认识角度;(2)体现了概念之间的关系;(3)落实了概念的功能价值。

在“物质构成奥秘”主题的认识模型中,可以看出本主题的认识对象是物质组成/构成、物质分类、物质性质及变化,认识角度是物质、分子、原子、元素,认识角度之间的关系可以成为学生认识特定对象、分析和解决特定问题时的推理

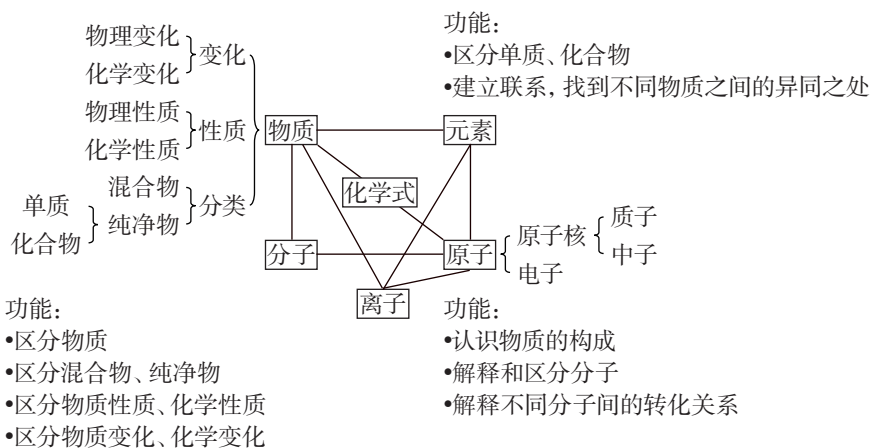


图2 “物质构成奥秘”主题的认识模型

路径和认识思路。由于认识角度之间是相互联系的,需要学生基于概念关系建构,发挥概念的认识功能价值,多角度系统分析和解决问题。这些概念的认识功能价值体现在:分子可用于区分物质,在此基础上可用于区分混合物和纯净物、区分物理性质和化学性质、区分物理变化和化学变化;原子可用于认识物质的构成、解释和区分分子、解释不同分子间的转化关系;元素是基于原子水平的概括,可用于区分单质和化合物、建立不同物质之间的联系、找到不同物质之间的异同之处。

## 3 促进学生微观认识发展的“物质构成奥秘”主题的教学设计与实施

如何通过本主题的教学设计与实施促进学生的微观认识发展?即如何帮助学生建构“物质构成奥秘”主题的认识模型,能够基于微粒认识物质组成/构成、性质和变化,形成基于微粒的认识方式?

### 3.1 单元整体结构化设计

本主题的单元整体结构化设计主要体现在以下几个方面:(1)将分子、原子、元素等概念基于整体关系去建构,通过引导学生讨论静态的物质组成/构成和分类,帮助学生建构这些概念。如给学生一组物质(混合物、纯净物),让学生进行分类,学生自然就建立了分子的概念;再让学生对其中的纯净物(单质、化合物)进行分类,学生自然就建立了元素的概念。(2)基于认识模型,通过认识物质组成/构成的变式任务、认识物质分类的变式任务、解释物质性质和变化等任务不断引出新概念并彰显概念的认识功能,促进学生微观认识发展。如让学生解释宏观的现象或反应,通过解释性问题的驱动,体会概念的认识功能。

### 3.2 教学设计

根据“促进学生微观认识发展”的基本教学理念,单元整体结构化设计教学,具体见表2。

表2 “物质构成奥秘”主题的教学设计

认识发展目标	情景素材	问题设计	认识模型建构及其发展
初步建立分子、元素、原子概念,初步形成“物质构成奥秘”主题的认识模型,初步认识到从分子种类看物质种类,根据分子种类的数目区分混合物和纯净物,根据元素种类区分单质和化合物。	蔗糖炭化实验	蔗糖是碳和水组成的吗?为什么蔗糖和酒精元素相同,性质不同?	
明确概念间的关系,应用概念解释物质性质和变化。认识到分子的微粒特性;认识到构成物质的分子是保持其化学性质的最小微粒,分子不同,物质化学性质不同;认识到有新的分子生成的变化为化学变化。	浓氨水使酚酞变红实验 木炭在空气和纯氧中燃烧的视频 液态空气分离中,上方木条燃烧的视频	解释氨水为什么有刺激性气味?氨水的气味来源?氨水为什么能使酚酞变红? 解释木炭在空气和纯氧中燃烧现象为什么不同? 液态空气分离过程中,解释上方木条燃烧现象的变化。	
认识到原子的基本结构,认识到原子、离子、元素的区别与联系,认识到原子构成或核外电子的功能,并运用原子结构模型解释预测物质性质和变化。	钠在氯气中燃烧的视频 原子结构模型的演变	请用分子原子观点解释将金属钠和氯气点燃如何反应?反应得到什么物质?钠原子和氯原子的比例是多少?	
认识到化学符号的意义,明确化学用语是最简单、最有表现力、最科学的表述化学知识的语言符号,建立微观粒子和符号的关联,并综合运用化学用语表达物质的微观过程。	补水化妆品 铁锌钙片 宝矿力水特电解质 补充饮料的电解质浓度表	化妆品里面含有什么物质?你还能解读出该物质的哪些信息? 营养品标签上的化学符号代表什么?该饮料中含有哪些微粒?推测其中含有哪些物质?	
定量角度认识物质组成/构成。	蔗糖的成分图 纯净物:水、碳酸钙 混合物:双氧水、钙片 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 、尿素	蔗糖成分图的比例代表什么?怎么计算出来的? 100g 碳酸钙和钙片中,哪个含钙量高? 计算 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 800g 补充多少氮元素? 尿素 CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> 达到相同肥效,要使用多少? 某物质碳氢元素的质量比为 3:1,求原子个数比?能确定该物质的化学式吗?为什么?	



### 3.3 教学实践与检验

我们选取北京市某示范校初三年级进行4节课的教学实践,并全程跟踪了其中一位授课教师关于该主题的日常教学。为了调查教学效果,分别在“物质构成奥秘”主题授课的前、后对学生进行侧重微观认识发展的问卷测查和访谈。由于本次教学中该校所有初三班级均参与了教学研究,故研究者在同等级学校安排对比班测试。

对比班教学首先分别进行分子、原子、元素等概念教学,再利用所学的概念从宏观和微观角度去认识物质和变化。具体教学过程是通过酒精挥发引入教学主题,提出假说“物质是由更小的物质构成,物质是由小微粒构成”;通过化学史实和物质的扫描隧道图证明“物质是由分子等微粒构成的”;通过氨水遇酚酞变红、酒精与水混合、比较压缩空气和水三个实验进行分子特征的教学,然后让学生从微观的角度分析宏观现象;通过物质的分子结构模型让学生认识到分子由原子构成,再从微观角度看物质、纯净物和混合物以及变化,总结分子和原子的区别与联系;通过化学史上原子模型认识的发展进行原子结构的的教学;通过多种含铁元素的物质引出元素概念,观察元素周期表得出“决定元素种类的是质子数”,解读元素周期表,从宏观和微观角度结合看物质及其变化;最后进行化学式的意义、化学式的书写、简单化合物的命名、化合价的原则、化合价的标法和含义、化学式的计算、混合物中元素含量计算等教学。

测查及访谈具体安排如表3。

表3 测查及访谈设计

测查方法	测查时间	测查有效样本
前测问卷	“物质构成奥秘”主题授课前	实验班样本(36人) 对比班样本(32人)
后测问卷	“物质构成奥秘”主题授课后	实验班样本(36人) 对比班样本(32人)
学生访谈1	“物质构成奥秘”主题试讲后	实验班学生(6人)
学生访谈2	“物质构成奥秘”主题正式讲后	实验班学生(6人)

调查问卷为自编测试题,针对已有测验的探查点都是指向学生对微观概念本体认识的具体偏差,而没有探查学生建立微观概念后能够解释什

么宏观的现象、事实或变化,即没有关注学生是否基于微观概念发展了相应的认识方式和能力。因此本测查问卷中设置描述性任务和解释性任务,测查学生如何分析和解释所看到宏观的现象、事实或变化,然后通过学生的答题情况进行赋分,看学生是否建立了微观认识角度,形成了微观认识方式。

用单维 Rasch 模型对学生样本的前后测数据进行量化分析,得到学生信度是 0.78, 试题信度是 0.95, 具体数据如表 4。

表4 实验班和对比班前后测数据统计

测查时间	测查班级	平均能力值	能力值区间	差异性检验
“物质构成奥秘”主题授课前	实验班	-1.421	[-5.47, 0.63]	Sig.=0.833
	对比班	-1.492	[-4.11, 1.18]	
“物质构成奥秘”主题授课后	实验班	0.639	[-4.91, 2.36]	Sig.=0.040
	对比班	0.075	[-1.86, 1.52]	

根据表4,我们可以看出实验班与对比班学生在主题授课前差异性不显著,授课后实验班学生的平均能力值高于对比班学生,且存在显著性差异。

本研究进一步对学生概念关系、概念功能价值认识两个方面情况进行了统计分析。对学生概念关系认识的测查主要看学生是否能够主动建立并应用“物质-微粒”、“分子-原子”、“物质-元素”、“元素-原子”、“原子-离子”间的关系来分析和解决问题,如表5所示的后测问卷中的第2题。对概念的功能价值认识的测查主要看学生能否建立认识角度去描述物质的组成/构成,对物质进行分类,解释物质性质和变化,如表6所示的后测问卷中的第4题。

表5 测查学生对概念关系认识的试题示例

题目示例	学生答案示例	建立的概念关系
氧化镁(MgO)中的镁和镁条中的镁是一样的吗?并说明理由。	是,因为它们都是镁元素。	物质-元素
	不是,因为镁条是由镁原子构成的,而氧化镁是由镁离子和氧离子构成的。	原子-离子

表 6 调查学生对概念功能价值认识的试题示例

题目示例	学生答案示例	概念功能价值认识
第 1 问: 有 2 杯相同质量的酒精( $C_2H_6O$ ): ①一杯酒精放在空气中, 酒精的质量不断减少; ②一杯酒精用火点燃, 它的质量也不断减少, 请你分别解释这两个过程的本质是什么?	①是物理变化, ②是化学变化, 因为②有二氧化碳和水生成。	基于物质区分物理变化和化学变化
	①是物理变化, ②是化学变化, 因为②有二氧化碳和水分子生成。	基于分子区分物理变化和化学变化
第 2 问: 已知酒精在空气中燃烧生成二氧化碳( $CO_2$ ) 和水( $H_2O$ ), 你认为在这一过程中变化的是什么, 不变的是什么?	物质种类改变, 没有不变的物质。	基于物质认识化学变化
	物质种类改变, 但是元素种类不变。	基于物质、元素认识化学变化
	分子种类改变, 但是元素种类不变。	基于分子、元素认识化学变化
	分子种类改变, 但是原子种类和数目不变。	基于分子、原子认识化学变化

分析结果见表 7 和表 8。问卷测查和学生访谈结果表明, 实验班学生对概念关系认识高于对比班学生, 实验班学生多角度描述物质的组成 / 构成的能力优于对比班学生, 但实验班学生多角度对物质进行分类、解释物质性质和变化的能力与对比班学生基本一致。同时, 我们也可以发现, 实验班和对比班学生解决问题时均很难自主做到宏观结合, 如表 6 所示的题目, 大部分学生基于物质、元素的角度, 或者基于分子、原子的角度。

表 7 学生对概念关系认识授课后测试数据统计

概念间的关系	实验班后测得分率	对比班后测得分率
物质 - 微粒	0.65	0.53
分子 - 原子	0.69	0.61
物质 - 元素	0.69	0.62
元素 - 原子	0.70	0.59
原子 - 离子	0.33	0.31

表 8 学生对概念的功能价值认识授课后测试数据统计

认识对象	认识角度	实验班后测人次比	对比班后测人次比
物质组成 / 构成	无	0/36	3/32
	元素	35/36	23/32
	分子	23/36	14/32
	原子	31/36	24/32

物质分类	无	0/36	0/32
	物质	0/36	0/32
	元素 / 原子	36/36	32/32
	分子	36/36	32/32
物质性质和变化	无	0/32	0/32
	物质	21/36	21/32
	元素	20/36	21/32
	分子	24/36	25/32
	原子	25/36	21/32

#### 4 “物质构成奥秘”主题的有效教学策略

反思“物质构成奥秘”主题的教学设计与实施过程, 可以提炼出以下有助于促进学生微观认识发展的“物质构成奥秘”主题的有效教学策略。

##### 4.1 基于概念关系整体建构相关知识

该主题的有效教学策略之一是基于概念关系整体建构有关知识, 形成系统的认识模型, 推进教学进程。在该主题教学的第一课时中, 我们利用认识物质的组成 / 构成和物质分类任务驱动学生基于概念关系建立分子、原子、元素的概念, 借助相对非定义性的概念理解找到分子、原子、元素与物质的关系, 初步建构“物质构成奥秘”主题的认识模型; 在教授完原子的构成后再次理解分子、原子、元素和物质的关系; 整个教学过程中通过认识物质的组成 / 构成、物质分类、解释物质性质和变化等任务, 反复多次从不同的视角梳理分子、原子、元素、物质这些概念之间的关系, 系统建构“物质构成奥秘”主题的认识模型。

##### 4.2 基于核心概念认识功能和价值设计驱动性任务

该主题的有效教学策略之二是基于核心概念认识功能和价值设计驱动性任务, 实现学生原有认识的探查、相应概念模型的建立、有关知识的应用。已有概念教学会先观察分子的存在, 直接给出扫描隧道图, 让学生体会原子的存在, 完全是为了得出概念, 而上述教学策略路线是学生学了分子、原子、元素的概念之后能帮助学生解决哪些任务, 就将那些任务作为驱动性任务, 激起学生学习的需求, 驱动学生建立概念。基于此, 我们在教学中设置了一系列驱动性任务, 主要包括如何看物质的不同与相同、如何看物质的分类、如何看物质的性质和变化这 3 组任务, 如表 9。

表9 驱动性任务示例

驱动性任务	问题设计	学生认识发展
第一组 如何看待物质的不同与相同	解释氧气、臭氧、二氧化碳为什么是三种不同的物质?	认识到分子的功能, 分子种类用于分析物质种类。
	解释氧气、臭氧、二氧化碳分子为什么是三种不同的分子?	认识到构成分子的原子种类和个数决定分子种类。
	氧气、臭氧、二氧化碳有什么相同之处?	认识到元素的功能, 找到不同物质间的联系。
第二组 如何看待物质的分类	将水、空气、酒精、氧气、过氧化氢溶液、铁、二氧化碳进行分类, 并说明依据。	探查学生对物质分类的原有认识。
		认识到分子的功能, 根据分子种类的数目区分混合物和纯净物。 认识到元素的功能, 根据元素种类区分单质和化合物。
第三组 如何看待物质的性质和变化	解释氨水为什么有刺激性气味?	认识到分子的微粒特性;
	氨水的气味来源是什么? 氨水为什么能使酚酞变红?	认识到分子的功能, 分子不同, 物质化学性质不同。
	解释木炭在空气和纯氧中燃烧为什么现象不同?	认识分子的功能, 区分物理变化和化学变化。
	液态空气的分离过程中, 在瓶口上方放置燃着的木条, 观察木条燃烧现象的变化并解释原因。	综合系统运用概念解释问题。
	分析钠和氯气的反应生成什么, 并说明原因。	认识到原子结构模型的解释推理功能, 即认识到原子构成或核外电子用于预测反应产物、解释反应。

### 4.3 基于“宏观-微观-符号”三重表征设计学生活动

本主题的有效教学策略之三是基于“宏观-微观-符号”三重表征设计学生活动, 发展认识方式类型。教学中, 利用宏观的现象、反应、事实、信息等创设情景, 将微观的概念外显, 并使用化学用语分析、表达化学宏观的现象等。如在物质分类任务的学生活动中, 不同小组的学生拿到不同表征方式的卡片; 再如认识物质变化的任务中, 从多个角度表征反应。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部制定. 义务教育化学课程标准(2011年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012.
- [2] Hans-Dieter Barke, Al Hazari, Sileshi Yitbarek [M]. Misconceptions in Chemistry, 2009.
- [3] 胡久华, 王磊. 初中化学教学策略[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2010.
- [4] 肖红梅, 朱纷. “物质构成的奥秘”主题教学的难点分析及突破[J]. 中学化学教学参考, 2010, (11): 8~9.
- [5] 任宝华, 李献红. 用活动表现评价深化学学生对分子和原子概念的认识[J]. 化学教育, 2011, 32(9): 29~32.
- [6] 王晶, 郑长龙主编. 义务教育教科书·化学(九年级上册)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2012.

(上接第15页)

化学教学, 2014, (2): 51.

[3] 吴俊明. “化学反应的方向”教学设计与探索[J]. 化学教学, 2014, (7): 47.

[4] 徐晓燕等. 精心设置情境引导学生“三学三研”——以“广泛存在的化学平衡”为例[J]. 化学教学, 2014, (12): 35.

[5] 孙燕. “燃烧和灭火”学案的设计[J]. 化学教学, 2011, (1): 38.

[6] 宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书·化学反应原理[M]. 北京: 人民教育出版社, 2009: 88.

[7] 修明磊, 孙明. “不饱和度和性质结合法”在书写同分异构体中的应用[J]. 化学教学, 2014, (5): 66.

[8] 柴勇. 采用“等量代换方法”解答有机推断题[J]. 化学教学, 2014, (6): 63.

[9] 余永. 电解质溶液中微粒间浓度关系推导策略之阐释[J]. 化学教学, 2014, (7): 81.

[10] 莫明远. 对“等效平衡”问题及其思维方法的重新审视[J]. 化学教学, 2014, (7): 88.

[11] 于忠荣. 浅谈初中化学教学的“作业设计”[J]. 化学教学, 2014, (10): 65.

[12] 吴俊明. 自主学习模式的理想——关于自主学习及其新模式的讨论之二[J]. 化学教学, 2014, (9): 3.