

物质微粒观及其学习基础的构筑

——兼谈“构成物质的微粒：原子和分子”的教学思路

吴俊明¹, 汪青²

(1.上海师范大学, 上海 200234; 2.华东师范大学, 上海 200062)

摘要: 抓好“构成物质的微粒：原子和分子”的教学, 是搞好化学教学的重要的“基础工程”。在初三刚开始学习化学时, 不宜直接提出建立物质微粒观的任务, 只能关注物质微粒观的奠基、形成和应用。概括了物质微粒观的主要内容和意义, 讨论了如何为物质微粒观的形成奠定基础, 介绍了“构成物质的微粒：原子和分子”的教学思路。

关键词: 物质微粒观; 原子和分子; 教学设计; 教学思路

文章编号: 1005-6629(2015)3-0003-05

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

物质的结构问题是近代化学的基本问题之一^[1]。只有在正确、合理的化学物质结构观的指引下, 人们才能沿着正确的方向开展对物质及其化学变化的研究和学习。因此, 化学物质结构观是化学科学观念的基本和重要组成部分。化学物质的结构是由其基本单元(原子、分子、原子基团、离子等物质微观粒子)相互作用形成, 按一定规律、以一定样式和形象展开、存在和表现于空间的。认识原子和分子, 建立物质微粒观是学习化学的重要前奏。化学是分子的科学, 对分子以及构成分子的原子缺乏真实、深入的了解, 怎么能学好化学呢?

提到“构成物质的微粒：原子和分子”^[2]的教学, 有人认为, 现在已经能够给分子、原子拍照片了, 给学生看看这些照片, 立马就会明白物质是由分子、原子构成的, 不需要大做文章。由此, 教材中的有关篇幅被大大压缩, 有的甚至于只剩下短短的几句话。这种说法貌似有理, 其实是大不然也: 只看这些“照片”, 学生是不可能建立起分子、原子微观运动的生动印象, 不可能真正了解分子、原子的, 更不能理解、感受有关的科学方法。虽然八年级物理也对分子有所介绍, 但仍不足以使学生形成分子运动的完整印象, 也不能完全满足初三化学学习中的后续需要。

在化学科学发展史中, 人们认识电解质的电离和电解质溶液的结构比认识元素周期律还要晚, 根本的原因就在于对有关的微观结构缺乏了解; 而学生如果能够正确地想象分子中原子之间相互影

响, 就能够理解诸如化学反应的实质、物质溶解时的种种现象直至电解质的电离、醛酮的羰基加成反应等等物质的化学行为。这些事实从正反两方面说明, 抓好“构成物质的微粒：原子和分子”的教学, 是搞好化学教学的重要“基础工程”。

提到“构成物质的微粒：原子和分子”的教学, 还有人会马上想到要进行物质微粒观的教育。然而, 微观世界跟宏观世界是截然不同的, 人类认识原子和分子、建立物质微粒观经历了漫长的时间, 其间遇到了许多困难, 过程十分复杂, 如今要在学生学习化学的初始阶段就让他们实现宏观-微观转换的大幅度跨越, 实在不是一件简单、容易的事, 关键在于微观想象是不是符合实际情况、能够经受宏观现象的检验。另一方面, 跟其他科学观念一样, 物质微粒观的形成不是一朝一夕能够完成的, 不能采用直接灌输的粗暴方式。因此笔者认为, 在初三刚开始学习化学时, 不宜直接提出建立物质微粒观的任务, 只能关注物质微粒观的奠基、形成和应用。本文拟结合“构成物质的微粒：原子和分子”的教学设计, 讨论有关的几个问题。

1 物质微粒观的意义

什么是物质微粒观? 一般地说, 物质微粒观是对跟物质微粒有关的问题, 特别是基本问题的概括的、综合的和总结性的看法或认识。跟物质微粒有关的基本问题包括: 什么是物质微粒? 物质微粒有哪些特点, 它们跟一般的微粒有哪些不同? 构成物质的基本微粒是哪些, 它们跟其他物质微粒又有哪些不同? 物质微粒是怎样构成物质的? 等等。

具体地说,物质微粒观主要包括下列内容:

(1) 物质微粒是物质的微观粒子的简称,它们完全不同于日常概念中的微粒(即通常所说的微小粒子)。

(2) 物质微粒极其微小,虽然肉眼看不见,但也有一定的质量和大小;物质微粒之间是有间隙的,固体、液体、气体中物质微粒之间的间隙依次增大(相互作用依次减小);物质微粒在不停地运动,温度越高,它们的无规则运动越激烈,物体的温度标志着其构成微粒的平均动能的大小;物质微粒之间存在着吸引、排斥等相互作用,物质微粒通过相互作用并按一定的空间方式构成固体、液体、气体物质。

(3) 物质可以分为原子、分子等不同层次的微粒,从化学的角度看,原子、分子是构成物质的基本微粒,其他物质微粒是由原子或分子形成的。

(4) 原子、分子都有许多不同种类。大多数物质由分子构成,其他物质由原子或者别的微粒构成。

(5) 原子是化学反应的基本微粒,是用化学方法不能再分割的最小粒子;原子可以构成更大、更复杂的结构微粒,也可以分为原子核和电子;原子核和电子也是可分的,但在化学反应里不能再分;同一元素(严格的说法应是“同一核素”)原子的质量和性质都相同;不同元素原子的质量和性质都不相同。

(6) 分子是保持(纯)物质化学性质的一种微粒,是由原子按照一定关系和方式构成的;同种分子的结构和性质相同,不同分子的结构和性质不同;在化学变化中,不同物质分子中的原子进行重新组合;分子中的原子相互之间存在着相互作用和影响;等等。

化学物质结构包含3个基本因素:(1)组成的微粒(基本结构微粒);(2)组成微粒之间的相互作用;(3)组成微粒之间的空间关系即空间效应^[3]。由此可见,物质微粒观是化学物质结构观的基础、前提和重要组成部分。

化学元素概念经历了从波义耳基于分解反应终极的元素概念到道尔顿基于原子论的元素概念,随后又在微观领域逐步深入发展的过程。基于原子论的元素概念标志着化学作为一门近代基础科

学的产生和发展^[4]。可以说,没有物质微粒观就不可能有科学的化学元素观;物质微粒观是联系化学元素观和化学物质结构观的纽带。

在初三化学教学中要使学生真正理解可燃气体或粉尘的爆燃;可燃物的着火点;物质的溶解和结晶、再结晶等现象,都需要对分子、原子有进一步的了解。高中化学教学中对物质微粒观需要更多、更深的理解。

总之,建立物质微粒观对于学习和研究化学十分重要,没有物质微粒观就谈不上学习和研究化学;物质微粒观有着丰富的内容,仅由其内容的丰富性就可以判断:通过一节课就使初中学生建立物质微粒观是不可能的,那些急于求成,企图一蹴而就的做法是错误的、有害的。在“构成物质的微粒:原子和分子”这一节的教学中,把“为物质微粒观的形成奠定基础”作为教学目标之一才是适宜的做法。

2 物质微粒观学习基础的构筑

根据物质微粒观的特点和形成规律,笔者认为,要为物质微粒观的形成奠定基础,需要做好下列几方面的工作。

2.1 唤醒和丰富学生的感性经验

观念是对特定问题的知识经验进行概括、综合、总结所形成的见解、看法等认识。没有相关的感性经验,就没有形成观念的基础。人总是生活在由物质微粒构成的物质世界里,不可避免地会经常碰到能反映物质微粒存在及特点的各种现象,这些现象是初中生形成和学习物质微粒观的认知起点。在教学中,教师要善于敏锐地发现并唤醒学生的这类经验;为了学生能够全面地认识物质微粒,常常还要发现和精心选择典型事例来补充和丰富学生的有关经验。

2.2 引导学生形成核心概念

科学观念通常是在核心概念基础上经过应用实现深化理解、形成体验,发现和解决有关的新问题,逐步拓展、深入,再进一步分析、抽象、概括、辩证、整合初步形成的^[5]。原子、分子是物质微粒观的核心概念,要顺利地实现物质微粒观的奠基,必须首先引导学生形成科学的原子、分子概念。初中学生在学习“构成物质的微粒:原子和分子”之前,可能已经在前置的自然课、科学课上,特

别是通过大众媒体接触和初步了解了原子、分子概念。但是,他们形成的原子、分子的初步印象可能只是一知半解,停留在日常概念的水平上,比较表面和肤浅,并不完整,甚至还有错误。在教学中,教师不但要注意进行矫正,还要注意深化和提高他们对原子、分子的认知水平。

2.3 让学生初步感受有关的科学方法

跟一般的知识不同,科学观念通常蕴含着有关的认知策略,隐含着认知方法因素,而不只是认知的结果。反过来,了解有关的认知方法,也有助于科学观念的形成。要让学生形成跟宏观图景完全不同的物质微粒运动微观表象,让他们了解有关的方法就尤为必要。因此,在物质微粒教学中要注意向学生介绍物质微粒的研究方法和思想框架,引导学生分析物质微粒聚集体的整体表现,感受假设-检验方法、模型方法和现代科学技术手段等的运用,进行微观想象,建立物质微粒的微观图景,特别是它们的运动形象,实现由宏观现象认识微观本质的跃变。

在这方面,生动、典型的科学史实可以起到很大作用。

2.4 及时地梳理、小结物质微粒的知识

及时地梳理、小结物质微粒的知识,有利于学生对原子、分子等物质微粒形成清晰、完整的印象,也有利于物质微粒知识的应用。其中特别要注意的是:使学生初步认识到微观粒子跟宏观物体的特点有很大的差别(例如宏观物体一般不会作无规则的热运动,也不具有使微观粒子聚集在一起的那样的相互作用力等等),微观现象跟宏观现象有很大的不同。

2.5 注重物质微粒知识的应用

要重视将物质微粒观应用于解决有关的问题,例如说明固体和液体的结构等等,并且在这个过程中检验、丰富、修正对物质微粒的认识。抓好这个环节,有助于巩固和深化对物质微粒的认知,取得较好的教学效果,才不至于把物质微粒观教学变成枯燥无味的死记硬背。

物质微粒知识的应用常涉及对特定现象的解释或预言。对物质的常见状态进行解释,是物质微粒知识在初学阶段的重要应用。

2.6 从学生特点出发,采取有效的教学措施

虽然初中学生的逻辑思维能力初步形成,但理性思维的水平、能力和兴趣都不高,认识往往不够清晰、精细。在“构成物质的微粒:原子和分子”的教学中,宜根据他们的特点采取他们乐见的实验观察与思考等方式,以感性经验和形象思维(想象)为基础分步展开抽象的理性思维(论证和验证假设,形成概念、判断和推理等)、导入理性内容,然后及时梳理、小结、应用,实现强化和发展。

为了适应不同学生的需要和可能,一些拓展型内容可以用阅读材料的形式由学生选择阅读。

3 “构成物质的微粒:原子和分子”的教学思路设计

3.1 教学目标

(1)知道原子、分子是构成物质的微粒,比较系统地认识原子、分子的特点,了解原子和分子的区别,初步形成原子、分子的认识模型。

(2)能运用原子、分子的观点解释一些简单的生活现象、实验现象,通过渗透初步了解物质三态的本质差别。

(3)感悟科学方法的重要性,通过渗透初步了解“假说-验证”、数量方法、微观想象等认识原子、分子的科学方法,初步学会做知识小结。

(4)感悟、体验宏观和微观的联系、现象和本质的关系,为微粒观的形成奠定良好的基础。

3.2 教学重点

由宏观现象认识原子、分子的存在和区分。

3.3 教学难点

原子、分子的存在和区分;物质三态的本质差别;对科学方法的理解。

3.4 过程策略

3.4.1 导入

发问:为什么湿衣服挂在室内可以晾干?为什么教室前面一点点醋酸的气味可以弥散于整个教室?为什么大块的糖可以溶解?为什么气体可以压缩和相互混合?为什么大部分物体受热后体积膨胀?为什么不同物质的性质都不同?(引导学生解释一些有关的日常现象,引出分子、原子或物质微粒概念)

3.4.2 物质微粒存在的科学证明

通过PPT或阅读材料简介道尔顿是怎样发现原子假说的。

19 世纪初,人们已经发现不同物质的性质都不同,发现气体都可以压缩、相互混合和扩散,以及受热后体积膨胀……英国科学家道尔顿(J. Dalton, 1766~1844)猜想,气体乃至各种物质都是由最基本的微粒——原子构成的。当时人们已经发现,化学反应物质之间有一定的质量比例关系,例如,12 g 碳能跟 32g 氧完全反应,2g 氢能跟 16g 氧完全反应……为了证明原子是存在的,道尔顿根据这种比例关系推算出原子的质量。虽然他的推算很不准确,但是确定了原子是有一定质量的,为原子的存在找到了有力的事实证据。

道尔顿还提出:同种物质的原子的形状、大小、重量都相同,不同物质的原子的形状、大小、重量必不相同,化学反应中各种原子以简单数目比例相化合……道尔顿的原子假说能使当时的一些化学基本定律得到统一的解释,尽管反对的人也不少,还是很快被人们接受和重视。

通过投影介绍原子、分子存在的有力证据,让学生由相关科学史实体验科学方法的重要性,渗透假说-验证方法、质量研究方法。

科学家们应用范德华的理论求出了气体分子的大小;根据麦克斯韦分布定律求出了气体分子的平均速度;用光谱法、衍射法等测定了分子的结构;现代科学家还获得了原子和分子的微观图像……

3.4.3 初步形成分子、原子的认识模型

模型是人们对事物(系统)认识的表达方式,可以对事物的进一步认识、应用以及交流带来很大的便利。所以,模型在科学、技术和生产活动中被广泛地应用。在原子和分子的教学也是如此。

在科学活动中常用的模型有语义模型(主要以自然语言描述)、图像模型(以二维图形、图像等为主要形式)、物质模型(由实物构成,通常是

三维有形物体,日常语言中的模型多属此类)、数学模型(用数学语言描述和处理研究对象)以及其他抽象模型(非实物,不同于物质模型)等等。在原子和分子的各种模型中,语义模型(如前面介绍的物质微粒的主要特点)比较详尽但失之于不形象生动也不够简洁;数学模型对学生难度太大,无法采用。因此,过去多用比较简单、形象的图像模型或物质模型。但是,图像模型和物质模型不能表现原子、分子的运动特质,难以使学生形成原子、分子运动的微观表象。我国中学物理实验室中曾经装备过“布朗运动原理说明器(演示器)”。该仪器用摇把和棘轮反复撞击弹簧片圆环,使其中的小钢珠(模拟分子)无规则地高速运动并撞击棋子状电木小圆柱(模拟花粉)使其做紊乱的无规则运动,从而形象地说明布朗运动原理;去掉模拟花粉的小圆柱,即可演示分子的热运动,其效果是比较好的,但这一仪器现在已经很少见了。

如今,现代信息技术的发展为原子、分子的模型建构提供了新的手段:通过 flash 动画或微视频可以演示分子运动的图景,说明物质是由大量分子组成的、分子总是在做永不停息的无规则运动、分子间会相互碰撞……其效果比静态的图像模型和物质模型好。但是,目前这类资源较少,自己制作有一定难度,而且设计不当会发生科学性错误,需要警惕。图 1 是笔者制作的 flash 动画的截图。

3.4.4 原子与分子的区分与识别

通过 PPT 或阅读材料简介阿伏加德罗是如何区分原子和分子,解决了物质微粒认识史上的一大难题的。

1808 年,法国化学家盖·吕萨克(J. L. Gay-Lussac, 1778~1850),在实验研究气体之间的化学反应时发现,在一定压强和温度条件下,参加反应

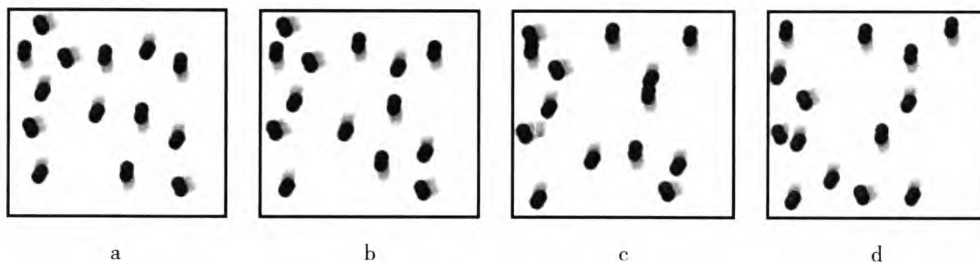


图 1 分子运动的 flash 动画截图

的以及生成的各种气体的体积成简单整数比。他结合道尔顿的原子学说作出推论：在同温同压下，相同体积的不同气体中含有相同数目的原子。当时人们还没有分子这个概念，盖·吕萨克把这里的微粒也称为原子。可是，道尔顿不同意盖·吕萨克的推论。他认为，不同物质的原子大小不同，在相同体积的气体中不可能含有相同数目原子。他举例说：2 体积氢气跟 1 体积氧气化合生成 2 体积水蒸气，按照盖·吕萨克的推论，每一个水原子中只含有半个氧原子，这是不可能的。

盖·吕萨克和道尔顿都坚持自己的意见，他们的争论相持不下。直到 1811 年，意大利物理学家阿伏加德罗 (A. Avogadro, 1776~1856) 提出了分子概念，他认为，原子是参加化学反应的最小微粒；分子是单质或化合物独立存在时的最小微粒，由原子组成，是比原子复杂的微粒；单质的分子由相同原子组成，化合物的分子由不同原子组成；在同温同压下，相同体积的不同气体中含有相同数目的分子……阿伏加德罗的分子假说使道尔顿的原子学说与盖·吕萨克的气体反应定律消除了矛盾，纠正了他们二人把分子当成原子的错误，既把分子和原子区分开来又把它们联系起来。

结合有关科学史实介绍，引导学生讨论，认识分子和原子之间的区别与联系。讨论、小结、板书分子和原子之间有哪些区别与联系，然后组织课堂练习。

3.4.5 进一步认识物质微粒的运动特点

观察、解释下列实验现象：

- (1) 高锰酸钾晶体在水中溶解的现象。
- (2) 品红在热水和冷水中扩散的比较。
- (3) “管中起烟”（在一截玻璃管两端分别放沾有盐酸和氨水的小棉球……）。

3.4.6 关于原子、分子知识的小结和应用

观察、解释下列实验现象：

- (1) 在两支注射器中分别装入 10mL 空气和 10mL 水，然后用手推压。
- (2) 自拍录像：向淡蓝色的煤气火焰上撒一点食盐，火焰呈现黄色；向铁锅中加一点食盐，也能使火焰呈现黄色。
- (3) 在一支注射器中装入少量无水乙醇，用热水加热注射器使其中的乙醇汽化，比较乙醇在

不同状态时的体积并讨论如何解释。

讨论、小结、板书：原子有哪些特点？分子有哪些特点？请用事实来证明；什么是原子，怎样给原子下一个初步的定义？什么是分子，怎样给分子下一个初步的定义？

讨论、思考：固体、液体、气体都是由物质微粒构成的，在这方面它们有哪些不同？（引导学生通过小结和应用巩固有关认识）

3.4.7 新课渗透（机动）

通过 PPT 或阅读材料简介原子或分子的实际大小：不一般的“微小”。

1 个水分子的体积大约是 $3 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ ，如果把水分子的大小与乒乓球相比，就好像拿乒乓球与地球相比一样。一滴水里大约有 1.67×10^{21} 个水分子，这么多水分子如果让你数，按照每秒数 4 个的速度，你得用 13000 多亿年才能数完。

现代科学测定：1 个碳原子的质量为 $1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ；1 个氧原子的质量为 $2.657 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ；1 个水分子的质量大约是： $3 \times 10^{-26} \text{ kg}$ 。

原子质量的数值实在太小，使用起来很不方便。所以，化学家将一种原子的质量与一种碳原子的质量的 $1/12$ （即 $1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ）相比，把所得到的数值称为相对原子质量，用它来表示原子的质量，这就是我们下一节课要学习的原子量。

参考文献：

- [1] 张嘉同. 化学哲学 [M]. 南昌：江西教育出版社，1994：35~42, 257, 58, 124~140.
- [2] 上海市中小学课程改革委员会. 九年义务教育课本化学九年级第一学期（试验本）[M]. 上海：上海教育出版社，2006：28~32.
- [3] 吴俊明，吴敏. 刍议化学物质结构观的内涵与形成刍议 [J]. 化学教学，2014，(11)：9~15.
- [4] 吴俊明，吴敏. 元素概念的演变与化学元素观的教学 [J]. 化学教学，2014，(6)：3.
- [5] 吴俊明，吴敏. 化学课程中的科学观念教育 [J]. 化学教学，2014，(5)：3.