

环境专业“有机化学”授课中三重表征模式的应用 ——以“自由基反应”为例

常 飞

(上海理工大学 环境与建筑学院, 上海 200093)

摘要:“有机化学”课程具有逻辑性和关联性较强的特点,环境工程专业学生学习此课程相对较为困难,专业任课教师也很难在有限的学时内讲授专业必须的全部基本知识和理论,因此教学效果不佳。为改善教学质量,提高教学效率,在授课过程中引入化学三重表征教学法,提高学生主观能动性,指导学生从三个层面去认识和理解有机化学知识,建立三者之间的内在联系,有效构筑三重表征的思维模式。以“有机化学”课程中“自由基反应”部分为例,介绍三重表征模式在环境工程专业有机化学授课中的应用。

关键词:“有机化学”;教学;策略;三重表征

中图分类号: O 621.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-895X(2020)01-0082-04

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2020.01.014

Practice of Triple Representations in the Course of Organic Chemistry —Teaching “Free Radical Reactions” as an Example

CHANG Fei

(School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Because of its strong logicity and associability, the course “Organic Chemistry” is quite difficult for students majored in Environment Engineering. In addition, not all basic knowledge and theories required can be covered during limited class hours. To improve teaching quality and teaching effect, the Triple Representations strategy has been introduced in our class. It is expected that students can obtain knowledge from macro, micro and symbolic levels related closely to form a thinking model for all participants. In this investigation, the class teaching of “Free Radical Reactions” is selected as a example to present the practice of triple representations model.

Keywords: “Organic Chemistry”; teaching; strategy; Triple Representations

“有机化学”课程内容主要涵盖有机化合物的分类、命名、组成、结构、性质、制备以及反应机理等,注重在分子水平上阐述化合物分子结构与转化、产物生成与分离、分析与应用等过程。国务院学位委员会颁布的学科目录指出,有机化学是

化学化工、环境、制药、生物等12个一级学科的重要专业基础课程^[1]。我校近几年环境工程专业本科培养计划中,“有机化学”被列为学科基础课程,归类于“数学与自然科学类课程”组别,授课对象为环境工程专业一年级学生。通过较为系

收稿日期: 2018-09-08

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(201802031017); 上海高校课程思政整体改革领航高校项目(沪教委德[2019]18号)

作者简介: 常 飞(1978-),男,副教授。研究方向: 环保材料与光催化技术。E-mail: feichang@usst.edu.cn

统全面地授课，使学生掌握有机化学的基本知识和理论，引导学生利用所学知识和理论去认识、分析和处理环境污染问题，激发研究兴趣和创新能力的，同时为后续相关专业课程的学习打下坚实的基础。

相比其他科目，学生普遍反映“有机化学”更为难学，主要表现为：化合物结构多，稍有差异其物理化学性质相去甚远；化学反应多，反应条件和影响因素变化都会导致不同的反应过程和产物；反应机理抽象且适用条件要求多，有机化学较强的关联性很容易让学生感到枯燥乏味，造成学习意愿不强和积极性受挫，严重影响教学效果，也不利于以该科目为基础的后续课程的学习。另外，本校培养计划中，“有机化学”的理论授课设置为32学时，用如此有限的学时涵盖环境工程专业必须的基本知识和理论，对教师授课和学生学习都是一种巨大挑战^[2]。为改善教学效果，我们也积极尝试改变教学方法，借助主线法^[3]，启发法^[4]，案例法^[1]等方法，虽然具有一定的积极作用，但很多学生容易陷入死记硬背的泥沼中难以自拔。根据本科培养计划要求和课程特点，采取科学实用的教学策略，塑造学生正确的思维模式和引导学生掌握正确的学习方法是提高教学质量的关键^[5]。

一、化学学习的三重表征理论

自从苏格兰教授 Johnstone 提出化学学习的三重表征理论之后，有关三重表征理论的研究吸引了众多化学教育学家的密切关注^[6]。所谓三重表征，指的是宏观表征、微观表征和符号表征。宏观表征指物质可视的现象或变化以及外部感官器官直接观测到的物质、物理化学性质及所决定的存在和用途反馈的信息。微观表征指难以直接观测到的微观结构和形貌、微粒运动情况、反应机理等微观信息在人脑中的反映。符号表征则指实体符号（元素符号、方程式等）、状态符号（气、液、固等）以及结构符号（原子结构示意图、电子排布、结构式等）。有机化学是采用符号（符号特征）描述宏观现象（宏观表征）和微观现象（微观表征）及其相互之间联系的学科，非常适合采用三重表征模式进行学习。若授课教师在教学过程中合理呈现知识的三重表征，指导学生整合三重表征进行学习，构建有效内部联系，就会达到快速掌握和准确理解基本知识的目的。本文结合笔者的教学经验，以饱

和脂肪烃章节“自由基反应”部分为例，探讨三重表征的教学策略在有机化学授课过程中的应用。

二、授课对象特征和所选内容分析

“有机化学”课程的授课对象是环境工程专业的一年级学生。虽然学生的基础知识稍有差别，但大多数学生已具备高中化学知识或已修过“普通化学”课程，对有机化学内容有初步了解，但这种了解只是停留在了解起始物和反应产物以及识别简单实验现象的层面上，没有过多学习具体的反应过程及机理和各种因素影响等方面的知识。也就是说，学生对宏观表征和符号表征有了一定的认识，但对微观表征没有过多接触。“自由基反应”部分的学习对学生进一步理解和掌握有机化学中复杂自由基反应以及后续相关的“大气污染控制工程”“环境化学”“环境毒理学”和“水污染控制工程”等专业课程有很大帮助。

所选内容为《有机化学》^[7]第二章“饱和脂肪烃”中的一部分，归属于第一节中的第五小节“烷烃的化学性质”。该内容是以饱和烷烃的氯代反应为例，对自由基反应及相关机理做初步探讨。基于具有高中化学知识基础或已修过“普通化学”学生的知识接受能力，通过构建“宏观-微观-符号”三重表征思维模式，学生可以充分了解自由基反应的基本知识，以便在学习后续知识时对知识的理解更为深刻，同时也为其他相关学科的学习打下良好基础。具体来说，内容主要包括自由基反应条件、反应过程及机理解释，自由基稳定性的初步解释（从能量角度和电子效应进行分析）以及自由基反应在生活中的一些重要应用。

三、教学安排和授课策略

“有机化学”课程中，本部分内容首次探讨自由基反应，不少概念和以往有所不同。因为仅仅涉及初步介绍，该内容对环境工程专业学生而言不算太过困难，且在绪论部分已经提过自由基反应概念，学生接受起来相对较为容易。内容的重点在于了解自由基反应的特点、反应机理以及所产生自由基的稳定性。由于目前尚未系统学习诱导、共轭等电子效应以及空间效应，学生只能从氢原子氯代反应的选择性（伯仲叔碳上氢的相对反应活性）以

及键离解能大小来判断,因此内容的难点在于理解具有不同结构烷基自由基的稳定性。

为使教学内容更为生动和易于接受,进一步激发学生的学习兴趣 and 有效提高教学效果,同时培养学生“宏观-微观-符号”三重表征思维方式,授课内容由学生身边的两个小问题开始:1) 冰箱或空调的制冷剂以前用全氟氯烃,为何现在换用含氢

氟氯烃? 2) 目前社会上“光触媒空气净化器”盛行,用于去除室内挥发性有机污染物如甲醛、苯系物等,其基本原理是什么? 然后,引入有机化学中三大主要反应类型之一——自由基反应,同时告知学生该类反应是水环境化学特别是大气环境化学中最为重要的反应类型。以上部分属于宏观表征的内容,如图1所示。

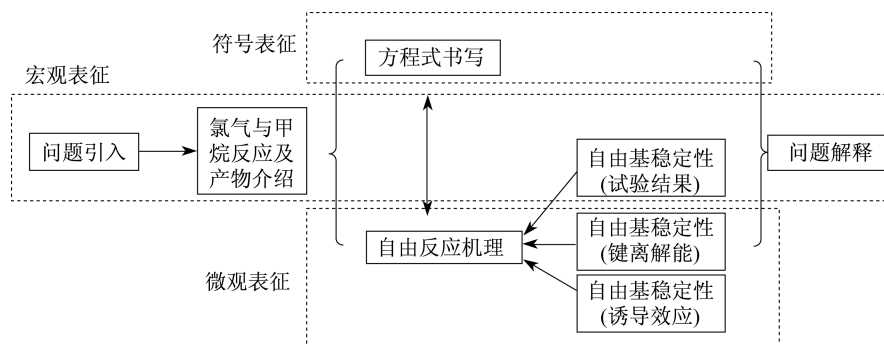


图1 “自由基反应”授课示意图

Fig.1 Schematic diagram of teaching in “Free Radical Reactions”

由氯气和甲烷在高温或光照条件下的反应及产物分析开始,引入相应的自由基反应,反应以能产生高活性和反应性的带有单电子的分子片段为主要特征。根据中间自由基的产生和电子转移,简要介绍反应机理:对详细反应做一步步的描述(解释诸如“反应是如何开始的? 经过了什么中间体? 反应条件起什么作用? 决速步骤是哪一步? 副产物是如何生成的?”等问题),如图2所示。该部分属于微观表征的内容,对宏观表征的结论或现象从微观层面进行分析和支撑,如图1所示。此外,介绍自由基反应方程式的时候,对其中的符号如圆点、短线、单箭头和双箭头的物理意义进行说明,这属于符号表征的内容,见图1。根据不同类型碳上氢原子的氯代难易程度和C-H键离解能大小,初步判断不同结构碳自由基的稳定次序。另外,结合绪论部分介绍的关于不同杂化碳原子的电负性大小,通过诱导效应也可以判断自由基的稳定性,这也属于微观表征的范畴。

从上述授课过程可知,微观层面的知识是内在和本质,宏观层面的知识是外在和现象,而符号起到桥梁的作用,可以对微观层面的知识进行深入描述和分析,三者之间相互联系、共同系统地表现化学知识。培养学生的三重表征思维模式,可以使学生自主地把微观和宏观结合起来,对培养学生主动学习和独立思考能力起到至关重要的作用^[8]。通过三重表征思维模式的成功塑造,学生在学习中有

意识地把学到的知识进行归类并相互联系,了解现象分析本质,通过本质理解现象,形成思维的良性循环,并采用合适的化学符号表征出来,从而有效提高学生学习的积极性和学习效果。以两个年级环境工程专业学生为例,在课堂引入运用三重表征教学方法后,学习成绩有明显提升,卷面不及格率下降了近10%。另外,在“有机化学”授课过程中,教师也应不断地与学生互动,保证学生三重表征思维模式在整个学习过程中连贯持续,进而把该思维模式应用到后续相关专业科目的学习过程中。

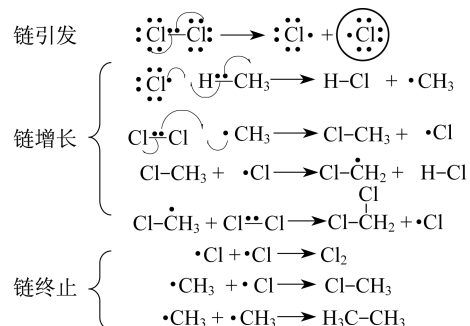


图2 甲烷氯代的自由基反应过程

Fig.2 Reaction series of free radical reactions of methane chlorination

四、结束语

大学课程的讲授要想获得满意的教学效果,需

要任课教师结合科目特点和课程内容特点,遵循科学发展的规律选取合适的教学方法和教学策略。《淮南子·说林训》有语:授人以鱼不如授人以渔。引导学生如何有效学习,如何独立思维意义重大。上述以“自由基反应”为典型实例的“有机化学”课程讲授,让学生学会在三个层面认识和理解自己的化学知识和现象,建立三者之间的内在联系,构筑三重表征的思维模式,把握规律。如此,在很大程度上把学生从死记硬背的泥沼中解脱出来,同时教师也能省时省力,有效提高教学效率和教学效果。

参考文献:

- [1] 汤洪敏. 案例式教学法在有机化学教学中的应用探索[J]. 教育文化论坛, 2010, 2(5): 83-85.
- [2] 吴翠琴, 王筱虹. 环境科学专业有机化学的教学探讨[J]. 广东化工, 2018, 45(2): 219, 222.
- [3] 袁焜, 施小宁, 戴红霞, 等. 主线法有机化学教学实践与总结[J]. 天水师范学院学报, 2017, 37(5): 118-121.
- [4] 俞善辉. 有机化学的启发式教学法[J]. 化工高等教育, 2008, 25(3): 83-86.
- [5] 张丙香, 毕华林. 化学三重表征的含义及其教学策略[J]. 中国教育学刊, 2013(2): 73-76.
- [6] 毕华林, 黄婕, 亓英丽. 化学学习中“宏观-微观-符号”三重表征的研究[J]. 化学教育, 2005, 26(5): 51-54.
- [7] 陈长水. 有机化学[M]. 3版. 北京: 科学出版社, 2015.
- [8] 周维友, 姜艳, 缪春宝, 等. 基于三重表征的大学有机化学教学策略[J]. 大学化学, 2016, 31(10): 44-48.
- (编辑: 程爱婕)
- (上接第81页)
- [3] 韩杰, 尹丽娜. 文化的多元发展与大学生主流价值观构建[J]. 长春教育学院学报, 2009, 25(3): 10-11.
- [4] 邵一骏, 桂尚书. 多元文化视域下大学生核心价值观的构建[J]. 渭南师范学院学报, 2018, 33(2): 21-26.
- [5] 胡纯, 徐园媛. 理工类大学生社会主义核心价值观培育路径创新研究[J]. 青春岁月, 2014(8): 247.
- [6] 郭素芳, 王丽丽. 论理工类高校大学生思想政治教育中以人为本思想的实现路径[J]. 经济与社会发展, 2010, 8(11): 161-163.
- [7] 王红辉. 师生互动视域下高职思政课语言转换机制构建[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2017, 30(1): 22-25.
- [8] 习近平. 习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上的讲话[N]. 人民日报, 2016-12-09(01).
- [9] 岳琼. 大学生心理健康教育探索与分析[J]. 陕西广播电视大学学报, 2017, 19(2): 46-49.
- [10] 蔡文华. 浅谈高学历人员犯罪情况分析[J]. 法制与社会, 2012(28): 165-167.
- [11] 刘冰寒. 北京市海淀区高学历人员职务犯罪情况分析[J]. 法制与社会, 2013(33): 59-60.
- [12] 黄国辉, 娄东生. 基于多元文化背景的大学生思想政治教育实效研究[J]. 福州大学学报(哲学社会科学版), 2015, 29(4): 105-108.
- [13] 蔡雨沁. 大学生心理健康教育现状及对策[J]. 南京中医药大学学报(社会科学版), 2006, 7(2): 122-124.
- [14] 沈维道, 童钧耕. 工程热力学[M]. 5版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [15] 李怀征, 张璞. 论当代大学生内约束力培养模式的构建[J]. 牡丹江教育学院学报, 2014(4): 43-44.
- [16] 安雪玲, 常志娟. 当代大学生存在问题及教育教学方法[J]. 小作家选刊(教学交流), 2013(5): 13.
- (编辑: 程爱婕)