

青年教师如何做好结构化学教学

王伟涛*

(陕西科技大学化学与化工学院, 西安 710021)

摘要: 结构化学具有理论性强、内容抽象等特点, 学生学习普遍存在理解难和掌握难的问题, 使青年教师的授课存在很大的难度。本文结合自身经验, 对青年教师如何做好本科结构化学课程教学工作进行了探讨, 对青年教师迅速进入到良好授课状态有一定的帮助。

关键词: 结构化学; 青年教师; 教学

中图分类号: G64; O6

Suggestions on Teaching Structural Chemistry for Young Teachers

WANG Wei-Tao*

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, P. R. China)

Abstract: The concepts and theories of structural chemistry course are usually abstract and difficult, which is hard for students to understand. These features make it more difficult for the young teachers to teach structural chemistry well. In this paper, based on the self-experience on teaching structural chemistry, some suggestions for the design of course and teaching preparation were shared with young teachers.

Key Words: Structural chemistry; Young teacher; Teaching

结构化学是在原子-分子水平上研究物质的微观结构及其与宏观物理和化学性质之间相互联系规律的一门基础学科^[1], 是理科化学类专业的重要专业基础课。结构化学主要包含量子力学基础、对称性基础、晶体学基础三大知识板块^[2]。通过结构化学的学习, 能够引导学生更好地理解物质的结构, 并从物质的结构出发, 理解和解释其物理化学性质。

结构化学的学习需要有较强的数学、物理基础, 严密的逻辑思维能力及空间想象力, 这使得结构化学课程具有理论性强、内容抽象等特征; 同时, 涉及微观结构的实验无法在一般学校实现。这些因素导致结构化学课程教学难度较大。针对结构化学课程的特点, 为了提高教学效果, 很多教师从培养学生学习兴趣、教材建设、教学内容、教学方法改革等方面进行了探讨^[3-6]。但针对青年教师如何做好结构化学教学工作的探讨却较少^[7]。青年教师在从事结构化学教学工作时, 往往存在缺乏自信心、教学入门困难等问题, 再加上学生对结构化学的畏难情绪, 使得青年教师在结构化学的授课方面存在一定压力。本文针对结构化学教学中的问题, 介绍自己在结构化学教学中的探索和经验, 对青年教师具有一定的借鉴意义。

1 充分准备, 厚积薄发

青年教师在结构化学授课前, 一定要做好充足的准备, 理解各个知识点及其之间的联系, 尝试用

*通讯作者, Email: wwt1806@163.com

自己的语言来解释和描述,在这些基础之上,形成对结构化学知识点的良好理解。笔者在讲授结构化学课程之前,学习了本校老教师的结构化学授课,参与了教学辅导、作业批改以及课后答疑等教学环节;同时,到兄弟院校旁听了结构化学课程,更进一步熟悉和理解了相关知识点。除此之外,在网上自学了相关的结构化学精品课程的全部内容,参考其他结构化学教材,对量子力学相关知识不仅查阅了《原子物理学》书籍,还请教了物理专业教师。讲授前,参考了3-4个以上学校的课件,结合对知识点的理解,以自己的授课逻辑设计制作课件。做好课件后,仍然需要备好课,写好教案。对于青年教师来说,除了做好多媒体课件,还一定要书写纸质教案,使自己明确每一节课的教学目标、重点和难点,以及对重点和难点的授课设计;只有这样才能在理解的基础上,熟悉课程内容,把握各个知识点之间的联系,理顺授课逻辑,授课时真正做到厚积薄发。例如,在介绍休克尔分子轨道(HMO)法处理共轭烯烃时,需要学生掌握HMO理论的基本要点、休克尔行列式的书写及离域能的计算;在纸质教案备课时,除了教材中的休克尔行列式的书写和求解之外,还可以从分子的对称性出发,简化行列式的求解。丁二烯对 σ 镜面(顺式丁二烯)或 C_2 轴(反式丁二烯)存在对称和反对称两种可能,对应的变分参数也存在两种可能关系:对称时 $c_1 = c_4$, $c_2 = c_3$;反对称时 $c_1 = -c_4$, $c_2 = -c_3$,从而简化行列式的求解。这样在学习HMO理论时,不仅能够将分子的对称性和HMO法联系起来掌握,还可以巩固分子对称性知识。

2 引导学生,激发兴趣

由于结构化学的内容涉及较多数学、物理知识,特别是结构化学的第一章是关于量子力学基础知识,包括量子力学的基本假设、波函数、薛定谔方程等知识,使学生在开始学习时,普遍有一种畏难情绪。青年教师在教学过程中要变学生的被动学习为主动,增强学生的学习兴趣。只有学生有了学习兴趣,才能够切实提高教学效果。量子力学的发展是一部非常有意思的科学史。在量子力学部分知识讲授时,可以穿插一些量子力学的发展史,例如关于光的波动说和微粒说存在长达几个世纪的争论,涉及到很多科学名人,可以从简短的波动说和微粒说的争论故事中引出波粒二象性。学生能够从名人在波粒性争论的故事中提高兴趣。另外,可以推荐一些关于量子力学的课外资料。关于量子力学发展史的科普读物,如《量子力学史话》等;关于量子力学发展史的讲座音频,如吴京平老师的《科学史评话——量子力学外传》;关于量子力学的趣味故事,如“薛定谔的猫”故事等等;推荐学生自学孙宏伟教授以诺贝尔奖为主线讲解的《结构化学》绪论部分。除此之外,采用问题引导法授课,例如在介绍杂化轨道后,可以举例提问 CH_4 、 NH_3 、 H_2O 中的中心原子均采用 sp^3 杂化,那么为什么会出现键角的不同?引导学生先自觉思考问题,再引出不等性杂化的授课内容。

3 突出重点,加强讲解

由于结构化学涉及的知识较多,内容比较抽象,因此在结构化学的授课过程中,要突出重点,特别是对难点要加强讲解,使学生充分理解。学生在学习过程中普遍存在的难点主要有量子力学的基本概念及原子光谱项、分子所属点群、HMO法处理共轭烯烃及离域能的计算、空间格子和X射线晶体结构分析原理、金属密堆积方式、离子的不等径密堆积等知识点。只有加强对难点的讲授,才能消除学生对结构化学学习的畏难情绪。例如,在学习结构化学的基本假设时,很多学生不能理解什么是假设,为什么假设却成为结构化学的基础。在授课时可以解释,基本假设对结构化学的作用就像“两点之间线段最短”对于几何学的作用,是结构化学的基本公理。在进行波函数的讲授时,要注重波函数所代表的意义,而不是波函数本身是什么形式;波函数不是一个电子的运动波,而是一个概率波,即在空间某点找到电子的概率(波的强度)正比于波函数绝对值的平方($\psi^*\psi$);要强调波函数是一个复数函数,才能够理解需要将复数函数 ϕ_{2p_1} 和 $\phi_{2p_{-1}}$ 进行线性组合得到实函数 ϕ_{2p_x} 和 ϕ_{2p_y} ,才可以作图得到角度

分布图或者原子轨道轮廓图，而 φ_{2p_z} 本身就是实数函数(即 φ_{2p_z})，所以可以直接作图。对部分重点难点还应该在多媒体辅助下进行板书的讲解。在讲解休克尔分子轨道(HMO)法处理共轭烯烃时，除了以教材上典型的丁二烯为例讲解外，应该再列举一些其他共轭烯烃的HMO法处理过程，加深学生理解并掌握HMO法，特别是以板书和多媒体PPT相结合的授课方式，带领学生共同完成知识点的学习。

4 联系实际，学以致用

在结构化学课程中，学生最大的一个疑惑是学结构化学有什么用？学生总是感觉学习结构化学课程没有用处，电子、原子等离实际太远。因此，在结构化学课程中，必须联系实际，加强实例教学，使学生知道所学知识有所用、用何处、怎么用。例如，在讲解双原子分子轨道时，常见的 N_2 分子轨道为 $(1\sigma_g)^2(1\sigma_u)^2(1\pi_u)^4(2\sigma_g)^2$ ，键级为3，是惰性很大的分子。 N_2 分子的活化是研究的热点。为活化 N_2 分子，去掉一个电子降低键级比较困难，但是可以通过给 N_2 分子中引入反键电子，从而降低键级。在工业上合成氨的工艺中，催化剂就是利用这个原理来活化 N_2 ，过渡金属铁既有 d 电子，又有空的 d 轨道，既可以接受 N_2 分子的HOMO电子，又可以提供 d 电子反馈给 N_2 分子的强反键LUMO轨道，降低键级，从而达到活化 N_2 分子的目的。再例如， O_2 分子是空气中大量存在的气体，氧化反应以氧气做为氧源，能够降低氧化剂成本。氧气分子的HOMO组态为 $(\pi^*)^2$ ，对应的基态分子光谱项为 $^3\Sigma$ ，其第一激发态光谱项为 $^1\Delta$ ，第二激发态为 $^1\Sigma$ ，要使 O_2 跃迁到激发态是禁阻的。因为只有 $\Delta S=0$ ，即多重性相同才能发生跃迁，所以氧气分子不能直接通过光照活化。活化氧分子的有效途径之一是氧气分子与过渡金属化合物结合，通过金属中心的变价，即电子转移来活化氧气分子。在讲授金属晶体的时候，可以简单介绍固体表面结构，介绍固体表面存在的平台、平台空位、附加原子、单原子台阶等，使学生理解固体的表面并不是光滑的，更好地理解物理化学中Langmuir吸附理论关于“固体表面是均匀的”这一条假设；同时，也可以简单介绍固体表面上存在的这些不同类型的原子，它们的化学行为不同，因此，在吸附和催化等方面表现出不同的差异。

5 跟踪动态，积累素材

结构化学相对于其他的化学课程来说，是一门年轻的学科，但它的发展非常迅速，与结构化学相关的科研文章很多。因此，在教学过程中，应不断追踪国内外科技发展的最新动态，坚持教学与科研相结合，积累素材；介绍最新科技发展动态，开阔学生视野，使学生获得新知识和新概念，激发学生的学习热情和对科研工作的兴趣。例如，在讲授共轭芳香烃时，可以介绍最新有关芳香烃的一些争议和进展。老派科学家和新锐科学家对芳香烃的广义和狭义的概念存在争执^[8]。2015年美国麻省理工学院的科学家Velian和Cummins^[9]在*Science*杂志上，报道了一种罕见的无机芳香族化合物：3个氮原子和2个磷原子组成的带负电荷的五元环 P_2N_3 阴离子，是平面芳香无机物一个罕见的例子，支持了“芳香性”的广义概念。

在介绍氢键时可以补充最新的研究进展。氢键是一种广泛存在的分子内或分子间相互作用，可表示为“ $X-H\cdots Y$ ”，其中“ $\cdots$ ”代表氢键，H与电负性大的X以共价键结合， $X-H$ 是氢键供体，Y是氢键受体。2013年，中国科学家在*Science*上报导了氢键相互作用的原子力显微镜(AFM)图像^[10]，展示了连接8-羟基喹啉分子的氢键的电子密度，为“氢键的本质”这一化学界争论了80多年的问题提供了第一个直观证据。2016年南京大学与美国南卫理公会大学合作，报道了一类全新的氢键，他们通过量子化学方法预测B-H基团与有机结构之间有可能形成非经典氢键，并随后通过实验进行了证实^[11]。将这些最新科技进展动态及时地增加到结构化学授课中，能够提高学生的学习兴趣，增加他们对科研的了解和热情。

6 建立反馈, 持续改进

一门课程的授课效果由授课者和学习者共同决定。授课教师和学生之间的交流对了解学生学习的困惑、理解的难点以及学生所喜欢的或者所希望的授课方式有很大的帮助。因此, 授课教师要和学生之间建立起良好的交流和反馈。利用课间休息时间和学生进行对话交流, 不仅可以增加对学生的了解, 同时也可以及时地了解学生对知识讲授的要求。反馈的建立可以采取多种方式, 最直接和有效的方法就是在课堂上的匿名建议。匿名建议能够打消学生的顾虑, 提出真正有建设性的意见。笔者每年在结构化学课程结束时都会向学生发放问卷调查或者让学生匿名提建议。学生总是能够提出很多有意义的建议。例如, 通过问卷调查发现学生更希望在课外时间通过微信和老师交流, 因此每学期开始时, 笔者都会公布自己的微信号, 学生在学习过程中遇到问题直接发送到微信上, 在微信上直接解答问题。同时, 通过问卷发现, 学生希望有相关的视频素材播放, 以增加兴趣, 因此, 笔者搜集相关的视频。例如在对称性知识讲授后, 播放马库斯·杜·沙托在TED的《对称性——现实之谜》演讲视频, 增加学生对对称性操作和点群的理解和实际应用; 在晶体知识部分介绍相关的晶体知识视频及制作一些简单的晶体的实验, 并鼓励学生以简单的金属盐制作晶体; 在量子力学知识讲授时, 播放相关的量子力学的讲座以及关于量子力学发展的小故事。

7 结 语

通过这些措施, 结构化学课程纪律和课堂学风明显好转, 学习效果也普遍地提高, 同时学生对结构化学课程的评价也由“天书”降为“难理解但是可以理解”的层面。结构化学的知识内容渗透在其他的相关学科之中, 结构化学课程的教学对青年教师来说有许多困难需要克服, 如何将抽象的知识用形象生动的语言表述, 如何让结构化学更切近实际实验或生活, 如何设计适合自己的教学课件和教学过程, 更好地培养学生的学习兴趣, 切实提高结构化学课程的教学效果需要教师在实际的教学过程中不断地摸索和总结。

参 考 文 献

- [1] 卢嘉锡. 结构化学, 1982, 1 (1), 1.
- [2] 周公度, 段连运. 结构化学基础. 第4版. 北京: 北京大学出版社, 2008.
- [3] 李晓东. 大学化学, 2013, 28 (1), 27.
- [4] 陈建中, 林树坤, 黄长沧, 李荣华, 李 奕. 大学化学, 2006, 21 (1), 17.
- [5] 段连运, 谢有畅. 大学化学, 1991, 6 (2), 18.
- [6] 陈光巨, 李宗和. 大学化学, 1998, 13 (5), 15.
- [7] 包玉敏, 许 良. 化学教育, 2014, 35 (14), 25.
- [8] 诺奖大佬舌战新锐: 关于芳香性的争议. [2016-12-08]. <http://www.x-mol.com/news/189>.
- [9] 无机芳环, 氮磷留香: *Science*发表罕见共轭稳定化合物. [2016-12-02]. <http://www.x-mol.com/news/535>.
- [10] Zhang, J.; Chen, P. C.; Yuan, B. K.; Ji, W.; Cheng, Z. H.; Qiu, X. H. *Science* 2013, 342 (6158), 611.
- [11] *JACS*: 中美科学家团队发现新型氢键. [2016-11-28]. <http://www.x-mol.com/news/2023>.