

结构化学小班课教学情况介绍

朱月香* 来鲁华

(北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871)

摘要: 简要介绍了北京大学结构化学小班课教学情况。几年的教学实践表明: 在大班授课的基础上采用小班讨论的方式可以起到巩固基础、开阔视野、促进交流、提高水平的作用。

关键词: 小班课教学; 结构化学; 主题讨论

中图分类号: G64; O641

Introduction to Small-Class Teaching in Structural Chemistry

ZHU Yue-Xiang* LAI Lu-Hua

(College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, P. R. China)

Abstract: Practice of small-class teaching in structural chemistry is briefly introduced. Practice of several years demonstrated that small-class teaching was effective to consolidate the foundation of the students and broaden their horizons, the communication between students and teachers was also greatly promoted. We believe that the quality of teaching will be raised.

Key Words: Small-class teaching; Structural chemistry; Subject discussion

“小班课教学”是世界一流大学广泛采用的一种教学模式, 北京大学从2012年起开始实施大班授课和小班研讨相结合的“小班课教学”, 国内其他院校也不同程度地引入小班教学模式^[1–3]。北京大学化学学院结构化学基础课从2013年起在大班授课的基础上, 分成小班上讨论课和模型实习课。本文简要介绍结构化学小班课教学的基本情况, 随后会逐步介绍各个讨论主题。

1 开课目的

结构化学开设小班讨论课主要基于以下考虑: 第一, 结构化学包含内容较多, 学生学习起来相对困难, 开设小班课就一些基本问题进行专题讨论, 可以帮助学生更好地理解、掌握课程内容。第二, 结构化学是化学专业本科生的一门主干基础课, 对于培养学生的创新思维和科研能力有至关重要的作用。在小班课上可以就与结构化学教学内容密切相关的最新进展组织学生讨论, 开阔学生的视野, 让他们体会到所学知识在科研中的作用, 并认识到科学发展的无限潜力, 激发他们的学习热情。第三, 希望逐渐更新一些教学内容, 先在讨论课上尝试, 征集学生意见和建议, 再进一步在大课上讲授。第四, 开设小班课吸引多位年青教师参加, 有助于组建结构化学教学团队, 培养年青的结构化学主讲人。目前有十二位教师参与结构化学的教学工作。

*通讯作者, Email: zhuyx@pku.edu.cn

2 上课方式

每年选修结构化学课的学生有160–190人，分成10个小班上讨论课和模型课，每个小班学生分成10个组，每组1–2人。小班讨论课及模型课每次都是3学时。2017年讨论课安排见表1。

表1 讨论课安排

课次	主讲学生：复习内容	主讲学生：讨论主题
1	第1组：微观粒子运动特征及量子力学基本假设 第2组：单电子原子的Schrödinger方程与解法，量子数与波函数	第3组：态叠加原理-A 第4组：态叠加原理-B
2	第5组：多电子原子Schrödinger方程、近似解与波函数，原子光谱 第6组：共价键本质，分子轨道理论与双原子分子结构	第7组：氢原子光谱-A 第8组：氢原子光谱-B
3	第9组：群表示 第10组：杂化轨道	第1组：HF法-A 第2组：HF法-B
4	第3组：共轭体系和HMO法 第4组：不同配位场中d轨道的分裂	第5组：前线轨道理论及分子轨道对称守恒原理(4-1) 第6组：Jahn-Teller效应(4-2)
5	第7组：晶体的对称性与点阵点的对称性 第8组：等效点系与不对称单位	第9组：中子衍射(5-1) 第10组：准晶体介绍(5-2)

讨论课上教师首先简单讲一下作业中的问题，然后进行5分钟的小测验，考查的内容包括课堂上讲过的基础知识及讨论文献的基本信息，目的是督促所有学生及时复习课堂内容并提前阅读文献。讨论分两个部分，第一部分由两组学生总结课堂内容，第二部分由两组学生就指定文献和大家讨论与课堂内容有关的主题。一学期中，每组学生会主讲一次课堂内容，主讲一次专题文献。主讲学生需要提前和指导教师讨论相关内容并准备ppt文件，讨论时ppt与板书结合使用。在讨论中一部分学生会提出自己独特的看法和思路，他们除了阅读教师提供的文献外，还会自己找一些相关参考书和文献，进一步加深对所讨论问题的理解。这种小班教学模式既可以帮助学习有困难的学生达到基本要求，同时给优秀的学生提供更多的知识和学习空间，也可以充分发挥优秀学生的作用，促进同学之间的交流。这两部分所占时间可以根据具体情况灵活调整。比如2015年一位教师在期中考试后发现本班学生在基础知识的掌握方面存在较多问题，因此就加长了课堂内容总结这部分的时间，选择了合适的习题让学生练习。这样做的效果非常显著，期末考试中这个班学生的成绩有了大幅度提高。

模型实习课一般让学生先搭建并(或)观察有关分子或晶体的结构模型，填写实习表格，在大部分学生完成后由学生轮流讲解，大家讨论，最后由教师总结。

3 讨论内容

主题讨论课共有5次。量子理论和原子结构部分有2次，化学键理论和分子结构部分有2次，晶体结构部分有1次。

量子理论部分讨论过的主题有不确定度关系^[4]及态叠加原理^[5]。不确定度关系的发现在量子力学的建立过程中起到过关键作用，了解不确定度关系的发现过程及其应用对学生理解量子力学原理很有帮助。我们选择文献[4]，由两组学生主讲。但学生反映所选文献包含很多哲学思想，不好理解，因此，后来将该文献作为补充材料给感兴趣的学生阅读，讨论主题换成态叠加原理。态叠加原理文献选自狄拉克的《The Principles of Quantum Mechanics》，此书堪称量子力学的经典之作。态叠加原理这一章首先以经典理论无法解释的几个实验现象——原子稳定性，原子光谱频率之间的联系，以及比热的实验数据——作为切入点提出引入量子理论的必要性；之后详细说明了如何用量子力学的观点来解释单个光子的偏振和干涉现象，提出态叠加导致的观测结果的不确定性；最后介绍了处理量子力学问题

的数学工具。原子结构部分的讨论主题为氢原子光谱^[6]。氢原子的光谱为量子力学的发展提供了很多重要的启示,其精细测定是对量子力学理论的重要检验。该文献从回顾氢原子光谱的早期发现开始,讲述了原子核的波尔理论,从波尔理论不能解释Balmer线引出量子力学和电子自旋,随着光谱精细测量的发展,逐步引入各种作用项和效应,可以与课堂上讲授的量子数的物理意义和原子光谱项进行对应学习。

化学键理论和分子结构部分讨论主题有:共价键的形成^[7]、Raman光谱^[8-10]、分子轨道对称性与反应机理^[11]、Jahn-Teller效应^[12]、Hartree-Fock (HF)方法^[13-14]、DFT介绍^[15]等。共价键是化学中的重要概念,文献[7]利用Virial定理和Morse公式讨论了H₂分子共价键形成过程中的动能、势能及总能量的变化趋势。阅读该文献并结合不确定度关系可以了解在共价键形成过程中动能的重要作用。拉曼光谱是一项应用性很强的现代分子光谱技术,被广泛应用于化学、物理、环境、材料和生物科学等诸多学科领域,文献[8]介绍了拉曼散射的量子力学诠释,文献[9]综述了拉曼光谱在无损伤检测方面的一些实际应用,文献[10]介绍了最近发展的受激拉曼散射(Simulated Raman Scattering, SRS)技术在生物成像领域的应用。阅读这些文献可以了解拉曼散射的微观机制、应用领域和最新的技术进展。分子轨道与反应机理的内容学生在前期有机化学课程中已经有所了解,因此,这部分内容我们在大课上不再讲授,改由学生结合文献[11]进行讨论。Jahn-Teller效应对配合物的几何结构和性能都有重要影响,我们选择文献[12]进行讨论,让学生了解Jahn-Teller效应的有关问题及如何调控Jahn-Teller畸变,并利用群论分析不同畸变的分子中Cu(II)离子d轨道的裂分情况,理解为何Cu(II)L₆配合物多为拉长的八面体。目前,理论计算在研究中越来越重要,因此我们在大课上增加了计算化学介绍,在小班讨论课上选择了有关HF法的文献^[13,14]及介绍DFT的文献^[15]进行讨论,使学生初步了解量子化学计算的常用方法与应用。由于这部分内容对于刚接触结构化学的学生有一定困难,因此主要采取了由主讲学生与指导教师讨论后准备ppt给学生讲解的方式进行。

晶体结构部分的讨论主题为中子衍射^[16]及准晶介绍^[17-19]。中子衍射在轻元素的检测及物质磁结构分析等方面有独特的作用,我们选择文献并编写了介绍中子衍射的材料让学生阅读,希望他们了解中子、X射线分别与物质相互作用的共性和区别,以具体事例说明中子衍射在测定晶体结构中的应用。准晶是自然科学中的重大发现,突破了传统的晶体学对称理论。通过讨论文献^[17-19]的相关内容,使学生了解准晶的发现过程、结构特点、准周期性的描述以及准晶的性能和应用领域等。

模型实习课安排4次,主要内容参见《结构化学基础(第4版)习题解析》^[20]。分子结构部分安排一次:内容为分子的立体构型和分子性质。在文献[20]实习3的内容上增加了属于T_h及T点群的分子,并与T_d点群的分子进行比较。晶体结构部分安排3次:(1)根据有关晶体结构模型讨论“点阵和晶胞”“晶体的微观对称元素”;(2)搭建等径圆球的密堆积模型,讨论金属单质的结构;(3)根据典型晶体结构模型,讨论离子晶体的结晶化学规律。虽然目前有多种计算机程序可以显示分子或晶体的三维结构,起到辅助学习作用,但对于实物模型的搭建与观察更有利于学生加深对于结构及对称性规律的认识,是结构化学教学中不可或缺的内容。

4 结 语

几年来的教学实践表明,在大班授课的基础上采用小班讨论的方式,可以帮助学生加强对于基础知识的掌握,使他们了解相关领域的最新进展,开阔视野,提高对科学研究的兴趣;同时也有助于教师不断提高教学水平。小班讨论中存在的主要问题之一是如何在每次讨论课上调动所有学生的积极性,经常会有部分学生只阅读自己主讲的文献而较少关注其他同学主讲的文献。要解决这个问题,一方面上课教师需要起到对于讨论的引导作用,鼓励和督促非主讲学生参加讨论;另一方面需要选择题目与难度均合适的文献用于讨论,这些都需要在教学实践中进行探索并逐步调整。小班讨论课人数较

少，师生及同学之间可以有很好的交流，有利于教师及时掌握各位学生的学习情况并进行针对性的一对一交流。结构化学教学组会定期组织集体备课，发挥参加教学教师的研究特长进行专题讨论与讲解，相互推荐参考书，各位教师平时有问题随时交流并通过邮件或即时通讯软件进行讨论，大大促进了教师的学习和知识水平的提高。

致谢：感谢结构化学教学组成员吴忠云、马骏、厉建龙、刘岩、阎云、马玉荣、彭海琳、肖云龙、刘剑、李琦等老师的工作，感谢段连运老师的指导和建议，感谢北京大学2013–2017年期间选修结构化学课程同学积极参与小班讨论并提出宝贵建议。结构化学小班课受到了北京大学教务部的支持。

参 考 文 献

- [1] 张 庶, 李恩竹. 教育教学论坛, **2016**, No. 6, 143.
- [2] 郭祥群. 大学化学, **2016**, 31 (3), 11.
- [3] 张荣兰, 杨维兴, 王骊丽, 申烨华, 赵建社. 大学化学, **2016**, 31 (3), 23.
- [4] Zalta, E. N. Stanford Encyclopedia of Philosophy. [2013-01-01]. The Metaphysics Research Lab Stanford. <https://plato.stanford.edu/>.
- [5] Dirac, P. A. M. *The Principles of Quantum Mechanics*, 4th ed.; Oxford University Press: New York, 1958.
- [6] Hansch, T. W.; Schawlow, A. L.; Series, G. W. *Scientific America* **1979**, 94.
- [7] Rioux, F. *Chem. Educator* **2003**, 8, 10.
- [8] 张树霖. 拉曼光谱学与低维纳米半导体. 北京: 科学出版社, 2008: 52.
- [9] 施玉珍, 陈志春, 林贤福. 分析化学, **2005**, 33, 272.
- [10] Hong, S.; Chen, T.; Zhu, Y.; Li, A.; Huang, Y.; Chen, X. *Angew. Chem. Int. Edit.* **2014**, 53, 5827.
- [11] Woodward, R. B.; Hoffmann, R. *Angew. Chem. Int. Edit.* **1969**, 8, 781.
- [12] Halcrow, M. A. *Chem. Soc. Rev.* **2013**, 42, 1784.
- [13] Roothaan, C. C. J. *Rev. Mod. Phys.* **1951**, 23 (2), 69.
- [14] 刘若庄. 量子化学基础. 北京: 科学出版社, 1983.
- [15] Kohn, W. Nobel Lecture, 1999.
- [16] Alonso, J. A.; Martinez-Lopea, M. J.; Aguadero, A.; Daza, L. *Prog. Solid State Chem.* **2007**, 36, 134.
- [17] Shechtman, D.; Blech, I.; Gratias, D.; Cahn, J. W. *Phys. Rev. Lett.* **1984**, 53, 1951.
- [18] 郭可信. 化学进展, **1994**, 6, 266.
- [19] 邓辉球, 赵立华, 黄维清, 胡望宇, 王玲玲. 功能材料, **2001**, 32, 115.
- [20] 周公度, 段连运. 结构化学基础习题解析. 第4版. 北京: 北京大学出版社, 2008.