

育人为本在结构化学教学中的探索与实践

李英奇* 张晓明 王松柏

(山西大学化学化工学院, 太原 030006)

摘要 结构化学是化学专业的专业基础必修课,从微观角度探讨原子、分子和晶体结构,建立微观结构与宏观性能之间的关系,其教学内容较抽象、学生较难理解,且教学时数较少,因此有必要对教学内容进行合理的调整与整合、适当增减知识点、结合多种教学手段并注重教研相长,以期培养学生学习结构化学的兴趣,并激发创新能力。此外,在传授结构化学专业知识的同时将思政元素融入课堂,培养学生家国情怀、创新意识和社会责任感。这些教学措施充分体现了育人为本在结构化学教学中的探索与实践,从而实现立德树人、知识传授和能力培养融为一体,促进科学教育和人文教育的有效融合。

关键词 结构化学;育人为本;合理调整与整合;多种教学手段相结合;教研相长;思政元素

中图分类号:O641

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2024)03-0445-07

结构化学作为化学专业的专业基础必修课,我国早在1952年就将物质结构(现称作结构化学)列入大学本科生的教学计划,当时世界上只有不到20所一流大学为本科生开设类似课程^[1],可见结构化学的重要地位。结构化学是在原子、分子、晶体结构水平上讨论物质的电子分布、几何结构与性质之间的关系,以及从微观理论和方法入手,反映“结构决定性质,性质决定功能”的核心内容,建立微观结构本质与宏观性能之间关系的化学分支学科,是使学生突破表象,认识化学问题本质,更深层次理解各种化学现象的规律和内涵的桥梁^[2]。

现阶段我校结构化学课时少,教学内容较多、知识点抽象,学生表现出“学结构化学类似于难于上青天”的畏难情绪,在保证教学质量的前提下,须对结构化学教学进行探索。此外,结构化学和化学的各个分支学科,以及生命科学、医药学和材料科学等学科交叉融合、密不可分,教师需及时将学科交叉带来的新发展、新思维和新方法融入到教学内容中。结合多年来的教学经验,本着育人为本的教育思想,主要从以下4方面探讨通过结构化学教学培养大学生专业过硬、综合素质高、有远大理想和家国情怀的优秀人才。

1 调整授课顺序,提高知识迁移能力

结构化学课程是我国高等学校化学专业的必修课程,从微观角度认识原子结构、分子结构和晶体结构,这些内容涉及3个基础知识:量子力学基础、对称性基础和晶体学基础,一般依照教科书顺序讲授。由于量子力学基础知识包含量子力学的5个基本假设:波函数和微观粒子的状态;物理量和算符;本征态、本征值和薛定谔方程;态叠加原理;泡利原理。而这5个基本假设是量子力学大厦的基石,是从微观角度理解原子、分子轨道、概率密度和杂化轨道等的灵魂和精髓,但涉及数理推导较多、知识点较抽象,难以理解,使多数学生对结构化学产生畏难情绪,甚至认为“类似上青天”的感觉。

针对结构化学教学内容既关联又相对独立的特点,且学生已学习无机化学、有机化学、微积分和线性代数等课程的背景条件下,寻找突破口,打破传统教科书内容顺序,合理调整授课顺序(图1),从容易落脚的知识出发,再到较难内容,并运用反馈原则理解量子力学5个基本假设,弱化学生学习结构化学的畏难情绪,以轻松乐观的心情接受这门课程,提高学生积极学习结构化学的兴趣。

2023-08-26 收稿;2023-12-15 接受

山西省高等学校教学改革创新项目(No. J20220070)、中央引导地方科技发展专项资金项目(No. YDZX20191400002477)、山西省自然科学基金(No. 202203021221003)和山西省专利转化专项计划项目(No. 202304015)资助

*E-mail: wkyqli@sxu.edu.cn

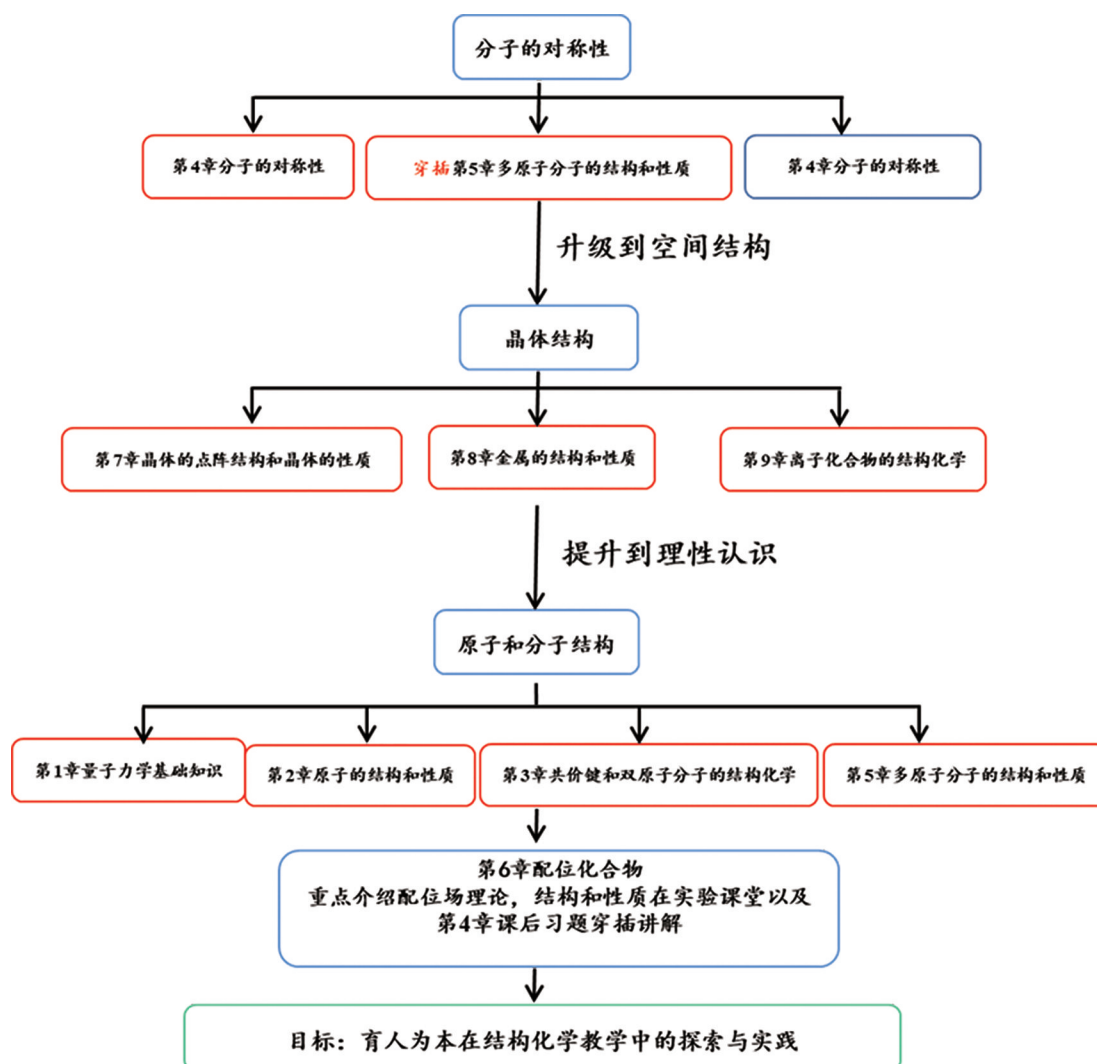


图1 教授授课顺序

Fig. 1 The teaching sequence

例如,从第4章分子的对称性入手,首先以提问式引入宏观情境“在日常生活中,哪些地方体现了对称性?以调动学生参与的积极性,他们提出,有建筑、绘画艺术图案、生物(贝壳)等”,逐渐引入微观分子对称性。在介绍第4章第3节分子的点群内容时,为了准确确定分子点群符号,这时插入第5章多原子分子的结构和性质内容的“价电子对互斥理论、杂化轨道理论以及离域 π 键和共轭效应”,通过这些内容使学生首先准确给出分子的正确结构,然后依据对称性写出准确的分子点群符号。另外,在讲第4章有关习题,如画出配合物 $\text{Ni(en)}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ 可能的异构体习题时,首先回顾配合物中的“晶体场理论”,介绍中心离子的杂化类型、空间结构与配位体、配位数之间的关系;在此基础上,详细介绍如何准确画出配合物所有可能的异构体,并列举空间结构与性能之间的关系。第4章内容结束后,学生对分子的对称性已有一定的理解,接着将其升级到空间结构,即进入介绍晶体结构部分内容(第7章、第8章和第9章)。在学生结构化学有了一些感性认识的基础上,然后提升到理性认识,开始介绍第一章量子力学基础知识——整个结构化学内容的基石,尤其5个量子力学基本假设的理解,在此基础上展开原子结构(第2章)、共价键和双原子分子结构(第3章)、休克尔分子轨道法(第5章第4节)、分子轨道的对称性和反应机理(第5章第6节)以及配位化学的配位场理论(第6章第2节,指出与晶体场理论的区别)等主要有关内容。在内容较多而课时有限条件下,讲课时须理清主线,突出重点难点,合理增减知识点。

此外,在量子力学基础知识学习中,数理推导较多,让学生了解推导过程,但必须理解所得结果的含

义并会运用所得结果解决结构化学中的问题,例如要求学生理解一维势箱能量和波函数表达式推导过程,必须牢记这2个表达式及物理意义,即所谓“拿来主义”,在此基础上会运用它们解决与之有关的化学问题,如解决线性共轭分子的吸收波长、估算分子长度,如何理解离域效应;并在此基础上扩展封闭圆环中粒子的能级(书后习题)^[3]与线性共轭分子能级的区别,补充课外习题(如吡啶和吡咯的结构式),通过让学生先思考、老师逐步引导和学生互动环节,讨论单环共轭多烯烃体系中 π 电子数为 $4m+2$ 规则的本质。达到学生思维的拓展、知识迁移能力和综合能力的提升。

2 构建翻转课堂教学模式,充分调动教学互动,使学生满足知识获得感

构建以学生为主,老师引导为辅的翻转课堂教学模式,充分调动教学互动,使其满足知识获得感,切实提高学生思考问题、分析问题的能力。

结构化学教学主要面对的是大三或大二学生,在学过无机化学这个背景下,部分分子结构的判断内容与无机化学课程内容重叠,因此我们可以通过翻转课堂的教学方式。预先告知学生复习价电子对互斥理论和杂化轨道理论内容,课堂上设计互动问答,随机点名并使学生具体分析列举分子的空间结构是如何确定的,以巩固这些内容,期间结合点评,角色互换,充分调动学生分析问题、解决问题的能力,发挥教学互动给学生带来的知识获得感。例如,对第五章分子几何形状的判断内容,以典型分子结构为例, BeCl_2 (直线型)、 BF_3 (平面三角形)、 CCl_4 (四面体)、 $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ (第1个铂配合物抗癌药物顺铂,正方形)、 PCl_5 (三角双锥)、 IF_5 (特殊的杂化轨道类型 sp^3d ,四方锥)和 SF_6 (变压器采用 SF_6 气体为介质,正八面体)等,我们采取以学生为主,即通过学生利用价电子对互斥理论和杂化轨道理论分析分子的中心原子的价层电子对和杂化轨道,最终判断分子结构;期间学生若有理解有误或不到位的情况,老师及时引导,促进学生参与的积极性,并培养学生分析问题的能力和对知识理解的获得感,使学生理解为什么不同的分子采取不同的空间结构,从而使其性质、应用有所不同。使学生牢记结构化学的核心内容“结构决定性质,性质决定功能”。例如,顺式结构的 $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ 具有抗癌作用,而反式结构的 $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ 无抗癌作用。此外,介绍价电子对互斥理论、杂化轨道理论之间的关系,以及理论的不完美,因此需要不断学习,发现新理论,化学这门学科才会不断继续前行。

3 注重教研相长,激发学生学习化学潜力

教学中牢记教研相长,以典型结构材料为突破口,利用网络时代优势,如雨课堂、动画视频将相关科研成果和信息注入课堂,引入“新鲜血液”,激发学生学习化学潜力,培养创新意识。

在介绍结构化学教学内容的晶体结构时,首先引入导语:我们居住的地球世界,凡涉及物质的问题,都与化学有关,如航天航空技术、尖端军事技术、通讯技术、原子能工业、交通、建筑和生物技术等,此外人类的衣、食、住、行和用等,均与现代化学工业提供的物质基础——材料,息息相关。而晶体是一类非常重要的材料,具有广泛应用。地球上的晶态物质比比皆是,矿物中有98%是晶体^[3-4]。漫天飞舞的雪花也是晶体……我们以常见的“雪花”为情境,例如,在2022年冬奥会上,无数次悬挂着出现的漂亮的“雪花”为什么是六边形而不是其它多边形?一则水的广告“百岁山”映入眼帘,那么像这种“水中贵族的水”结冰后,其晶体堆积方式是什么呢?以此拉开晶体结构内容。在讲解如何正确判断晶体的结构基元以及如何确定晶体的空间点阵型式时,列举典型案例,将科技信息引入课堂。

3.1 案例1:金刚石型结构的材料

介绍金刚石型结构时,展示晶胞模型,如图2A所示(浅蓝和深蓝代表同一碳原子,颜色不同是为了更清楚看清空间结构),8个顶点和6个面心为碳(C)原子,位于体内4个四面体空隙的4个C原子构成四面体构型,结构基元含2个C原子(浅蓝和深蓝分别表示周围环境不同的2种C原子),因此空间点阵型式为面心立方。接着引入科技前沿,如以硅(Si)、锗(Ge)为主的第1代半导体材料使用至今已有70余年之久,但硅自身存在物理性质缺陷,导致其在高频功率器件上的应用不佳^[5]。之后,人类开始探索以砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)为代表的第2代半导体材料,作为第2代半导体材料的代表GaAs晶体结构属于立方ZnS型(闪锌矿)(立方ZnS型结构如图2A,浅蓝色代表 S^{2-} ,位于8个顶点和6个面心;深蓝色代

表 Zn^{2+} , 位于体内 4 个四面体空隙, 且 Zn^{2+} 构成四面体结构), 综合性能优于 Si, 具有高频、抗辐射和耐高电压等特性, 因此广泛应用在主流的商用无线通讯(手机与无线网路(Wi-Fi))、光通讯以及先进的国防、航空及卫星用途上^[6]。21 世纪初, 以金刚石、碳化硅(SiC)和氮化镓(GaN)等为主的具有超宽带隙特性的第 3 代半导体材料开始进入人们视野, 其中金刚石由于自身特性成为了其中备受关注的佼佼者, 甚至业界将其称为“终极半导体材料”^[5]。另外, 用高温高压合成的纳米金刚石(又称纳米钻石), 经过 40 keV 的 He^+ 轰击并高温退火制备成发荧光的纳米金刚石(图 2B)^[7], 则它的优势与应用体现在哪里呢? 列举将生物相容性的纳米金刚石作为载体输送药物、基因等的研究^[8-9]。

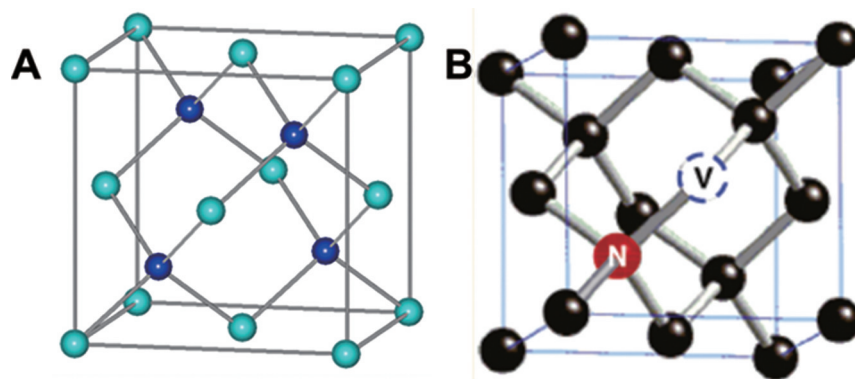


图 2 金刚石型结构模型。(A) 金刚石型晶胞(颜色不同是为了更清楚看清空间结构: 浅蓝和深蓝代表同一类碳原子); (B) 荧光纳米金刚石晶胞示意图, 存在(NV)空缺中心, 是发荧光主要原因。(注: 在图 2A 中, 若浅蓝色代表 S^{2-} , 深蓝色代表 Zn^{2+} , 则属于立方 ZnS 型)

Fig. 2 Diamond structure model. (A) Diamond-type cells (different colours to better see the spatial structure: light and dark blue represent the same carbon atom); (B) schematic diagram of fluorescent nanodiamond cells with (NV) vacancy centers, which is the main cause of fluorescence (Note: In Fig. 2A, light blue represents S^{2-} and dark blue represents Zn^{2+} , which is cubic ZnS type)

3.2 案例 2: 钙钛矿型晶体结构的材料

介绍钙钛矿型晶体结构(展示晶胞结构图片)时, 引入其研究进展, 钙钛矿材料与太阳能电池的关系, 钙钛矿太阳能电池自 2009 年被提出以来取得了迅猛的进展, 其性能甚至超越了其他类型电池多年的积累, 2013 年被 Science 评为国际十大科技进展之一^[10]。截至目前, 钙钛矿电池已经取得了转换效率为 24.35% 的佳绩^[11], 在未来有望继续迅速突破。同时引入类似结构高温超导体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (展示晶胞结构图片)。

通过以上列举的科研进展, 激发学生们对科研的兴趣, 培养对科研的追求与热爱, 将来积极投身国家的建设中。此外, 发挥学生的想象力, 利用吃剩的棒棒糖棍和糖纸搭建立方体结构, 认识为什么体对角线存在三次旋转轴, 提高对典型晶体结构空隙的认识。实现以科研促进教学, 以教学带动科研的创新意识, 提高课堂内容的丰富性、创造性和启发性^[12], 开展案例式教学有利于激发学生的兴趣和求知欲, 可将单一的知识结构向多层次的知识网络延伸, 提高学生用理论解决实际问题的能力。

4 多元考核, 培养学生主观能动性

针对现阶段本校结构化学的考核形式一般由校教务处统一安排在考试周进行闭卷考试, 这种单一的考核方式使学生忽视平时知识的积累, 导致知识掌握不牢固等弊端。为了充分调动学生学习的主观能动性, 除出勤率与交作业的考核, 增加学生课堂表现的评价, 采用了柔性的、贯穿整个教学过程中的连续性考核和期末闭卷考试两种模式相结合的方式, 其中教学过程中的考核占比 30%, 期末考试成绩占比 70%。教学过程中的连续性考核具体内容包括: 出勤率(5%)、预习以及课堂随机提问(15%)和作业(10%)。针对结构化学中公式繁杂、知识点抽象和自主学习困难的问题利用网络优势, 将相关科研成

果、补充信息和需要预习的内容以动画视频的形式放在雨课堂中,帮助学生对小分子以及晶体结构的理解,同时设置预习问题,以及课堂随时提问以考核学生对知识的迁移,根据学生回答的问题给出成绩。课堂随机提问包括课堂内容的理解与延伸,比如, BF_3 分子中中心原子B采取 sp^2 杂化,分子呈平面三角形结构,为什么易溶于乙醚或乙醇?那么中心原子B的杂化形式是否有改变,改变成什么杂化形式?期末考试内容除了基础知识,还包含最新的科研成果或相关应用实例,例如,磷化硼是一种受到高度关注的耐磨涂料,它可用作金属的表面保护层。磷化硼可由三溴化硼和三溴化磷在氢气中高温反应合成,磷化硼晶体中磷原子作立方最密堆积,硼原子填入四面体空隙中,画出磷化硼的正当晶胞示意图。这种多种形式结合的考核,避免了单独因考试不及格而使学生丧失学习结构化学的兴趣,最终使学生在夯实基础知识前提下提高学生主观能动性和分析问题的综合能力。

5 融入思政元素,培养学生创新意识和社会责任感

通过在结构化学课程中融入思政元素,丰富教学内容,促进科学教育和人文教育的有效融合。

在讲授第一章量子力学基础知识内容时可介绍量子力学发展史,以引入与历史人物相关的思政案例,使学生认识到在证据充足的前提下要敢于突破常规,敢于质疑;推断技巧可以应用到未来的科学研究中,但推理的过程需要证据作为基础;学科交叉可以激发创新思维,促进不同学科领域的知识整合。

例如,在讲微观物体运动遵循的规律——量子力学,介绍第1个有关黑体辐射与能量量子化实验时,引入德国物理学家M. Planck(普朗克):第1个冲破经典物理学能量连续变化的传统观念,并首先在物理学中引入“量子”的概念。指出在学术研究中,批判性思维有时显得非常重要,在科研前进的道路上要敢于突破常规结论的束缚,敢于质疑,任何科学理论都有可能根据新的发现而改变,用实验验证自己的设想,否则总是束手束脚,无法前进。讲光电效应和光子学说实验时,介绍Einstein(爱因斯坦)提出光量子(光子)概念,解释了光电效应,表明光子具有粒子性的实验。爱因斯坦的光电效应实验不仅彻底改变了人类对光的理解,而且阐明了更广泛的科学概念和方法论见解。启发学生可将推断技巧应用到他们未来的科学研究中,但推理的过程需要证据作为基础,帮助学生理解证据在任何科学论证或结论中的重要性。第3个实验是关于L. V. de Broglie(德布罗意)提出的实物粒子的波粒二象性,指出电子具有波动性。可以穿插德布罗意关于“博士论文”的故事,展现多学科交叉碰触“新奇火花”,比如在化学、材料与生物医学领域的交叉,列举纳米材料用于抗肿瘤的研究等^[13]。此外,介绍著名的薛定谔方程,由这个以人名命名的方程是量子力学中的一个基本方程;海森堡提出的测不准原理,指出这些科学家获得诺贝尔奖。通过介绍诺贝尔奖获得者,引入我国屠呦呦研究员受到中医药典籍启发,提出用乙醚低温提取青蒿素有效成分,有效降低了疟疾患者的死亡率,于2015年获得诺贝尔生理学或医学奖。通过列举诺贝尔奖获得者的励志故事,培养学生要敢于创新,并通过实践去证实的意识;帮助学生理解科学方法论,培养学生的科技创新能力和社会责任意识。

作为新时代高校教师,在教学中,老师不仅传播专业知识,而且要始终将立德树人放在首位,例如,从地球物理学家黄大年身上,我们能够感受到一个知识分子用实际行动诠释了爱国之心、强国之志和报国之情,为广大知识分子树立了光辉的榜样,体现出家国情怀的思政元素。因此,挖掘课程中的德育元素,将德育渗透到教育教学过程,才能引领学生成为德才兼备,敢于担当,全面发展的人。

6 结 语

通过结构化学教学,一方面,在教学中教师结合科学研究前沿拓宽学生的视野,领悟与知识点间的关联,可以使学生加深对知识点的理解;另一方面,教师可以方便灵活地引入新教学理念和思想,引导学生自主翻转课堂学习,积极发挥自主能动性,全面提升课堂教学效果。通过结构化学教学内容的探索与实践,不仅让学生掌握结构化学课程的专业知识,而且在学习过程中培养学生的科学思维方式,激发创新思维,提高自觉能动性,提升综合运用知识能力,将立德树人、知识传授和能力培养融为一体,促进科学教育和人文教育的有效融合。

参 考 文 献

- [1] 徐光宪. 21世纪理论化学的挑战和机遇[J]. 结构化学, 2002, 21(5): 463-469.
XU G X. The challenges and opportunity of theoretical chemistry of the 21st century[J]. Chin J Struct Chem, 2002, 21(5): 463-469.
- [2] 孙宏伟, 陈兰. 以一流资源支撑结构化学一流课程建设[J]. 大学化学, 2021, 36(1): 41-46.
SUN H W, CHEN L. First-class course construction of structural chemistry supported by first-class resources[J]. Univ Chem, 2021, 36(1): 41-46.
- [3] 周公度, 段连运. 结构化学基础[M]. 第5版. 北京: 北京大学出版社, 2017.
ZHOU G D, DUAN L Y. Fundamentals of structural chemistry[M]. 5th ed. Beijing: Peking University Press, 2017.
- [4] 李炳瑞. 结构化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
LI B R. Structural chemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [5] DANG C, CHOU J P, DAI B, et al. Achieving large uniform tensile elasticity in microfabricated diamond[J]. Science, 2021, 371(6524): 76-78.
- [6] SANO S, EBIHARA K, YAMAMOTO T, et al. GaN HEMTs for wireless communication[J]. Sci Tech Rev, 2018, 86: 65-70.
- [7] CHANG Y R, LEE H Y, CHEN K, et al. Mass production and dynamic imaging of fluorescent nanodiamonds[J]. Nat Nanotechnol, 2008, 3(5): 284-288.
- [8] WANG L, SUW, AHMAD K Z, et al. Safety evaluation of nanodiamond-doxorubicin complexes in a Naïve Beagle canine model using hematologic, histological, and urine analysis[J]. Nano Res, 2022, 15(4): 3356-3366.
- [9] DU X B, LI L, WEI S G, et al. A tumor-targeted, intracellular activatable and theranostic nanodiamond drug platform for strongly enhanced *in vivo* antitumor therapy[J]. J Mater Chem B, 2020, 8(8): 1660-1671.
- [10] 白宇冰, 王秋莹, 吕瑞涛, 等. 钙钛矿太阳能电池研究进展[J]. 科学通报, 2016, 61(4/5): 489-500.
BAI Y B, WANG Q Y, LV R T, et al. Progress on perovskite-based solar cells[J]. Chin Sci Bull, 2016, 61(4/5): 489-500.
- [11] GREEN M A, DUNLOP E D, YOSHITA M, et al. Solar cell efficiency tables (version 62)[J]. Prog Photovoltaics, 2023, 31: 651-663.
- [12] 闵锁田, 吴迎春, 靳玲侠, 等. 创新教育下本科《结构化学》课程教学改革与探索[J]. 化工设计通讯, 2018, 44(3): 138-139.
MIN S T, WU Y C, JIN L X, et al. Teaching reform and exploration of undergraduate "Structural Chemistry" under innovative education[J]. Chin J Chem Eng Des Commun, 2018, 44(3): 138-139.
- [13] LI S H, MA Q P, WANG C L, et al. Near-infrared II gold nanocluster assemblies with improved luminescence and biofate for *in vivo* ratiometric imaging of H₂S[J]. Anal Chem, 2022, 94(5): 2641-2647.

Exploration and Practice of Student-Centered Education in Structural Chemistry Teaching

LI Ying-Qi*, ZHANG Xiao-Ming, WANG Song-Bai

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract Structural chemistry is a basic compulsory course for chemistry majors. It discusses the structure of atoms, molecules and crystals from a microscopic perspective and establishes the relationship between microstructure and macroscopic properties. The teaching content is abstract, difficult for students to understand, and the teaching hours are short. Therefore, it is necessary to adjust and integrate teaching content reasonably, increase or decrease knowledge appropriately, combine various teaching methods and pay attention to teaching and research in order to cultivate students' interest in learning structural chemistry and stimulate their innovation ability. Moreover, it is essential to integrate ideological and political elements while

imparting expertise of structural chemistry in class to cultivate students' feelings of family and country, sense of innovation and social responsibility. Through the exploration and practice of structural chemistry teaching, we integrate moral education, knowledge imparting, and ability training into one, promoting the effective integration of science education and humanities education.

Keywords Structural chemistry; Reasonable adjustment and integration; Combination of various teaching methods; Teaching and research minister; Ideological and political elements

Received 2023-08-26; Accepted 2023-12-15

Supported by Shanxi Provincial Higher Education Reform and Innovation Project (No. J20220070), the Central Government Guiding Local Science and Technology Development (No. YDZX20191400002477), Shanxi Province Natural Science Foundation (No. 202203021221003) and Shanxi Province Patent Transformation Project (No. 202304015)

《应用化学》2024年征订启事

《应用化学》创刊于1983年,是经国家科委批准向国内、国外公开发行的学术性期刊。由中国科学院主管,中国科学院长春应用化学研究所和中国化学会主办,科学出版社出版。为中国科技核心期刊、中文核心期刊。

《应用化学》设有综合评述、研究论文、研究简报栏目。出版周期短,报道新成果快。

《应用化学》期刊被11家国内外重要检索机构、文摘收录。

《应用化学》面向科研单位、大专院校和化学化工领域的科研技术人员。

《应用化学》投稿全部采用网上投稿方式(<http://yyhx.ciac.jl.cn>点击“网上投稿”或“投稿注册”,按提示步骤操作)。

- 中国科学院主管,中国科学院长春应用化学研究所和中国化学会主办。
- 多次获国家、省、部级奖励,发行量大,广告宣传效果好。
- 国内外公开发行,月刊,每月10日出版。
- 国内统一连续出版物号CN 22-1128/O6; 国际标准连续出版物号ISSN 1000-0518。
- 全国各地邮局订阅,国内邮发代号12-537; 每册定价60.00元,全年定价720元。
- 中国国际图书贸易总公司办理国外订阅(国外发行代号M809)。
- 如未能在邮局订阅,可与编辑部联系订阅。

《应用化学》编辑部地址:吉林省长春市人民大街5625号 邮编:130022

电话:0431-85262016, 85262330; E-mail: yyhx@ciac.ac.cn; 网址: <http://yyhx.ciac.jl.cn>