

化学教育(中英文)

Chinese Journal of Chemical Education

2023年 第44卷 第8期 Vol.44 No.8



邮发代号: 2-106

ISSN 1003-3807



9 771003 380239
HUAXUE JIAOYU



CHINESE
CHEMICAL
SOCIETY



主管: 中国科学技术协会
主办: 中国化学会
北京师范大学

化学·生活·社会

新冠肺炎相关抗病毒药物化学合成案例总结与分析·····王萍 饶红华 林世静 刘姗姗 马磊 (1)

核壳/蛋黄蛋壳结构催化剂的设计策略及制备方法·····叶春 李自卫 李敏 (11)

从磷酸酯化学刍议各类磷酸酶和三磷酸核苷酶的生物化学转化与机制·····

·····王志鹏 蒋振雄 Maggie Chen 张璇 马新雨 车子良 (19)

课程·教材·评价

公选课“微量元素与人体健康”的“三知三性”改革教学实例·····许海 张颖 贾琼 刘松艳 周屹博 (30)

化学类专业课程思政要素与途径的探索和实践·····陈素清 梁华定 (36)

“产出导向”理念在化学专业英语教学中的实践·····时凯歌 (43)

理论教学

信息时代基于 SME 的物理化学双向课堂教学模式的构建·····张国艳 (49)

基于问题式学习的数据驱动混合式教学模式构建与实证研究——有机化学·····

·····刘强 赵万祥 郑采星 刘声涛 王玉枝 (55)

“微塑料与海洋环境”课程思政设计及成效分析·····蒋山泉 孙向卫 谢朝霞 胡承波 赵莉莎 (61)

实验教学

新工科背景下物理化学实验教学新模式探索——氢氧化铁溶胶电泳实验·····

·····邵松雪 杨兴宇 沈海云 邱丽娟 朱莉娜 王海媛 (66)

12-钨硅酸制备的微型实验研究·····冯凌竹 戴小敏 刘旭东 伍玉娟 冯越 (71)

柠檬酸丁酯酯化精馏实验设计及教学探索·····张森 龙厚昂 何涛 孙立波 (76)

基于 Suzuki-Miyaura 偶联反应探索有机化学反应机理的创新实验设计·····程景 金剑 杨雪苹 任鹏 (82)

教师教育

师范类专业认证背景下教师教育课程的评估与反思——中学化学教学设计与教学能力实训·····

·····李芳芳 李希涓 王磊 (89)

职业教育

基于 CDIO 理念的化妆品技术专业创新实践教学平台建设·····曾平莉 王东 周俊慧 杨雪超 李燕 (96)

非化学专业化学教育

医用化学与药物化学课程中神奇的甲基化效应·····姚秋丽 贺春阳 王安俊 (103)

研究生教育

讲座法和 PBL 法相结合在研究生课程“表面化学研究进展”中的教学实践·····

·····王顺 李伟 崔淑敏 魏民 范彩玲 宋美荣 (110)

问题讨论与思考

物理化学中的热力学方法、拓展及应用·····杨桦 郭玉鹏 (118)

化学史与化学史教育

化学史教育的价值——从荧光发展历程说起·····倪珏宸 孙景志 (124)

《化学教育》订阅通知····· (10)

封面图片····· (39)

研究生教育

讲座法和 PBL 法相结合在研究生课程“表面化学研究进展”中的教学实践^{*}王 顺 李 伟 崔淑敏 魏 民 范彩玲 宋美荣^{**}

(河南农业大学理学院 河南郑州 450002)

摘要 针对研究生教学教材内容跟不上科研进展、教材内容被最新研究成果挑战等问题,详细介绍了讲座法和 problem-based learning (PBL) 法相结合在研究生课程“表面化学研究进展”中的教学实践和探索。通过讲授与 PBL 教学过程相结合,提出了导师队伍参与课堂活动、邀请专家讲座、充分利用网络资源、丰富考核评价机制和教学调研等措施,并重视学生课堂中及时提问和反馈,充分实践了以问题为导向、以学生为主体的教学模式,向学生示范了科学研究从发现问题、分析问题到解决问题的科研过程,以及独立思考和批判性思维的重要性。为培养了解科研前沿发展,又具有独立思考、批判性思维和自主创新能力的研究生这一育人目标做出了探索性的教学实践改革和创新。

关键词 讲座法 PBL 法 表面化学研究进展 研究生课程

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2022060011

研究生教育肩负着高层次人才培养和创新创造的重要使命,中国特色社会主义进入新时代以来,各行各业对高层次创新人才的需求更加迫切,研究生教育的地位和作用更加凸显^[1]。培养了解科研前沿发展,又具有独立思考、批判性思维和自主创新能力的研究生,是我国各大院校研究生教育的共同目标。为此,通常在研究生课程体系中增加研究进展类课程。然而,这类课程在实践中存在的主要问题是:教材内容跟不上科研进展、无法覆盖最新科研方向或最新的科研成果挑战了教材内容等。讲座法教学为解决这类问题提供了思路,是世界各国研究生教学通用的一种方式^[2]。然而,讲座法也存在一些问题,对于刚步入硕士阶段的研究生,文献阅读有限,高阶知识欠缺,对讲座中涉及的大量知识往往无法理解;尤其讲座中涉及的最新科研进展无法通过教科书、慕课堂、网易云课堂等方式进行查找,学生听讲座过程中产生的诸多疑问无法获得解答;甚至若讲座内容与研究生本人课题不相关,学生可能毫无兴趣、无法收获学习的成就感^[3]。因此,必须创新课堂教学模式,对讲座法教学进行丰富和完善。PBL 教学,即 problem-based learning,其核心内涵是问题导向学习,即以问题为导向,以学生为中心,以小组为单位,以培养自主学习能力

为目标的教学方法和模式^[4]。鉴于讲座法教学存在的问题,特别适合与 PBL 法相结合进行研究进展类课程的教学。

“表面化学研究进展”是本校化学一级学术硕士点选修课,同时其部分内容也是本校农业专业硕士的公开课。该课程共 32 学时,涉及 8 个主题,其中的 3 个主题,物质表面和液体的界面性质、固体表面浸润性、表面活性剂及应用,采用了讲座法和 PBL 法相结合的教学模式。图 1 给出了 3 次教学案例设计关系示意图,充分实践了以问题为导向、以学生为主体的教学理念和模式,开拓了学生眼界,示范了科学研究以科学问题为核心的研究思想,并在教学过程中让学生能够了解科学前沿、培养学生独立思考和批判性思维能力。教学实践证明,该课程取得了良好的教学效果。

1 教学组织过程

1.1 教材、专著、文献及网络资料

本科阶段物理化学中涉及表面化学和胶体化学,学生已具有一定的基础知识。相关研究生教材有腾新荣主编的《表面物理化学》和王中平等编写的《表面物理化学》^[5-6],因课程需要,引入江雷的专著^[7]及近 20 年相关文献。此外,教学资料还包括百度百科、哔哩哔哩、bing 中相应的小实验、短视频等。

^{*} 2022 年河南省专业学位研究生精品教学案例项目(YJS2022AL066);河南省高等教育教学改革研究与实践项目(2021SJGLX349)

^{**} 通信联系人, E-mail: smr770505@henau.edu.cn

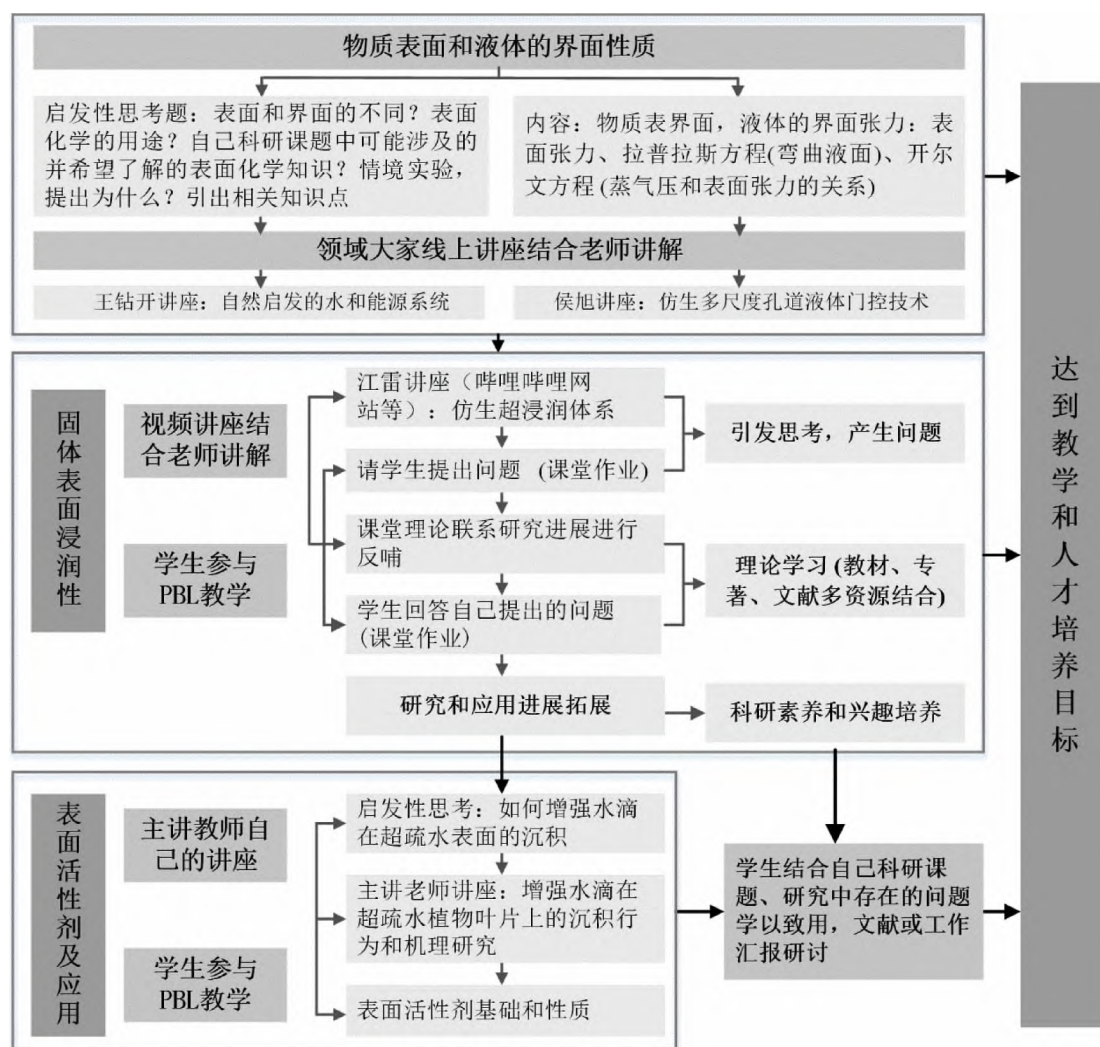


Fig 1 Diagram of the three teaching cases

图1 3次课程案例设计关系示意图

1.2 讲座来源和特色

在讲座组织过程中, 主要包含领域大家线上讲座、网络视频讲座及本校主讲教师个人讲座, 讲座开始前督促学生提前准备, 提出问题。

(1) 领域大家线上讲座: 在第一次课程主题为“物质表面和液体的界面性质”讲座中, 邀请了香港城市大学王钻开、厦门大学侯旭进行讲座, 讲座主题分别为“自然启发的水和能源系统”“仿生多尺度孔道液体门控技术”。

(2) 网络讲座视频: 在固体表面浸润性主题讲座中, 选用中国科学院江雷哔哩哔哩网站上的2个视频讲座为引子, 一个是江雷在Wiley主办的Small 15周年在线会议的报告, 主题为“仿生超浸润体系——量子限域超流: 能量转化, 生物信息与化学反应”^[8], 另一个是江雷在“颠覆世界的材料”会议中关于仿生超浸润体系的报告^[9]。

(3) 主讲教师宋美荣自己的讲座: 增强水滴在超疏水植物叶片上的沉积行为和机理研究。主讲教师在液滴撞击动力学和利用表面活性剂增强水滴沉积方面有一定的积累, 已在*Sci. Adv.*, *ACS Nano*, *J. Mater. Chem. A*, *NPG Asia Materials*等SCI期刊上发表论文^[10-14], 对叶片结构、浸润性及表面活性剂等进行了深入研究, 本次讲座宋美荣既是讲座老师又是讲授老师, 可将该方面的科学研究进展讲述得更为深入。

1.3 实施细节

教学过程中注重启发性思考题的提出方式、解决办法、师生反馈以及由此而拓展的理论和应用研究进展。不同主题的启发性思考题提出方式也不尽相同, 同时, 在解决问题的过程中也注重引入最新理论进展作为拓展内容。

1.3.1 PBL法在物质表面和液体界面性质主题中

的教学实践

物质表面和液体的界面性质是基础内容,对于这一主题在授课中采取不断提出问题引导学生思考,如开课前让学生提出对课堂的期待,通过师生互动了解学生需求,尽可能提供问题的解决方案,并在课程安排中增减相关内容。并通过增设领域大家讲座,带动了学生参与课程讨论的积极性,针对专家第 1 个讲座,学生了解到水滴和界面撞击过程中可通过摩擦诱导发电,提出的问题是液滴撞击基底产生的电主要来自于压力和摩擦,2 者对产生电

的贡献是否可以区分;在第 2 个讲座中,学生结合所学表面和液体的界面性质,提出了不同液体作为门控可能产生的差异问题,经过与专家、老师讨论,学生对所学知识有了更深入的理解。结合领域大家讲座,主讲教师在表面张力概念、拉普拉斯方程和开尔文方程引入过程中均采用了问题导向法,如表 1 所示。此外,还设置了请学生查阅科学家人物传记后讲述自己的感受环节,目的是树立科研榜样,激励学生主动学习并积极思考克服科研难题。

表 1 PBL 法在讲座主题为物质表面和液体界面性质中的教学实践及理论拓展

Table 1 PBL method in the topic of the properties of material surface and liquid interface

启发性思考题	提出方式和目的	问题和需求/理论和知识拓展	老师反馈/参考文献	学生反馈
思考自己的研究方向涉及的表面化学知识,希望通过该课程学到什么	课堂作业。让学生带着需求学习,以便教师了解学生需求,使讲座内容与学生科研课题相结合,尽可能为科研课题服务	A 学生:水凝胶比较黏稠,与刚球不易分离,希望通过该课程学习解决该问题	黏稠状水凝胶成分是什么? 建议:对于固液分离,可将钢球表面修饰成超疏水表面,或处理为超滑表面进行分离	什么是超疏水和超滑表面?如何获得这些表面?课下尝试
		B 学生:对于贵金属纳米材料的团聚现象,如何利用表面活性剂进行表面修饰而得以改善	1. 可利用表面修饰剂的官能团与金属表面空位键发生化学作用进行修饰,但修饰后是否会影响催化活性 2. 可加入氟化钠,表面形成配合物。该物质不是表面活性剂,是配位剂	氟化钠不会影响活性,但氟化钠不是表面活性剂,可能是小分子的表面活性剂
一根管联通大小 2 个气泡,为什么小气泡变小,大气泡变大?且小气泡小到一定程度就不再变小了?和曲率半径有什么样的关系	课堂设置的启发性思考题,引出附加压力和曲率半径的关系	液体、气泡在弯曲表面如锥形固体表面的定向传输(蜘蛛丝、仙人掌等仿生方面的应用)	1. Nat. Commun., 2012, 3: 1247 2. Nature, 2016, 532: 85—89 3. ACS Nano, 2018, 12: 2048—2055	好玩,有趣,神奇
在密闭玻璃罩内的蜡板上有一杯水和若干小水滴,恒温时间足够长,小水滴不见了,为什么	课堂设置的启发性思考题,引出开尔文公式,曲率半径与蒸气压的关系	临界冰核的验证	Nature, 2016, 576: 437—441	有趣,神奇
读表面化学科学家人物传记,谈谈自己的感受	提前准备的课堂作业,目的是让学生了解科学家的经历,树立科研榜样,对学生产生激励作用	A 学生:Tomas Young,不仅在表面化学方面有很高的成就,而且在艺术、物理等各个方面也很有建树,科学家们都挺多才多艺的。成功是 99% 的汗水和 1% 的灵感,但后者更重要	成功的关键是对科学的热爱和兴趣,促使他不断去探索、去寻求真理。也正是这些兴趣和热爱,使得他能克服各种困难,比如打破学科壁垒,揭示现象背后的本质规律等	关于 3D 打印传感的制备,需要多学科交叉知识,自己也要不断学习
		B 学生:Laplace, 范德华, Langmuir, 他们的成就源于兴趣,兴趣是最好的老师,多了解,多拓宽,拓宽兴趣	说得好	多学习,做好自己的课题

1.3.2 讲座法和 PBL 法在固体表面浸润性主题中的教学实践

(1) 课堂师生问答

学生观看完江雷关于超浸润的视频讲座后,提出了很多问题,如表 2 所示,这些问题基本在教师的预判范围之内。讲座虽然很有意思,但因学生知识盲点多、学术经历浅而难以听懂。一年级研究生

提出的问题还处于基本概念和基本原理方面,如对超浸润概念、接触角方程等基础知识和理论的缺乏;而二年级研究生提出的问题则涉及更深层次的理论问题,如润湿临界阈值等。其中有些问题,主讲教师没有直接回答,而是让学生先听完老师的理论讲解后再来讨论这些问题,因此,事先在讲座 PPT 中对相关知识进行充分准备至关重要。

表 2 课堂师生互动

Table 2 Interactions between teachers and students in classroom

序号	学生提出的问题	教师回答
1	没听懂,内容陌生,但听起来很有意思、有趣	正常现象,请认真听下节课
2	为什么疏水的微纳米结构可以让蚊子的眼睛防雾	超疏水表面排斥空气中凝结的雾滴,雾滴形成后自动滚落,因此防雾。超亲水表面也可以防雾,主要原因是凝集的雾滴在表面形成表面膜,是透明的,所以防雾
3	杨氏方程的应用范围	光滑表面,但一般情况下材料表面有一定的粗糙度,不适合采用杨氏方程
4	润湿临界阈值是什么	问题接近科学理论问题,下一节会讲到,请认真听讲
5	亲水表面如何打印亲油的字体	如果亲水结构里面没有水,亲水表面也可以亲油,所以可打印亲油字体

(2) 课堂理论延伸及对教材理论的挑战

目前教材中关于浸润性理论仅局限于 1805 年 Thomas Young 提出的杨氏方程,但该方程仅适用于理想光滑表面,而实际生活生产中都是粗糙表

面,且超浸润进展非常快,远不能满足课程所需。基于此,在授课过程中参考专著和文献^[2,15-16],将理论进行延伸。基于 PBL 教学在讲座固体表面浸润性主题中的教学实践拓展内容详表 3。

表 3 PBL 法在讲座主题为固体表面浸润性中的教学实践及理论拓展

Table 3 PBL method in the topic of solid surface wettability

启发性问题	提出方式	老师理论拓展内容	参考文献
杨氏方程的适用范围? 接触角方程有哪些	学生看完讲座后自行提出	Wenzel 方程: $\cos\theta = r \frac{\sigma_{gs} - \sigma_{ls}}{\sigma_{gl}}$ Cassie-Baxter 方程: $\cos\theta = f_1 \cos\theta_1 - f_2$	1. 物理学报, 2016, 65: 186801 2. Adv. Mater., 2004, 16: 302-305 3. Nat. Rev. Mater., 2017, 2: 17036 4. Science, 2014, 346: 1096 5. Nature, 2020, 582: 59
什么是临界浸润阈值	学生自行提出	$\cos\theta_{IWT} = -1 + 2 \left(\frac{\gamma_{IWT}^{SV}}{\gamma^{LV}} \right)^{1/2}$	1. Nat. Mater., 2013, 12: 315-320 2. Nat. Mater., 2013, 12: 291-292 3. Angew. Chem. Int. Ed., 2015, 54: 14732-14737
如何设计超疏水或其他超浸润表面	学生自行提出	1. 确定临界润湿阈值 2. 构筑合适的粗糙度,使其更亲水或更疏水 3. 坚固性 $\cos\theta^* = f^{micro}(\cos\theta_Y^{micro} + 1) + f^{nano}(\cos\theta_Y^{nano} + 1) - 1$	1. Nat. Rev. Mater., 2017, 2: 17036 2. Nature, 2020, 582: 59
超浸润应用领域有哪些	学生自行提出	生物检测、自清洁包装、油水分离、绿色打印、癌细胞捕获等	—

1936 年, Wenzel 研究了固体表面的宏观粗糙度与接触角之间的关系,提出了适用于粗糙表面的 Wenzel 方程,并解释了粗糙度对疏水性的影响。Cassie 和 Baxter 将这一理论扩展到可适用于在水和固体之间捕获空气的多孔表面和微纳粗糙表面,

并提出了适合微纳结构超疏水表面的接触角公式,该理论称为复合润湿模型。在 Wenzel 理论的指导下,可以构建超亲水表面(接近 0° 的接触角(WCA))和超疏水表面(WCA>150°),以及构筑坚固的超疏水结构^[17]。此外,还有超双疏^[18]、水

下超疏油、油下超疏水等 24 种浸润性模型。起初学生不理解,但经过课堂及时解答和互动沟通,100% 的学生表示听得懂,收获了学习的成就感。

液体临界浸润阈值 (inertial wetting thresholds, IWT) 是描述当液体沉积在理想 (完全光滑和化学均匀的) 固体表面时亲液和疏液性能之间润湿性边界的接触角。这个概念源于亲水性和疏水性之间的接触角临界阈值。根据杨氏方程,当水滴在某一表面上的接触角等于 90° 时, 90° 被认为是将表面描述为亲水和疏水的数学润湿阈值。然而,一些研究者提出了水的接触角为 65° 的较低的本征润湿阈值,并被证实^[19-20],因此一些亲水的物质通过表面结构的构筑也可成为超疏水表面。将该理论进一步扩展,任何溶剂介质 (不局限于水,也可以是有机溶剂) 在同一表面上都有各自的临界润湿阈值,高于这个阈值便可构筑疏和超疏表面,低于这个阈值,便可构筑亲和超亲表面^[21]。不同液体的 IWT 随着液体表面张力的降低而降低。对于这一内容,通过对几篇文献^[19-21] 进行详细地串讲,使得学生较好地掌握了这一部分知识。

综上所述,学生提出的问题大都集中在不理解

超浸润现象以及机理,且对超浸润在不同领域中的应用原理尚不理解,与预估的学生知识盲点有关,因此按照既定的教学内容展开教学,同时对课件 PPT 中未准备的问题但与相应知识理论有关的问题进行补充说明。此外,学习通中学生提出的问题更多,少部分问题可通过课堂讲解得到解决,但大部分问题学生都是通过课后查阅文献和资料后得到解决,表明课堂教学已充分调动了学生学习的主动性和积极性,激发了自主学习兴趣和热情。

1.3.3 讲座法和 PBL 法在表面活性剂及其应用主题中的教学实践

在固体表面浸润性讲座基础上,本次讲座着重讲述如何增强水滴在超疏水表面上的沉积,内容涉及多种沉积方法和机理,重点拓展了表面活性剂动态表面张力的概念和测试方法、表面活性剂聚集态结构对其水溶液物理化学性质的影响,以及撞击过程中表面活性剂和超疏水表面结构之间相互作用对沉积的影响等,因此本次讲座是构建固体表面浸润性与表面活性剂应用之间的桥梁,单头双尾和多头多尾的 Gemini 型表面活性剂被着重介绍。如表 4 所示,这次讲座拓宽了学生的视野,延伸了课程内容。

表 4 PBL 法在讲座主题为表面活性剂及其应用中的教学实践及理论拓展

Table 4 PBL method in the topic of surfactant and its applications

部分启发性问题	提出方式	学生反馈情况	理论拓展	参考文献
如何增加液滴在超疏水植物叶片上的沉积利用率	事先设定	讲座讲到一半内容课间休息时,重新回想讲座内容,是否给出答案	5 种方法: 降低动态表面张力法;增加拉伸黏度法;缺陷制造法;降低动态表面张力+增加剪切黏度法;降低平衡表面张力+增加拉伸黏度法	1. Nature, 2002, 417: 811 2. Nature, 2013, 503: 385 3. Nat. Commun., 2015, 6: 10034 4. NPG Asia Materials, 2017, 9: e415 5. Nat. Phys., 2014, 10: 515-519 6. Colloid Polym. Sci., 2015, 293: 257-265 7. Sci. Adv., 2017, 3: e1602188 8. Nature, 2000, 405: 702 9. ACS Nano, 2019, 13 (7): 7966-7974 10. PNAS, 2016: 13307-13312 11. Adv. Mater., 2019: 1904475 12. Adv. Funct. Mater., 2021, 31: 2006606 13. Langmuir, 2020, 36, 46: 14113-14122 14. Nat. Commun., 2016, 7: 12560 15. J. Mater. Chem. A, 2020, 8: 17392
平衡表面张力和动态表面张力有何联系和区别? 什么情况下动态表面张力比平衡表面张力更具意义	事先设定	—	重点拓展动态表面张力的概念和测试方法	
表面活性剂聚集态与物理化学性质之间的关系	事先设定	此处讲完学生依旧不太理解	重点介绍表面活性剂聚集态和动态表面张力及黏度之间的关系,及单头双尾、多头多尾的 Gemini 表面活性剂	
如何根据液滴撞击动力学来合理选择增强液滴沉积的助剂	事先设定	化学、物理交叉内容较多	各向异性撞击时,由于撞击液滴动量集中在某一方向,液滴容易被拉长分裂,因此需要有显著拉伸黏度的聚合物配合平衡表面张力低的表面活性剂	

2 导师队伍参与研讨, 课程产生的创新性思想和科研问题的解决办法

从以上授课过程可以看出, 一年级研究生提出的问题一般都是概念性的, 很难上升到创新讨论的层次。导师有一定的学术背景, 因此导师队伍其他成员通过课堂听课和讨论的方式参与教学, 不仅能弥补知识盲点, 而且能够提升讨论的深度和层次, 并向学生示范批判性思维过程, 启发学生独立思考, 激发学生自主创新。由课堂产生的创新性思想和科研问题的解决办法, 简单举例如下 3 点:

(1) 量子限域超容新概念的产生, 学生听完江雷的讲座后, 量子限域超导和超流的关系已嵌入脑海, 其中一位学生在讲解一篇 2006 年 *Science* 发表的有关探讨孔径和超级电容器的电容关系时, 发现超级电容器的机理图与量子限域超流中的图非常相似, 在授课教师引导下, 学生与教师一起重新研读文献, 产生了一个量子限域超容新的概念, 随后再次一起重新调研文献, 发现确实如此, 这个新概念与量子限域超流、量子限域超导等同类。

(2) 开课之前, 授课教师已了解学生的研究方向和课题, 针对学生提出的制备凝胶过程中钢珠和凝胶分离困难问题, 给出改变钢球的浸润性, 如超疏或超滑表面实现其分离的提议。通过该课程学习, 学生找到了一种实现固液分离问题的解决方法。

(3) 通过课程中文献汇报这一主题, 将文献中表面活性剂的作用分析透彻。如某学生并不清楚与

自身课题相关的文献中关于木质素降解表面活性剂的作用, 通过课堂研讨分析, 明白其作用可能是帮助分散以更好地促进反应进行。

3 考核环节特点及教学效果调研和评价

课程考核由课堂和课后作业、课堂表现(提问和讨论的参与度)、文献总结汇报等 3 部分组成, 占比分别为 35%, 35% 和 30%, 充分体现过程评价。评价过程中发现有的学生不爱做作业, 但爱思考, 讨论参与度比较高, 有的学生不擅长汇报, 但作业认真, 擅长写作。因此, 通过过程评价, 弥补了单一终结性评价的不足, 让学生都有自信搞好研究。此外, 对教学效果进行了调研, 如表 5 所示。100% 学生都喜欢讲座法教学, 但大都还习惯于补充基础知识的传统教学模式, 即先学知识, 再找应用例子, 然而实际的科研过程是先发现问题再解决问题, 因此 PBL 教学可以让学生提前习惯这种模式。69.5% 的学生认为收获很大, 对自己科研有帮助; 30.5% 的学生认为有收获, 但与自己从事的课题研究无关; 还有学生认为对于一年级研究生, 特别是本科阶段还很少涉及科研的学生, 独立思考和批判性思维能力很难在研究生一年级阶段培养起来, 主要原因在于大多数学生基础知识不牢, 即使提出问题, 也属于基础知识范畴, 无法提出批判性问题。同时, 经过学生反馈, 100% 的学生认为课堂气氛活跃, 本学期课程实现了以问题为导向, 以学生为中心的教学目标, 教学效果评价良好。

表 5 教学效果调研结果

Table 5 Results of the teaching effect

问题	学生反馈	老师受到的启发和反思
1. 最喜欢的教学方式 A. 讲授法 B. 讲座法 C. 研讨法 D. 讲座+讲授 E. 翻转课堂法	100% 的学生喜欢讲座法 理由: 学到的内容更多, 讲座更有趣 建议: 先讲授后讲座, 与后提出问题再来解决问题方式相比, 学生更倾向于前者 不足: 课堂有限时间, 有些问题得不到解决, 还需课后自己查资料解决	部分学生的惯性思维还处于大学阶段, 先学知识, 再找例子, 而实际科研过程是先发现问题, 再解决问题, 这种惯性思维模式还未改变
2. 学习这门课的收获 A. 收获很大, 对自己科研有帮助 B. 有收获, 但和课题无关 C. 没有收获 D. 不感兴趣	69.5% 的学生认为收获很大, 对自己科研有帮助; 30.5% 的学生认为有收获, 但与自己从事的课题研究无关 问题: 有些讲座主题结合自己课题进行相关文献搜索时, 无法搜索到与课题相关的研究	没有搜索到相关方面的研究, 是由于研究领域确实不相关还是学生调研不充分所致? 学生是否有独立思考的过程

续表 5

问题	学生反馈	老师受到的启发和反思
3. 希望该课程在今后的授课中做哪些改变? 对该课程内容和形式有什么的建议	1. 不同主题知识点之间的联系不够紧密 2. 出现的公式之类的作业很难找到答案 3. 增加实验内容 4. 学生讲文献不要太多, 学业压力比较重	1. 学生没有掌握文献讲解和解决问题的要点, 要紧扣一个点, 深入讲解, 而不是讲很多内容, 泛泛而谈, 否则准备工作量大, 还抓不住文献要点 2. 作业题目和形式需要变通
4. 如何培养学生独立思考和批判性思维的能力	对于一年级研究生, 特别是本科阶段还很少涉及科研的学生, 独立思考和批判性思维能力很难在研究生一年级阶段培养起来。主要原因在于大多数学生还在恶补基础知识, 他们即使提出问题, 也属于基础知识范畴, 或因基础知识不扎实, 不能提出批判性问题	二年级研究生提出的问题更具深度。 建议: (1) 研究生课程不局限于一年级研究生, 学生可灵活安排自己的课程, 如每年学习 1 门或 2 门专业课, 或根据自己课题的需要随时选择感兴趣的课程; (2) 让学生有充沛的时间去准备布置的作业, 培养学生深度思考的习惯; (3) 倡导导师队伍中的其他老师参与课堂教学, 向学生示范独立思考和批判性讨论, 使课堂研讨更具深度

4 小结与展望

(1) 讲座+PBL 法是实现收获高阶学习的有效教学手段

讲座法教学内容富有挑战性、深度和难度, 且可引入学科的难点和热点, 适合研究生高阶教学目的。配合前置思考题的启发, 中间问题的产生, 后期教师的讲解, 且作业完成过程中涉及学生自主查资料解决某些问题的自主学习行为, 再加上课堂中学生、教师互相提问以及研讨式的交互行为, 使得学生对讲座内容有更深刻的理解。此外, 讲座+PBL 法有助于让学生了解科学问题在科学研究过程中是如何被解决的, 并进一步展示了问题的解决过程中甚至还伴随着新的问题产生, 很好地示范了科学研究的思路 and 过程, 是获得高阶收获的有效教学行为。

(2) 导师队伍参与教学有助于培养学生的批判性思维和自主创新能力

对于研究进展类课程, 若一位教师从头讲到尾, 备课压力巨大。每位导师都有自己的学术专长, 把自己学术领域涉及的表面化学研究进展整理清楚, 对科研将有促进作用。同时, 导师队伍其他成员参与课堂听课和讨论, 可提升讨论的深度和层次, 向学生示范独立思考和批判性思维, 对学生有启发。

(3) 充分利用互联网信息化资源, 打造开放性教学模式

在本案例教学中, 利用了网络上的讲座视频,

百度百科和哔哩哔哩很多有趣的小视频, 而且引用了大量最新文献。在解决问题的过程中, 学生能快速在百度、bing、知乎、小木虫等及各大文献、专利数据库中搜索相关资料, 与时俱进, 锻炼了学生查阅资料的能力。

(4) 增加过程性评价, 及时获取学生对教师课程反馈并调整教学设计

根据学生课堂交互提问、参与研讨表现、课后作业反馈、课程与科研课题相结合的课程汇报和研讨等多种方式最终综合评价确定学生的课程成绩, 与过去一刀切写综述论文的课程评价相比, 更符合一年级研究生的学情和学习规律, 操作性更强, 并能够使学生通过课程学习收获更多的知识。

(5) 建议结合研究生学情, 灵活安排课程

研究生课程不局限于一年级研究生, 学生可灵活安排自己的课程, 如每年学习 1 或 2 门专业课, 或根据自己课题需要随时选择感兴趣的课程, 以便让课程更好地服务于科研过程。

综上, 通过讲座法、PBL 法及研讨等多种方式相结合进行表面化学研究进展课程教学实践探索和创新, 实现了研究生高阶教学目标, 向学生示范了有意义、有深度、有难度的科研课题与抽象理论发展相结合的过程, 在学生心中埋下了独立思考、批判性思维和自主创新的种子, 激发了学生自主学习和开展科研的热情, 实现了以问题为导向, 以学生为主体的教学目标和要求, 为研究进展类相关课程的教学提供了新思路。

参 考 文 献

- [1] 教育部, 国家发展改革委, 财政部. 教育部 国家发展改革委 财政部《关于加快新时代研究生教育改革发展的意见》[EB/OL]. (2020-09-21) [2022-06-05]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/s7065/202009/t20200921_489271.html
- [2] 肖敏, 张艳宁, 谢妮. 学位和研究生教育, 2021 (4): 80-86
- [3] 王奇峰. 化学教育(中英文), 2022, 43 (6): 116-119
- [4] 张霞, 韩义德, 王锦霞, 等. 化学教育(中英文), 2022, 43 (2): 40-44
- [5] 滕新荣. 表面物理化学. 北京: 化学工业出版社, 2009
- [6] 王中平, 孙振平, 金明. 表面物理化学. 上海: 同济大学出版社, 2015
- [7] 江雷, 冯琳. 仿生智能纳米界面材料. 北京: 化学工业出版社, 2004
- [8] 江雷. 仿生超浸润体系——量子限域超流: 能量转化, 生物信息与化学反应[EB/OL]. (2020-05-19) [2022-06-05]. https://www.bilibili.com/video/BV1se411W7nC?from=search&seid=6457921321982967833&spm_id_from=333.337.0.0
- [9] 江雷. 材料科学: 颠覆世界的材料[EB/OL]. (2021-05-08) [2022-06-05]. https://www.bilibili.com/video/BV1ih411m7gG?from=search&seid=6457921321982967833&spm_id_from=333.337.0.0
- [10] Song M, Ju J, Luo S, et al. Sci. Adv., 2017, 3 (3): e1602188
- [11] Song M, Duan H, Zheng X, et al. ACS Nano, 2019, 13 (7): 7966-7974
- [12] Wang S, Li H, Duan H, et al. J. Mater. Chem. A, 2020, 8 (16): 7889-7896
- [13] Song M, Liu Z, Ma Y, et al. NPG Asia Materials, 2017, 9 (8): e415
- [14] 崔迎涛, 王顺, 李伟, 等. 高等学校化学学报, 2021, 42 (4): 1061-1073
- [15] 王鹏伟, 刘明杰, 江雷. 物理学报, 2016, 65 (18): 56-78
- [16] Liu M, Wang S, Jiang L. Nat. Rev. Mater., 2017, 2 (7): 1-17
- [17] Liu T L, Kim C J. Science, 2014, 346 (6213): 1096-1100
- [18] Wang D, Sun Q, Hokkanen M J, et al. Nature, 2020, 582 (7810): 55-59
- [19] Azimi G, Dhiman R, Kwon H M, et al. Nat. Mater., 2013, 12 (4): 315-320
- [20] Tian Y, Jiang L. Nat. Mater., 2013, 12 (4): 291-292
- [21] Wang L, Zhao Y, Tian Y, et al. Angew. Chem. Int. Ed. it., 2015, 127 (49): 14945-14950

Practice of the Combination of Lecture Method and PBL Method in Graduate Course of Surface Chemistry Advances

WANG Shun LI Wei CUI Shu-Min WEI Min FAN Cai-Ling SONG Mei-Rong**

(College of Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract In order to solve the problems that the textbook for graduate students can not keep up with the developments of scientific research and may be challenged by the latest research achievements, this paper explores the combination of lecture method and problem-based learning (PBL) method practiced in course of surface chemistry advances in detail. Measures such as the participation of the tutor team in classroom activities, the full use of network resources, the inviting experts to give lectures, the enrichment of assessment and evaluation mechanisms, the survey research and the timely questioning and feedback of students are put forward and emphasized. The pattern that the problem-oriented and the students play the roles is fully practiced. The process of scientific research from finding problems, analyzing problems to solve them, as well as the importance of independent thinking and critical thinking are demonstrated. This mode of combination of lecture method and PBL method which not only cultivates students understanding the frontier development of scientific research but also makes the student have the ability of independent thinking, critical thinking and independent innovation is practiced and innovated.

Keywords lecture method; PBL method; surface chemistry advances; graduate courses