

仿生材料化学教学改革与探索

衡利苹*, 王璇, 王祖彬

北京航空航天大学化学学院, 北京 100191

摘要: 仿生材料化学是一门以仿生学为基础, 系统阐述通过模仿生物特性来制备材料的课程, 对培养学生学习自然以解决工程实践问题的能力具有重要意义。根据培养复合型创新型人才的要求, 结合教学实践, 我们对教学内容进行了优化调整, 引入启发式教学手段, 打造多元教学方式, 采用更加灵活有效的考核方式, 取得了良好的教学效果。

关键词: 仿生材料化学; 教学改革; 启发式教学

中图分类号: G64; O6

Teaching Reform and Exploration of Biomimetic Materials Chemistry

HENG Liping*, WANG Xuan, WANG Zubin

School of Chemistry, Beihang University, Beijing 100191, P. R. China.

Abstract: Biomimetic materials chemistry is a course that is based on the bionic principles and systemically elaborates the fabrication of materials by learning from biological characteristics. Biomimetic materials chemistry is of great significance for cultivating the students' ability of learning from nature to solve the problem of engineering practice. According to the demand of training creative and multiple talents and combining with the teaching practice, optimized teaching content, diversified teaching methods blending the heuristic, and more flexible and effective assessment methods were applied, achieving good teaching effect.

Key Words: Biomimetic materials chemistry; Teaching reform; Heuristic method

仿生材料化学是一门系统阐述自然界中一些具有典型优异性能的生物材料在组成、结构与功能方面的基本原理和知识以及仿生理念在仿生材料科学中的重要性的课程, 对培养学生学习自然、模仿自然, 运用仿生学思想解决工程实践中的实际问题的能力具有重要作用。作为一门通识课程, 仿生材料化学的上课对象是全校大三、大四的学生, 他们来自计算机、人文、物理等学院的不同专业。该课程的主要目标是使学生掌握仿生理念, 并将其运用到自己专业的工程实践中, 对培养具有一定化学知识的创新型复合型人才具有重要意义。

《高等教育法》明确规定: 高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才。因此, 培养优秀的创新性实践型人才是大学教育的根本任务, 课堂教学是人才培养的重要环节和主要渠道, 期末考核是检验人才培养成效的重要方法。为推动北航“双一流”建设, 加快建设扎根中国大地的世界一流大学, 我院积极响应我校建设顶尖一流大学本科教育的号召, 对开设的仿生材料化学课程进行了一系列改革, 以便更好地实现培养创新型实践型人才的目标, 本文将在课程教学实践中积累的教学改革经验及体会在这里分享出来, 与大家共同探讨。

1 对教学内容进行优化更新

作为一门通识课程，仿生材料化学课程的课堂教学目标不单纯是将所有知识讲授给学生，更要把学生带入仿生这个新领域并学以致用。从之前的教学中我们发现，在教学内容上主要存在以下问题：(1) 课时少，内容多。32 个学时安排了 11 个章节的内容，课程内容覆盖面广、知识点多且内容间逻辑关联性不强、侧重点不清晰。(2) 教学内容枯燥单调。引入的仿生材料研究实例趣味性不强、专业针对性差，难以激发起不同专业学生对仿生材料化学的兴趣以实现课堂教学的预期目标。针对上述问题，我们在教学实践中对教学内容做出了相应改革。

1.1 结合专业特色，精简优化课程内容

仿生材料化学是材料学、化学、生物学及物理学等学科的交叉。我们根据教学大纲与教学目标，结合上课学生在各专业分布的实际情况，对仿生材料化学的教学内容进行了精简优化^[1]，挑选了与化学密切相关的仿生智能纳米孔道、与计算机密切相关的微流控芯片实验室、与物理学密切相关的仿生表面梯度材料、与机械学密切相关的仿生智能人工肌肉、与环境保护密切相关的生物质能源以及与航空航天领域密切相关的仿生隔热-传热材料等六个章节进行重点讲解，精简了内容，让学生更深刻意识到本门课程的仿生思想与自身专业息息相关。

此外，在每一章的介绍里做了树状结构图的知识点总结，图 1 为总结的第二章仿生智能纳米孔道部分的框架图，这对于理顺本章内容的逻辑、清晰强调本章重点——仿生智能纳米孔道有着重要作用。这样在进行讲授时更容易给学生构建起较完整的知识体系。

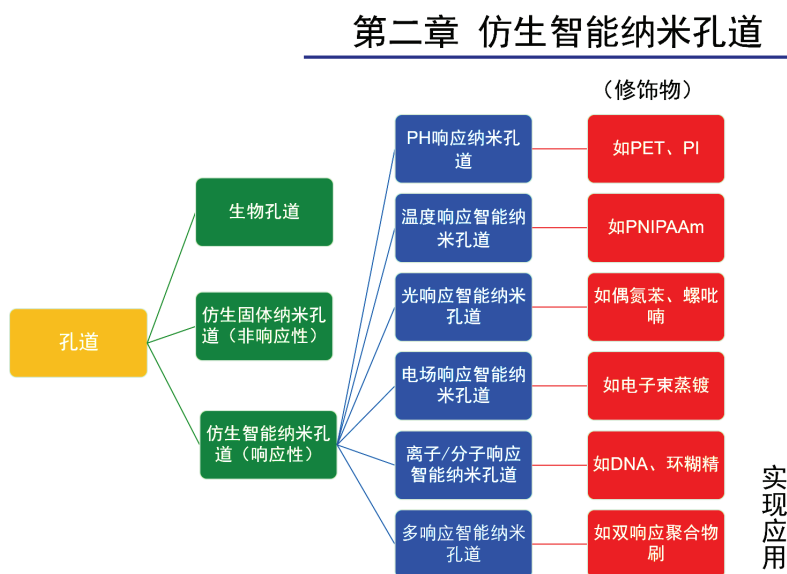
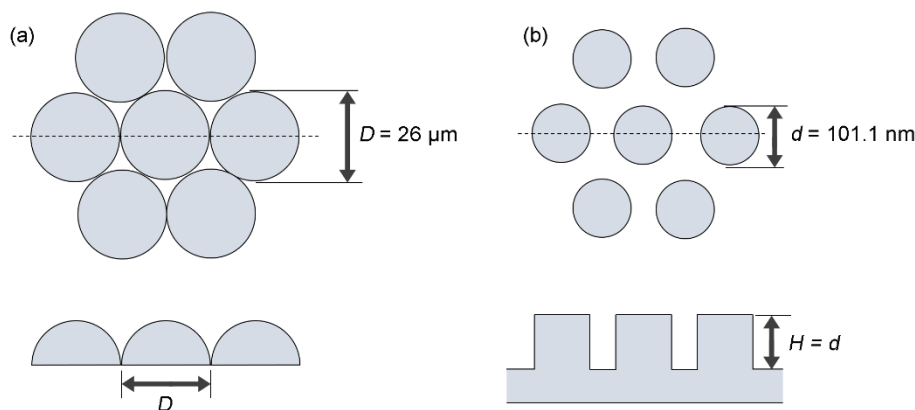


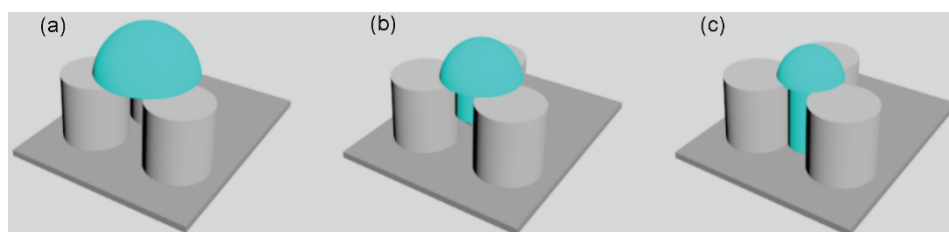
图 1 仿生智能纳米孔道一章的树状总结图

1.2 提高案例趣味性，增加最新科研成果

对于重点知识点，我们采用案例的方法进行讲解，在阅读大量文献的基础上，挑选了趣味性比较强的一些案例讲授给学生。例如：在讲到“超疏水”这一概念时，除了较常见的荷叶出淤泥而不染现象，我们还提到蚊子复眼具有的特殊的防雾功能，这主要归功于蚊子复眼上特殊的微米级的半球形小眼(图 2a)和纳米级的圆柱状乳突(图 2b)分级结构的组合，使得纳米级雾滴倾向于在蚊子复眼上形成类 Cassie 状态(图 3a)，而不是自由能更高的 Wenzel 状态(图 3c)，使其在雾化过程中能够及时排出^[2]。由此，我们引出超疏水的结构设计与防雾的关联。

图2 蚊子复眼的结构模型^[2]

(a) 微米级的半球形小眼的结构模型; (b) 纳米级的圆柱状乳突的结构模型

图3 纳米级雾滴所处状态^[2]

(a) 类 Cassie 状态; (b) 类过渡态; (c) 类 Wenzel 状态

我们还在各个章节中加入了仿生材料与其他专业相结合的一些最新科研成果,以增强学生将本课程运用到与自己专业相关的工程实践中的意识。例如,我们增加了与物理学相关的仿妖艳木吉丁(一种甲虫)开发的森林火灾传感器,与航空领域有关的仿苍蝇制成的用于宇宙飞船舱内的小型气体分析仪和与信息专业相关的仿生机器人等科研进展。最后在课堂上提出当前研究中存在的一些挑战和亟待解决的问题,留给学生继续思考的空间,借以提高学生的思辨能力。通过对教学内容的优化更新,使有限教学课时下的内容安排更为科学,教学效果得到极大提高。许多学生反映这门课内容很有用,激发了他们学习本课程的热情。

2 引入启发式教学手段,打造多元教学模式

传统教学模式下重理论、轻实践,重知识、轻能力的教学方式,使培养出来的大多数学生缺乏创新和实践能力,缺乏发现问题、分析问题和解决问题的能力。教师讲、学生听的单向传输的模式,缺乏师生之间、学生之间的良性互动,不能很好地激发学生的学习兴趣。因此在教学实践中,除教学内容外,我们还对教学模式进行了改革,引入了启发式教学手段,并融合了多元教学模式,在理论教学的基础上增加了视频教学、研讨课等。

2.1 引入启发式教学手段,增加互动

本课程作为一门通识课,开设给不同专业的学生,如果单纯照本宣科地讲授课程内容,学生难免会觉得枯燥乏味,并且也容易导致学生对概念印象不深刻、理解不全面等问题。教育学家布鲁姆^[3]曾经提出:对于特定知识点的学习,学生的认知准备状态和情感准备状态决定着学习的效果。此时,以问题为导向的启发式教学是让学生快速进入角色、增加课堂互动、解决学生的积极性问题的重要手段^[4]。启发式教学的特点是由教师引导,以问题为基础,通过学生自主探究来解决问题,它强调以学生的主动学习为主^[5]。

我们尝试了将启发式教学手段运用到仿生材料化学课程的教学,以激发起学生的学习兴趣,发挥他们的主观能动性,取得了良好的课堂效果。例如,在第四章仿生表面梯度材料中,重点介绍了蜘蛛丝的方向性集水(图 4a)及我校在这一领域取得的科研成果^[6](图 4b),以往通常是主要由教师讲授,学生的课堂参与度不高。为提高学生的学习主动性,我们先让学生讨论回答“生活中常见的蛛丝具有什么特点”来引入蛛丝集水这一话题,然后在 PPT 中呈现给学生蛛丝集水的动画效果图,并恰当地提出启发式问题,让学生们讨论、推测造成该现象的可能原因及机理。有学生说可能是由于蛛丝的材料特别、它弹性大强度大,也有学生想探究蛛丝与水滴的浸润性,更有物理专业的学生在引导下提出了拉普拉斯压的概念。在学生们踊跃发表自己想法后,再由教师进行细致深入的讲解,学生们恍然大悟,纷纷感叹自然界的确很神奇。通过这种启发式教学手段,我们引导学生思考和解决问题,学生学习的求知欲被激发起来。我们发现改革后课堂的参与度得到明显提高,实现了师生间的良好互动。

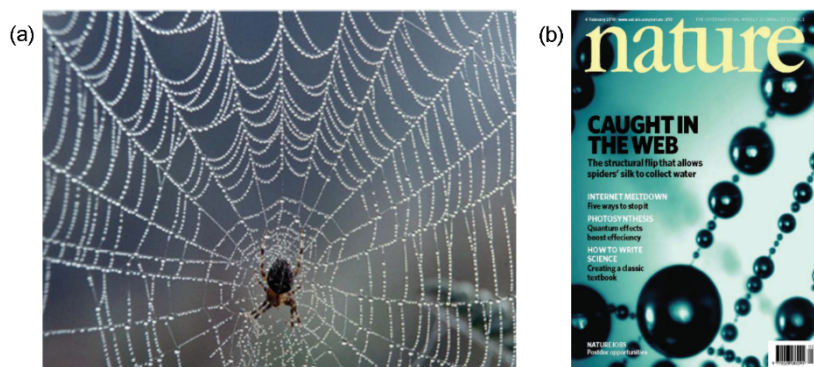


图 4 蜘蛛丝的方向性集水

(a) 蛛丝集水图; (b) 北京航空航天大学 2010 年 Nature 封面研究成果^[6]

2.2 理论教学与视频教学结合

上文中提到的主要是在理论教学中的改革。随着时代的进步,多媒体正在改变着我们的学习方式。相比于传统的理论教学,视频教学具有更直观生动、感染力强、信息量大等优点,可以达到增加课堂容量、加深学生对课程内容理解、活跃课堂氛围的效果,我们将它用作课堂教学的补充。但是视频教学也存在着缺点,比如长时间的视频教学容易削弱教师与学生之间的沟通交流,因此我们只在每一章节结束后留 15–20 min 的时间,由任课教师收集一些优秀的视频或影视资料在课堂上放映,理论知识和最新研究进展部分还是以教师课堂讲授的教学方式为主。通过将理论教学与视频教学有机结合,实现二者的优势互补以提高仿生材料化学的整体教学效果。

2.3 加入研讨课,提高学生思辨能力

除了传授知识外,我们也注重对学生的思辨能力及实际问题能力的培养,《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010–2020 年)》中明确指出,要“着力提高学生勇于探索的创新精神和善于解决问题的实践能力,营造独立思考、自由探索、勇于创新的良好环境”,为此我们在教学模式中加入了研讨课。

根据教学计划,我们安排了 3 个学时用于研讨课,以学生 PPT 展示的形式开展:(1) 每小组 4–6 名学生,选课学生根据专业的不同自由组合;(2) 小组讨论选定主题。可以选择课堂上教师给定的报告主题,也可以自由选择主题;(3) 学生查阅文献资料完成调研、资料整理并制作 PPT;(4) 每个小组选派 1–2 人向大家展示汇报,由教师和其他学生对报告内容进行提问。

给定的报告主题是“自然界中的任意一种生物的特异功能”,包含蝴蝶的各向异性疏水、章鱼的神奇吸盘、水蜘蛛在水下存储气泡等六个自然界中的特异现象。而一部分学生倾向于结合自己的

专业自主选定课题,如机械专业的学生提出研究猪笼草的液体定向搬运现象。研讨课要求学生讲解选定课题的仿生研究进展及应用,这种形式既锻炼了学生搜集整理文献和演讲的能力^[7],也能在准备过程中培养学生的思辨能力和解决实际问题的能力,提高学生的综合素养,同时也作为下文提到的全面考核学生素质和能力的一部分。

3 改革考核方式,鼓励学生开展研讨课课题的研究

考核的主要目的,是考查学生掌握知识和运用知识的能力^[8,9]。此前,仿生材料化学采用的都是期末提交课程论文或试卷考试的形式,考核方式过于简单。大多数学生的期末课程论文是从网上下载拼凑成一篇研究性论文或综述论文应付了事,没有达到培养学生综合能力的目的。而试卷考试往往是对基本概念考查,如形状记忆合金的概念、超疏水的基本理论等,容易使学生养成死记硬背、考前突击等不好的习惯。

在后期教学探索中,我们采用了更灵活,有弹性的考核方式:考勤及课堂表现(占 20%) + 研讨课 PPT 展示(占 30%) + 研讨课实验设计(占 50%)。其中研讨课 PPT 展示部分在上文中已提到,而研讨课实验设计部分,则是要求学生根据研讨课的调研情况设计简单的仿生实验,并上交实验报告,报告的内容包括调研情况、实验方案、预期设想三部分,要求实验设计具有理论可行性和逻辑自洽性即可。有调研水蜘蛛在水下存储气泡的学生提出仿照水蜘蛛图案化表面,设计一种能在水下较持久保存气泡以提高水净化效率的实验方案,调研蜜蜂蜂窝结构的学生提出构建蜂窝数据模型的实验方案。通过这种方式的考核,能够使打出的分数真实客观地反映学生对知识的掌握和运用能力,最重要的是活学活用,使学生真正成为学习的主人,有效提高学生运用仿生思想与仿生知识解决实际问题的科研能力和创新实践能力。在这门课程结束之际,我们惊喜地发现一些学生对仿生实验设计的想法特别具有创新性 & 科研价值,我们鼓励支持他们将想法落实到实验室,继续研究下去。

4 结语

苏格拉底说,“教育不是灌输,而是点燃火焰”。在对仿生材料化学的教学实践中,我们始终坚持以启发学生心智、点燃学生对本学科的求知欲、学以致用为宗旨,以培养创新性实践型人才为目标,通过对教学内容、教学模式、考核方式等方面的改革,努力使学生在课堂上由被动地接受知识转变为主动地吸收知识,取得了良好的教学效果。我们将在今后的教学实践中继续努力,不断对本门课程的教学进行改进和完善。

参 考 文 献

- [1] 陈鸿雁,叶晓萍. 广东化工, **2012**, 39 (6), 245.
- [2] 侯绍行,黄建业,王峰会. 科学技术与工程, **2014**, 14 (32), 5.
- [3] 本杰明·S·布卢姆,等著. 布卢姆掌握学习论文集. 福州: 福建教育出版社, 1986.
- [4] 顾容,张蜜,杨青青,卢丽,徐静波. 高教探索, **2017**, No. 1, 27.
- [5] 高明丽,黄微,刘卫,李婉,刘济红,田红军. 大学化学, **2016**, 31 (10), 10.
- [6] Zheng, Y. M.; Bai, H.; Huang, Z. B.; Tian, X. L.; Nie, F. Q.; Zhao, Y.; Zhai, J.; Jiang, L. *Nature* **2010**, 463 (7281), 640.
- [7] 衡利苹,王祖彬. 大学化学, **2017**, 32 (2), 29.
- [8] 张秀芳,贺文英,敖特根,阿娟. 陕西师范大学学报(自然科学), **2007**, No. 35, 195.
- [9] 杨娟. 大学化学, **2017**, 32 (9), 5.