

前沿科研引导下的纳米材料教学改革*

彭 飞**

(中山大学材料科学与工程学院 广东广州 510275)

摘要 针对纳米材料课程知识点繁杂、实践性强的特点,提出在纳米材料课程教学中积极融入前沿科研实例。通过前沿科研成果、校企医教研结合、教学实验室建设和综合性课程考核等举措,促进本课程与实际应用结合,为创新课程的开展引入硬件条件,提升学生的课程参与度,提升学生解决问题的综合素质。引导学生主动学习、积极学习,从而达到纳米材料课程教研一体化、校企实践一体化,教学质量提高的良好效果。

关键词 产学研结合 纳米材料 课程改革

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2021110228

纳米材料在化学材料、纳米工程等相关学科中的应用日益受到关注,很多院校都开展了相关课程教学。然而纳米材料课程的开展,往往需要学生系统掌握多个专业名词概念及深刻理解纳米材料的设计原则等。面对繁杂的知识点体系和教学任务,需要作为教学主体的学生主动获取知识,才能收到最大的教学效果。笔者提出通过将科研与本科人才培养相结合,推荐学生进入医企实地接触应用,增进学生主动学习的兴趣。改善课程支撑平台的硬件条件,推进学生参与课程实践。学生通过课程学习,提高纳米材料研究整体性观念。在实践中,有效调动学生学习的积极性,使学生成为知识的主动建设者,达到最好的教学效果。

1 纳米材料课程改革目标

纳米材料是中山大学的一门综合性专业课程。它涉及多个学科,主要侧重于纳米材料的基础理论、基本表征、制备和实际应用等。通过该课程的学习,期望学生能够掌握纳米材料的设计原则,并掌握多种基本纳米材料如纳米粒/纳米线/纳米薄膜的基本合成方法和表征手段,并了解这些材料的典型应用。然而由于本课程的概念多,要想突出教学重点提升教学效果,需注重教学方法的改革与创新^[1-2]。这里针对纳米材料课程知识点多、实践性强的特点,提出前沿科研引导下的课程教学,主要包括教学方式的革新、实践能力的强化等。将准确定位纳米材料教学目标,确保纳米材料教学学生参与更加积极,教学工作得到深入开展。完善纳米材

料课程教研一体化,提高学生学习的积极性、参与度、创新性实践能力,为进一步提高教学质量提供基础^[3]。

2 创新纳米材料课程教学方式

中山大学的材料学科拥有长江学者特聘教授,国家“杰青”、国家“优青”、国家“青千”、新世纪优秀人才等一批学术带头人;并且拥有光电材料国家重点实验室、聚合物复合材料功能材料教育部重点室、广东省低碳化学节能重点实验室等国家和省部级科研平台。围绕创新材料研究已形成完备的研究链条,研究方向涵盖了创新材料研究的各个关键阶段。材料学科面向国家重大需求方向和区域发展领域,在生物医学、能源、环境材料等主要研究领域取得了一批在国内外具有重要影响的研究成果,近年以第一完成单位获得国家自然科学奖二等奖3项、广东省科学技术奖一等奖4项等多项国家和省部级奖励;据2020年基本科学指标(ESI)数据库的数据显示,中山大学材料学已进入了全球材料学科领域的前1%。

广东省是材料大省,但是在纳米应用材料等关键技术仍处于逐步上升阶段。中山大学材料学科,担负功能材料的理论研究、应用研究和相关技术研究,以及广东省和国家材料学高级专门人才的培养,是基础研究、应用开发、人才培养、学术交流和学科交叉的基地。纳米材料作为中大材料科学与工程学院的一大综合性研究领域,它涉及多个学科,侧重于材料的基础理论、基本表征、制备和实际应用。本课程的课堂教学计划如图1所示,通过

* 国家自然科学基金面上项目(51973241)

** 通信联系人, E-mail: pengf26@mail.sysu.edu.cn

本科生阶段的培养,学生应能够掌握纳米材料的设计原则,并掌握多种基本纳米材料的基本合成方法和表征手段,并了解这些材料的典型应用。课程需突出重点、提升教学效果,需注重方法的改革与创新。

- 第一章:绪论(2学时)
- 1.1 纳米结构材料及纳米技术发展历程
- 1.2 基本概念:纳米结构、纳米理论、纳米技术等
- 第二章:纳米结构基本单元及理论(2学时)
- 2.1 基本纳米结构单元
- 2.2 纳米结构材料分类
- 2.3 基本理论
- 量子尺寸,量子隧道效应,库仑堵塞,介电限域,小尺寸效应,表面效应等
- 第三章:纳米结构典型效应(6学时)
- 3.1 纳米结构物理特性
- 热学特性,光学特性,电学特性,磁学特性,力学特性
- 3.2 纳米结构化学特性
- 第四章:纳米材料合成与制备(4学时)
- 纳米结构的气相合成(PVD、CVD等),纳米结构的液相合成方法(沉淀法、水热法、溶胶凝胶法、模板法等),纳米结构的固相高能球磨机械加工等
- 第五章:纳米材料的结构测试手段(2学时)
- 5.1 结构分析(电子显微镜等直接观测方法与衍射技术、磁、电、光、波谱等间接方法)
- 5.2 成分分析(微区电子能谱及离子质谱等)
- 5.3 性能分析(原位力学、电学性能测试等)
- 第六章:纳米结构和技术的几种典型应用(共16学时)
- 6.1 纳米催化材料(4学时)
- 6.2 纳米结构热电材料与器件(4学时)
- 6.3 LED及纳米结构(4学时)
- 6.4 纳米结构巨磁阻材料与应用(2学时)
- 6.5 纳米结构光伏材料与器件(2学时)
- 第七章:纳米结构器件和系统(2学时)
- 7.1 纳米器件的制备组装
- 光刻技术,刻蚀,自组装
- 7.2 纳米器件的典型应用
- 复习与习题课(2学时)

Fig 1 In-class course content for the bachelor course nanomaterials

图1 中山大学本科生纳米材料课程的课堂教学内容及具体课程大纲

根据广东省及国家在材料学方向的发展战略需求,在现有学科材料研究方向的优势基础上重点开展工作,提出共建校企医研究生实训基地,注重培养符合国家及广东省需求的实践型材料学人才。针对纳米材料实践性强的特点,提出并开展课程计划,包括实践教育方式的革新、实践能力的强化等。准确定位纳米材料课程的培养改革目标,从而确保学生参与更加积极,综合能力得到深入提升。完善纳米材料产学研一体化,提高学生学习的积极性、参与度、创新性 & 实践能力,为进一步提高学生教学质量提供基础^[4-6]。

2.1 纳米材料创新教学的总体框架

对于本纳米材料创新课程,包括两大部分的内

容,课堂教学+课外实践。其中课堂教学具体内容如图1所示,涵盖纳米材料的基本理论、基本制备、基本表征和应用。由于课堂教学时间有限,仅为36学时,因此学生难以对整个纳米材料领域有深入理解。因此在课堂36学时以外,在课堂教学期间的每个周末,学生自愿报名加入课外实践小组。实践小组包括3个阶段,第一阶段自己调研Advanced Materials、ACS Nano等学术期刊,确定一种想研究的前沿纳米材料;第二阶段在学院实验室平台,本科生根据文献及课堂教学的纳米材料制备及表征方法,合成出一种纳米材料;第三阶段教师带领学生去医院或企业实地评价这种纳米材料在医企上的应用。

使学生对纳米材料领域建立总体的理念,系统地掌握企业、医院纳米材料实际开发各环节之间的关系,提高纳米材料研究整体性观念。在基地实践中,提升学生的综合实践能力与创新能力,有效调动学生学习的积极性,使学生的学习过程不受限于时间和空间,同时使学生不再是知识被动地获得者,而是知识的主动建设者,期间闪现的新思路、新方法都可以成为申请专利、竞赛项目的方向^[7-8]。构建开放、富有活力的学术实践氛围。最终通过学生评价、同行评估等评价改革前后学生的创新能力、综合素养。本课程创新教学的重点难点在于如何积极调动材料学科学学生的实践兴趣与积极性。目前的学生评价体系多围绕考试和作业来进行,考核分数都和书面学习成果挂钩。而最终进入社会,材料学科学学生的综合实践能力和解决问题能力才是最重要的指标^[9]。如何引导学生将短期评价结果和社会实际需求结合起来,促进面向实践,提高自身的综合素质和实践能力,是本课程创新的重难点问题。

2.2 纳米材料创新教学的具体实施内容

2.2.1 校企医合作推进教研结合

为了促进纳米材料课程与实际医企应用结合,采取校企或校医合作来进行纳米材料专业的课程教学,深化校企校医合作、教研及产研结合的模式。

目标:传统的纳米材料课程教学与医企的实际应用挂钩不足,学生的学习积极性较差,笔者提出本举措以促进本课程与实际应用结合,提高学生学习动力。

与国内外先进实验室建立战略联盟,与医院等形成协议,建立国内先进、与国际接轨的现代化实

实验室,使其成为承担材料学教学课题、产出高质量成果的科学研究的基地和高层次创新人才的培养基地。前期阶段与企业及医院寻求开展广泛合作,积极开拓学校的实训基地范围,并通过宣讲会、讲座等形式广泛宣传,将课程内容设置与前沿科研或产业相结合。在实训过程中,坚持学生为主体,教师参与进行积极辅助,提高学生的学习热情,使学生在该环节积极主动获取相关纳米材料专业知识,整体综合能力得到提高,并受到全方面的科研创新训练^[10]。本课程实践中,其中一位本科学生对纳米催化材料非常感兴趣,在经过前沿文献调研及教师的指导后,她结合课堂学习的溶胶凝胶方法在学院平台制备出具有过氧化氢催化活性的四氧化三铁纳米粒,并且通过扫描电镜进行了形貌表征。将这种四氧化三铁仿酶纳米粒作为超声影像剂注射入炎症模型区域。由于富含炎症相关因子过氧化氢,在四氧化三铁纳米粒注入后催化过氧化氢降解产生氧气微气泡,可以被医院B超探头捕捉到,根据微泡多少可以诊断炎症的程度。通过整个过程,学生对于纳米材料的制备、表征及前沿应用都有了系统和完整的学习,并且通过与实际应用结合大大提升了学习热情。

2.2.2 教学实验室硬件建设

为了更好地促进本教学改革,积极推进纳米材料学科教学科研实验室硬件建设。

目标:传统的纳米材料课程缺少相应的实验设备和平台支撑,通过本举措,积极联系或引入纳米材料相关实验设备,为创新课程的开展引入硬件条件。

为学科平台引入购置凝胶渗透色谱仪、原位液体电镜杆等设备,采用开放的运行机制,建立大型仪器设备和优质资源开放共享体系。推进大学生本科阶段掌握倒置荧光显微镜、透射电镜、扫描电镜、动态光散射、超声成像等先进技术。

加快实验室专业建设与师资队伍的建设。纳米材料科学是一门实践性的科目,纳米材料的研究在本院多个实验室都有开展。通过开放实验室平台,充分利用本院平台的纳米材料制备设备,如溅射仪、激光直写仪等,和纳米材料表征设备,如扫描电子显微镜和透射电子显微镜等(图2),教师参与专业实训,从贴近课程内容的科研方向出发,将专业知识融入整体教学,解决理论课堂学生面临的问题,将帮助学生提升学习兴趣,充分掌握相关专业知识。

2.2.3 综合性课程考核

调整课程的模块化设置,创新考核方式。

目标:传统课程的考核方式依赖期末卷面考查,对学习过程的重视不足,导致学生对于课程内容停留于死记硬背。本改革通过重视平时课堂表现和课外实践结果的考查,提升学生的课程参与度,提升学生解决问题的综合素质。

以实验室科研为载体,渗透创新意识、培养创新能力。在教学过程中,多引入前沿科研项目实例,激发学生学习兴趣,有效激发学生的创新灵感,注入科研元素,使所学知识得以升华^[11-12]。每年都会及时更新教学内容。根据光刻机等时事及最新材料学热点,与时俱进加入课件,作为课上讨论题目。根据学科进展情况,对相关内容进行删减增添,对重点内容进行梳理归纳,做到主次分明、难易区分。每次教学后,通过邮件、微信群与学生保持沟通,积极鼓励学生就课上内容主动提问,做到学生问题及时解惑,并作为下堂课的讨论内容。并向学生推荐Advanced Materials等专业期刊网站,鼓励大家主动学习前沿相关知识,激发学习兴趣。以课程为载体,渗透创新意识,培养创新能力。除了原有的课堂教学外,引入课外线上课堂,即提供课程相关拓展学习视频,有助于拓展学生的知识面,避免了课堂时间有限、能传授的内容过少的问题。并采取对分课堂的模式,将学生分组,每

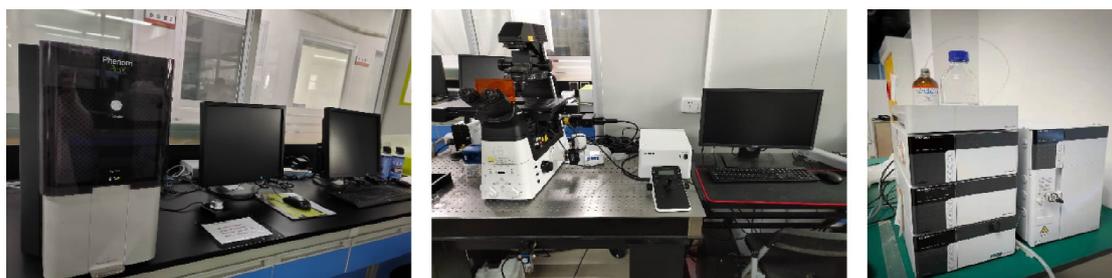


Fig 2 Nanomaterials characterization instruments available for bachelors participating in course

图2 课外向本科生开放的扫描电子显微镜、荧光显微镜、渗透色谱仪等纳米材料表征设备

组学生提出自己存在的问题,由其他组学生予以解答,并且这些讨论和解答结果将纳入考核范围。在保持原有课堂理论考核的同时,继续引入实践结合考核方式,基础知识与创新能力考核相结合,将学生参加的实践训练、竞赛、项目计划书等纳入考核范围。

3 纳米材料课程创新效果

在 2.2.1 节促进纳米材料课程与实际应用结合的举措下,取得的创新成果:教学是教与学的动态过程,只有学生主动获取知识才能收到最大的教学效果。通过将科研与本科人才培养相结合,支持本科生进团队实验室接触科研,与南方医院等单位建立长期合作关系,推荐学生进入医院、企业等实地接触新材料应用,增进了学生主动学习的兴趣。定期开设本科生学术讲座,让本科生了解纳米材料学最新发展前沿。支持学生自己查找期刊文献,找到自己感兴趣的纳米材料系统,在团队实验室进行相关制备,激发了学生主动动手实践的兴趣。

在 2.2.2 节积极推进纳米材料学科教研硬件建设的举措下,取得的创新效果:通过改善课程支撑平台的硬件条件,参与纳米材料课程实践的学生能够很好地完成纳米材料制备、表征、应用的整个流程。这些学生利用这些成果参加大创课题及竞赛,多次获校奖学金,完成的科研工作获广东省材创竞赛奖等,本科生第一作者发表论文 5 篇。通过提升教研平台的硬件水平,给整个课程的创新实施提供有力保障^[13]。

在 2.2.3 节调整课程的模块化设置,创新考核方式的举措下,取得的创新成果:在平时的交流中,通过明确阶段性与总体学习目标,加强阶段性考核,激发了学生的创新和学习潜能,形成了优秀的学习氛围,提高整体的学习水平。

学生通过课程学习,对纳米材料领域建立总体的理念,系统地掌握各部分之间的关系,提高纳米材料研究整体性观念。在实践中,提升学生的总体学习能力与综合创新能力,有效调动学生学习的积极性,使学生的学习过程不受限于时间和空间,同时使学生不再是知识被动的获得者,而是知识的主动建设者^[14-16]。期间闪现的新思路、新方法都可以成为申请专利、竞赛项目的方向,构建出开放、富有活力的课堂氛围。该课程在 2020 年评教中,全院参评 80 门课程获学生总评第四。

4 纳米材料创新课程的特色

本创新课程的特色之处在于:以纳米材料课程为载体,以实验室/企业/医院的创新实践项目为依托,在实践与教学相结合的过程中,渗透创新意识,开拓创新方法,培养学生综合学习和创新能力。以开放实践的方式激发学生的学习兴趣,将纳米材料的课堂教学拓展到实验室等多个场景,使所学的知识得以巩固升华。

广东省是材料大省,但是在关键技术上仍处于逐步上升阶段。中山大学材料学科担负功能材料的理论研究、应用研究和相关技术研究,以及广东省和国家材料学高级专门人才的培养,是基础研究、应用开发、人才培养、学术交流和学科交叉的基地。根据广东省及国家在材料学方向的发展战略需求,在中山大学材料学现有研究方向的优势基础上,重点开展工作,注重培养符合国家需求的材料学人才,为国家和地方社会经济发展提供一批关键共性技术,为广东省及国家发展培养专业人才。

参 考 文 献

- [1] 岳兰. 教育教学论坛, 2020 (42): 254-256
- [2] 王德志, 李周, 蔡圳阳, 等. 高教学刊, 2021, 7 (31): 109-112
- [3] 陈宇红, 海万秀, 郭生伟, 等. 高教学刊, 2021, 7 (25): 19-22
- [4] 刘忠柱, 潘玮, 裴海燕, 等. 化学教育(中英文), 2021, 42 (22): 37-41
- [5] 张振琳, 韩颖, 李青松, 等. 高分子通报, 2021 (11): 81-84
- [6] 黄相璇, 刘啸天, 邵友元, 等. 高分子通报, 2021 (11): 89-93
- [7] 刘辉, 王建广. 化学教育, 2010, 31 (4): 9-10
- [8] 秦炜炜, 王穗东. 高等教育研究, 2018, 39 (2): 79-84
- [9] 冯传良, 黄珏欣. 高等工程教育研究, 2021 (S1): 33-36
- [10] 曹曼丽, 刘文婷, 张秀莲. 化学教育(中英文), 2020, 41 (10): 12-17
- [11] 张红霞, 刘昌伟, 杨笑春, 等. 高分子通报, 2020 (6): 78-80
- [12] 苏向东, 刘伟, 伍玉娇. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2019, 44 (11): 131-135
- [13] 张安琪, 郑耿锋. 化学教育, 2014, 35 (14): 15-17
- [14] 薛斌, 周冬香. 化学教育, 2015, 36 (24): 24-26
- [15] 田林, 沃恒选, 王翔, 等. 化学教育(中英文), 2018, 39 (24): 44-48
- [16] 郑景旭, 罗来金, 任祥忠, 等. 化学教育(中英文), 2019, 40 (9): 6-10

Nanomaterials Course Reformation Guided by Cutting-Edge Research

PENG Fei**

(Institute of Materials Sciences and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract For the teaching of the comprehensive course of nanomaterials, students are required to grasp immense terms and design principles. With regard to the complicity and practicality feature of the course, we seek to integrate practical research with the course teaching, along with cutting-edge research, university-company-hospital collaboration, teaching lab platform construction and comprehensive evaluation. The combination of course and practical applications, laid concrete foundations for the reformation, facilitated the participation of students and improved their comprehensive capabilities. With the guidance of the practical research and integrated teaching-research-practicing, students are encouraged to be active learners, and better teaching effect has been achieved.

Keywords integration of application-learning-research; nanomaterials; course reformation

《化学教育》订阅通知 国家级全国中文核心期刊 权威、客观、全面、实用

《化学教育》是由中国科学技术协会主管，中国化学会、北京师范大学共同主办的国家级全国中文核心期刊。被北京大学《中文核心期刊要目总览》2008 版、2011 版、2014 版、2017 版、2020 版连续收录；美国化学文摘（CA）收录源期刊。

《化学教育》为半月刊，面向初中、高中、大学本科、研究生等所有层次的化学教育研究与实践，促进各个层次化学课程与教学的衔接和贯通。内文为 128 页/期，全年共计 24 期，每期 36 元，全年共计 864 元/套。

订阅方式 1：请到当地就近邮局的报刊订阅窗口办理，邮发代号为 2-106。

订阅方式 2：微信订阅，请扫描下方二维码，进入订阅页面，选择“规格日期”，点击“立即购买”，填写“收获地址”“发票信息”等，提交订单付费即可。所有服务由“中国邮政”负责，请注意保留订单号等订阅信息。



立即扫码订阅

有化学课程的地方，就应该有《化学教育》期刊！

温馨提醒

- (1) 若留家庭地址，请保证居住小区有自己的信箱且正常使用，以便邮政投递；
- (2) 若留单位地址，请务必告知贵单位的信件收发室工作人员：订阅了《化学教育》期刊，请协助接收、保管并及时通知您取阅。