

材料类专业大学物理教学创新设计体系构建

孟德忠 李庚伟 申 坤 赵长春 郝会颖

(中国地质大学(北京)数理学院, 北京 100083)

摘 要 大学物理作为材料类专业学生的重要基础课程,在整个本科阶段的培养方案中起承上启下的作用。目前关于线上线下结合方式开展材料类专业大学物理课程建设方面的研究还鲜有报道,本文通过多年的教学实践,总结了针对材料类专业大学物理课程教学改革的教学内容体系、授课模式以及考核方式,教学效果得到学生的好评。希望该教学方法能够适应更多院校材料类专业学生的大学物理课程教学,推动大学物理课程在理工科专业学生培养中的显示度。

关键词 大学物理;材料类;课程设计;课程思政

CONSTRUCTION OF INNOVATIVE DESIGN SYSTEM FOR COLLEGE PHYSICS TEACHING IN MATERIALS DISCIPLINE

MENG Dezhong LI Gengwei SHEN Kun ZHAO Changchun HAO Huiying

(School of Science, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083)

Abstract As an important basic course for students majoring in materials discipline, college physics plays a crucial role in the whole undergraduate training program. At present, there are few reports on the research about the construction of college physics courses for materials majors through the combination of online and offline methods. This paper summarizes the content system, teaching mode and assessment method for the reform of university physics courses in materials related majors through years of teaching practice. Furthermore, the teaching effect has been unanimously satisfied by students. It is hoped that this teaching method can adapt to the teaching of college physics courses for more students majoring in materials in universities, and promote the display of college physics courses in in the training of science and engineering students.

Key words college physics; materials; course design; course ideology and politics

大学物理课程作为理工类非物理专业的学科基础课,是专业课程学习前的一门重要课程,不仅扩展了高等数学的科学应用,而且对涉及力学、电磁学、热学、光学的专业课程起铺垫作用^[1]。材料类专业作为一门高校广泛开设、社会认可度高的

专业门类,其学生培养过程中均涉及到大物理课程。目前,全国开设材料类专业的高校多达 200 余所。2022 年普通高等学校本科专业目录显示,材料类专业包括材料科学与工程、材料物理、材料化学、冶金工程、金属材料工程、无机非金属材料

收稿日期: 2023-02-02

基金项目: 中国地质大学(北京)学科发展研究基金项目(2023XK209,2022XK210);中国地质大学(北京)本科教育质量提升计划建设项目(JG202143,XNFZ202106);教育部产学研合作协同育人项目(202102251006);高等学校大学物理课程教指委大中物理教育衔接工作委员会教学研究课题(W202111)。

通信作者: 孟德忠,中国地质大学(北京)数理学院副教授, meng@cugb.edu.cn。

引文格式: 孟德忠,李庚伟,申坤,等. 材料类专业大学物理教学创新设计体系构建[J]. 物理与工程,2024,34(4):60-64.

Cite this article: MENG D Z, LI G W, SHEN K, et al. Construction of innovative design system for college physics teaching in materials discipline[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(4): 60-64. (in Chinese)

工程、高分子材料与工程、复合材料与工程、粉体材料科学与工程、宝石及材料工艺学、焊接技术与工程、功能材料、纳米材料与技术、新能源材料与器件、材料设计科学与工程、复合材料成型工程、智能材料与结构和光电信息材料与器件等 18 个专业。因此,针对大学物理课程在材料类专业学生培养中的研究对于高校学生和专业教师均具有显著意义。一方面,大学物理在高中物理体系的基础上,扩展了力学、热学、光学、电磁学、近代物理领域的适用性;另一方面,大学物理针对材料类专业后续专业课程如《晶体学基础》《材料科学基础》等起到了重要的铺垫作用^[2]。同时,《理工科类大学物理课程教学基本要求 理工科类大学物理实验课程教学基本要求》2023 版中明确增加了“课程思政”等方面的内容,对于材料类专业课程体系的构建具有重要指导意义^[3]。因此,大学物理课程在材料类专业学生整个大学培养阶段起到承前启后的作用。在“新工科”背景下,针对材料类专业学生的大学物理课程建设与改革对于学生的培养与社会的接轨起到重要作用。

目前,针对于材料类专业大学物理课程的改革研究主要集中在课程内容的调整方面^[4-6]。如增加物理学史部分的内容,介绍材料学前沿知识内容^[7],或者针对大学物理课程内容中涉及到材料学研究部分的内容给予专门的介绍和铺垫^[8]。部分专家学者也根据本校材料科学与工程专业大学物理课程开展情况总结了该课程的教学体系构建基本思想^[9]。然而,调研发现,目前针对材料类专业学生,开展线上线下结合的大学物理课程的研究工作较少^[10-11]。本研究团队在前期的教学改革过程中重点突出了物理理论与演示实验结合对于培养学生的重要性。因此,作者结合本校大学物理开设的经验,基于材料类专业的授课特点,进行了针对性的教学创新设计体系构建。主要是为了增强大学物理课程的趣味性和实用性,提高材料类专业学生对于大学物理课程的认可度,培养大学生的家国情怀和社会使命及责任感,最终达到为社会和企业输送合格人才的目的。

1 重构教学内容体系

1.1 优化物理思维体系,为专业课夯实基础

物理学作为自然科学学科,其各部分研究内容间具有严密的逻辑链条。大学物理课程中力、

热、光、电、磁、量子物理和相对论部分的知识不是高中物理的简单扩展,其授课内容为材料类专业学生的学术潜质培养、科学思维体系构建均奠定了坚实的基础。例如,光的衍射是大学物理中重要的章节内容,其重点介绍了单缝夫琅禾费衍射中利用半波带法计算衍射产生的明暗条纹的基本原理,并进一步介绍了光栅衍射中明暗条纹的计算方式。光的衍射在材料学中的重要应用则是利用 X 射线衍射计算晶体的面间距结构。其中,明暗条纹的产生原理以及晶面间距与入射光波长间的关系将两部分知识联系在一起。大学物理热学中的热力学三大定律内容的学习为材料类专业学生《物理化学》课程的学习奠定重要基础。热学中涉及到气体变化过程中体积、压强、温度随着循环过程的变化关系等理论,在大学物理课程中重点培养学生思考物理过程、物理参量的相互影响关系。这部分内容是《物理化学》课程的基础,为后续学习焓、吉布斯自由能等知识奠定了基础。不仅如此,后续课程中仍有许多大学物理知识与材料类专业课间存在承前启后的关系。现针对笔者多年的教学经验,将大学物理课程与材料类专业后续课程的关联进行总结如表 1 所示。通过该部分章节内容的总结,可以在授课过程中为学生梳理出各个课程间的关系,让学生感受到各学期开设的课程并不仅仅是书面知识,更重要的是让学生体会到在课程衔接中,处处体现了教学的逻辑性、科学性和关联性。最终让学生理解基础课不仅可以为专业课奠定基础,也能够为专业的学习指明方向。

1.2 引入课程思政,坚持三全育人

大学物理课程思政建设是新时代中国高等教育理论创新和实践创新的重要表现形式。课程思政是全员、全程、全方位育人目标的重要举措。大学物理课程作为自然科学课程,其中包含了诸如科学创新的探索精神、爱国精神、家国情怀等。通过在大学物理课程中引入与材料学相关的思政元素,将为大学生的人才培养提供更为全面的引领作用^[12]。例如,在刚体的角动量定理与角动量守恒定律内容中可通过介绍力矩陀螺仪利用角动量守恒的原理进行工作,并进一步引出其在神舟飞船与中国空间站的精准对接中的重要作用,向同学们展示基础物理知识在国家重大工程中的重要作用,培养学生的爱国精神和民族自豪感。表 2 展示了作者

表 1 大学物理知识点及对后续课程的关系

知识点	大学物理章节	专业知识点	后续课程名称
衍射	波动光学 光的衍射	X 射线衍射	现代测试技术
电介质、超导	静电场中的电介质 超导现象	导电复合材料 超导复合材料	复合材料学
双折射 X 射线衍射	光的双折射现象	晶体的结构	晶体学基础
应力应变	物体的弹性形变及介质中的波速	轴向拉压应力与材料的力学性能	材料力学
刚体	刚体的定轴转动	刚体的简单运动、刚体的平面运动等	理论力学
扩散系数	气体的输运过程	扩散第一定律 扩散第二定律	材料科学基础
热容 共振	摩尔等压、等体热容 共振	晶格热容的量子理论 回旋共振	固体物理导论

表 2 大学物理授课内容融入课程思政案例

大学物理内容	课程思政内容	课程思政价值观
角动量定理和 角动量守恒定律	神舟飞船太空对接：神舟飞船总力矩为零，力矩陀螺仪转动，精确控制船体转动偏转，进行准确定位。	神舟飞船对接案例展现民族自豪感与民族自信心
静电场中的导体	静电除尘技术：利用高压电场使烟气发生电离，气流中的粉尘荷电在电场作用下与气流分离。	静电除尘技术是科学发展观、绿色发展道路的典型案例
温度与温标	第 26 届国际计量大会，对开尔文进行了重新定义：用普朗克常量进行定义，代替水的三相点定义。	温度测量的科学方法以及科学探索精神对于人类进步的重要意义
卡诺循环	热电厂卡诺循环的应用介绍：循环包括蒸汽锅炉、汽轮发动机、冷凝器和给水泵。	融入热量循环的可持续发展理念，展现绿水青山就是金山银山观念
受迫振动 共振	介绍杨利伟在神舟五号飞船升空中感受到共振的实例：火箭和飞船在三四十公里的高度开始急剧抖动，产生共振。	杨利伟神舟飞船经历为学生扩展载人航天精神
光栅衍射	2022 年我国首台 28nm 先进封装光刻机交付使用，实现后道光刻，解决“卡脖子”技术。	光刻机卡脖子技术显示科技报国精神，敢于攻克科技难题的攀登精神
圆孔的夫琅禾费 衍射	介绍中国天眼 FAST 射电望远镜利用圆孔夫琅禾费衍射原理以及南仁东教授事迹	射电望远镜装置体现科技进步、民族自豪感以及科学家的报国情怀
光的偏振	天宫二号搭载可以稳定测量伽马射线偏振信息的天极望远镜，有利于更好的理解黑洞的形成机理。	增强学生的民族自豪感和科技报国的情怀

在授课过程中把大学物理教学内容与课程思政进行融合的部分案例。希望通过这些案例的引入为材料类专业的学生以及同仁教师以启迪和展示。

1.3 拓展前沿知识，培养能力迁移思想

大学物理主要授课内容是经过近百年科学研究得出的经典理论，对于后续科学研究起到铺垫作用。但是，如何将经典的理论与当下热门的前沿知识结合起来，吸引学生的关注度和注意力，将

是课程的重要改革方向。本次面向材料类专业学生的大学物理课程体系创新设计中，将大学物理部分课程内容结合材料学专业的特点，在课程内容中全方位地融入前沿知识点，引导学生知识能力迁移和创新思维的培养。针对此部分内容，开展的案例工作如表 3 所示。例如：在介绍电容器部分知识的时候，可以结合材料类专业的特点，扩展超级电容器的电极材料以及能量存储方面的最

新研究进展。这部分内容不仅是当下的热点和前沿,同样也与材料类专业的学生发展方向紧密结合。希望通过前沿知识的扩展,能够进一步增加学生对于大学物理以及材料学专业的全方位认识以及对于新知识的求知欲。

表 3 大学物理授课内容融入前沿知识案例

大学物理内容	前沿知识
电容器	超级电容器在能量存储领域的研究进展
多普勒效应	多普勒超声心动图及张运院士研究
匀速圆周运动	天宫一号和天宫二号等飞行器的匀速圆周运动介绍
刚体定轴转动中的功和能	飞轮储能能源领域的应用
静电屏蔽	静电屏蔽现象在钠离子电池中的应用
霍尔效应	量子反常霍尔效应
电磁感应	超导现象以及室温超导的探索前沿
能量守恒	太阳能电池、锂离子电池前沿

2 转变教学模式,革新人才培养模式

针对大学物理课程中教学内容与材料类专业的其他课程间存在相辅相成、承前启后等诸多关联性,适时适度地开展教学模式的转变,以适应“新工科”背景下材料类专业的人才培养模式。课程主要采用线上线下结合的方式开展。线上平台选用学习通平台,在课程设置时,根据章节安排在构建课程中引入课程背景、知识拓展、知识应用、课程思政等相关链接视频。根据课程开展情况提前一天对授课学生进行开放。所设置的线上课程视频均控制在 20 分钟以内,避免长时间的视频内容造成的视觉疲劳和逆反心态。线下教学主要梳理重要知识点,重点关注课程内容的重点、难点知识,同时将课前视频与课程知识点进行紧密结合。课程中在讨论区设置适当的讨论题目,对学生进行分组讨论。教师需要适时地观察学生的回答情况,并进行总结。在此教学过程中,充分发挥 PBL 教学方法在课堂中的重要作用。如在刚体的角动量定理和角动量守恒定律内容讲解时,课前设置

神州系列飞船与空间站的对接视频,以及空间站外观结构的讲解视频。本部分重点突出物理知识在科技前沿的应用性,并与课程思政结合,培养学生民族自豪感和民族自信心。在课堂讨论环节,重点给学生展示奥运期间双人花样滑冰与跳水等比赛项目中运动员身体调整与控制转速间的关系。一方面引导学生思考奥运赛场上实例与物理理论知识间的关系,活跃课堂气氛,激发学生的求知欲和想象能力;另一方面,通过奥运赛场的拼搏精神激励学生勇于克服困难、善于打硬仗等思政元素。最后在课程尾声总结部分,需要为学生点出刚体的角动量定理和角动量守恒定律知识不仅在大学物理课程中学习,也在今后的课程如《理论力学》等课程中涉及到,建立不同课程间的衔接和过渡。

3 考核模式改变

针对本课程体系下大学物理课程采用线上线下相结合的授课方式,其考核模式同样有别于传统的以考试为主的授课模式。其主要目的是关注过程化、增强能力化以及全面培养化的综合考查模式。基于此,考核模式主要包括:签到、课堂互动、课程音视频、章节检测、分组任务、课堂讨论、作业、考试,如图 1 所示。其中:签到 5%,课堂互动 5%,课程音视频 15%,章节检测 5%,分组任务 10%,课堂讨论 5%,作业 10%,考试 45%。在该考核方式下,学生能转变初、高中思维中学习物理知识与做题的循环模式,将物理知识与实际生活中的实例、专业课知识紧密地结合在一起,同时也实现了课程思政的育人目标。大学期间的课程学习更倾向于传授知识与知识的灵活运用,而不仅仅是通过盲目地做题来决定学生最终的分数。同时,结合大学期间丰富的学科竞赛资源,我校同样培养学生积极参加各类物理学科竞赛,如偏重于大学物理理论知识的“全国部分地区大学生物理竞赛”以及偏重于实验物理的“物理实验竞赛”“物理学术竞赛”“大学生光电设计竞赛”等一系列的竞赛内容。竞赛活动的开展是对课堂知识的扩展和应用,并进一步将竞赛成绩与期末考试之间建立关系,鼓励学生参与竞赛的积极性。据统计,我校近三年来获得国家级竞赛奖项 17 项;华北地区奖项 56 项;北京市级奖项 39 项。课程结课后,多位同学表达了对于课程模式的肯定,并希望更多课程能够采用此类授课方式。

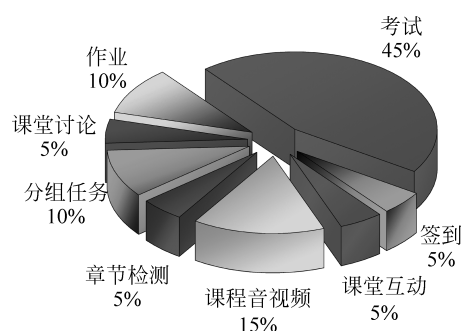


图1 考试成绩占比

4 结语

鉴于大学物理课程在材料类专业课程体系中的重要性,我们有针对性地开展大学物理课程内容的重构;通过强化大学物理课程与专业课间的内在知识和逻辑关系,突出大学物理课程的重要根基作用;通过引入大学物理中蕴含的课程思政元素,实现对学生润物无声的思政引导,实现三全育人的培养目的;通过科技前沿成果的展示,将大学物理教学知识与最新的科研成果紧密结合,为大学学生的科学素养培育奠定基础。基于教学创新设计体系的构建,重点培养学生对于知识的理解、贯通,培育学生的科学素养和人文素养。最终实现学生对于大学物理课程的喜爱,乐于学习以大学物理为代表的自然学科,为学生的后续学习、科研、工作助力起航。

参 考 文 献

- [1] 程亚. 物理教学:为科技强国造就一支具有原始创新意识的人才队伍[J]. 物理教学, 2019, 41(5): 2, 42.
CHENG Y. Physics teaching: cultivating a talent team with primitive innovation consciousness for a technological powerhouse[J]. Physics Teaching, 2019, 41(5): 2, 42. (in Chinese)
- [2] 蒙露芸, 王笑君. 近十年来中外物理教育研究领域现状及趋势浅[J]. 物理教学, 2021, 43(10): 75-77.
MENG L Y, WANG X J. The current situation and trends of physics education research in China and foreign countries in the past decade[J]. Physics Teaching, 2021, 43(10): 75-77. (in Chinese)
- [3] 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会. 理工科类大学物理课程教学基本要求 理工科类大学物理实验课程教学基本要求(2023年版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2023.
- [4] 白浪. 材料类专业的大学物理教学探索[J]. 读与写(教育教学刊), 2016, 13(7): 43, 47, 4.
BAI L. Exploration of college physics teaching in materials majors[J]. Read and Write Periodical, 2016, 13(7): 43, 47, 4. (in Chinese)
- [5] 叶芬, 成昊, 姜菁菁, 等. 地方高校大学物理课程教学改革的研究与实践—以铜仁学院材料专业为例[J]. 山东化工, 2018, 47(17): 148-149.
YE F, CHENG H, JIANG J J, et al. The research and practice of the teaching reform of university physics course in local university—A case study on material major of Tongren University[J]. Shandong Chemical Industry, 2018, 47(17): 148-149. (in Chinese)
- [6] 满玉红, 程南璞, 覃礼钊. 基于材料类专业的大学物理课程的教学改革探索[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, 39(5): 193-195.
MAN Y H, CHENG N P, QIN L Z. On exploration of teaching reform of university physics in materials discipline[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2014, 39(5): 193-195. (in Chinese)
- [7] 杜鹃, 王长征, 滕谋勇, 等. 材料专业大学物理教学内容的改革与实践[J]. 高教学刊, 2018(11): 132-134.
DU J, WANG C Z, TENG M Y, et al. Reform and practice of college physics teaching content for materials majors[J]. Journal of Higher Education, 2018(11): 132-134. (in Chinese)
- [8] 向荣. 普通高校材料学专业大学物理教学内容改革的几点建议[J]. 考试周刊, 2011(76): 10-11.
XIANG R. Several suggestions for the reform of university physics teaching content in materials science majors in ordinary universities[J]. Exam Weekly, 2011(76): 10-11. (in Chinese)
- [9] 王严东. 材料专业大学物理及实验课程教学体系的建设[J]. 大学物理实验, 2021, 34(5): 119-121.
WANG Y D. The construction of the teaching system of the college physics and experimental courses for materials majors[J]. Physical Experiment of College, 2021, 34(5): 119-121. (in Chinese)
- [10] 李存, 任俊亚, 吴瑞田, 等. 基于超星学习通的大学物理混合式教学实践[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(17): 31-33.
LI C, REN J Y, WU R T, et al. Mixed teaching practice of college physics based on superstar learning platform[J]. Heilongjiang Science, 2021, 12(17): 31-33. (in Chinese)
- [11] 孙小广. 基于学习通平台的大学物理混合式教学设计—以电磁感应为例[J]. 物理通报, 2022(7): 18-21.
SUN X G. Design of blended teaching for college physics based on the learning platform—taking electromagnetic induction as an example[J]. Physics Bulletin, 2022(7): 18-21. (in Chinese)
- [12] 蒋最敏, 魏心源. 在大学物理力学中的课程思政实践[J]. 物理与工程, 2021, 31(3): 92-96.
JIANG Z M, WEI X Y. Improvements in both values education and quality of teaching: a teaching practice in university physics mechanics[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(3): 92-96. (in Chinese)