

基于创新性应用型人才培养的《材料物理》教学改革与实践

沙 沙,王丽梅*,李洪亮,孙建之,李玉美,王新芳

(德州学院化学化工学院,德州 253023)

摘要:为突出学生学习能力、应用能力和创新能力培养,对《材料物理》课程的教学内容与设计、教学方式、考核形式与评价方法等方面进行了改革。构建了科学合理的教学内容,创建并实践了基于功能材料设计思路的教学设计,辅以“翻转课堂”教学方式改革,结合开放式作业改革与评价方法创新,形成了适合于创新性应用型人才培养的《材料物理》课程教学模式,促进了学生学习能力、应用能力、创新能力和综合素质的提高,实现了学生“知识-能力-素质”层层推进式的培养格局。

关键词:创新能力;应用能力;材料物理;教学设计;教学模式

2018年11月,教育部高等学校教学指导委员会成立,会议提出要全面振兴本科教育,解决好专业知识的学习问题,解决好能力培养的问题^[1]。德州学院在加强本科教学的同时,坚持注重提高学生的应用能力和创新能力^[2]。我校材料化学专业以“立足德州,面向山东,服务新材料产业”为基本定位,培养学生成为从事无机功能材料和高分子材料的合成研发、工艺设计、性能测试及生产管理的高素质、应用型“现场工程师”,也对学生的应用能力提出了更高的要求。

《材料物理》课程是我校材料化学专业的一门专业必修课,主要讲述无机(包含无机非金属和金属)材料和高分子材料的力学、热学、导电、介电、光学、磁学等性能及其基本理论和微观机制,以及控制和改善各性能的措施。课程内容理论推导较多,实际与理论联系较抽象,学生学习起来有一定难度^[3~6]。

为提高学生学习效果,对该门课程的教学进行了初步的改革和尝试,改革过程中,以学生为中心,注重训练学生的思维模式^[7],调动学生主动参与的积极性,有效提高了学生的学习能力、应用能力和创新能力。

1 课程知识结构构建,形成科学合理的知识体系

《材料物理》课程共有48学时,为解决好专业知识学习问题,对其知识结构及学时分配做了调整,除了包括热学性能、导电性能、介电性能、光学性能、磁学性能外,还增加了材料结构理论,并增加了力学性能的学时分配,如表1所示。

1.1 增加材料结构理论,做好先导知识储备

随着高校招生规模的不断扩大,材料化学专业中会有部分学生的学习能力较弱,对于《材料物理》先导课程诸如《材料科学基础》和《结构化学》等课程知识掌握的不够牢固,影响《材料物理》课程内容的学习。材料物理的基础部分以固体物理中的凝聚态理论为基础,要求学生学会从微观的角度去分析材料宏观的性能。

为做好知识衔接,有助于学生学习该课程,在《材料物理》课程的起始部分设置了一章内容:材料结构

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.03.010

收稿:2019-11-15;修回:2020-12-23;

基金项目:山东省青年教师教育教学研究课题(19SDJ026),教育部人文社会科学研究专项任务项目(工程科技人才培养研究)(15JGJC021),教育部高教司产学研合作协同育人项目(201702165009,201702126141),山东省本科教改项目(M2018X015),德州学院教学改革项目(2018012,2018072dvzvc20-16);

作者简介:沙沙(1985-),女,博士,主要从事高分子材料改性研究,承担材料物理的教学工作;

* **通讯联系人:**王丽梅,E-mail: wlm916@126.com.

表 1 《材料物理》课程知识结构及学时分配

Table 1 The knowledge structure and period distribution of the course of materials physics

知识领域	教学内容	学时
材料结构理论	原子结构、晶体结构和非晶、准晶、液晶的基本理论,晶体结构缺陷、缺陷形式,以及高分子的链结构和聚集态。	4
力学性能	形变:弹性形变、塑性形变、蠕变、粘弹性形变的概念和理论基础。 断裂:脆性断裂及断裂强度。影响材料强度、韧性的因素及强化和增韧途径。	12
热学性能	热容、热膨胀和热传导性能概念、理论基础及与材料宏观、微观本质的关系。材料的热稳定性及其判据。	8
导电性能	离子电导和电子电导的物理理论和影响因素,玻璃态电导,多晶多相固体材料的电导特性和固体材料电导的混合法则。	8
介电性能	介电性能的极化现象及其物理量,介质极化的形式及介质损耗的基本内容。介电击穿本质过程和击穿理论。铁电性及压电性。	6
光学性能	光传播电磁理论,各种光现象的物理本质,材料光学性能的影响因素。常用光学材料的简要介绍。	6
磁学性能	一般磁性能,铁氧体材料的性能与应用,几种常用的磁性材料介绍。	4

理论。简要介绍材料结构中原子结构、晶体结构和非晶、准晶、液晶的基本理论,晶体结构缺陷、缺陷形式,以及高分子的链结构和聚集态结构。强化了结构材料的固体物理基本知识,使学生对于材料内部的微观结构再到对固体结构都有着很好的理解和把握。

例如金属和陶瓷这些靠金属键、离子键、共价键等化学键结合的无机材料,其弹性形变是由于外力作用时原子在其平衡位置的移动,所以弹性形变量很少超过 1%;而如橡胶等通用高分子材料中分子链呈无规线团状相互贯穿在一起,在外力作用下,大分子链被拉伸,形变量达到甚至超过 1000%,因此,橡胶是一种具有高弹性的材料^[8]。

1.2 增加力学性能学时,完善学生知识结构

鉴于我校材料化学专业并未开设《材料力学》课程,适度加大了力学性能的学时分配,从原来的 6 学时,增加到 12 学时。形变部分主要介绍无机和高分子材料在外力作用下发生弹性形变、塑性形变、蠕变、粘弹性形变的概念和理论基础。断裂部分主要介绍材料的脆性断裂及断裂强度。此外,还会介绍材料强度、韧性的影响因素及提高材料实际韧性和强度的途径。毕竟材料的各种性能中,力学性能是最基本和最重要的,所以介绍的较为详细。

以材料的蠕变为例,无机材料要在较高温度下才可能发生蠕变,即高温促进晶粒内位错攀移和晶界处粘性流动导致蠕变。高分子材料因为具有粘弹性特征,其蠕变过程包含:普弹形变、高弹形变和粘性形变。通过在大分子链间发生化学交联来阻止分子链间的滑移,就可以得到兼具高弹性和高强度的硫化橡胶^[9]。

2 课程教学设计规划,打造基于功能材料设计的教学过程

《材料物理》内容除包括力学性能外,更多课时集中在了光热电磁等功能性能的介绍。通过多年教学经验,总结出基于功能材料设计思路的《材料物理》课程教学设计,如图 1 所示。

如图 1 所示,将大类材料的用途作为导入,利用“学有所用”来吸引学生,进而引导学生理解材料物理性能及其用途间的本质联系。然后以材料物理性能为核心(设计目的)而展开,让学生明白如果想要获取相应的性能,则必须掌握该性能的物理本质、变化规律和影响因素(设计原理)。当学生从设计功能材料的角度对大类材料产生一个完整的认识后,再通过案例法讲授具体材料的科学研究过程,即通过设计合成具有一定物化性质和基本结构的材料,保证其具备一定的性能指标,实现以“结构-性能-应用”为主线的《材料物理》课程内容组织流程。

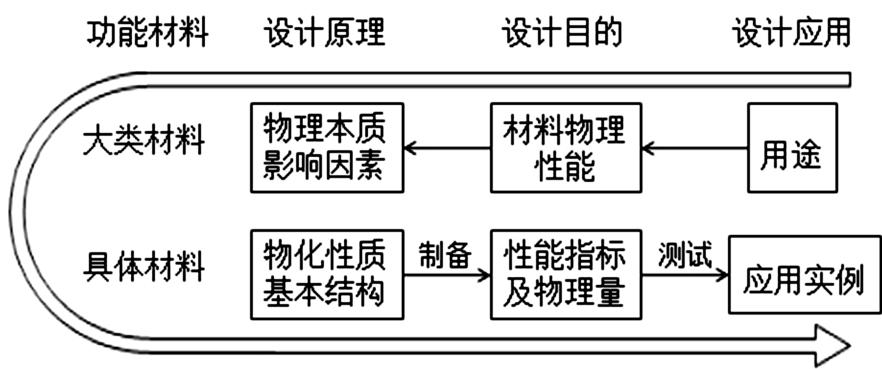


图 1 《材料物理》课程教学设计
Figure 1 The teaching design of the course of materials physics

以导电性能中离子电导为例,将大类材料——“无机固体电解质”这一具有离子电导的离子晶体作为导入,告诉学生这利用的就是离子导电性能。然后讲授离子电导的导电机制以及离子电导率的影响因素。在学生从微观本质角度理解了固体电解质的离子导电性能的基础上,引发学生思考,无机材料具备什么样的结构特点,才可为离子提供快速扩散通道呢?

然后通过介绍具体实例——“ZrO₂ 的固溶”来解决这一问题。ZrO₂ 中固溶 CaO、Y₂O₃ 可获得稳定型 ZrO₂,从结构上可获得大量氧空位,进而导致高温下 O²⁻ 快速扩散。所以,1000℃下,当固溶 13% (mol)CaO 或 8% (mol)Y₂O₃ 时,实现了极低的电导激活能和极高的离子电导率。稳定型 ZrO₂ 的重要应用之一是作为固体氧化物燃料电池的电解质。

对比“聚合物固体电解质”的离子电导^[10,11],则先要产生足够数量的载流子,然后在大分子链内和链间形成扩散通道,那么从结构角度出发该如何实现呢? 聚合物分子链中应含有能与碱金属阳离子形成配位键的给电子能力很强的原子或基团,即对离子有一定的“溶解作用”,使聚合物中存在离子型载流子。然后,配位中心间距离适当以便形成多元配位键,大分子链也要足够柔顺,同时,还要提供阳离子的扩散通道。以聚醚为例,其大分子链呈螺旋体空间结构,与其配位络合的阳离子在大分子链段运动作用下,就能够在螺旋孔道内通过空位扩散。

对二者进行综合分析比较会发现:“聚合物固体电解质”除了具备“无机固体电解质”较好的离子导电性能之外,还具有高分子材料良好的成膜性等特征,所以除了可应用于燃料电池,还可应用于锂离子电池、超级电容器、传感器和电致变色器件等领域^[12~16],最终使得学生建立了以“结构-性能-应用”为主线的知识架构。

因此,教学内容的合理组织以及教学流程的重新规划,使得单调的教学课堂转化为学生的科学探索过程,不仅增添了学习趣味,还培育了学生在探索中的创新思维。使学生从物理效应和微观机制角度研究、设计和应用材料,建立《材料物理》课程的思维模式。

3 尝试翻转课堂,突出能力培养

除了在教学过程中引入案例教学外,还采取“翻转课堂”的方式来组织教学。部分课程内容设置成研讨题目,让学生课下查资料,课上分组展开研讨,选派代表对结论进行解说,教师点评。

研讨题目的设置遵循材料的“组成-结构-性能”相互关联的规律,引导学生采用“宏微观相结合”法来分析和解决问题。例如,“比较高分子材料与无机材料的导热性能,及如何提高高分子材料的热导率?”。

首先从微观本质角度来看,需先明确高分子材料的导热机制:高分子材料一般没有自由电子,所以金属热导率较大;在其使用温度下一般也不会发生明显的光子导热,所以主要的导热机制是声子导热。进而启发学生从高分子材料组成与结构的角度来分析其导热性能:高分子的结晶度相比无机非金属材料低

得多,结晶完善度也不太好,这使高分子内部本身就存在许多界面、缺陷等,其声子散射相比无机非金属材料严重的多。所以,一般高分子材料本身的导热性能较差,常用做隔热和保温材料。

学生在明白了材料结构对性能的决定作用之后,便可分析出:通过合成、加工的过程使高分子具备高度结晶、取向,减少声子散射,可以提高热导率;或者添加高导热填料做复合材料。

学生在研讨过程中,不仅提高了知识水平,还提升了对材料进行设计、制备和改性的能力,实现知识向能力的转化,同时也利于学生创新思维的培养。教师始终关注学生之间的交流情况,对那些不能够迅速和准确理解课程内容的学生进行个性化辅导。此种方式使得师生之间、学生之间得以充分地讨论和交流,能够帮助到不同能力的学生。

总之,对教学方式的改革坚持以学生为本,避免了传统教学都是以教师为中心而往往采取填鸭式教学所带来的弊端,教师的角色不再是简单的课程内容讲授,而是从事教学指导的导师,学生也成为更好的学习者和参与者,在课堂上不再开小差,而是多动脑、勤思考,全身心地投入到学习中,极大地改善了学习效果,达到真正锻炼学生应用能力和创新能力的目的。

4 改革作业形式,注重学生的自主实施

作业的目的不仅仅是提高学生对课程知识的吸收率,更重要的是通过完成作业的过程激发学生对世界的好奇心和求知欲,培养学生吸收新信息能力、应用知识能力和创造性思维能力。基于此,对作业形式进行了改革,改革后作业的设计原则是注重学生的自主实施。

例如,在学期末,让学生从力学、热学、导电、介电、光学、磁学性能中至少选择一种,介绍与其相关的某种材料,体现材料的奇、趣、美。从材料的物理性能及其原理和微观机制,材料化学成分、组织结构与性能间关系,不同环境条件下物理性能变化规律等方面进行阐述。对于完成方式,学生可以选择是录制讲解小视频,或是形成书面小论文。

作业布置时间为学期初,让学生有着充分的时间对自己的作业进行打磨,随时修改、持续改进。将“材料科学与工程”和“高分子科学前沿”等材料类微信公众号推荐给学生,鼓励并引导他们关注当代材料科学发展前沿和最新成果,不仅为自己的作业提供素材,而且养成平时积累的良好学习习惯。

表 2 为授课班级完成的部分优秀作业。《木塑》介绍了木塑复合材料由于内含纤维并与塑料充分混合,因而具有与硬木相当的抗压、抗弯曲等物理机械性能。《透明木材》介绍了木头如何在光学上实现透明,首先去除木头中有颜色的木素成分,然后填充光折射率匹配材料环氧树脂,利用环氧树脂接近光学玻璃的折射率而造成透明的效果。

表 2 德州学院材料化学专业学生的部分优秀作业标题和涉及的相关性能

Table 2 Some titles and related properties of the excellent assignments of students for the material chemistry specialty in Dezhou University

作业标题	木塑	透明木材	高超声速飞行器	“超导”石墨烯	“隐形”飞机
相关性能	力学性能	光学性能	热学性能	导电性能	磁学性能

通过完成该种形式作业,开发了学生的学习潜力,培养了学生的知识拓展能力。学生见识到了多种性能优异的材料,尤其是复合材料,且加深了对课堂上所学内容的理解,也明白了“学有所用”,提高了学生的实际应用能力,为将来改善材料性能和开发新型材料打下良好基础。

5 创新评价方式,设计 Rubric 量规,增加过程考核比例

针对作业形式改革,对这种开放性作业的评价方式也进行了改革,取代了之前的终结式评价方式,而是采用过程性评价,设计 Rubric 量规对作业进行评价。Rubric 量规是一种用文字说明的评分指引,明确

列出了学习表现的每一项评价指标,并清晰地描述了每项指标的不同层次水平的评价标准^[17~20]。

表 3 作业之材料的奇趣美的 Rubric 量规
Table 3 The rubric of the assignment on the peculiarity, interest and beauty of materials

	优秀 90 分(含)以上	良好 80 分(含)至 90 分	一般 70 分(含)至 80 分	需改进 70 分以下
对材料“奇趣美”的体现程度(20%)	充分体现了材料的“奇趣美”,带给人以“奇趣美”的震撼享受。	较好地体现了材料的“奇趣美”,比较吸引人。	对材料的“奇趣美”体现程度一般,介绍的现象为很多人所熟知。	选取的材料平淡无奇,过于普通,太常见。
对材料“奇趣美”现象的理论解释(40%)	阐述的理论能完全解释通所选取的现象,且对现象描述正确,解释到位。	阐述的理论能较好地解释所选取的现象,且诠释水平较好。	阐述的理论不能完全解释通所选取的现象,且现象描述不精准。	阐述的理论与所选取的现象毫无关联。
阐述能力(20%)	思路清晰,准确表达,主旨明确。	思路较清晰,表达比较准确,主旨较明确。	思路清晰程度不好,表达水平一般,主旨不鲜明。	思路混乱,表达不够严谨,主旨不突出。
展现形式(20%)	形式新颖而丰富,视频中有材料现象小实验的实际展示等,配以本人出镜解说,有很好的观赏效果。	形式比较丰富,视频中有ppt的播放等,配以本人出镜解说或旁白解说。	展现形式一般,视频中仅有本人出镜解说,并没有其它形式的辅助展示。	形式单一,大段的论文文字,或适当配以图片说明,展现形式过于枯燥。

以上文中提到的作业为例,根据学生介绍材料的奇趣美过程中对材料物理性能及其原理和微观机制,材料化学成分、组织结构与性能间关系,不同环境条件下物理性能变化规律等几方面的理解能力和口头或书面阐述能力做成量规,如表 3 所示。给出相应的平时成绩,并且加大平时成绩的比例,消除了“一卷定生死”的弊端(即课程结束时所进行的书面考试大多以记忆为考核中心)。而这种与课程同时进行的过程性评价,则是对学生进行知识、能力、素质的全面综合评价,在教学前呈现,对学习起到导向作用,引导、刺激学生持续学习,使得各方面能力得到了全面发展。

6 结语

通过对《材料物理》课程教学改革的探索与实践,优化了教学内容,构建了基于材料设计思路的教学设计,运用了“翻转课堂”教学方式,改革了课程考核办法,促进了学生学习能力、应用能力和创新能力的提高,提高了材料化学专业学生的综合素质。我们将不断进行《材料物理》课程的教学改革,为全面培养创新性应用型的高素质复合型人才而继续努力。

参考文献:

[1] 陈宝生. 在 2018~2022 年教育部高等学校教学指导委员会成立会议上的讲话, 2018.
[2] 王丽梅. 高分子通报, 2014, 7: 120~123.
[3] 耿桂宏, 马金福, 房国丽. 科技信息, 2012, 25: 22~23.
[4] 刘亚冰. 长春教育学院学报, 2012, 3: 83~84.
[5] 尹奇异, 赵娉芳, 阳杰, 李少波, 田长安. 赤峰学院学报(自然科学版), 2014, (4): 202~204.
[6] 李桂杰, 李敏. 教育教学论坛, 2015, 33: 264~265.
[7] 万红, 白书欣. 高等教育研究学报, 2009, 153: 21~23.
[8] 王国梅, 万发荣. 材料物理. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2008, 365~366.
[9] 何曼君, 张红东, 陈维孝, 董西侠. 高分子物理(第三版). 上海: 复旦大学出版社, 2018, 232~234.
[10] 曾来祥, 王新灵, 唐小真. 高分子材料科学与工程, 2003, 1: 144~147.
[11] 郭小芳. 聚合物固体电解质的制备及性能研究. 兰州: 西北师范大学, 2006.

[12] 王葛廉, 计文希, 陈婧, 王晓鹏, 张韬毅, 张辽云. 高分子通报, 2019, 9: 1~14.

[13] 张建军, 杨金凤, 吴瀚, 张敏, 刘亭亭, 张津宁, 董杉木, 崔光磊. 高分子学报, 2019, 9: 890~914.

[14] 董甜甜, 张建军, 柴敬超, 贾庆明, 崔光磊. 高分子学报, 2017, 6: 906~921.

[15] 齐德江, 姜竹楠, 于佳, 高志强. 材料导报 A: 综述篇, 2016, 2: 144~149.

[16] Huang M R, Tao T, Li X G, Gong Q C. Am J Phys, 2007, 9: 839~843.

[17] Andrade H. Educ Lead, 1997, 4: 14~17.

[18] 张向众, 李永琚. 外国教育研究, 2004, 12: 50~53.

[19] 张颖之, 李秀菊, 刘恩山. 生物学通报, 2007, 3: 40~42.

[20] 崔亚飞, 经庭如. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), 2015, 1: 123~125.

Teaching Reform and Practice of Materials Physics Based on Training Creative Applying Talents

SHA Sha, WANG Li-mei^{*}, LI Hong-liang, SUN Jian-zhi, LI Yu-mei, WANG Xin-fang
(College of Chemistry and Chemical Engineering, Dezhou University, Dezhou 253023, China)

Abstract:In order to improve learning, application and innovation abilities of students, the course of materials physics has been reformed, such as teaching contents and design, teaching methods and assessment methods. Constructing scientific and rational teaching contents, creating and practicing the teaching design based on design idea of functional materials, flipping the classroom, reforming assignments and innovating evaluation methods, thus the teaching mode of materials physics suitable for training creative applying talents is established, the learning, application and innovation abilities as well as the comprehensive quality of students are enhanced and the “knowledge-ability-quality” education pattern of talents is completed.

Key words:Innovation ability; Application ability; Materials physics; Teaching design; Teaching mode