

电子科学专业固体物理课程教学探索研究

贾 静^{1,2}, 殷 澄², 孙晶晶³

¹常州工学院电气信息工程学院, 江苏 常州

²河海大学物联网工程学院, 江苏 常州

³上海市甘泉外国语中学, 上海

Email: jiasujing2@126.com

收稿日期: 2020年10月17日; 录用日期: 2020年10月28日; 发布日期: 2020年11月5日

摘 要

本文以电子科学专业培养目标为出发点, 主要介绍了针对电子科学专业固体物理课程的教学改革, 在教学内容、教学方法、考核方式三方面开展探索研究。首先, 对传统的固体物理内容进行整合, 同时引入前沿热点、科技前沿成果案例和专题讲座, 激发学生学习热情。其次, 随着互联网技术的日新月异, 新的教学手段层出不穷, 在此引入了线上线下混合教学、翻转课堂、仿真实验研究和案例分析, 活跃课堂气氛, 培养学生实践探索能力。最后, 考核成绩采取多样化评分的方式, 成绩包含了四部分: 期末考试、案例研究、科学报告和平时成绩, 淡化卷面成绩占比, 充分展示学生自主学习和科研探索能力。通过上述改革, 使得固体物理教学紧跟电子科学专业的发展步伐, 为推动创新性人才的培养提供新的思路和方法。

关键词

固体物理, 教学探索, 教学方法, 考核方式

Exploration on the Teaching Method in the Solid State Physics Course of Electronic Science Major

Jing Jia^{1,2}, Cheng Yin², Jingjing Sun³

¹School of Electrical Information Engineering, Changzhou Institute of Technology, Changzhou Jiangsu

²College of Internet of Things Engineering, Hohai University, Changzhou Jiangsu

³Shanghai Ganquan Foreign Language Middle School, Shanghai

Email: jiasujing2@126.com

Received: Oct. 17th, 2020; accepted: Oct. 28th, 2020; published: Nov. 5th, 2020

Abstract

Based on the undergraduate training goal of electronic science major, this paper focuses on the teaching exploration of solid state physics, which mainly includes three aspects: the teaching contents, teaching methods and examination methods. First, the content of traditional solid physics is adjusted and integrated, whilst some hot issues in the academic frontier are introduced via special lectures to stimulate student interest in learning. Secondly, due to the rapid development of the internet, there is a fast growth of novel teaching methods, such as online and offline mixed teaching, inverted classroom, numerical simulation project, etc. Thus the class is more dynamic, and the practice abilities of the students are cultivated. Finally, the assessment is diversified, which consists of four parts: test scores, case study, scientific report, and daily performance. Consequently, the proportion of the test scores is decreased since the final score values highly on autonomous learning and scientific research ability. Through the above reforms, the teaching of solid state physics can keep up with the development pace of the electronic science major and inspires the cultivating of creative talents.

Keywords

Solid State Physics, Teaching Exploration, Teaching Methods, Examination Methods

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

固体物理是研究固体的结构及其组成粒子(原子、离子、电子等)之间的相互作用与运动规律,以阐明其性能与用途的学科,发展制备材料和器件的新工艺和新理论[1],是电子科学专业重要的理论基础课程。此课程前期需要力学、量子力学、统计物理等学科的预备知识,学习难度较大[2]。同时,固体物理又是半导体物理的基础,在电子科学专业的培养方案中有着举足轻重的地位。目前,科学技术日新月异,新技术、新方法层出不穷,教学方法、教学理念也要与时俱进,从而培养出具有高素质的创新人才。2020年以来,在新的国际大环境下,电子科学专业成为国家至关重要的战略方向,其更侧重于学生的探索创新,实验实践能力。而传统的固体物理学授课更侧重于学生的学习,侧重于基础教学:理论性强、抽象难理解、数学公式复杂,忽略了理论与实验、实践的结合,易造成教学效率低,学生厌学情绪,并对固体物理在电子科学专业存在的必要性产生了疑问。

高校的职责是学生的培养,对本科生的教育是教育培养的核心内容,本科生素质的高低影响着的国家科技创新发展的步伐。国家发改委编制《战略性新兴产业分类(2018)》,是以重大技术突破和重大发展需求为基础,对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用,知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的产业[3]。其中,第一个新一代信息技术产业包含的电子核心产业,即为电子科学专业学生培养的最终目标和方向。特别是自2018年美国制裁中兴事件[4],2019年和2020年华为芯片断供事件以来,大国博弈下的中国芯片产业,需要尽快走过“芯痛”短板,迎接新生[5]。芯片人才培养,特别是培养芯片设计、智造前沿技术人才至关重要。电子科学专业以国家发展战略为指引,以为中国芯培养人才为目标。固体物理学的授课应以电子科学专业教学目标为目标,培养“芯”型人才,跳出理论

教学的圈子。

2. 电子科学专业固体物理教学的改革探索

固体物理的基础知识和基本理论的教学,其目的是为电子科学与技术专业后续课程打基础,并培养学生分析问题、解决问题、进行创造性思维的能力。高校科研与教学并重,科研能力的培养主要是对硕士、博士等;对于本科生专注于教学讲授,对其在科研方面的没有好的引导,因此本科生对科研的兴趣和积极性不高,认识不到位。同时本科生课堂学习任务重,难有连续时间进入科研开展系统研究,变相限制了固体物理这门理论性强、抽象程度高的课程在电子科学专业的教学,因此主要在以下几方面进行改革:

2.1. 教学内容整合

纵观多年的教学情况,固体物理一直局限于《固体物理》的相关教材,授课内容都是以书为本,教学内容数十年基本没有变化,使学生感觉倦怠、无趣,已经不能适应新时期、新生代本科生的教学。因此需要在传统的固体物理内容中整合和引入前沿、热门知识,使学生觉得这是一门有意义,有用处的课程。因此,我们尝试在以下几方面内容进行改革:

1) 通过晶格结构章节的讲述,学生发现固体物理课程与其他课程无论是在内容上还是理解上大相径庭,特别是对这门课做什么,有什么用,学生有种云山雾罩的感觉。为了引起学生学习的兴趣,在倒格矢的讲述与 X 射线衍射方法相结合,引入日常案例:体检中 X 光胸透检查,CT 成像。理论与实际应用的结合,使固体物理这门课落地到学生的心中,产生学习的兴趣。

2) 晶格振动和晶体热学性质是固体物理授课的重要章节,知识点多,公式推导多,需要用到高等数学、大学物理、复变函数等课程知识,学生学起来只有一种感觉——难、冗杂。在讲授单原子链和双原子链的时候,着重介绍周期性结构。此部分初步介绍滤波应用,如低通滤波、带通滤波。同时引入前沿知识声子晶体的概念和声子晶体的应用—声学隐身[6],潜在应用于隐身飞机,使雷达探测不到。同时让学生查找关于隐身方法、应用,在学习过程中拓宽思路。

3) 能带论章节是本课授课的关键点,但是其理论性、抽象性更强,理论公式推导更复杂,对于基础薄弱的同学的学习是一种挑战。首先,授课过程中将其与倒格矢相结合,理论上理解能带的由来。其次,引入前沿热门的光子晶体概念,将固体物理的能带与光子晶体的能带相结合。潜在的应用:设计光芯片,从技术上突破美国的封锁,实现弯道超车。理论与实际应用的结合,特别是实际热门案例结合,使学生不仅对本课程感兴趣,同时对电子科学专业学生未来的发展充满信心。

4) 结合固体物理课程,开设专题讲座,将科学前沿应用介绍给学生,同时要求学生查找相关资料,自拟题目,完成一份报告。

2.2. 教学方式多样化

传统的固体物理的授课是以书为本,按照教学大纲要求照本宣科。理论推导贯穿教学过程始终,使得课堂缺乏灵气和活力,学生厌烦。只有理论教学,没有实践与应用也不符合电子科学专业的培养目标。随着互联网技术的日新月异,新的教学手段层出不穷,我们也要将其引入到固体物理的授课过程中,为国家的战略规划培养合格的人才。

2.2.1. 线上线下混合教学

由于疫情影响,本轮授课为网上教学,从头至尾采取了钉钉这个平台进行网上上课,学生可以随时观看完整的回放,反复去观看不理解的知识,这是网上教学的优势;但是对于学习态度欠优的同学,则缺乏有效的监督,即使平台提供了视频学习的详细信息,但是也无法保证学生真正将精力投入到学习

中。在今后的网络教学中,一定要建立合理有效的监督机制,督促学生自主学习。

正常的教学环境下,线上线下结合的教学方式是我们教学的重要手段。对于授课过程中的关键知识点、难点、教学大纲外的重要知识点录制了 16 个授课短视频,有效覆盖全部课程,上传到了学习平台。

1) 线上作为线下教学的补充手段。学生对于线下授课不能及时理解的难点,可以在线反复观看视频学习。而教师可以通过学生对视频的点击量、观看进度,掌握学生对该部分知识的掌握是否牢靠,可以针对性的加强教学。2) 定时推送学习任务。每章选取一两个知识点,授课前一两天推送给学生进行自主学习,学生的完成情况计入平时成绩。课堂上跳过内容讲授,直接对知识点进行讨论。提高了学生学习态度,活跃了课堂氛围,巩固了知识点。3) 线下授课时,即兴发布随堂练习或者讨论话题,学生当堂完成。学生的回答被保存在学习平台,教师了解了学生学习情况,有针对的进行后续课堂环节的设计。4) 线上签到。节约时间,留给授课教师和学生更加充裕的互动时间。

2.2.2. 翻转课堂

对于传统式固体物理教学,学生基本都是机械式接收,对于物理意义的理解程度、理论公式的运用等基本无反馈,容易造成学生前面知识点掌握不熟练,后面知识点不知所云。为了学生更加牢固的掌握知识点,采用翻转课堂的上课模式。根据课程内容、知识点的难易程度,结合已录制的线上视频,总结出 6 个具有研究价值的问题。学生按照不多于 5 人自愿组成一个小组,每组学生选择一个问题作为展示内容,挑选两个备选问题进行讨论,且最多两组学生选择同一个问题作为展示内容。通过教科书预习、线上视频讲解,互联网资料查询,自主学习掌握内容。自学过程中遇到问题可以通过线上学习平台留言、电话、QQ 留言或邮箱等方式与老师沟通交流。组内同学共同讨论,自行分工(查资料、准备演示 ppt、主讲等),互相配合。为了让课堂时间更加有效利用,学生在上课前将简明大纲提前上缴;在课堂上,学生作为主讲老师登上讲台讲解,展示时间为十分钟;展示结束后,有五秒钟时间段作为学生的讨论、提问阶段;最后老师对其进行评分、点评。翻转课堂使学生对知识点理解更加通透,在后面案例分析、仿真实验教学环节如鱼得水,最终在期末考试的相关知识点得分明显提高。

2.2.3. 仿真实验研究、案例分析

电子科学专业学生的培养目标是实践应用为主的,在上述教学方法改进的基础上,教师可以通过启发式教学、案例式教学与学生互动,讲授科技前沿成果和科学研究方法,并及时将课题研究的最新成果充实到教学内容中。本门授课采用 MATLAB 数值仿真对教学过程中的案例进行仿真,如图 1 所示;利用 COMSOL 有限元仿真软件对引入的科技前沿案例进行数值仿真,如图 2 所示。仿真过程既锻炼了学生的编程、软件操作使用的能力,又增强了学生对知识点的理解,对科技前沿成果的认知,并激发学生对科研的兴趣。

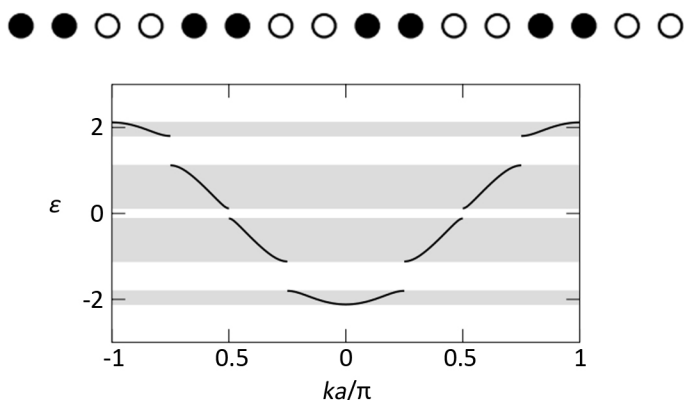


Figure 1. The dispersion curve of diatomic chain with four atoms per period

图 1. 每个周期含 4 个原子的双原子链模型的色散曲线

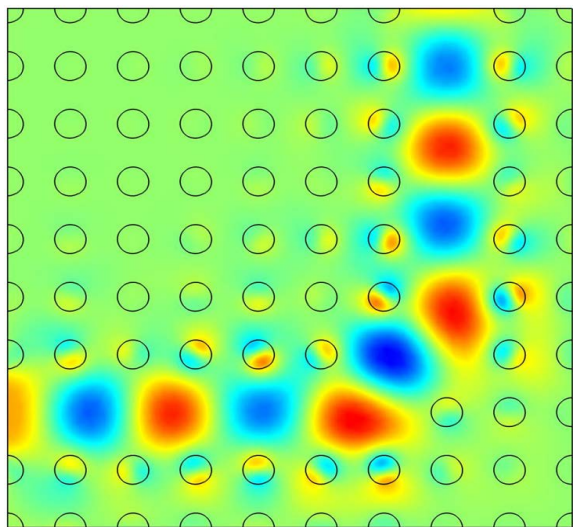


Figure 2. 150 THz electromagnetic wave passes through the periodic structure
图 2. 频率为 150 THz 电磁波通过如图所示周期性结构

2.3. 考核方法逐步改进

局限于传统固体物理的理论性强，实践应用弱，评价学生学习成果的方式包含平时作业，课堂出勤和期末考试。这种考核方法有其局限性：作业仅仅能反应完成教师布置任务的态度认真与否，不能完全反应课程是否学会、学懂、会用；出勤代表了学生对学习的尊重，并不表示学生对固体物理课程感兴趣，愿意主动学；期末考试一定程度反映了学生的学习情况、更多的考察了学生对已有题型的解题能力，不能真实反应学生的实践能力。通过三者占比给学生最终评价，个人认为不是很客观，也不符合学以致用教学目标。现在教学方式多样性，线上线下配合、翻转课堂、案例分析、仿真实验、科学报告等。因此，改革后的总评成绩包含了四部分：期末考试成绩占比 50%、案例仿真分析成绩占比 10%、科学报告成绩占比 10%、改进的平时成绩占比 30%，如图 3 所示。固体物理在科研中的应用的案例和仿真实验评分，科学前沿讲座基础上完成的科学报告评分，体现学生对内容的理解，以及所学知识的综合运用。平时成绩的出勤被线上的随堂练习、讨论取代，同时增加了翻转课堂的评分。改革前三年期末考试成绩分别平均值分别为：67.5，68.9，68.4，总评成绩平均值为：70.2，71.3，71.0。经过近三年改革教学，固体物理期末考试平均成绩为：71.4，69.9，70.6，分值提高了 1~3 分；总评成绩分别为 77.6，75.2，76.8，与改革前比有了显著的提高。同时，学生对教师的评教也有显著提高，很多学生觉得课程教学多样化，激发了学生的学习兴趣，锻炼了学生的能力。多样化的评分，淡化了期末成绩占比，更好锻炼学生学习实践能力，激发了学习兴趣。

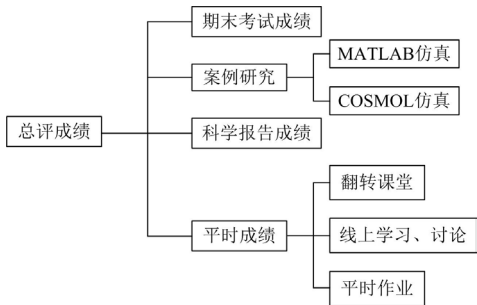


Figure 3. The composition of the grade
图 3. 总评成绩组成

3. 结束语

本文针对电子科学专业介绍了固体物理课程的教学改革探索。第一，教学内容整合：倒格矢的讲述与 X 射线衍射方法相结合，引入日常案例：X 光胸透检查；单原子链和双原子链着重介绍周期性结构，引入前沿知识声子晶体的概念和声子晶体的应用 - 声学隐身；固体物理的能带与光子晶体的能带相结合，潜在的应用：设计光芯片，从技术上突破美国的封锁，实现弯道超车。第二，教学方式多样化：线上线下混合教学、翻转课堂、仿真实验研究和案例分析，活跃课堂气氛，培养学生实践探索能力，锻炼了学生的独立自主学习能力、分析问题解决问题能力，同时增强了学生对知识点的理解，对科技前沿成果的认知，并激发学生对科研的兴趣。第三，考核方法逐步改进，包含了四部分：期末考试；科研应用的案例和仿真实验评分；科学前沿讲座基础上完成的科学报告评分；平时成绩的改进，淡化卷面成绩占比，充分展示学生自主学习和科研探索能力。通过上述改革探索，使得固体物理教学紧跟电子科学专业的发展步伐，为推动创新性人才的培养提供新的思路和方法。

基金项目

国家自然科学基金项目“基于激光超声的楔体缺陷检测与评估方法研究”(11704096)。

参考文献

- [1] 葛奔. 材料专业固体物理教学实践探索与反思[J]. 科技视界, 2017(21): 11-13.
- [2] 黄昆, 韩汝琦. 固体物理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [3] 国家统计局. 战略性新兴产业分类(2018) [J]. 中华人民共和国国务院公报, 2019(5): 41.
- [4] 钮文新. 中兴事件激发“中国芯” [J]. 中国经济周刊, 2018(16): 3.
- [5] 武志军. 创“芯”行动[J]. 中国品牌, 2019(7): 26-35.
- [6] 科学网. 中科院声学所首次制备水下声学隐身毯[J]. 科学家, 2017, 5(7): 10004.