

“金课”建设引领下原子核物理课程改革与实践

姚青旭, 陈佳林, 范启蒙, 秦晋, 尹聪

火箭军工程大学, 陕西 西安 710025

DOI: 10.61369/RTED.2025250032

摘 要 : 在“金课”建设大背景下, 原子核物理课程按照两性一度建设要求, 优化了教学内容, 补充了案例知识, 融合虚拟仿真、动画等信息技术, 探索了基于“信息+”的“线上线下”混合教学模式, 进一步完善了课程教学目标达成的全过程评价机制。希望能为原子核物理课程教学改革与实施提供参考。

关 键 词 : 原子核物理; 金课; 课程改革

“Gold Course” Construction: Leading the Reform and Practice of Nuclear Physics Courses

Yao Qingxu, Chen Jialin, Fan Qimeng, Qin Jin, Yin Cong

Rocket Force University of Engineering, Xi'an, Shaanxi 710025

Abstract : Under the overarching context of "High-Quality Courses" development, the Nuclear Physics course has optimized its teaching content, supplemented case studies, integrated virtual simulations and animation technologies, and explored a "blended online-offline" teaching model based on "Information+". This approach further enhances the comprehensive evaluation mechanism for achieving teaching objectives. The study aims to provide reference for the reform and implementation of Nuclear Physics course teaching.

Keywords : nuclear physics; golden course; curriculum reform

2019年教育部印发了《关于一流本科课程建设的实施意见》, 对本科课程建设明确了总体要求, 提出了一流课程要具有高阶性、创新性和挑战度(即所谓“两性一度”), 着力打造“金课”, 淘汰“水课”^[1-2]。作为物理学的重要重要分支课程, 原子核物理课程是国家核工程类专业一门重要的学科基础课, 也是学生由科学文化通识学习迈向专业理论学习与岗位实践培养的重要基石, 该课程的建设质量对核工程类专业人才培养至关重要^[3]。我校原子核物理课程历经三轮本科人才培养方案改革, 一直是我校辐射防护与核安全专业的核心课程。课程团队对照“金课”建设两性一度要求, 基于产出导向、学生为中心的OBE教学理念, 围绕教学内容优化、教学模式改革及评价机制建立开展了系列建设。

一、立足课程体系特点, 优化教学内容

我校辐射防护与核安全专业的学生未来应当具备从事核设施或核活动中辐射防护、辐射监测、核安全管理、核应急等多岗位的专业技能, 能够针对工程实践中的辐射领域问题开展机理分析、行动方案设计等工作。为胜任未来职业发展需求, 学生应具备宽厚的专业基础、宽广的科学视野以及丰富的实践场景知识, 因此在教学上应结合学校教学规律, 瞄准国家核行业发展规划, 对课程教学内容固本培元, 增强补弱。

(一) 补充背景知识

《原子核物理》是描述微观原子核相关运动变化规律的课程, 属于物理学的分支学科^[4]。本科学生从大学物理一般需要通过量子力学、原子物理学等相关课程, 才能自然过渡到本课程学习。由于受我校人才培养方案总学时的客观限制, 辐射防护与核安全专业学生在学习《原子核物理》之前, 缺乏《原子物理学》课程的过渡, 《量子力学》学时也很有限, 这导致学生在学习本

课程时, 针对部分知识点感觉比较抽象, 存在知识的“断层”的现象。课程团队通过总结教学实践经验, 认为学生只有对原子模型、自旋量子数等原子物理学的一些理论有一定的了解后, 才能在学习原子核物理时比较容易地建立起微观世界的初步印象。当然, 在补充这些背景知识时主要以建立知识框架、突出知识联系为主, 避免过度深入, 聚焦与核物理有直接关联的部分。比如, 讲授原子核性质时补充卢瑟福散射实验, 讲授自旋、磁矩抽象概念前回顾原子模型理论的发展历程, 以动画视频形式形象介绍自旋量子数的概念等。此外, 在内容形式上以对比图表为主, 这样既能避免复杂公式引入, 也可直接展示微观尺度之间的巨大差异。通过这种有选择性的、对比式的背景补充, 学生比较容易建立从宏观到微观的连贯物理图像, 在理解原子核尺度上的一些特殊的量子现象时难度大大降低。

(二) 更新知识前沿及实践案例

物理学是不断发展变化的学科, 众多热点前沿中的“未知”和“争议”才应该是教学中最需要传递的精髓, 这也有助于学习

者掌握最新知识发展动态,强化理论联系实际的认识^[5]。《原子核物理》本来就是物理学的前沿分支学科,一直是新知识不断爆发、新理论不断深入的重要领域,课程团队对照国内公开出版的《原子物理学》(杨福家版)、《大学物理》(康颖版)等先进做法,在教材针对中微子、聚变、原子核性质等前沿理论,补充了中微子最新研究进展、中子寿命测量、可控核聚变进展等前沿科技热点。这些教学内容的更新,也更进一步为学习者带来人生观、价值观、世界观的新的启迪。在国内课程思政教育大背景下,本教材在各章节后筛选补充了重大实验发现、重要人物介绍等背景知识,进一步提升了教材的可读性。教材更新内容如表1所示。

表1教材知识内容更新

序号	章节	知识点
1	原子核的基本性质	原子结构模型介绍、斯特恩·格拉赫实验
2	核力及核结构模型	量子数介绍、泡利不相容原理
3	放射性衰变基本规律	核素发生器原理、地质放射性铀年法
4	α 衰变	调整质子放射性、重粒子放射性为拓展内容
5	β 衰变	著名的中微子相关实验、中微子应用前景
6	γ 跃迁	同质异能素、钷-180m: 挑战核物理认知的长寿命同位素
7	原子核反应	历史上几个著名的核反应、质心坐标系、超铀元素核合成反应
8	中子	中子寿命“史上最精确测量”
9	原子核的裂变和聚变	中国的“人造太阳”(含托克马克装置介绍)

二、探索以“信息+”为主的线上线下混合式为主的教学模式

《原子核物理》课程理论性强、概念抽象,仅仅依靠课堂教学,难以获得好的教学效果。课程团队通过引进优质线上课程,建设丰富教学资源,依托我校一体化教学平台,通过课前提起发布调研文献、科技新闻、微课动画及视频资源等信息资源,课中强化互动,适当开展讨论、翻转等教学活动,课后布置拓展思考题等形式,加强信息技术运用,探索了以“信息资源+”为主的线上线下混合式教学模式,促进学生对抽象理论的理解,达到知识传授和能力培养的教学目的。

(一) 进一步完善了融合动画演示、教具仿真的线上线下混合式教学模式

《原子核物理》课程早在2022年疫情期间就计划开展线上线下混合的教学探索,经过两年的调研学习,2023年春季学期引进国家精品课“核辐射物理及探测学”(爱课程 www.icourses.cn)作为我校“原子核物理”课程线上资源。团队重新设计了多媒体课件,优化教学文书,依托一体化教学平台,完善了线上线下混合的教学组织形式,其中线上安排学生自主学习学时18学时,主要通过一体化教学平台发布课前任务实施,包括原子核自旋量子

数、壳层模型背景知识、 ^{14}C 鉴年法、 β 能谱连续性、宇称不守恒背景知识、 γ 跃迁中电磁相互作用基础、原子核反应质心系与实验室系的运动规律特点、中子与物质的相互作用、慢中子效应等9个知识点。

“原子核物理”课程很多知识内容比较抽象,对一些重要理论,通过原理动画演示、仿真实验模拟等手段往往能收到事半功倍的效果^[6-7]。通过自建及互联网收集,课程已初步整理了卢瑟福 α 粒子散射实验动画演示、斯特恩·格拉赫实验动画演示、核磁共振原理演示、穆斯堡尔效应虚拟演示4套虚拟动画演示实验,课程中还引入了自旋原理、宇称不守恒原理、托克马克环形等离子体运行演示动画、超级神冈实验等动画资源,自建了核电站燃料组件、可控核聚变、我国首枚原子弹、氢弹等教具,初步形成了丰富的原理演示教学资源。依托这些虚拟资源,开展了虚拟演示与原理讲授相结合的教学模式(如图2所示)。目前,初步形成两个虚拟演示与原理讲授相结合的教学专题:原子核自旋与磁矩,穆斯堡尔效应。其中,核磁共振原理动画引入“原子核自旋与磁矩”专题,采取“课堂原理演示→学生分组讨论发言→课后拓展核磁共振应用”的教学方式;穆斯堡尔效应虚拟实验引入“穆斯堡尔效应”专题,采取“课前发布人物介绍→课堂串讲发现历程→现场虚拟演示实验效果→课后分组提交模拟实验结果”的教学方式。充分利用信息技术优势,将可视化的动画演示、仿真实验、模型教具等引入课堂,提高了学生对抽象知识的理解程度,有效地改进了课堂教学质量。

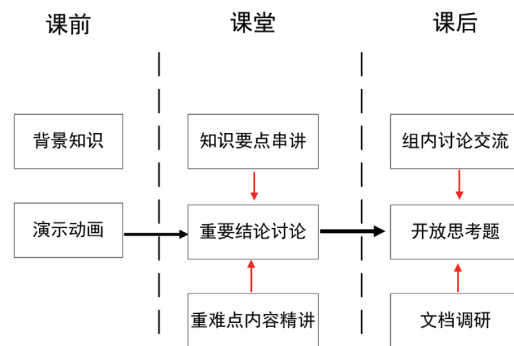


图2 虚拟演示与原理讲授相结合的教学模式

(二) 进一步探索了基于线上平台信息资源的“翻转课堂”教学模式

本课程从2022年开始尝试“翻转课堂”教学探索。早期的主要做法比较传统,往往是根据教材内容安排翻转环节。参与者所获资源有限,往往形成“照本宣科”的机械讲授,学生兴趣不佳,参与度不高,效果一般。目前,“原子核物理”课程已依托大学“一体化教学训练平台”初步建设了线上线下混合式的教学资源,这方便课堂组织者提前在平台发布微课、视频、重要文献、名人故事等教学资源,参与课堂翻转的学生通过下载学习,利用课余时间支配的时间更加灵活方便地进行准备。同时,通过学生分组,可以实现翻转课堂人人参与的目的,极大提高了学生课堂活跃度和参与度。当前,已初步形成了“放射性衰变规律应用”“穆斯堡尔效应”“质心系与实验室坐标转换”“核反应三阶段描述”“可控核聚变”等设置“翻转环节”的教学专题。以“放射性

衰变规律应用”为例，教师提前一周布置主题为“14C 鉴年法的原理及应用”课堂翻转任务，在一体化教学平台发布“14C 鉴年应用”“国产化14C 同位素生产”视频以及“14C 测定原理及其在考古中的应用”“14C 年代框架与三代考古学文化分期”等文献资料，翻转过程要求学习小组形式展开。在课堂上，采取随机抽选小组汇报，其余小组质询讨论等形式组织，小组讨论交流发言由组长进行记录，课后汇总上交，由教师根据发言情况给予课堂表现分值。通过这种信息平台发布、小组人人参与讨论的形式，初步建立起了课前调研-总结-分享-讨论-归纳为一体的翻转模式，可以有效地培养学生的创造性思维和知识综合运用能力，提高课堂参与度。

（三）优化了理论与实验相结合的教学模式

根据2020版人才培养方案，我校“原子核物理”课程开创性地开设了6个课程实验。其中衰变规律测量、半衰期测量、 β 能谱测量三个项目为必修实验，计划建设核磁共振、穆斯堡尔效应、中子慢化三个选修实验，这在国内其他涉核类院校相同课程建设上尚属首次。目前，实验室已初步具备了三个必修实验的基本条件，基本形成了较为完善的实验方案。从以往的教学反馈看，引入课堂实验后学生更容易建立实验现象-理论分析-总结升华的逻辑思维，更有助于理解和掌握抽象理论及重要结论，建立起从理论到实践的思维连结。

三、建立了科学全面的教学评价机制

对照2020版人才培养方案及教学计划考核评价，按照形成性考核+终结性考核两个模块，形成了试卷成绩（60%）+平时作业（10%）+课堂提问（10%）+实验报告（20%）的课程评价机制。设计了形成性考核方案，细化各环节考核方式及成绩比重，明确组织形式，全面客观量化形成性考核成绩，并在2024春季

学期进行试行。以课堂提问为例，在考核形式分为三个方面：课前预习、翻转+讨论、随堂提问。（1）计划依托一体化平台组织课前预习，线上检验预习效果，课前提前布置预习内容，课中开始时，通过一体化平台的长江雨课堂发布课前题目，检验预习效果。理论课共计52学时26次课，计划其中原子核衰变规律、 α 衰变、 β 衰变、 γ 跃迁、原子核反应、中子、裂变聚变等18次课开展依托雨课堂的教学。每次发布2道题，根据学生正确率，加权给出预习检验分数。（2）翻转展示+讨论发言，提前发布课堂翻转环节，将学生分成11组，每组4人左右。设置5次“课堂翻转环节”，包括14C 鉴年法、穆斯堡尔效应、质心系特点、核反应三阶段描述、可控核聚变进展介绍。要求以小组为单位完成，课堂上随机抽取小组进行汇报，组织各组进行质询讨论，根据参与度给予小组整体分数。课后形成教学报告，每组组长记录组员讨论发言内容，教师根据发言情况给予分值。（3）随堂提问：通过课前见面调查问卷，每次课提前拟定2-3道课堂提问，共计52个学时理论课，随堂提问题目数量60道左右，能够涵盖45名学生。课堂提问题目以概念解读、简单计算、判断等题型为主。

四、结语

原子核物理课程作为核工程类专业的必修基础课程，在建设核类一流专业和培养高质量人才方面发挥着重要作用。本论文根据多年的教学实践，基于我校辐射防护与核安全专业未来岗位特点，有针对性地优化了教学内容；聚焦解决课堂教学质量核心问题，围绕OBE理念，开展了融合“信息+”的线上线下混合式的教学模式，做到课内课外相结合，充分调动学生积极性。同时进一步完善了全过程的课程评价机制，学生培养的质量得到进一步提升。

参考文献

- [1] 吴岩. 关于工程教育和工程教育专业认证工作的思考 [EB/OL]. 2020. https://www.eol.cn/news/yaowen/202010/t20201021_2024636.html.
- [2] 战德臣, 宋文婷. 在线教学新常态混合金课再出征 [J]. 计算机教育, 2020, (7): 1-2.
- [3] 张国博, 王伟权, 杨晓虎. "原子核物理"课程教学的改革与实践 [J]. 教育教学论坛, 2021, 18(5): 72-75.
- [4] 夏冬梅. 原子核物理课程的教改研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(11): 162-165.
- [5] 胡永红, 毛翔, 毛彩霞. 《原子核物理》教学中创新意识和能力培养的研究 [J]. 咸宁学院学报, 2011, 31(12): 54-56.
- [6] 于英华, 张庆国, 韩刚, 李鹏举. 线上线下混合式教学模式在教学中的应用研究 [J]. 黑龙江科学, 2021, 12(19): 28-29.
- [7] 崔丽玲, 廖湘萍, 张国华, 等. "一体两核四结合"的"原子物理学"线上线下混合教学模式的探索与实践 [J]. 大学物理, 2023, 42(1): 43-47.