



针对理工科专业学生的物理实验课程 情况调查及改革策略*

——以北京师范大学为例

刘佳琪 景鹏飞

(北京师范大学物理学系 北京 100875)

(收稿日期:2022-04-07)

摘要:如何提高针对理工科专业学生开设的物理实验课程的教学质量,一直以来是高校教学改革的重点之一.对北京师范大学理工商院系学生修读的基础物理实验课程的课程情况进行了问卷调查,分析了学生的学习现状,讨论了课程的有待提高之处,并提出适用于理工科专业物理实验课程的改革策略,为高校的物理实验教学改革提供参考.

关键词:理工科专业 基础物理实验课程 问卷调查 课程改革策略

2019年10月,教育部颁布了《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》,对国内高校提出了“全面提高课程建设质量”“优化公共课、加强课程体系整体设计”的总体要求.近年来,国内各高校对物理实验教学改革进行了不同程度的探索,分享了丰富的物理实验课程建设经验.然而相关研究大多集中在专门为物理类专业学生开设的实验课程,有关针对理工科专业的物理实验课程改革的研究仍有不足.

长期以来,物理学的发展推动了数学、化学、生命科学、地质学等多门学科的发展,物理学的研究思想和研究方法也渗透在诸多学科领域,深刻影响着人类的思维方式和对于世界的基本认识.物理实验课是对理工科学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端^[1].许多理工科专业也对本专业的学生提出了必修物理实验课程的要求.因此,理工科专业学生的物理实验课程学习情况如何、如何更好地建设

面向理工科专业学生的物理实验课程以顺应新时代的人才培养需要,仍有待探索.

本文立足于北京师范大学面向理工科专业开设的基础物理实验课程,从课程设置、课程认识、学习现状、教学评价以及课程建议几个方面对来自数学科学学院、化学学院、环境科学与工程学院等理工科专业的学生开展了问卷调查.通过分析调查结果,总结基础物理实验的课程情况和有待提高之处,分享物理实验课程建设的成功实践经验,并针对调查结果中发现的问题提出课程改革策略,以为高校开展物理实验教学改革提供启示.

1 北京师范大学基础物理实验课程的基本情况介绍

北京师范大学物理实验教学中心成立于1999年,由原普通物理实验室、近代物理实验室、物理教学法实验室、固体物理实验室整合而成.秉承为社会培养不同类型高素质人才,努力培养学生的创新意识、科学探索精神和应用知识技能的理念,北京师范

* 北京师范大学教学改革基金和教学团队基金.

作者简介:刘佳琪(2000-),女,在读硕士研究生,课程与教学论专业.

通讯作者:景鹏飞(1988-),男,博士,助理研究员,主要从事基础物理实验等课程的教学工作.

大学物理实验教学中心针对不同专业类型的学生设置了不同层次的实验教学课程.其中,面向非物理类理工科院系学生,充分考虑了学科之间的交叉特点,独立开设了基础物理实验课程.

该课程对应学分为2学分,共包含64个学时,隶属于“数理基础与科学素养”模块中理工科学生的必修课程,面向来自数学与应用数学、化学、环境科学与工程、人工智能、地理学、教育技术等理工科

专业一、二年级的本科生,平均每年选课人数为近500人次.

基础物理实验课程内容包括普通物理实验和近代物理实验两部分,涵盖力、热、电、光、近代五类实验.考虑到学生学习的阶梯性过程,将教学内容分为了基础性、综合性与设计性3个层次.各层次包含的实验内容如表1所示.

表1 基础物理实验各层次实验的教学内容

| 实验层次 | 实验内容 |
|------|---|
| 基础性 | 长度测量练习、弹性模量的测定、转动惯量的测定、空气密度的测定、黏性系数的测定、声速测量、用混合法测固体比热、非线性元件伏安特性曲线测量、惠氏桥测电阻、示波器的使用、RLC电路稳态特性的研究、LRC电路的暂态过程研究、霍尔效应、偏振光的研究、迈克耳孙干涉仪的调整、衍射光栅实验、用光栅光谱仪测定滤色片的透射率、夫琅禾费衍射研究、全息照相 |
| 综合性 | 氢光谱、弗兰克-赫兹实验、相对论动量-能量关系、非线性RLC电路的分频与混沌、高温超导、核磁共振、激光拉曼光谱 |
| 设计性 | 液体折射率测量、玻璃折射率测量方法的比较研究、重力加速度测量方法的比较研究、单色仪狭缝宽度对测量结果的影响、振动法测量地磁场水平分量、细丝直径测量方法的比较研究、热敏电阻温度曲线测量、用数字示波器研究电磁感应现象、光敏二极管响应曲线测量、音叉共振频率研究 |

学生每2人一组组成合作小组,共用一套实验设备.对于基础性实验,每个实验为4学时,学生需从该类实验中选择9个实验进行操作(长度测量练习实验必选);综合性实验每个实验也为4学时,学生需从该类实验中选择4个实验进行操作.基础性实验和综合性实验主要采用“学生预习—教师讲授—学生实验—课后总结”的教学方式.设计性实验每个实验为8学时,学生需从给定题目中选择一个实验课题并自主提出实验方案,进行为期2周的探究性实验.在此期间,教师仅以观察者和协作者的身份对学生实验提供一定的指导.

随着科技的发展和对人才素质要求的提高,以研究型课堂替代传统课堂已成为各高校的共同目标.因此,为提高学生的创新意识和实践能力,北京师范大学基础物理实验教学兼顾学生自主思考和教师协助指导,兼顾学生独立实验和小组合作探究.教师对实验课的讲解仅做实验背景、目的和实验突破点的启发式引导.在设计性实验中,学生可以结合专业特点选择感兴趣的实验题目,从查找文献、学习理论开始,经历提出问题、设计方案、搭建器材、寻找证

据、得到结论的完整的实验过程,以真正体会科学实验的探索历程,培养基本的科研素质,并逐渐养成良好的实验素质和实验习惯.

2 调查的实施

2021—2022年春季学期中,对北京师范大学数学与应用数学、化学、环境科学与工程、人工智能、地理学等5个理工科专业修读基础物理实验课程的本科生开展了问卷调查.问卷采用匿名形式,由学生独立完成,共收回有效问卷82份.

调查问卷主要包括22道单选题和3道简述题,调查内容包括学生对课程设置的看法,对物理实验课程的认识、学生的学习现状、对任课教师的教学评价以及学生对基础物理实验课程的建议5个方面,调查问卷的细目表如表2所示,以从学生视角审视基础物理实验课程,了解学生对基础物理实验课程的课程认知、行为取向、学习情况和教学评价^[2],进而提出合理的课程改进建议.此外,除25道主干题目之外,在部分单选题后还配有说明栏,由学生填写选择对该答案的想法和原因,以获得全面的调查结果.

表2 问卷细目表

| 调查内容 | | 题数 / 道 |
|------|---------------|--------|
| 课程设置 | 学分修读 | 1 |
| | 课程分类 | 1 |
| | 授课形式 | 1 |
| 课程认识 | 学科素养发展 | 2 |
| | 学习兴趣 | 2 |
| 学习现状 | 学习情况 | 3 |
| | 反思发展 | 2 |
| | 交流合作 | 1 |
| 教学评价 | 专业能力 | 3 |
| | 授课方式 | 3 |
| | 教学技能 | 3 |
| 课程建议 | 对任课教师的建议 | 1 |
| | 对课程材料和实验设备的建议 | 1 |
| | 其他建议 | 1 |

3 结果分析与讨论

3.1 学生对于课程设置的意见

在课程设置上,针对现阶段基础物理实验课程2学分的学分设置、选必修相结合的修课方式和2人一组的实验形式征集了学生们的意见,调查结果如表3所示。

表3 对课程设置意见的调查结果

| 调查内容 | | 赞成比例 / % | 不赞成比例 / % |
|------|---------------------|----------|-----------|
| 学分修读 | 设置基础物理实验课程学分为2学分 | 61 | 39 |
| 课程分类 | 设置必修实验+选修实验相结合的修课方式 | 80 | 20 |
| 授课形式 | 将实验操作由2人一组改为1人一组 | 11 | 89 |

从调查结果上看,学生对于当前的授课形式是普遍接受的。绝大部分学生认为必修实验和选修实验相结合的方式能够在使学生掌握基本实验技能的前提下,为自身提供充足的自由探索空间。在实验中,学生往往会遇到一定的困难和阻碍。小组合作实验的形式,既为学生能够顺利解决实验问题提供了更大的可能性,也让学生在遇到困难时不急于向教师求助,逐步发展自主思考和合作探究的能力。

相比于课程分类和授课形式中有80%以上的学生同意现有的课程设置,赞成将基础物理实验课程的学分设置为2学分的学生比例略低。进一步了解学生意见发现,不赞成的学生绝大部分认为在基础物理实验课程上花费的时间相比于其他2学分课程的时间较多,故建议将基础物理实验课程的学分设置为3学分以上。

以面向物理学专业的普通物理实验课程为例,相比于其他高校,北京师范大学普通物理实验课程的学时高于国内院校学时的平均水平,而学分则比平均学分水平略低(例如,北京大学6学分,128学时;复旦大学4学分,96学时)。所以,适当提高基础物理实验课程的学分可以增加学生学习本门课程的成功性体验,对学生积极从事学习任务起到一定的鼓励作用。

3.2 学生对于基础物理实验课程的认识

在课程认识上,调查主要聚焦学生对于自身学科素养发展的看法和学生的学习兴趣。大学生物理实验素养是学生在进行物理实验过程中逐步形成的个人能力和素质^[3]。从调查结果(表4)上看,大部分学生认为基础物理实验课程为自身物理实验技能的锻炼和实验素养的发展带来了很大的帮助。基础物理实验课程有利于提升学生的学科素养,但是,在学习兴趣方面,尽管多数学生对于物理实验课程有一定的求知欲和兴趣,但是在被问及如果该课程不是必修课是否会主动选课时,愿意主动选课的学生比例显著下降。

表4 对课程认识的调查结果

| 调查内容 | | 赞成比例 / % | 不赞成比例 / % |
|--------|----------------------|----------|-----------|
| 学科素养发展 | 提高了物理实验素养和物理实验技能 | 85 | 15 |
| | 对本专业学习或学科素养有所提升 | 74 | 26 |
| 学习兴趣 | 激发了求知欲和好奇心,提升了学习兴趣 | 70 | 30 |
| | 若基础物理实验课程不是必修课,会主动选课 | 22 | 78 |

学生不愿意主动选课的原因主要有两点:一是认为物理实验课程与本专业的联系不明显,相比于本专业课程,对于物理实验课程的兴趣并不浓厚;二是认为物理实验难度较大,担心不能在有限的时间

内完成课程任务而产生畏难情绪。

总体来看,学生对于基础物理实验课程地位和作用的认识比较清晰,但学生学习基础物理实验课程的主动性仍有待提高.如果进一步增强物理实验与学生本专业之间的联系,为学生提供更多展现专业本领的空间,则有利于增强理工科专业学生学习基础物理实验课程的主动性和自我效能感。

3.3 基础物理实验课程的学习现状

有关学生基础物理实验课程学习现状的调查被划分为学习情况、反思发展和交流合作3个维度,如表5所示.调查发现,学生的课程参与度较高,学习情况良好.所有学生都能做到在课前充分预习实验,平均预习时间在2h左右.基础物理实验的预习包括对实验背景、原理和方法的学习,对实验步骤的思考和预习思考题的回答.通过预习,学生可以“带着问题”走进实验室.教师在课堂上对于实验的讲解多数采用教师提问和学生回答的方式,以问题促进学生个人的思考和师生与生生之间的对话,帮助学生在头脑中建构出整个实验的完整框架.从结果上看,在这种方式下大部分学生在课堂中的学习理解情况也较好。

表5 基础物理实验课程学习现状的调查结果

| 调查内容 | | 赞成 比例 / % | 不赞成 比例 / % |
|------|------------------------|--------------|---------------|
| 学习情况 | 实验前进行课前预习 | 100 | 0 |
| | 了解实验原理及其在生活中的应用 | 73 | 27 |
| | 能理解课前老师演示的实验步骤 | 90 | 10 |
| 反思发展 | 能主动反思实验结果,进一步理解实验原理 | 85 | 15 |
| | 能主动查阅实验背景、应用、发展前景等相关文献 | 61 | 39 |
| 交流合作 | 能与同学合作交流,共同探讨实验方法 | 100 | 0 |

然而,相比于课前预习,学生的课后反思程度略有不足.学生主动拓展延伸实验的积极性不高且主动查阅文献资料的意识普遍较差.想要以物理实验课程为载体,打造创新型、科研型人才,除了推动物理实验课程向研究型课程转型外,教师还应该有意地促进学生的课后学习与反思,如提出课后思

考题、鼓励学生展示实验研究报告、为学生提供优秀阅读的文献资料等,以激励学生自主成长。

3.4 学生对基础物理实验课程的教学评价

教师的教学状况和学生的学习情况是各高校都十分重视的问题.为反馈从事基础物理实验教师的教学情况,进而寻找基础物理实验课程改革的切入点,从学科知识、授课方式和教学技能3个方面对学生开展了调查,结果如表6所示。

表6 基础物理实验课程教学评价结果

| 调查内容 | | 赞成 比例 / % | 不赞成 比例 / % |
|------|-----------------------------------|--------------|---------------|
| 学科知识 | 熟悉教学大纲和课程讲义 | 100 | 0 |
| | 掌握实验教育的基本原理和主要方法 | 98 | 2 |
| | 了解基础物理实验与其它学科的联系 | 89 | 11 |
| 授课方式 | 具有相应的实验背景和原理的导入 | 89 | 11 |
| | 能够简洁明了地讲解实验原理与方法 | 93 | 7 |
| | 存在实验步骤的举例演示 | 99 | 1 |
| 教学技能 | 了解学生基础,及时进行针对性答疑和辅导 | 78 | 22 |
| | 通过启发式、探究式、讨论式、参与式等多种方式实施教学,调控教学过程 | 79 | 21 |
| | 使用PPT等现代教育技术进行授课 | 77 | 23 |

从表6中可以看出,基础物理实验教师的教学工作在很多方面都得到了学生的充分肯定,例如对于实验教学原理和方法的掌握、教师对于实验的讲授等.但是,在教学技能上还存在一定的提升空间,比如使用PPT等现代教育技术进行授课、对学生的针对性答疑和辅导.由于教师在讲授中多采用提问和演示的方式,因此容易忽略教学媒体的运用.在物理实验课程建设上,北京师范大学及时地创建了虚拟仿真实验平台、实验预习系统等数字化和网络化的教学手段.基础物理实验课堂可以多多使用已有教学资源,利用现代教育技术手段开展更为开放的实验教学。

3.5 学生对基础物理实验的课程建议

为切实了解学生对于基础物理实验课程教学的建议,促进教学质量的进一步提升,从对任课教师、对课程材料和实验设备的建议等方面调查了学生的想法.从调查结果来看,学生提出的意见相对集中,可以将其总结为两个方面.

第一,学生建议任课教师适当增加实验操作过程中具体操作细节的讲解.基础物理实验的目的就是为了提高学生的动手能力和实践能力,以为学生未来在不同专业领域从事更高一级的科学性实验打下基础^[4].因此,教师在实验课堂上会有意识地减少具体的实验操作步骤和方法的介绍,而给予学生一定的思考和探索空间.非物理类理工科专业的学生操作物理实验器材的机会较少,在仪器操作上的熟练程度不足,尤其是在遇到特殊的实验仪器时经常无从下手.学生的物理实验技能基础相对薄弱,这无疑增加了基础物理实验课程的难度.对于动手能力较差的学生,教师可以适当增加实验仪器操作方法的实时指导,平衡好启发式教学和讲授式教学在课堂中的应用.

第二,学生建议设置与其他理工类专业更贴近的实验项目或增加所做实验与其他专业之间的联系的介绍.基础物理实验课程的实验项目大多源自于普物和近物实验.为了更好地符合通识课程的课程特点,符合外系学生的学习基础,基础物理实验课程较少强调学生对于实验的本质机理的掌握,而是侧重于学生对于现象和效应的了解.课堂上,多数任课教师都会讲解实验的生产生活应用及相关的跨专业知识,但受学时限制,讲解深度具有一定的局限性,且授课方式大多为讲授法,学生的感性认识不强.教师可以采用视频介绍的方式使得对实验应用的讲解更为立体化,也可以采用课前调研和小组汇报的方式鼓励学生自主查阅相关物理原理、实验方法与本专业的联系,以有效增加学生对于基础物理实验的认识深度.

4 理工科专业物理实验课程的改革策略

近年来,北京师范大学物理实验教学中心以“强化基础、注重实践、提升能力、激励创新”为教学指

导思想,充分发挥专业优势,不断完善教学体系、更新教学手段、改善教学环境,推动教学改革稳步进行.从调查结果上看,我校理工科专业的学生在基础物理实验课程的总体学习情况较好,有严谨治学的态度、合作学习的意识等优良的实验品质,在实验技能和学科素养上也得到了一定程度的提高.但是,调查也发现,无论是从学生的学习上还是教师的教学上都有一定的提升空间.因此,基于对调查结果的反思与讨论,提出3条适用于当前理工科专业物理实验的课程改革策略.

4.1 调整课程设置 强化理工科专业学生对物理实验课程的认识

清华大学物理系教授葛惟昆提出通识教育与专业教育同等重要.通识教育所追求的对于学生自由思考、逻辑辨析和独立学习的能力,为学生未来的发展奠定了坚实和深厚的基础^[5].但是,相比于专业课程,通识课程的重要性往往被学生忽视,学生不愿主动花费时间学习通识课程.这就导致了学生很容易产生“得不偿失”的学习感受.所以,提高学生的课程认识是改变理工科学生物理实验课程学习态度的根本途径.

首先,可以结合学时安排,适当提高物理实验课程的学分,以提高实验课程在所在课程模块中的学分占比,从而从侧面让学生意识到物理实验对于科学学科发展的重要促进作用,从而从学生的心理上提高学生学习的积极性.

其次,可以增加设计性实验在物理实验教学内容中的比例.深度学习教学理念指出,挑战性学习任务有利于创造学生对新知的理解,获得成功的体验,从而激发学生持续探究的兴趣^[6].我校基础物理实验课程为学生提供了丰富的设计性实验题目供学生选择,但是学生仅需要从中选择一个题目开展实验研究.往往学生在刚刚体验到科学探究的乐趣与成就感后,实验课程就接近尾声了.学生对于物理实验的认识得不到有效的强化.因此,增加设计性实验的课程要求也是增强学生对物理实验课程的正确认识的方法之一.

4.2 优化教学内容 贴近理工科专业学生的专业需求

当前,我国正处于 STEAM 教育改革的热门发

展阶段.不论是基础教育还是高等教育,都在积极开展有关学科融合的研究^[7,8].理工科专业物理实验课程为跨学科的课程实践提供了阵地.因此,努力打破学科限制,优化实验内容,对于满足理工科学生的专业发展需要,同时进一步满足学生的科学素养的发展需要有一定的帮助.

首先,可以强化现有实验与现代科学技术的联系,如核磁共振技术、高温超导技术、光谱技术的发展与应用.其次,可以适当减少验证性实验的数目,多引用利用现代技术的数字化实验.此外,也可以利用现有的实验仪器开发和设计新实验,或更换原有实验的实验目标和实验内容,最大限度地对物理实验教学进行更新和改造.

4.3 丰富教学形式 提高理工科专业学生的学习兴趣

兴趣是学生学习的内驱力之一.教育心理学根据学生学习兴趣的产生来源将学习兴趣分为直接兴趣和间接兴趣.直接兴趣是学习者对学习本身产生的兴趣,间接兴趣是学习者对活动的价值意义产生的兴趣.丰富的教学形式可以增加课程的活力,便于学生领略物理实验的魅力.

在对物理实验的直接兴趣的培养上:一方面,教师可以引入现代化教学手段,如 CCD 技术、VR 技术、实验录像等,丰富实验教学内容,拓宽学生视野,使实验教学更加立体化、多元化.另一方面,交互式、讨论式的教学方法,可以强化学生的主体作用,增强学生的主观能动性.教师可以为有志于从事科学研究的学生开放物理实验室,鼓励外系学生多多接触物理实验,探索改进和创新物理实验的方法^[9,10].

在对物理实验的间接兴趣的培养上:教师要利用物理实验做好学生的价值引领,在物理实验课程上渗透德育教育.通过对物理学家的科学精神、科学思维和科学方法的介绍,使学生明确物理实验的社会价值^[11].从而在当前“立德树人”的教育目标下,充分发挥物理实验的课程思政特色.

5 结束语

当今世界科学技术迅猛发展,不同学科专业相

互交叉渗透,许多领域均有充分的发展活力.

社会对人才的需求是具有实践能力、创新精神和高科学素质的复合型人才.这对于高校做好理工科专业学生的物理实验技能和本领的锤炼提出了很高的要求.本文调查了北京师范大学面向理工科专业学生的基础物理实验课程的课程情况,根据调查结果讨论基础物理实验课程的优势和不足之处,进而提出了适用于理工科专业物理实验课程的改革策略,既为本校更好地改进和完善基础物理实验课程指出了方向,也为各高校物理实验教学的改革提供参考.

参考文献

- 1 教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会.理工科类大学物理实验课程教学基本要求(2010年版)[M].北京:高等教育出版社,2011
- 2 温建平.普通高校大学物理实验学习现状调查及其相应对策[J].物理通报,2011(11):20~23
- 3 刘佳琪,李春密,冉露,等.大学生物理实验素养评价体系的构建[J].物理实验,2020,40(7):19~24
- 4 徐滔滔,谢柏林,赵斌.大学物理实验教学体系研究和改革的实践[C]//Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Social Science Research(ICASSR 2015),2015.671~674
- 5 葛惟昆.关于中外人才培养的几点思考[J].物理与工程,2019,29(1):3~4
- 6 李春密.深度学习:走向核心素养(学科教学指南·初中物理)[M].北京:教育科学出版社,2020.18~20
- 7 谢丽,李春密.物理课程融入STEM教育理念的研究与实践[J].物理教师,2017,38(4):2~4
- 8 宋乃庆,郑智勇,周圆林翰,等.大学生对STEAM教育的认识现状及对策研究——基于全国58所高校的数据分析[J].重庆高教研究,2021,9(2):103~110
- 9 荣新,李智,张朝晖.高校物理实验教学的比较研究[J].物理实验,2020,40(11):22~27
- 10 章文伟,李育佳,张剑荣,等.从拔尖创新人才培养探讨化学实验教学改革[J].中国大学教学,2012(10):77~80
- 11 李晓文.普通物理实验育人探索[J].物理实验,2020,40(3):31~33

(下转第123页)

Classified Teaching Reform on *University Physics Experiment* in Military Colleges Facing the New Mission

— Taking National University of Defense Technology as an Example

Ouyang Jian ming Peng gang Luo Jian Zheng Haobin

(College of Arts and Sciences, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073)

Abstract: Facing the mission of "two kinds" talents training in National University of Defense Technology, the teaching mode and content system of physics experiment were reformed. Aiming at the students of general specialty, pay attention to the cultivation of their scientific thinking ability, physical modeling ability and experimental design ability, and construct an experimental content system involving force, heat, light, electromagnetism and modern physics knowledge; Aiming at the students majoring in joint operations support, pay attention to the cultivation of engineering measurement ability, support and maintenance ability and team cooperation ability, and build the teaching content system of physics experiment with different precision measurement of engineering physical quantities as the core.

Key words: "Two Types" talents training; university physics experiments; classified teaching

(上接第 119 页)

Investigation and Reform Strategies on Physics Experiment Course for Science and Engineering Majors Students

— Taking Beijing Normal University as an Example

Liu Jiaqi Jing Pengfei

(Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract: How to improve teaching quality of physics experimental courses for students majoring in science and engineering has always been one of the focuses of teaching reform in colleges and universities. The authors conduct a questionnaire survey on the basic physics experimental course for science and engineering majors of Beijing Normal University, analyze students' learning situation, discuss what need to be improved in the course and finally propose some reform strategies applicable to physics experimental courses for science and engineering majors. This article will provide a reference for the experimental teaching reform in colleges and universities.

Key words: science and engineering major; basic physics experiment course; questionnaire survey; reform strategies