

文章编号:1005-4642(2022)09-0029-08



专
题

在近代物理实验教学中培养准科研素养的探索

王春梅,沈国土,赵振杰

(华东师范大学 物理与电子科学学院,上海 200241)

摘 要:参考维果茨基的“最近发展区理论”,基于近代物理实验的特点,设计并建立了多层次的教学和评价体系.通过实施有特色的验证性基础实验教学内容和评分标准,将验证性基础实验模拟成准探究性实验.改进后的实验教学,既有规范的探究活动样本供学生参考,又具有一定的自由度让学生自主发挥,独立思考,自主规划、安排和实施相应的活动.通过实验教学活动的体验,可以培养学生的准科研素养.

关键词:近代物理实验;准科研素养;基础实验教学;评分标准

中图分类号:G642.423

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2022.09.006

物理学是以实验为基础的学科,物理实验教学对于物理学专业学生的培养具有重要作用.相较于以往的常规教学,研究者对近代物理实验教学有更多的探索和实践,例如,坚持科研引领实验教学的理念,创建基础与创新协同发展的基础物理实验课程教学新体系^[1];自由实验、乐学创新的近代物理实验教学^[2];建立自主探究性实验教学新模式,并研发与之配套的系列自主探究型实验项目^[3].根据华东师范大学的特点,本文对近代物理实验课程进行了探索和实践,设计和建立了多层次教学和评价体系,设计了验证性基础实验的教学内容和评分标准,从细节处着力,通过实验教学活动的体验来培养学生的准科研素养.

1 准科研素养内涵的探讨

科研素养是科学研究人员在思想道德、理论知识、科研能力等方面所应达到的基本要求,是成功进行科研工作的基础和保障,更是综合素质的体现.科研素养主要包括科研意识、科研方法和科研精神 3 方面^[4],也有研究者认为科研素养包括科研理论素养、科研能力素养和科研道德素养^[5-6].硕士研究生应该具备正确的科研动机、真诚的科研态度、科学的科研方法和厚积薄发的精神^[7].如果把视野拓展到中学教育,物理学科核

心素养是物理学科育人价值的集中体现,是学生通过物理学科学习而逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力,它主要包括物理观念、科学思维、科学探究和科学态度与责任 4 方面^[8].如果进一步把视野拓展到整个人群,则从美国学者克劳普福的定义为源头,现在国际上普遍把科学素养概括为 3 部分,即对科学知识、科学的研究过程和方法以及科学技术对社会和个人的影响均要达到基本了解的程度^[9].

本文把准科研素养的内涵概括为研究人员的科研素养,外延为大众的科学素养,涵盖了物理学科核心素养.对科研活动(其他活动也可以参照,包括实验及其教学活动)的全过程进行遍历式梳理,寻求能够培养学生各种素养的活动和要素.首先是动机,然后是选题,接下来是如何规划实施研究活动,如何解决实施过程中可能遇到的问题,是否要调整原来的规划,最后是成果和研究过程的总结和后续改进.在此基础上,再考虑其他可能需要的要素.准科研素养包括道德和精神素养、理论素养和能力素养.道德和精神素养包括强烈的好奇心,为人类的各项活动服务的意识(社会责任感),尊重人格、作风民主、求实求真、严谨治学(学术规范)、坚韧不拔、独立思考、批判继承、大胆创新、培养成就感、激发潜能.理论素养包括

收稿日期:2021-11-20

基金项目:华东师范大学大夏学堂优质示范课程建设项目(No.40400-19201-511232/087)

作者简介:王春梅(1982—),女,山东烟台人,华东师范大学物理与电子科学学院工程师,硕士,主要从事近代物理实验教学、仪器维护及开发工作. E-mail:cmwang@phy.ecnu.edu.cn

通讯作者:赵振杰(1970—),男,河北南宫人,华东师范大学物理与电子科学学院教授,博士,从事近代物理实验教学,研究方向为凝聚态物理. E-mail:zjzhao@phy.ecnu.edu.cn

科学研究的基本理论和知识、科学研究方法论和方法学、学科理论和相关学科理论。能力素养包括发现问题能力、信息收集和处理能力、整体规划能力(根据收集的信息综合做出决断)、组织协调和实施能力、自我控制能力、沟通能力、团队协作能力、开拓创新能力、自我评估能力、撰写科学论文和学术报告的能力。

2 多层次教学和评价体系的设计和实现

大三学生经过近 2 年的基础物理实验训练,已掌握基本的实验技能,但是学生的实验能力因人而异,因此采用丰富完善的多层次教学体系势在必行^[2]。我校有师范班、非师范班和菁英班 3 种类型的学生,近代物理实验课程对于师范班为近代物理实验和近代物理实验进阶,对于非师范班为近代物理实验(一、二),对于菁英班为物理实验(四、五),其中近代物理实验进阶为选修。

根据维果茨基的“最近发展区理论”,要让学生跳一跳就能摘桃子^[10]。设计理念从总体上考虑,首先要有规范的活动样本供学生参考,在此基础上提供一定的自由度让学生自主发挥,独立思考,规划、安排和实施相应的活动。这样既不会让学生跳得再高也摘不到桃子而感到无所适从,也不会让学生感觉不用努力就能摘到桃子而兴趣索然。相较普通物理实验而言,近代物理实验原理与实验装置更复杂,有的原理甚至在理论课中没有涉及到;物理思想更丰富,实验结果较为开放。因此,可以把近代物理实验中的验证型基础实验模拟成准探究研究型实验。考虑到课程中准科研素养培养的理念,设计和建立了多层次教学和评价体系。

考虑到实验课程的特殊性,一般情况下期末不另外单独进行考核,实验课全过程既是学生知识、能力和品格等的训练和培养过程,也是对学生评价的过程,因此对于学生来说,评分标准尤其重要。在多层次教学体系中对绝大部分教学内容都给出了详细的评分标准,供教师评分和学生自评参考,这也满足了当前目标导向型课程的设计要求。针对实验课程的具体情况,所设计的评分标准对所有基础实验是统一的,对于具体某个基础实验可以对评分标准进行具体化。另外,删减了作为主要评分依据的实验报告中的一些传统项目(如实验原理和实验步骤),将实验报告名称

修改为书面文档。基础实验的教学实施和评分标准构成了多层次教学体系的主要部分,除了基础实验部分以外还有与其他高校都在探索的类似探究设计研究型项目。这些项目一般对实验室设备和师资有较高的要求,受条件限制,往往只能对部分基础比较好或有强烈兴趣的学生开放。综上,通过教学设计和制定评分标准,目的是用验证性基础实验来模拟准探究研究型实验,以期能以较小的成本惠及绝大部分学生,这需要教师对基础实验有较高熟悉程度以及对实验教学内容具备重新梳理的能力。教学体系的许多内容可以依托学校的“大夏学堂”来实施。

2.1 多层次教学体系设计

课程体系安排如下:

1) 师范班的近代物理实验和非师范班的近代物理实验(一),学生 2 人 1 组,完成一定数量的基础实验,最后独立完成 1 个总结实验;

2) 非师范班的近代物理实验(二)和菁英班的物理实验(四),学生 2 人 1 组,完成一定数量的基础实验,最后独立完成 1 个基础实验/试开实验/无步骤实验/大实验/精做实验(根据学生的不同学习基础选择 1 种);

3) 菁英班的物理实验(五),学生完成一定数量的大实验。

2.2 基础实验的教学设计

每个基础实验的教学过程可以分为预习、操作和完成书面文档 3 部分。

2.2.1 基础实验预习的教学设计实施及素养培养

将实验的预习内容梳理为 6 项任务,分别为:实验原理、实验设计、实验仪器、实验内容和步骤、需要观测的现象和测量的数据(包括条件,二者合起来是 1 个完整操作)、拓展(其他 5 项任务中都没有涉及到的事宜)。

实验预习要求:每 6 名学生组成 1 个实验大组并推选 1 名组长,由组长协调每名同学承担具体任务,学生通过阅读讲义和相关扩展资料来完成。为了帮助基础差的学生抓住重点,教师提供实验预习大纲,其中每项任务都列有相应的思考题(重新梳理教学内容,参照科研活动开展的过程给出)。然后由学生完成自己承担任务的相关内容讲解(可以按照自己的思路讲解,其中涵盖思考题答案,也可以按照预习大纲中列出思考题的思路讲解)。讲解后每名学生至少从教师角度

提出1个问题来考查其他同学是否掌握相关知识,一般由承担后一任务的学生回答(拓展任务的问题由承担实验原理任务的学生回答),同时至少针对后面一项任务从学生角度提出1个问题,由承担相应任务的学生回答问题;学生也可以提出多个问题,酌情加分。对每项任务的讲解和讨论全过程录音,预习结束后会有6段录音,下午做实验前提交到学习小组(平台上的项目对应前述的实验大组)日志中。指导教师可以旁听,也可以质疑问题。最后学生还需要对初步设计的测量条件和原始实验现象与数据表格进行记录,对实验中需要测量的现象和数据及对应的观测和测量条件进行预估。

说明:根据“学习金字塔理论”,如果学生有机会把上课内容立即运用,或是让学生有机会当同学的老师,2周以后学习内容平均保持率可高达80%~98%。因此预习讲解环节是为了加深学生印象,提高学习效果。设置提问环节,使学生关注的内容最大限度地覆盖整个实验的相关内容。考虑到学生提出的问题可能存在共性,因此设置了指导教师旁听环节,教师及时指出学生讲解时的问题或进一步质疑问题以及给学生答疑解惑。

预习过程培养了学生的自我控制能力、与人沟通能力和团队协作能力。学生通过阅读讲义和相关拓展资料后获得预习大纲中部分问题的答案,增强信息收集和处理能力。通过讲解预习大纲中相应部分问题的答案(不同的思路和讲解方式),可以培养师范班学生的讲课能力及其他班学生做学术报告以及陈述方法的能力,激发学生的潜能。同时通过要求以教师和学生角度提问间接培养学生发现问题的能力。

这里需要强调:每个实验的设计任务中通过回答相关问题引导学生理解该实验的设计思路,从而培养学生整体规划(根据收集的信息综合做出决断)能力;而拓展中的开放性问题,例如“……中可以获得哪些启示(包括但不限于原则、思想、方法、思路、途径)?”可以培养学生独立思考、批判继承的精神,掌握科学研究的基本理论和知识与科学研究方法论和方法学的相关知识。

最后通过合作6名学生完成全部预习任务,体验团队协作过程和完成任务后的成就感,培养学生的团队协作能力。同时在预习过程中,学生的学科理论和相关学科理论也得到重温 and 拓展。

2.2.2 基础实验操作和完成书面文档的教学设计实施及素养培养

进行实验操作时,每名同学独立完成数据测量和实验操作记录,另外1名同学可以辅助,2名同学可以互相协调时间,以提高效率。在没有安全隐患的前提下教师一般不介入,提倡学生根据自己的理解和设想进行实验操作,以对自己的设想进行验证,当学生遇到问题经过自己努力和求助同伴后仍不能解决时,教师再适当地引导和提示。操作期间除了要求学生记录实验仪器型号、台号、产生条件、原始实验现象、测量条件及原始数据外,还要记录操作过程,类似于科研活动中的原始记录。

实验操作实施过程可以培养学生组织协调和实施能力,以及坚韧不拔和独立思考的精神。要求学生操作中完成操作记录,可以培养学生求真务实、严谨治学(学术规范)的精神。

如果时间允许,学生应根据实验操作过程重新设计测量条件和原始实验现象与数据记录表格,并把测量条件和原始实验现象与数据整理到重新设计的表格中,最后完成数据处理、分析讨论和自评及后续改进;或者这部分内容在课后完成。以上过程可以让学生体验科学研究的基本理论和方法。

2.3 基础实验的评分标准

对基础实验制定详细的评分标准,实验预习占20%,操作占10%,书面文档占70%。

2.3.1 基础实验的预习和操作具体评分标准及素养培养

预习20分由同一大组中的其他同学打分,打分标准为:完整回答预习大纲中的问题得8分;讲解时整体思路清晰,内容组织逻辑性强,语言表达科学严谨,语速适中,讲授有起伏,重点突出,得3分;提出2个问题和回答2个问题一共得4分;如果认为某个学生表现特别好可以加1分,多提问题的学生还可以酌情加1~2分。最后去掉5个得分中的1个最高分和1个最低分,剩余的3个分数求平均得到该学生最后的预习分数。教师可以通过录音监督学生的打分。

设置互评的环节,学生参照标准答案,对同伴回答问题的情况进行打分,这也是督促学生掌握相关内容的有效措施,同时也可以让学生从他人的欠缺中看到自己待改进之处。参照体育比赛的

打分去掉最高分和最低分的规则可以向学生传递评价公平公正的理念,培养学生尊重平等、作风民主的精神。

操作合作 10 分由同一小组的另一名同学打分,打分标准为:在实验过程中协调完成实验得 7 分,对自己完成实验有帮助得 2 分,特别有帮助再加 1 分。这可以培养学生的团队协作能力。

2.3.2 基础实验的书面文档具体评分标准及素养培养

实验书面文档包括:

1)初步设计的测量条件和原始实验现象与数据记录表格(标准零 5 分)。

2)实验操作记录(标准一 10 分,标准二 15 分,标准三 10 分,共 35 分)。

3)整理的测量条件和原始实验现象与数据记录表格(标准四 5 分)。

4)数据处理及分析讨论(标准五 15 分)。

5)自评及后续改进思考(标准六 10 分)。

评分标准如下:

1)实验操作记录必须要有实验操作记录头,如果没有则标准一至三不得分,这里只扣分,强调该内容的重要性。该要求主要是让学生养成良好的习惯,记录内容要规范(备查),需要有记录人、记录时间和地点等,培养学生严谨治学的精神。

2)标准零:初步设计的测量条件和原始实验现象与数据记录表格占 5 分(无测量条件扣 2 分,缺 1 个测量条件扣 1 分,最多扣 2 分;缺 1 个原始数据扣 1 分,最多扣 2 分;无单位扣 1 分,扣完 5 分为止;有设计中遇到的问题或思考加 1 分,5 分封顶)。设置加分目的是为了给学生犯错的机会,有遗漏也可以得满分,同时也考查学生对条件和原始现象及数据思考的深度(是否发现了问题或有所考虑)。针对具体某个实验,该标准则转化为具体的条件和测量的物理量,详见后文中教案描述。在预习中完成“需要观测的现象和测量的数据”任务的学生,只要说明哪些条件和哪些需要测量的物理量,由每名学生根据自己的理解设计条件和数据呈现的表格,既有明确要求,也给了学生一定的自由度,由此培养学生独立思考和数据整理的能力。本标准的设置初衷是让学生在实验前要有规划,在实验过程中要记录原始的实验现象和数据,而不是只记录经过思考和推理的实验结果。因为原始实验现象和数据更为客观,但是

不同人的思考和推理方式不同,所得出的结果带有主观性。设置标准零是为了培养学生整体规划的能力以及求实求真的精神。

3)标准一:实验操作记录中序号及小标题编排、仪器状态(测量条件)、操作、现象/数据 4 项是否齐全占 10 分(只要有 1 处有关 4 项得 10 分,缺少 1 项扣 3 分,依次类推,扣完 10 分为止)。设置本标准主要是让学生做实验规范,培养学生对内容的分类归纳能力,理解操作是有前置条件的,只有在正确的仪器状态下进行正确的操作才能得到合理的结果。可以让学生体验科学研究的基本理论和方法。

4)标准二:实验操作记录中测量条件是否齐全占 5 分,测量结果是否齐全占 5 分,是否为实验操作记录(不是实验步骤)占 5 分(学生先自评,最后以教师评价为准),共 15 分(缺 1 个测量条件或测量条件不准确扣 1 分,扣完 5 分为止;缺 1 个测量结果或测量结果不正确扣 1 分,扣完 5 分为止;出现 1 次实验步骤扣 1 分,有一半左右为实验步骤扣 3 分,基本是实验步骤扣 5 分)。注意这里的测量条件和测量结果在具体的实验中都转换为具体的条件和物理量。本标准的设置主要是培养学生的思维完整性,要求学生了解实验中所有的测量条件和测量结果。

5)标准三:实验操作记录中错误(错误的描述、造成的后果,分析错误产生的原因,考虑如何得到正确的操作)或为避免错误所做的具体思考过程(未做思考导致错误的描述、采取的措施、具体考虑说明、正确性)等占 10 分(只要有 1 处错误有关 4 项完整得 8 分,写得特别好再加 2 分;错误中,其中 1 项始终没有,扣 3 分,依次类推,扣完 10 分为止;只要有 1 处考虑有关 3 项完整且正确得 8 分,写得特别好再加 2 分,前 3 项中其中 1 项始终没有或所有考虑都错误,扣 3 分,依次类推,扣完 10 分为止)。设置本标准主要是让学生在操作中既要动手又要动脑,善于分析,不放过实验过程中的反常现象,培养学生观察分析和反思改进的能力,同时也培养学生预估错误的能力。

6)标准四:整理的测量条件和原始实验现象与数据记录表格设计是否合理占 5 分(同标准零)。设置本标准能够培养学生思维的完整性,同时也督促学生做实验后,重新审视实验测量结果,与实验前的预估进行比较,从而提出改进,以培养

学生反思的能力.

7)标准五:数据处理及分析讨论占15分(数据处理详细过程占7分,包括:数据准备、公式、数据代入公式过程、计算结果、单位、不确定度,每一项中有不完整情况扣1分,最多扣6分;分析讨论占8分,包括:总结实验的完成过程2分,评价实验设计2分,对细节进行深度挖掘2分,思考题2分).设置本标准除了要求学生完成数据处理和获得结论外,还要求学生做完实验后,重新对整个实验和某一细节进行审视、总结和评价,并进一步总结思想方法、技巧及经验等.

8)标准六:自评及后续改进思考(根据评分标准对书面文档进行评分,要求列出每项得分的依据并考虑后续改进)占10分,7个标准每个依据(特别是标准二、三、五需要详细说明)得分少1项扣1分,扣完7分为止;后续改进考虑先说明再评分得3分(很有见地得3分,有少量想法得2分,无实质性内容得1分).设置本标准能够让学生反思并在以后的实验中改进,可培养学生批判继承的精神,也可以间接培养学生的自我评价能力.

2.4 其他实验内容的教学设计及素养培养

2.4.1 其他实验内容的教学设计

总结实验也分预习、操作和书面文档3部分,只是全部以文档形式呈现.预习和操作部分每名学生选择自己认为做得最好的1个实验,根据评分标准提供相关佐证材料,进行总结和自评.每名学生选择1个自己认为书面文档写得最不好的实验和1个自己认为书面文档写得最好的实验进行比较,根据评分标准提供相关佐证材料,进行总结和自评;同时,要给出自己对整个学期学习的总体评价.

提供基本可以独立完成的基础实验由基础差的学生独立完成,成绩打折扣.

试开实验教师不提供预习大纲,学生需要在做实验前提交预习大纲及答案初稿,完成后提交书面文档和预习大纲.

无步骤实验是指在现有某个实验基础上选1~2个该实验的拓展实验要求(实验室给出或自己根据文献选题),学生通过查找文献设计实验步骤完成实验;在做实验前提交设计文档,完成后提交书面文档及预习大纲.

大实验是需要12~16课时完成的难度较高的实验,由指导教师确定实验操作要求,学生需要

完成论文.

精做实验是在现有实验仪器的基础上完成课程不要求的内容或对实验内容进行拓展与修改讲义(在该类仪器上没有实施过),需要学生自己选题;学生在做实验前提交详细的改进计划,完成实验后提交书面文档及预习大纲.如果实验结果有发表价值,则选择期刊投稿,同时可以作为以后的无步骤实验的拓展案例.

预习大纲除了6项任务的预习思考题以外,还有实验过程中或完成后需要考虑的问题(写在书面文档中的思考题)、实验操作中的提示要点和实验简介等项目,第7项类似于复习思考题,第8项则给出了1组中2名学生测量不同数据的要求(一般是不同测量条件),第9项是对实验的总体说明.

这些内容中越靠后的部分相对越容易模拟成准探究研究性实验.

2.4.2 其他实验内容的素养培养

可选实验一般按照难度梯度排列,学生在选择前要对自己的能力有基本的评估,然后再根据兴趣、优势等因素选择1个项目完成最后1个实验.学生需要完成预习大纲(预习大纲是教师对实验内容重新梳理后制定的),学生需要站在教师的角度考虑如何制定预习大纲.除了要有总体的思路以外,还要考虑如何选取不同的测量条件可以使1组中的2名学生测量的数据不同,引导学生思考实验中的测量条件是如何确定的,这具有一定的开放性和挑战性.

这部分实验内容可以增加学生的好奇心,培养学生的自我评价能力、开拓创新能力和撰写学术论文能力,也可以间接培养学生的选题能力.

2.5 课程设计中名人堂的设置

为了鼓励学生积极努力学习,效仿NBA名人堂的做法,2013年开始建立华东师范大学物理系近代物理实验学生名人堂^[11].近代物理实验学生名人堂分为优秀厅、单项厅、创新厅和目标厅,原则上每厅1学期针对每个教学班不超过1名学生入选.优秀厅资格归属于该学期总评分数最高的学生,自动确定.单项厅资格归属于1个学期中单个实验(或其他项目)得分最高的学生,具体规则是所有申请学生在该学期中单个实验得分最高.创新厅资格归属于有创新思想的学生.目标厅资格根据本人以往的实验课综合成绩提高

(10 分以上)的基础上设定目标,期末大于等于目标成绩且最接近目标成绩的 1 名学生获得. 一般教师会在下一届的实验绪论课上举行发证书仪式,既表彰上一届的名人,也激励下一届学生.

基础实验内容部分设计中,预习过程中学生之间开放性的提问、回答及讨论,对前人实验设计的不同体验,拓展部分的开放性问题及预估实验现象和数据及其对应的观测和测量条件,实验操作中一定限制条件下的自由探索及验证,书面文档中总结本实验的完成过程、评价本实验的设计及对细节进行深度挖掘,等等,都具备准探究研究性实验的不可预测性和开放性特点.

3 简单案例和初步教学效果

3.1 光泵实验

以光泵磁共振实验为例,分别从预习实施和书面文档评分标准说明.

预习大纲中实验原理任务思考题 2: 请详细说明光抽运过程产生的机理(光抽运信号产生过程,注意其中跃迁时守恒量的数目,向上向下跃迁时跃迁定则的差别以及差别的原因);

实验设计任务思考题 3: 请详细说明如何使光泵磁共振信号周期性出现以在本实验中可以方便观测(如何实现? 扫场形状为什么要用三角波? 可以用其他波形代替吗?);

拓展任务思考题 3: 从光泵磁共振实验的首次实现、发展和应用中可以获得哪些启示(包括但不限于原则、思想、方法、思路、途径).

原理中思考题要抓住重点难点,点出其中的关键点. 在这里特别强调向上向下跃迁时跃迁定则的差别,由于向上跃迁时吸收 1 个有 h 角动量的光子,为了保持角动量的守恒,跃迁定则要满足 $\Delta m_F = +1$; 而向下跃迁时,放出 1 个没有确定角动量的光子, $\Delta m_F = 0, \pm 1$. 另外,要强调 m_F 下能级最大为 2,而上能级最大也为 2 时,才会发生光抽运现象,如果上能级 m_F 最大为 3,则不会发生光抽运,这也间接解释了光源后需要加滤光片的原因. 这里可以引入求异法的思想,强调特定条件下才能产生特定实验过程的思想,体验在科研过程中条件控制的重要性.

思考题除了强调原理中的要点以外,还要强调物理现象的出现需要经过一定设计,需要强化. 首先引导学生考虑现象产生的条件,然后引导学

生考虑如何让该条件周期性出现的方法,从而方便观测. 实验中给出了一种方法,让学生体验如何得到该方法,并引导学生思考该方法是否是唯一的方法,是否还有其他方法,扫场波形是否可以改变,同时解释了测量需要达到一定精度所需要的限制条件.

本文给出的评分标准对所有实验具有统一性,对具体实验需要具体化,例如标准零: 初步设计的测量条件和原始实验现象与数据记录表格占 5 分. 在光泵实验中,实验内容安排中有要求用指南针判断地磁场、水平场和扫场的方向,以及抵消测量 g 因子等内容. 大部分学生认为判断方向比较简单,设计表格时,条件是分别添加水平场和扫场,现象为指南针指针的指向; 测量 g 因子比较复杂,条件有 3 个场的幅度和按钮的方向(学生一般都写得不全),数据是频率,方向、幅度、指针情况及频率(光泵实验条件和数据的具体化)缺失是标准零的扣分点. 另外,教师要提醒学生不要记录判断以后得到的结果或结论,如水平场和地磁场同向之类的结果. 实际做实验时发现方向判断有问题,理论上用单因素法只加某一磁场,然后根据指南针指针方向判断此磁场方向,但是地磁场是无法去掉的,因此要考虑 2 个磁场的叠加,然后再根据现象来判断某一磁场的方向. 这时学生就会发现设计的表格要修改,条件应该是 2 个场的按钮状态以及水平场和扫场幅度按钮分别变化的情况,现象是指南针指针的变化情况,仪器/器件的状态、实施操作和最后出现的现象自然呈现. 完成实验后,学生能够根据实验时的体会重新设计磁场方向判断的现象记录表格.

3.2 初步教学效果

经过几年的教学实践,取得了显著的教学效果,从学生的反馈和发表的教学论文及授权专利两方面做说明.

3.2.1 学生的反馈

从 2010 级至 2018 级共几十位学生入选了名人堂,对名人简介中的获奖感言以及总结实验中关于课程的评价,进行了收集和整理.

从反馈来看,学生已经开始部分体会到了课程设计的理念和目标. “近代物理实验课程可以提高自己的科学素养”“老师的严谨和严格让我重拾物理学习的快乐”“在遇到困难时不要轻易放弃,要勇于探索; 在多次失败之后不气馁,总结失

败的原因,再次尝试”及“一份重要的肯定”,令学生体会到了好奇心、坚韧不拔、独立思考、培养成就感等道德品质和精神素养。“和队友发现问题”“体会到了分工合作的重要性,体会到了与合作的同学之间沟通的重要性”及“原理基本都能自己给自己讲一遍”,令学生体会到了发现问题的能力、与人沟通的能力、团队协作能力,学术报告的陈述方法等能力素养。“全新的实验模式”“终于明白模糊叙述下隐藏的实验设计”“自学探索过程”及“先和合作的同学探索”,令学生体会到了验证性实验可以模拟成准探究研究性实验的理念和方法。

3.2.2 论文及专利

从2006级开始实施精做实验以来,经过教师 and 学生的进一步拓展,学生发表较多(会议及期刊)教学或研究论文,例如,有关光拍实验和快速傅里叶变换实验^[12]、法拉第效应^[13]、光栅光谱仪实验^[14-15]、磁光克尔效应实验^[16]、微波布拉格衍射实验^[17]、X射线相关实验^[18-20]、磁阻抗效应^[21]等。同时还吸引了学生参加教师承担的仪器研制项目(学校设备处)和科创项目,也发表了论文,例如有关课程^[22]和频谱仪^[23]等内容的论文。其中,有关X射线衍射实验的论文^[18]在《物理实验》杂志创刊40周年论文评比中,入选“百篇优秀论文”。除了论文以外,还申请了3项发明专利和5项实用新型专利,其中2项发明专利和5项实用新型专利授权。

4 结束语

根据我校的实际情况,依托大夏学堂设计和建立多层次的教学和评价体系,并对基础实验教学内容和评分标准进行了有特色的设计,从细节处入手,通过对实验教学活动的细化和改革来培养学生的准科研素养。经过多年的教学实践,取得了显著的教学成果,这说明通过教学设计和制定评分标准,通过基础实验模拟准探究研究性实验是可行的。提出的教学设计和实施还有待改进之处,例如教师评分的工作量较大,学生负担相对较重,教师与学生的交流方式还可以增加更多的渠道,针对以上不足,我们还会不断改进。

参考文献:

[1] 张朝晖. 发展研究型基础物理实验教学的理念与实践[J]. 物理实验,2021,41(7):37-41.

- [2] 王合英,孙文博,陈宜保,等. 自由实验、乐学创新的近代物理实验教学[J]. 物理实验,2017,37(2):33-37,42.
- [3] 赵海发,刘世刚,黄丽,等. 建立自主探究性实验教学模式提升实验教学的人才培养水平[J]. 物理实验,2018,38(S1):55-57,63.
- [4] 张荣香,范伟丽,丁文革,等. 基于“一三三”模式培养大学本科生的科研素养[J]. 物理通报,2020(12):21-23.
- [5] 杨大圣. 高校教师继续教育研究[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2008:184.
- [6] 夏继刚,付世建,曹振东,等. 以提升科研素养为核心的学术型硕士研究生培养模式改革探讨[J]. 安徽农业科学,2015,43(25):384-385,388.
- [7] 明道琴. 硕士研究生应具备科研素养的几点思考[J]. 新教育时代电子杂志(教师版),2016(16):115.
- [8] 董友军,翟春城. 基于物理学科核心素养的实验教学理论模型与实践路径[J]. 物理实验,2020,40(11):57-63.
- [9] 李世彬. 浅谈研究生的科学素养培养[J]. 科技创新导报,2016(30):119-120.
- [10] 董奇,边玉芳. 教育心理学[M]. 杭州:浙江教育出版社,2009:254.
- [11] 华东师范大学老教授协会物理分会组. 传承——华东师范大学物理学科发展纪事:1951—2020[M]. 上海:华东师范大学出版社,2021:110.
- [12] 王春梅,马小草,阮建中,等. 基于类比思想的傅里叶分析新内容初探[C]//第六届全国高等学校物理实验教学研讨会论文集. 西安,2010:324-328.
- [13] 王春梅,阮建中,顾凌峰,等. 法拉第效应旋光不可逆性的实验验证[J]. 物理实验,2015,35(2):28-31.
- [14] 胡啸,王春梅,沈国土. 遮阳伞布透过率的测量方法探究[J]. 物理实验,2017,37(2):43-45,48.
- [15] 胡岚,王春梅,沈国土. 基于光栅光谱仪的2个拓展实验[J]. 物理实验,2018,38(S1):108-110.
- [16] 王春梅,赵振杰,阮建中,等. 磁光克尔效应实验装置改进与非标软磁材料的矫顽力测量[J]. 物理实验,2016,36(11):13-15,19.
- [17] 樊帅宇,王春梅,沈国土. 微波布拉格衍射实验中木板影响的探索[J]. 物理实验,2018,38(12):6-10.
- [18] 赖宣颖,王春梅,沈国土. NaCl单晶非切割面晶面的X射线衍射[J]. 物理实验,2019,39(7):16-21.
- [19] 熊俊林,王春梅,沈国土. 硬币材料特征峰幅度的探究[J]. 物理实验,2019,39(5):17-21.

- [20] 向臻,王春梅,沈国土. NaCl 单晶非切割晶面 X 射线衍射的实验研究[J]. 物理实验,2020,40(3): 18-22.
- [21] Xiong J L, Tu H C, Li X, et al. Preparation and magnetic properties of composite wire with double magnetic layers [J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2019,490:165531-1-6.
- [22] 崔乾临,王嘉钰,李皓尊,等. 高校实验课程成绩评价方式的改进——以华东师范大学近代物理实验课程为例[J]. 物理实验,2018,38(S1):64-67.
- [23] 董洁,王春梅,沈国土. 手机及其屏蔽器的信号测量[J]. 物理实验,2017,37(1):52-55.

Quasi-scientific literacy in modern physics experiment teaching

WANG Chun-mei, SHEN Guo-tu, ZHAO Zhen-jie

(School of Physics and Electronic Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: Based on the characteristics of modern physics experiments, the multi-level teaching and evaluation system were designed and established by involving Vygotsky's theory of the zone of proximal development. By implementing the distinctive teaching contents and scoring standards of confirmatory elementary experiment, a quasi-inquiry research experiment was carried out. Thus some standard research activity samples for students to imitate and a certain degree of freedom for students were provided. Students could think independently, design, arrange and implement corresponding activities by themselves. The students' quasi-scientific literacy was cultivated through the experience of the kind of experimental teaching activities.

Key words: modern physics experiment; quasi-scientific literacy; basic experiment course; scoring criteria

[责任编辑:任德香]

欢迎订阅 欢迎投稿

《物理实验》是由教育部主管、东北师范大学主办的学术期刊,是教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会会刊,是中国高等学校实验物理教学研究会副秘书长单位,是高等学校物理演示实验教学研究会常务理事单位. 本刊宗旨主要是交流物理实验研究成果,介绍国内外物理实验教学经验,培养读者的科学精神与创新能力,引领我国物理实验教学的改革与发展. 杂志着重刊载对物理实验教学改革与发展具有前瞻性,对实验教学的具体问题具有指导性,对新科技成果应用于实验教学具有深度融合性,对传统实验内容具有拓展性和创新性的论文. 目前开设的主要栏目有:前沿导读、近代与综合实验、扩展与应用、普通物理实验、教学论坛、专题、互联网+物理、学生园地、基础教育等. 《物理实验》适合于物理实验工作者、理工科学生以及教学仪器研制技术人员阅读.

《物理实验》为月刊,全国各地邮局均可订阅,邮发代号为 12-44. 若错过邮局订阅时间,可直接与编辑部联系.

物理实验杂志