

类比迁移教学策略在大学物理实验中的探索实践

王晓萌 李 静 王 龙 王世燕

(中国石油大学(华东)理学院, 山东 青岛 266580)

摘 要 为了解决大学物理实验教学中学生知识迁移能力不足、跨学科知识应用能力欠缺、科学思维不系统、创新意识薄弱的问题,结合近年来的教学实践和大学物理实验课程自身特点,本文提出了横向类比博通、纵向迁移深化的教学策略。类比迁移教学策略设计了包含相同或相近知识点的不同实验类比;相同或相似物理思想的不同实验类比;不同实验方法测量同一物理量的实验间横向类比;纵向分层次实验内容的设置;跨学科纵向实验内容拓展五个方面。通过类比迁移教学策略的实施,帮助学生主动建构知识体系,增强知识融会贯通、学以致用能力,也培养了学生的批判创新意识。

关键词 实验教学;横向类比;纵向迁移;理工融合;自主探究

EXPLORATION AND PRACTICE OF ANALOGICAL TRANSFER TEACHING STRATEGY IN COLLEGE PHYSICS EXPERIMENTS

WANG Xiaomeng LI Jing WANG Long WANG Shiyan

(College of Science, China University of Petroleum (Huadong), Qingdao, Shandong 266580)

Abstract In order to solve the problems of insufficient knowledge transfer ability, lack of interdisciplinary knowledge application ability, unsystematic scientific thinking, and weak innovation consciousness in college physics experiment teaching, combined with recent teaching practices and the characteristics of college physics experiment courses, this paper proposes a teaching strategy of horizontal analogy and vertical transfer deepening. Drawing on recent pedagogical practice and the unique characteristics of the physics-laboratory curriculum, the strategy consists of five components: analogies between different experiments that share identical or similar knowledge points; analogies between experiments that embody the same or comparable physical ideas; horizontal comparisons among experiments that measure the same physical quantity with different methods; vertically tiered experimental content; and vertically extended interdisciplinary experiments. Implementing this analogy-transfer approach helps students actively construct knowledge frameworks, strengthens their ability to integrate and apply what they learn, and fosters critical and innovative thinking.

Key words experimental teaching; horizontal analogy; vertical migration; science and engineering integration; interactive research

收稿日期: 2025-04-30

基金项目: 中国石油大学华东教学改革项目(CM2024069, CM2024067); 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会教学研究项目(DWJZW202228hd); 国家级大学生创新创业训练计划项目(202410425031, 202410425047)。

通信作者: 王晓萌, wangxiaomeng@upc.edu.cn。

引文格式: 王晓萌, 李静, 王龙, 等. 类比迁移教学策略在大学物理实验中的探索实践[J]. 物理与工程, 2025, 35(6): 67-71.

Cite this article: WANG X M, LI J, WANG L, et al. Exploration and practice of analogical transfer teaching strategy in college physics experiments[J]. Physics and Engineering, 2025, 35(6): 67-71. (in Chinese)

在人工智能时代,学生获取相关教学资源更加方便,知识积累从获取渠道到数量都呈直线上升,这意味着教育的重心要更多地向培养学生构建知识、发展创造力和解决问题能力等本质上来,也就是解决“零到一”的问题。在不断变化的教育时代背景下,各学科教学改革始终不能停下脚步,以适应不断调整变化的教育需求,也为了更好地培养人才。大学物理实验课程是学生进入大学后系统地接受实验技能与科学实验方法训练的开端^[1],是理工科学生理解物理规律、培养科学思维的重要实践环节。课程体现了科学实验的共性,为各专业学生后续进行各自领域的科学研究奠定了基础,是各专业人才培养的重要一环。然而,在当前大学物理实验教学中,普遍存在着“重操作、轻思维”缺乏对实验原理的深度理解,学生跨学科解决问题的能力不足,学生实验设计思想和创新思维较欠缺。此外,目前许多高校大学物理实验课程都采用了预约开放模式,根据专业设置教学大纲,都对学生应该完成的实验个数做了规定^[2]。由于学时的限制,学生很难开展综合性创新性实验,创新能力培养受限。其次,在有限个数的实验项目中,学生很难主动建构完整的知识体系,更缺少对实验做深入横向类比博通、纵向迁移研究的机会,不利于培养学生系统的科学实验思维和自主探究意识。这就对教师的教学提出了更高的要求。由于大学物理实验课程本身具有高度系统性和类比性的特征,为类比迁移教学提供了天然基础。本文旨在探索如何通过类比迁移教学策略在大学物理实验课程中的实施,帮助学生构建知识体系,提升其自主学习思考的能力、有效提升学生

对物理本质的深度理解,培养跨学科迁移的科学思维能力和创新意识。

所谓类比法,是指在两个(或两类)对象的某些相似的现象之间进行对比,由对一个已知对象的认识导出对另一对象的认识^[3]。类比过程一般是一种比较、综合归纳、演绎推理及迁移的过程,包含知识类比(概念类比)、情境类比、方法类比、过程类比等。无论是从物理学史还是在物理研究领域,或是物理相关课程中,类比法都起到了非常重要的作用。大学物理实验课程涉及知识内容多,理论与实践结合,基础性与系统性并重,强调科学方法与思维,注重动手能力与创新思维。这些课程特点意味着类比迁移法教学策略可以发挥巨大作用。

1 类比迁移教学策略整体方案

为了达成创新复合型人才的培养目标,促进实验教学的长足发展,很多研究聚焦在更新整合实验内容上,例如建立分类分层的实验教学体系,并取得了一定的教学效果。我校物理实验中心(以下简称“中心”)对大学物理实验课程,虽然从内容上设置了基础性实验、综合性实验和研究性实验等模块,但每个实验项目是相对独立的。加之受限于学时,目前大学物理实验教学往往停留在对每个实验项目的单独讲授。常规的实验教学不利于学生横向类比,也不利于学生对某个具体实验项目的纵向深入探究。本文通过对大学物理实验课程中各实验项目的梳理整合,在针对全校理工科学生的大学物理实验课程的教学过程中有

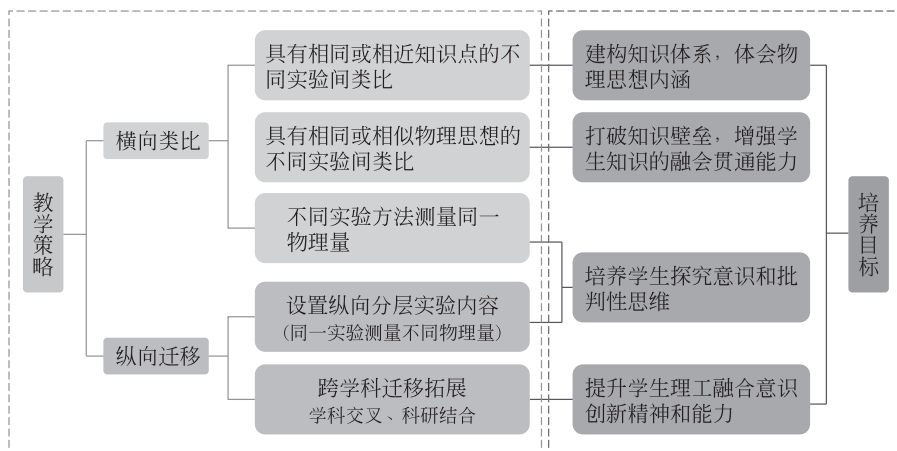


图1 类比迁移教学策略整体方案

意识有策略地引导学生进行类比迁移学习,包含相同或相近知识点的不同实验类比;相同或相似物理思想的不同实验类比;不同实验方法测量同一物理量的实验间横向类比;同一实验测量不同物理量的纵向深化迁移;单一实验跨学科应用研究的迁移探索五个方面。

2 方案具体展开

2.1 横向类比

2.1.1 具有相同或相近知识点的不同实验间类比

虽然每个实验项目相对独立,但不少实验相互间蕴含着相同或相似的知识点。例如在光的偏振实验中会涉及产生和检验偏振光的实验方法,在液晶电光效应实验中,正是利用了马吕斯定律中入射线偏振光与偏振片之间的夹角为 0° 和 90° 两种特殊情况才实现了常白和常黑两种光开关模式;而在液体旋光特性的研究实验中,旋光仪的工作原理也是建立在偏振光知识点的基础上,并用旋转线偏振光振动面的方法来达到测量目的。在学习其中一个实验时,可以类比其他两个实验中的相关知识点进行教学(知识类比),加深了对偏振光知识点的理解,尤其是对光的偏振这一知识点的灵活应用。例如,在理解了旋光溶液测量液体旋光度的原理是基于线偏振光的偏振面的旋转这一本质后,类比光的偏振实验中验证马吕斯定律的实验装置,可以自行搭建实验光路拓展探究入射光波长对溶液旋光率的影响、温度对溶液旋光率的影响、测量固体物质的旋光率等内容^[4],实

验装置如图 2 所示。

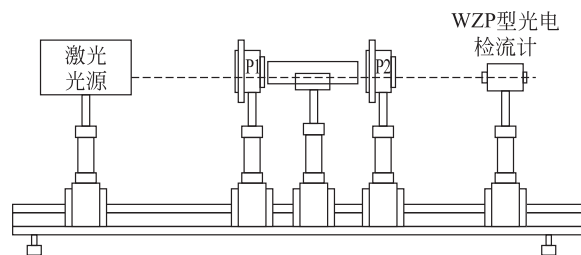


图 2 物质旋光率的测量装置

2.1.2 具有相同或相近物理思想的不同实验间类比

课程中,一些实验项目看似独立,也不具有知识交集。但是,它们间可能具有相似的物理思想或测量方法,在教学过程中有意识有策略地将这些实验中相似的物理思想进行类比教学(方法类比),既有利于学生了解实验本质,又能锻炼学生举一反三的能力。例如图 3 所示,在金属电子逸出功与荷质比测定和光电效应测量普朗克常量的实验中,分别需要测量金属的逸出功、荷质比及普朗克常量,两个实验都需要将电子从金属中逸出,并外加电场控制发射电子的运动状态,建立待测量和已知物理量的物理数学模型,从而测得待测量。两个实验中建立测量模型的方法和思想类似,这是学生们学习的核心和关键。再者,在金属电子逸出功与荷质比测定的实验中,运用磁控法测量了荷质比这个数值,可以进一步引导学生思考在密立根油滴实验中,测量电子电荷量时能否也用磁控法测量呢?有了探究实验本质的意识和习惯,有了举一反三的能力,可以为培养学生的创新力提供不竭的动力。

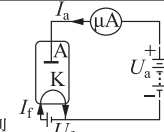
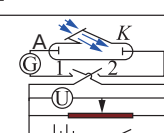
实验项目	横向类比教学		
	电子发射方式	测量模型	其他
金属电子逸出功与电子比荷的测量	热电子发射	 模型 $\ln \frac{I_0}{T^2} = \lg AS - 1.16 \times 10^4 \frac{1}{T}$	1 使金属发射电子的方法: 光电发射、热电子发射、二次电子发射、场效应发射 2 金属电子逸出功与电子比荷的测量实验中用磁控法建立测量模型测定了金属的荷质比, 类比油滴实验中测定电子电荷量, 能否也用磁控法测量?
光电效应与普朗克常量的测量	光电发射	 模型 $U_a = \frac{h}{e} \nu - \frac{W_0}{e}$	

图 3 光电效应测量普朗克常量和金属电子逸出功与电子比荷的测量实验的类比

2.1.3 不同实验方法测量同一物理量

由于课程内容的设置,不同的实验项目测量的物理量一般是不同的。然而从各实验间的共性和差异性入手,挖掘之间的关联和内涵,可以发现很多物理量的测量可以有多种实验方法,从而可以形成用“殊途同归法”测量同一物理量的实验专题模块。例如测量微小长度这样一个物理量,在迈克耳孙干涉仪实验中,在已知光源波长的情况下结合条纹变化数可以测出移动反射镜移动的微小长度量;在光的等厚干涉实验中可以测量细丝直径(或薄片厚度)这样一个微小长度量;在拉伸法测量杨氏模量实验中利用反射镜偏转放大微小位移从而完成微小长度的测量;在全息照相实验中,通过全息图记录和比较物理变形前后的干涉条纹变化,检测微小形变量。在课程中学习相关实验时,将其相互类比教学,了解以上测量微小长度量的实验本质都是光学放大法。在此基础上,可以继续类比其他测量微小长度的方法:电学放大法、机械放大法以及其他高精度技术。对不同实验方法测量同一物理量的类比教学,可以打破不同实验项目设置带来的壁垒,剥开实验项目的外壳类比学习不同实验测量同一物理量的精妙科学实验思想。

2.2 纵向迁移

2.2.1 设置纵向分层实验内容

实验课程受限于学时以及现有实验仪器配件的影响,往往一个实验项目只测量一个物理量。然而在实验原理的基础上深挖,通过改进实验仪器或者增设备件,很多实验项目可以测量不同的物理量。对该类实验项目,在实验过程中通过纵向延伸拓展,完成基础实验内容物理量的测量外,启发学生对其他物理量测量的探究,从而加深对实验内涵的理解以及应用。例如,在迈克耳孙干涉仪及其应用的实验中,除了完成测量激光波长及测量玻璃介质折射率等基础实验内容外,可以积极启发引导学生思考其他物理量的测量:如精确测量干涉仪中动镜微小位移量;根据材料的振动性质,通过测量干涉中心点光强的周期变化研究材料的固有振动频率,从而计算材料的杨氏模量;利用迈克耳孙干涉仪搭建傅里叶变换光谱仪;测量滤光片的中心波长和带宽等特性参数;利用迈克耳孙干涉仪测量液体浓度;基于迈克耳孙干涉仪原理对金属材料的热变形特性进行研究(如

测量金属材料的线胀系数)等^[5-9]。通过对基础物理实验的深入探索与研究,能够拓宽学生的物理视野,在更好地理解实验原理和思想的基础上提高自身的研究和应用能力。

2.2.2 跨学科迁移拓展实验内容

基于对交叉学科复合型人才的需要,对如何提高大学物理实验课程的教学质量提出了更高的要求。在物理实验课程中往往涉及多学科的背景知识,对于课程中可以纵向深度拓展的实验项目,深入挖掘其可以交叉研究的知识点,有机融入到实验课程中,培养学生的工程创新意识,知识的迁移应用能力。例如太阳能电池实验,有机融入纳米材料的制备、电池的制作工艺、微结构表征技术、太阳能电池光伏性能和光谱响应测试等内容。再者,在光纤特性研究实验中,除测量光纤的基本特性参数外,拓展探究光纤的应用。例如,设计实验方案测量实验给定的光纤通讯系统的带宽等参数,基于光纤传感器测量温度、湿度等物理量。通过纵向深挖实验,对理工融合的交叉点进行深入探究,帮助学生建立工程应用与基础研究之间联系,强化工程创新意识的能力。

3 类比迁移教学策略的实施

受限于学时的限制,类比迁移教学策略的实施通过课上和课后共同完成,如图4所示。课前,教师根据不同实验项目的自身特点选择类比迁移教学策略中相适应的部分进行教学设计。课中,教师通过将相似知识、实验方法或思想、实验情境进行类比教学,或者对纵向迁移实验内容进行概述,引导学生养成主动对实验项目进行横向类比、构建知识体系、主动探究的意识。课下,教师采用科创项目和各类学科竞赛的形式完成对纵向分层实验内容和跨学科拓展实验内容的实施,让有想法学有余力的学生进入实验室完成进一步地拓展探究。

4 结语

本文探索了横向类比、纵向迁移教学策略在大学物理实验课中的实践研究。经过两年的实施,极大地提高了学生的创新研究的积极性和实验兴趣,很大程度上激励学生从“等、靠、抄”的被动学习向“探、钻、思”的主动学习方式转变。类比

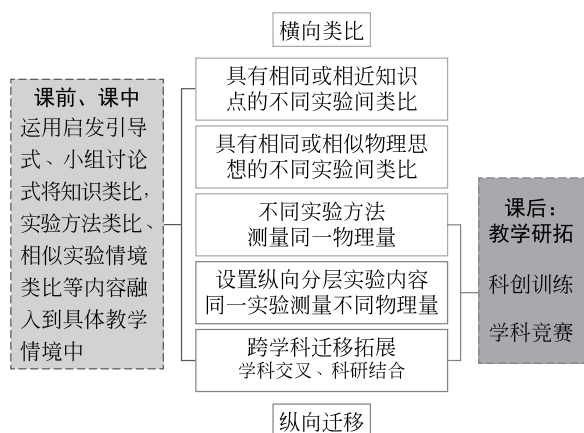


图4 类比迁移教学策略实施

迁移教学策略自2023年实施以来取得了良好的教学效果,部分学有余力的学生通过自己的进一步调研提出了很多有研究价值的研究点,提交的创新专题研究报告和参加各类竞赛的数量都有明显提升,并孵化出大学生创新创业训练项目9项,各类学科竞赛获奖二十几项,如图5所示。

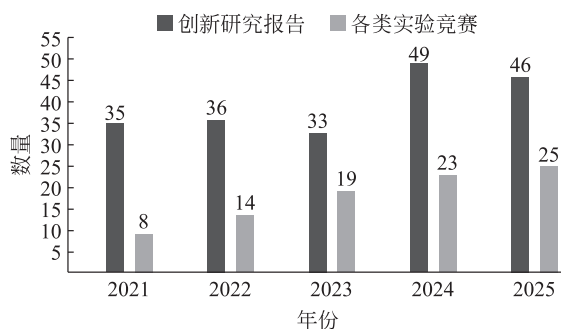


图5 改革实施成果

参考文献

- [1] 李书光, 张亚萍, 朱海丰, 等. 大学物理实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2022.
- LI S G, ZHANG Y P, ZHU H F, et al. College physics experiment[M]. Beijing: Science Press, 2022. (in Chinese)
- [2] 王龙, 尹玉芳, 王洛秋, 等. 专题实验教学在基础物理实验中的探索实践[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(8): 199-202.
- WANG L, YIN Y F, WANG L Q, et al. Exploration and practice of special subject experimental teaching in basic

physics experiments [J]. Experimental Technology and Management, 2017, 34(8): 199-202. (in Chinese)

- [3] 倪燕茹. 类比法和补偿法在大学物理教学中的运用与探讨[J]. 内江师范学院学报, 2009, 24(8): 83-86.
- NI Y R. Application and analysis of analogy and compensation methods in the teaching of university physics[J]. Journal of Neijiang Normal University, 2009, 24(8): 83-86. (in Chinese)
- [4] 王晓萌, 王世燕, 李静. 蔗糖溶液旋光效应的实验研究[J]. 实验科学与技术, 2016, 14(5): 79-80.
- WANG X M, WANG S Y, LI J. Experimental study on the optical rotation effect of sucrose solution[J]. Experimental Science and Technology, 2016, 14(5): 79-80. (in Chinese)
- [5] 谢钧, 沈伦洋, 查一昆. 基于改进的迈克尔逊干涉仪对热变形特性的研究[J]. 九江学院学报(自然科学版), 2022, 2(137): 74-77.
- XIE J, SHEN L Y, ZHA Y K. The study of thermal deformation based on modified Michelson interferometer[J]. Journal of Jiujiang University (Natural Science Edition), 2022, 2(137): 74-77. (in Chinese)
- [6] 张佳怡, 高泽同, 樊小维, 等. 迈克尔逊干涉仪测量液体浓度装置的创新研究[J]. 大学物理实验, 2023, 36(5): 66-71.
- ZHANG J Y, GAO Z T, FAN X W, et al. Innovative research on liquid concentration measurement devices based on Michelson interferometer[J]. Physical Experiment of College, 2023, 36(5): 66-71. (in Chinese)
- [7] 高崇涵, 安炜, 王峥, 等. 利用迈克耳孙干涉仪测量滤光片特性参数[J]. 大学物理, 2022, 41(8): 81-85.
- GAO C H, AN W, WANG Z, et al. Using Michelson interferometer to measure the characteristic parameters of optical filter[J]. College Physics, 2022, 41(8): 81-85. (in Chinese)
- [8] 杨子瑜, 胡彦珊, 王雪珍. 基于固有频率和迈克耳孙干涉仪杨氏模量[J]. 物理实验, 2023, 43(9): 43-47.
- YANG Z Y, HU Y S, WANG X Z. Measuring Young modulus based on natural frequency and Michelson interference [J]. Physics Experimentation, 2023, 43(9): 43-47. (in Chinese)
- [9] 张再源, 徐永祥. 迈克耳孙干涉仪中动镜微小位移量的测量方法研究[J]. 物理与工程, 2023, 33(2): 136-141.
- ZHANG Z Y, XU Y X. Measurement of micro-displacement of movable mirror in Michelson interferometer[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(2): 136-141. (in Chinese)