基于跨学科主题学习的“5E”教学设计

——以“磁场对通电导线的作用力”为例

张惠晴 邢红军
(首都师范大学教师教育学院,北京 100048)

摘 要:跨学科主题学习具有发展学生素养,揭示物理学科实践特征的突出优势.为此,以高中物理“磁场对通电导线的作用力”一节为例,选取“5E”教学模式,试图形成与工程、技术实践适度整合的跨学科主题学习教学设计,以期在操作实践—机械构造—科学原理之间建立起有机联系,促进科学探究意义的生成.

关键词:跨学科主题学习;“5E”教学模式;教学设计

跨学科主题学习是发展学生核心素养的重要方式,亦是新一轮基础教育课程方案修订予以高度关注的重要取向.[1]延续之前课程改革对实践性的突出强调,跨学科主题学习着力培养学生综合解决问题的能力和实践兴趣,加强学校课程与生产劳动、社会实践的结合,能够充分发挥实践的独特育人功能.物理学科具有鲜明的科学实践性,跨学科主题学习无疑就成为深化物理课程实践特征的重要方式.有鉴于此,本文以“磁场对通电导线的作用力”一节为例,进行了基于跨学科主题学习的教学设计.

1 教学分析与教学模式选择

教学模式是指在一定的教育思想、教学理论和学习理论指导下的、在某种环境中展开的教学活动进程的稳定结构形式.[2]在这种较为固定化的教学程序指导下,跨学科主题学习的设计就能更加简单科学.此外,不同教学模式指向不同教学目标,选择与教学目标相适配的教学模式才能够彰显其指导效果.因此,在开展设计之前,还需要对其教学常态进行深入分析,剖析问题,对症下药.

研究发现,“磁场对通电导线的作用力”教学设计可大致分为3类.第一类表现为对教材内容的直接应用,共设有4个环节.即,先以通电导体棒在磁场中受力运动的实验作为引入,并以“如何判断安培力的方向与大小”作为探究问题.接着运用实验装置,依次改变电流和磁场方向,引导学生归纳、总结出左手定则.再通过复习与迁移得出计算安培力大小的方法.最后,以介绍磁电式电流表等安培力的应用作为收束.余下的两类设计,则分别在此基础上对引入环节和实验装置进行了改进与完善,如以电磁炮、弹射起飞等其他趣味实验作为情境引入,或是结合数字传感器等自制教具对安培力大小进行定量探究.

需要说明的是,本节教学设计开展科学探究的意义不仅在于获得知识,更在于围绕安培力生成有意义的问题和使学生产生对科学的感悟.由此观之,第一类设计仅以教材所负载的知识作为教学宗旨,探究问题和探究过程的设计过于简单直接,忽视了科学探究意义的生成.余下的两类设计虽然有所改进,但由于引入环节和探究实验并不等价于科学探究本身,就使得问题没有得到根本解决.

要促进有意义的问题和学生科学感悟的生成,离不开将知识与学生的生活实践联系.跨学科主题学习对实践的突出强调,使其成为了一种促进科学探究意义生成的有效途径.在这种情况下,选择“5E”教学模式为指导就不失为一种恰当考量.

一方面,“5E”教学模式已在长期的探究教学中获得了广泛认可;[3]另一方面,针对不同的教育需求,“5E”教学模式又发展出了多种变式,其中由“5E”模式发明者罗杰·拜比提出的“STEM整合型‘5E’教学模式”[4]的出现,能够有效表明“5E”教学模式适用于跨学科主题学习.于是,结合“5E”教学模式开展本节的跨学科主题教学设计就应运而生.

基金项目:本文系全国教育科学“十三五”规划2019年度国家一般课题“核心素养的关键能力构成及其表现研究”(项目编号:BBA190024)研究成果.

通信作者:邢红军(1960—),男,河南人,博士,教授,研究方向为物理课程与教学论、教师教育和科学教育.电子邮箱:xhjcnu@sina.com.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 基于跨学科主题学习的“5E”教学设计

参照新版物理课程标准，本文积极地发掘了跨学科主题学习的实践意义，与工程、技术实践适度整合，将磁电式电流表和电流天平的操作实践、机械构造、科学原理有机地融入了“5E”环节之中，教学设计流程图如图 1 所示.

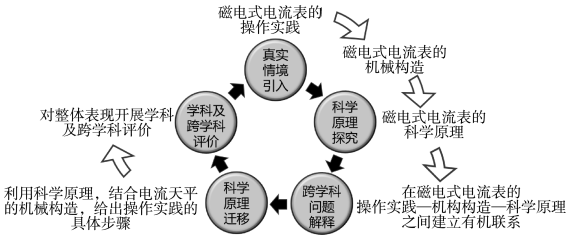

图 1 “磁场对通电导线的作用力”教学流程图

2.1 真实情境引入

情境是激发学生学习兴趣和学习动机的一种环境，它包含了教师为了更好开展教学而努力营造的时空背景、关键人物和冲突事件，以克服或者弥补真实环境无法实现的教学原动力.[5] 创设情境是教学设计的初始环节，它能够将学生置于与现实密切相关的情境之中，赋予所学内容现实的意义和价值，实现对真实世界的有效链接.

要实现这一目的，首先需要将教学内容情境化. 通电导线在磁场中受力运动的现象虽不容易在生活中直接观察到，但根据该原理制成的测量仪器——磁电式电流表，不仅在生活中应用广泛，更是所有学生都可以亲自操作的物理实验仪器. 因此，教师可以先将电流表在生活与实验室中的实践情境进行普及，接着引导学生观察桌面的磁电式电流表，并联系自己的操作经验，在回忆使用规则的同时深入思考“制订这些使用规则的原因或依据是什么?”从而使学生从已有经验出发，对磁电式电流表背后的构造与原理自然地产生好奇心(如图 2).



用磁电式电流表做实验　　生活中常用的磁电式多用电表也有着相同原理

图 2 磁电式电流表的各种应用

2.2 科学原理探究

探究是“5E”教学模式的中心环节. 在学生动手发现未知的过程中，学生会碰到各种各样的问题，并为解决这些问题而努力. 跨学科学习情境生出的问题纷繁复杂，需要教师引导学生聚焦问题，联结旧知，观察发现，有序探究.

2.2.1 聚焦探究问题

为了聚焦问题，让探究思路更加明确，教师需要引导学生对磁电式电流表的使用规则进行深入归纳分析(如图 3)，使学生认识到磁电式电流表对接入电流在方向、大小和接入时间上的限制，并进一步地将综合性的探究问题具化为“磁电式电流表是怎样实现电流大小测量的? 这些规则的制订与磁电式电流表的机械构造和测量原理间有着怎样的联系?”

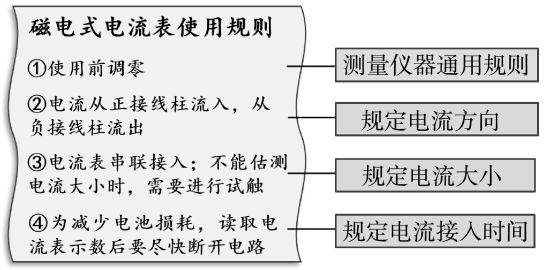

图 3 磁电式电流表使用规则

2.2.2 倒推科学原理

对仪器进行拆解是了解其机械构造的一种有效手段. 学生首先在教师指导下观察小组桌面拆开了的磁电式电流表，对照实物与结构示意图(图 4)，认识基本组成元件. 在大致了解后，着重对精密元件的连接方式、原理用途进行分析. 由观察可知，指针、金属轴承、铝框、线圈 4 个元件相互固定，组成了可联动的一体式结构，从而推断出，电流表外部的指针实际上是在内部轴承及线圈、铝框带动下发生偏转的.

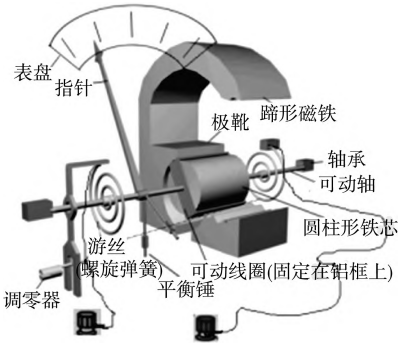

图 4 磁电式电流表结构示意图

随后，教师介绍靠近轴承两端的螺旋弹簧用途，阐明电流表调零原理：即两个绕向相反的螺旋弹簧通过给轴承施加一对扭力，使轴承的一体式结构平衡在特定位置上. 其中一根螺旋弹簧末端与调零器连接，就可以通过调零器改变螺旋弹簧的初始状态，改变指针初始位置. 于是，就在通电

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

前厘清了磁电式电流表的机械构造.

在此基础上,教师引导学生结合示意图分析通入电流后的元件变化.学生就能通过上述结构铺垫分析得出:电流会经导线沿游丝末端流入轴承进入线圈,使线圈通电并发生偏转.接着,教师用问题串追问:“为什么通电线圈会偏转?力是怎么产生的?哪些元件提供了磁场?极靴与磁铁构成的磁场有什么特点?为什么能观察到通电线圈在辐向磁场中受力偏转的现象?”在学生通过回忆旧知成功回答出“磁场对通电导线有力的作用”后,从而引出本节课的标题和安培力的概念.

2.2.3 建构物理模型

为寻找电流表规定电流方向的原因,教师先引导学生猜想:“安培力的方向与哪些因素有关?”接着用自制的磁电式电流表演示模型进行演示,依次改变电流方向和磁场方向,请学生观察先后的指针偏转情况(如图 5).

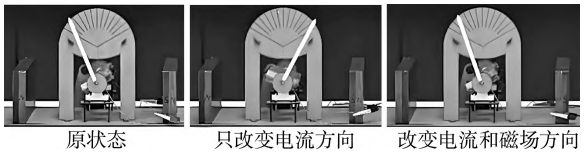

图 5 探究安培力方向与哪些因素有关

在学生通过演示实验得出安培力方向的影响因素后,教师设置问题串追问:“怎样知道安培力方向与电流方向、磁场方向 3 者存在的关系?需要通过几组实验来归纳规律?如何在磁电式电流表中读取这些数据?”由此使学生意识到,为了直观地获取数据,需要建构模型来简化情境(如图 6).

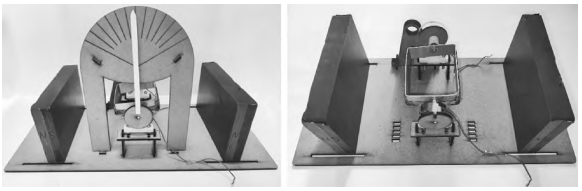

图 6 “磁电式电流表演示模型”简化前后对比

即依次忽略指针、表盘等与探究无关的构件;将受力情况相同的多匝线圈简化为一匝;将研究 4 条通电导线简化为先研究其中垂直的一条.并且,由于线圈处于水平位置放置时,辐向磁场与匀强磁场的磁场方向均与被研究边垂直,因此可以将辐向磁场简化为匀强磁场,最后分析线圈自水平位置刚开始运动的受力情况(如图 7).

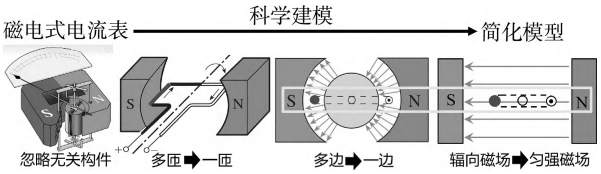

图 7 模型简化过程

2.2.4 进行物理实验

通过物理建模,学生已经从理论上清楚了如何获取实验数据,在此基础上,教师将落实到操作,带着学生完成其中一组后,再由学生自主用小组桌面上缩小版的磁电式电流表模型做完剩余 3 组,完成任务单(如图 8).这样,一方面能够训练学生结合工程结构进行实验探究的综合分析能力,另一方面考虑了学情多样性,任务单中简易模型的搭建能够为空间想象力较弱的学生提供思维支架.

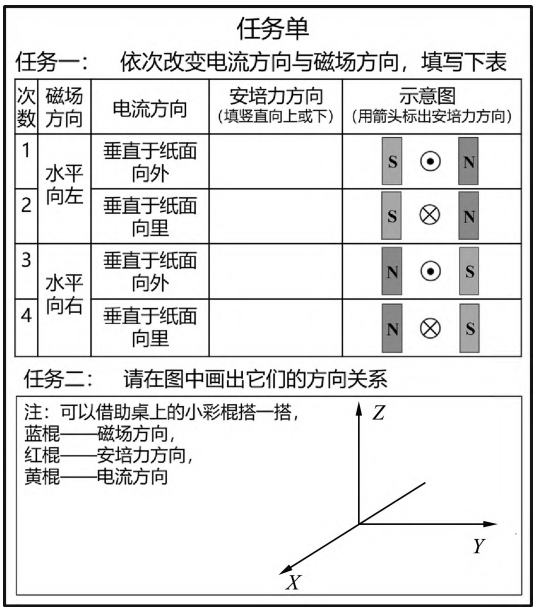

图 8 探究安培力方向任务单

2.3 跨学科问题解释

解释是“5E”教学模式的关键环节.解释环节中学生将回到跨学科学习情境,澄清跨学科内容相关的概念和规律,并在教师的进一步重新引导下对跨学科内容进行更为深入的反思.

2.3.1 组间交流,得出实验结论

为确保实验结果的准确性,教师先请学生在组间分享自己的探究结果,再展示各小组的实验结果,即通过多组数据得出安培力方向与磁场方向、电流方向的空间关系.然后提问:能否采用更为简易的规则说明这个发现呢?从而引导学生关注科学本质,顺利地根据右手定则的学习经验归纳出左手定则.

2.3.2 回归跨学科情境,解释问题

教师再次展示“磁电式电流表使用规则”,引

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

导学生以小组为单位回到原始情境中，用习得的知识解释磁电式电流表的指针偏转过程，给出制订这些规则的原因.

由左手定则判断出磁场方向确定时，只有电流红入黑出才能使线圈受安培力正确偏转，否则安培力反向会使指针撞到边框而损坏. 在线圈受安培力偏转后，螺旋弹簧会将线圈平衡在新的位置上，此时线圈的偏转程度反映了所受安培力的大小.

结合旧知可得，在“探究影响通电导线受力因素”时，学生曾学习过“通电导线与磁场方向垂直时，它受力的大小既与导线的长度 L 成正比，又与导线中的电流 I 成正比”.[6] 因此，由于磁电式电流表中特殊的“辐向磁场”已经保证了通电导线与磁场方向随时垂直，那么安培力的大小与通入的电流大小成正比，线圈与指针的偏转程度与电流大小成正比，故电流过大也将损坏指针.

最后，分析回路的能量转化情况，即电能会转化为动能和热能，因此使用后需尽快断开电路.

2.4 科学原理迁移

知识迁移是探究学习的归宿. 由于探究方法的掌握比知识的获得更重要，因此，迁移环节中跨学科学习任务的设计应将知识的巩固与探究方法紧密结合，同时加深学生对知识的理解和对方法的掌握.

此处以完成电流天平任务单的课后作业形式示例，旨在给学生充分的时间，自主将习得的知识与方法迁移到电流天平的使用说明中，在复杂情境中进一步夯实所学(如图 9).

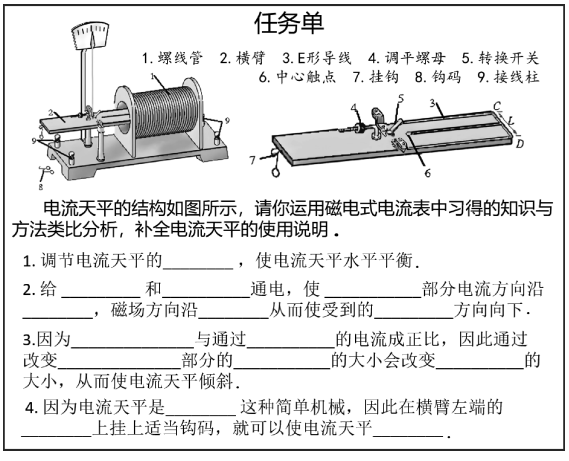

图 9 电流天平任务单

2.5 学科及跨学科评价

评价作为最后一个环节能够对学生的学习效果和教师的教学效果进行检验. 该环节鼓励学生自己进行理解和能力的评价，同时也需要教师评估学生在跨学科主题学习中的进展和学习成果.

一方面，教师可以引导学生从学习态度、合作意识、实验操作、分析推理等维度在小组内与小组间自主地开展过程性评价. 另一方面，教师可以依据课程标准，结合迁移环节开展结果性评价. 如有关安培力的内容中，新版高中物理课程标准既要求牢固掌握安培力基础知识，又要求了解电流天平和磁电式电流表的结构和工作原理.[7] 因此，本环节从物理原理和工程原理的维度搭建了电流天平任务单的评价框架，以供参考(如表 1).

表 1 电流天平任务单评价框架

评价维度	序号	评价标准
物理原理	1	掌握安培力的产生条件
	2	掌握安培力方向与电流方向、磁场方向两两垂直的空间关系，能正确找出受力部分
	3	能通过左手定则由安培力的方向正确判断出此时的磁场方向和电流方向
	4	掌握安培力大小的影响因素
	5	掌握安培力大小与电流大小、通电导线长度和磁感应强度大小的关系，以及如何改变安培力的大小
工程原理	1	能找到电流天平的调零部件
	2	会推测电流天平各部件的基本功能
	3	能正确分析结构，找到电流天平受力部分
	4	能正确分析结构，找到改变安培力大小的方式
	5	知道电流天平是简单机械“杠杆”与安培力的综合运用

3 结语

跨学科主题学习具有发展学生素养，揭示物理学科实践特征的突出优势. 针对“磁场对通电导线的作用力”一节中科学探究意义缺失的问题，本文参照物理课程标准，与工程、技术实践适度整合，选取“5E”教学模式为指导，开展了跨学科主题学习教学设计.

“真实情境引入”环节立足于磁电式电流表的操作实践，使学生能够联系自己的亲身使用经验，自然地产生探究欲望. “科学原理探究”环节旨在以“拆解”的视角，引导学生从观察分析机械构造入手，逐步地通过建模、实验探究等方式抽丝剥茧地得到安培力规律本质. “跨学科问题解释”环节的设计将使学生在综合解释的过程中，将磁电式电流表的操作实践—机械构造—科学原理对应起来，深入体会物理知识在工程、技术 (下转第 20 页)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

景能够支持操作者直接识别问题特征和进行推断,也因此使问题信息更具体和更具有可解释性、可加工性.[14]

在上述的例子中,学生若能将抽象的文字表述转换成如图 5 所示的问题图景,就可根据 P、Q 棒在 O 位置发生的弹性碰撞,推理得到两棒碰后的速度 v_{P1} 和 v_{Q1};再根据两棒从桌面边缘水平抛出后水平距离相等的关系,发现 P 棒水平抛出的初速度 v_{P2} 等于 Q 棒的速度 v_{Q1},并由功能关系推理出 P 棒滑行过程产生的热量;最后再根据 P 棒滑行过程安培力的冲量与动量变化量,得到滑行距离 x,即可求出 Q 与 P 碰撞后在桌面上滑行的时间 t.

可见,在解决物理问题的过程中,构建恰当的问题图景是学生分析物理过程、进行推理和论证的前提和基础.学生只有在大脑或者稿纸上成功构建出物理图景后,才能够根据各物理过程进行推理和论证,进而列出物理量间关系的表达式,最终解决问题.

总之,帮助学生构建物理图景是物理课程的重要目标之一,在问题解决过程中绘制问题图景是对问题进行模型建构、推理论证的重要基础,是发展分析和解决问题能力的重要途径.新手学生正是由于缺乏构建正确问题图景的方法,无法在靶问题和源问题之间建立联系,才会出现"一讲就会、一做就错"的问题.因此,教师在问题解决教学过程中,不仅应重视使用图景辅助问题分析,还应教给学生构建图景的规范和方法,带领学生从场景、对象、状态和条件等 4 个要素逐步分析物理过程、构建问题图景,以帮助学生理清问题发生、发展和变化的过程,为进一步的推理论证和质疑创新等科学思维过程提供感性材料,为解决问题、发展物理核心素养奠定基础.

参考文献:

1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
2 项华,李永艳.物理图景素养的培养:模型、问题与对策[J].课程·教材·教法,2008(3):59-62,77.
3 田世昆,胡卫平.物理思维论[M].南宁:广西教育出版社,1996.
4 邓铸,余嘉元.问题解决中对问题的外部表征和内部表征[J].心理学动态,2001(3):193-200.
5 刘长灿.解决情境化问题的思维过程[J].物理教师,2022,43(1):12-15.
6 (美)J B 贝斯特.认知心理学[M].黄希庭译.北京:中国轻工业出版社,2000.
7 D Gentner. Structure-mapping: a theoretical framework for analogy[J]. Cognitive Science,1983,7(2):155-170.
8 物理课程教材研究开发中心.普通高中教科书物理必修第 1 册[M].北京:人民教育出版社,2019.
9 物理课程教材研究开发中心.普通高中教科书物理选择性必修第 2 册[M].北京:人民教育出版社,2019.
10 邓铸,姜子云.问题图式获得理论及其在教学中的应用[J].南京师大学报(社会科学版),2006(4):111-115.
11 陈林桥,贾苏荣.把握数学表征特点,提升建模解决物理问题能力[J].物理教师,2021,42(12):67-68,71.
12 (英)马克·维根(Mark Wigan).视觉思维[M].孙楠,张伟,译.大连:大连理工大学出版社,2007.
13 阎金铎,郭玉英.中学物理教学概论(第 4 版)[M].北京:高等教育出版社,2022.
14 蔡钳,陈信余.解决问题过程中的"思维可视化"尝试[J].物理教师,2021,42(7):92-95.

(收稿日期:2023-10-05)

(上接第 16 页)

实践中的基础地位."科学原理迁移"环节在巩固知识的同时,训练了学生的逆向思维能力,学生将带着所学原理,结合电流天平的机械构造反过来给出操作实践的具体步骤.最后,"学科及跨学科评价"的环节作为收束就可以实现对学生学习效果和教师教学效果的检验.

参考文献:

1 中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022 年版)[S].北京:人民教育出版社,2022.
2 何克抗.建构主义的教学模式、教学方法与教学设计[J].北京师范大学学报(社会科学版),1997(5):74-81.
3 Koyunlu Ünlü, Zeynep, Ilbilge Dökme. A systematic review of 5E model in science education: proposing a skill-based STEM instructional model within the 21-st century skills[J]. International Journal of Science Education, 2022(44): 2110-2130.
4 R W Bybee. Using the BSCS 5E instructional model to introduce STEM disciplines[J]. Science and Children, 2019;56(6):8-12.
5 J I Choi, M Hannafin. Situated cognition and learning environments: Roles, structures, and implications for design[J]. Educational Technology Research and Development, 1995, 43(2):53-69.
6 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中教科书物理必修第 3 册[M].北京:人民教育出版社,2019.
7 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.

(收稿日期:2023-11-02)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net