

“5E”教学模式视域下融入自制教具的 高中物理教学设计^{*}

——以“磁传感器：霍尔效应”教学为例

李轶俊 尹亚玲^{**}（华东师范大学物理与电子科学学院 上海 200241）

摘 要 “5E”教学模式是一种基于建构主义的教学模式,包括吸引、探究、解释、迁移、评价 5 个教学环节。文章以融入“5E”教学模式的沪科技版教材“磁传感器”教学片段为例,开发了基于霍尔传感器的系列自制教具,如基于蓝牙电压与电流传感器的霍尔效应演示仪、闭门亮灯装置及微小位移传感器。通过自制教具推动“5E”教学,助力学生高阶思维的养成,落实物理学科核心素养。

关键词 5E 教学模式 自制教具 核心素养 传感器 霍尔效应

文章编号 1002-0748(2025)9-0017

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

“5E”教学模式是美国生物学课程研究所开发的一种基于建构主义教学理论的模式,包含吸引(engagement)、探究(exploration)、解释(explanation)、迁移(elaboration)和评价(evaluation)5 个教学环节^[1]。自制教具凭借其针对性、可操作性、直观性强的特点融入“5E”教学,能有效串联各教学环节,持续激发学生的参与热情,促使学生在“做中学”。本文以沪科技版教材传感器单元中“磁传感器”的教学片段为例,探索自制教具推动下的“5E”教学,例析其对学生核心素养的促进作用。

1 教学内容分析

新课程强调物理学科与技术的结合,着重体现物理学的应用性、实践性。磁传感器作为一种广泛应用的传感器类型,与学生所学的力学、电磁学知识紧密相连,体现了知识的综合性和应用性。通过学习磁传感器的工作原理,学生不仅能加深对传感器概念的理解,还能在知识的建构中深化核心素养,并体会到科学、技术与社会间的紧密联系。根据课程标准对本课时的内容要求^[2],确立了如表 1 所示的教学目标。

表 1 教学目标

物理观念	理解磁传感器(霍尔元件)的磁电转换特性
	在学习霍尔效应的过程中,深化物质观念和运动与相互作用观念
科学思维	在磁传感器的结构和原理的学习中进行模型建构、科学推理和科学论证,理解其将非电学量转换为易于测量的电学量输出的规律
科学探究	观察生活中的科技应用,基于自动控制装置的实验现象提出猜想
	根据教学需要进行实验,基于证据作出解释,探究磁传感器的工作原理,提高证据意识与解释能力
科学态度与责任	通过情境和实验探究,养成寻根究底、求真务实的科学品质
	学习霍尔效应的实际与前沿应用,体会物理知识和科技结合的意义及社会效应

2 基于“5E”教学模式的教学设计

在“5E”教学模式的吸引环节,教师通过创设与生活相关的情境,激发学生兴趣,为探究做准备。在探究环节,以学生为主体,教师提供背景知识和实验材料,引导学生在探究中暴露前概念,在认知冲突中为概念转换创造条件^[3]。在解释环节,突出师生共

^{*} 基金项目:本文系 2025 年度上海市大学生创新训练项目“教育+”研习课题“深度学习导向的大单元物理数字化教学探究与实践”(项目编号:202510269212S)的阶段性研究成果。

^{**} 通讯作者:尹亚玲。

析、解决问题,教师依托问题链搭建学习支架,引导学生逐步攀升,指向问题解决^[4]。在评价阶段,采用多元化评价方式,对学生综合能力进行贯穿教学全过程的评价。

本文基于“5E”教学模式设计了如图 1 所示的教学流程。

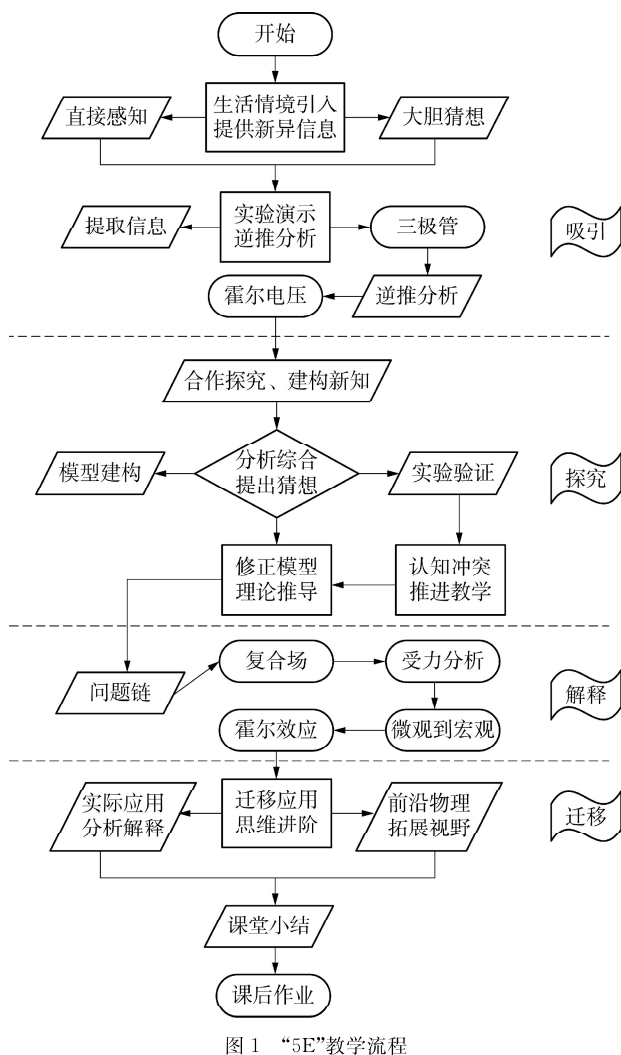


图 1 “5E”教学流程

3 基于霍尔传感器的系列教具设计

(1) 霍尔效应演示仪

本霍尔效应演示仪(见图 2)由工作电路和磁场调节电路组成。工作电路中,利用电位器调节工作电流,通过自制电压与电流传感器(见图 3)测量霍尔元件的工作电流和霍尔电压。传感器基于 ESP32 单片机和 ADS1115 芯片,实现电压与电流的同时测量,并通过蓝牙传输至 Phyphox 软件进行可视化。磁场调节电路中,利用可调压电源改变亥姆霍兹线圈的电流以调节磁感应强度,电流可在电流表中读取。

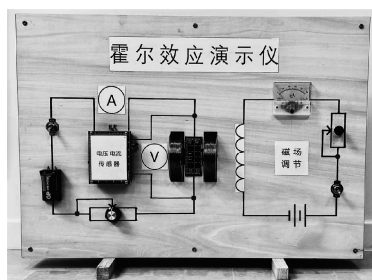


图 2 演示仪

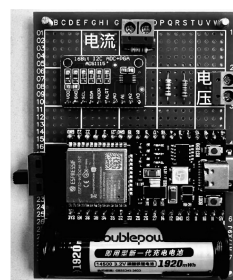


图 3 电压电流传感器

(2) 闭门亮灯装置

将一块磁铁固定于门上,霍尔开关及其工作电路(见图 4)固定于门框上。关门时,磁铁产生的磁场作用于霍尔开关,触发其输出电平信号,该信号使三极管导通,进而点亮发光二极管,实现闭门亮灯功能(见图 5)。

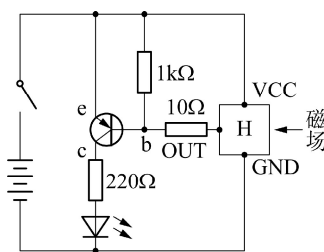


图 4 工作电路



图 5 闭门亮灯装置

需要指出的是,霍尔开关普遍为数字电路输出,为适应学生知识体系,教学中应对电路作些简化。

(3) 微小位移传感器

将霍尔元件置于两块磁感应强度相同、同极相对的磁铁缝隙中(见图 6)。当霍尔元件偏离中间位置产生微小位移时,即有霍尔电压输出,该电压通过表头改装的电压表进行显示(见图 7)。

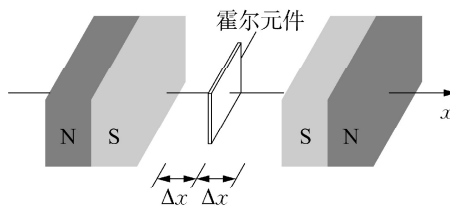


图 6 传感器结构



图 7 微小位移传感器

4 融入“5E”教学模式的教学实践

4.1 创设真实情境,提供新异信息

4.1.1 基于生活情境的教学引入

教师演示:开合笔记本电脑的屏幕,电脑自动亮屏与熄屏。

教师提问:笔记本电脑能感知屏幕的开合,其工作原理是什么?

教师引导:能否猜测其中的传感器,并说出其感知的物理量?

学生 1:角度传感器,感知笔记本电脑铰链开合的角度。

学生 2:光传感器,通过感知光强判断开合情况。

4.1.2 利用自制教具,逆推分析问题

教师展示闭门自动亮灯装置,指出该装置与笔记本电脑自动亮屏的工作原理相似。

学生操作并观察:门闭合,装置亮灯;门开启,装置熄灯。学生在教师的引导下,用回形针识别出固定在门上的磁铁,认识到该装置用到了磁传感器。

教师展示简化电路图(见图 8),并带领学生解构电路图:①电源通过 1、2 引脚为磁传感器供电;②当基极 b、发射极 e 间电压达到一定值,三极管导通。

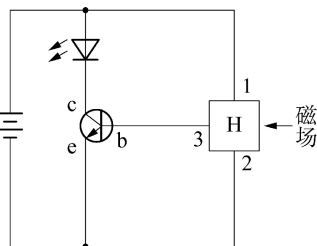


图 8 教学电路图

教师提问:合上门,磁场变大,LED 灯发光,这说明了什么?

学生分析:当磁场变大时,磁传感器 2、3 引脚间产生了电压,该电压使回路导通,让 LED 灯发光。

教师设问:磁传感器将磁感应强度转换为电势差,称该现象为霍尔效应。所产生的电势差称为霍尔电压,它是如何产生的?

设计意图:从生活情境切入,鼓励学生大胆猜想。借教具进行情境模拟,教师带领学生解构装置,引出教学对象“磁传感器”,激发学习兴趣。学生通过逆推分析,认识磁传感器的磁电转换特性。

4.2 设置问题情境,体悟问题

4.2.1 基于前置知识,合理解释现象

教师讲授:用来测定磁感应强度 B 的磁传感器的主要部分由半导体材料构成。常用的半导体材料分为两类,一类材料中的自由电荷是正电荷,另一类材料中的自由电荷是负电荷,这两种半导体薄片叫

做霍尔元件^[5]。

教师提问:电流(电子)通过处于匀强磁场中的霍尔元件,对半导体两侧的电势差影响如何?

学生推理:当电流通过半导体时,电子受洛伦兹力发生偏转,积累于半导体的一侧,在两侧间形成电势差。

教师对速度不同的电子在匀强磁场中的运动进行虚拟仿真(见图 9),通过可视化手段对学生的科学推理进行总结。

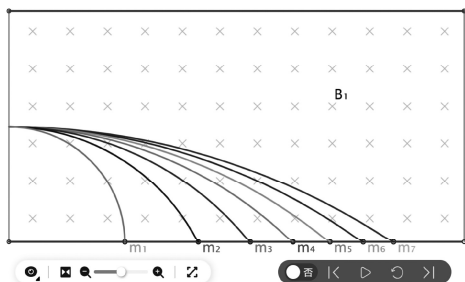


图 9 多个电子轨迹仿真

教师进行诱导性提问:随着电子的累积,电势差会持续增加吗?

学生回答:会(经过上述问答及虚拟仿真实验的总结,学生因受思维定势影响,不自觉地落入教师设计的“陷阱”中,为后续认知冲突做准备)。

4.2.2 运用信息技术,优化实验内容

教师操作霍尔效应演示仪,分别调节工作电路和磁场调节电路中的电位器,改变工作电流和磁感应强度。学生借助 Phyphox 软件(见图 10)和电流表读取工作电流、磁感应强度及霍尔电压的数值,并据此得出结论。

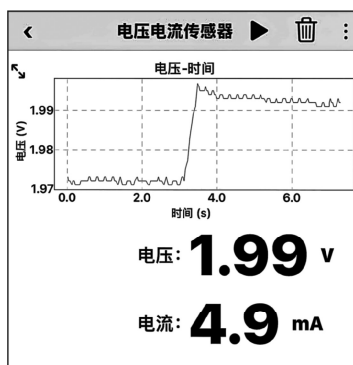


图 10 Phyphox 软件界面

实验结论:①霍尔电压与磁感应强度和工作电流成正比;②改变磁感应强度或工作电流,霍尔电压总是先变化,最终稳定。

教师引导:实验表明,电势差确与磁感应强度和电流相关。但电势差并未如同学推理中那样持续增加,说明其模型建构或推理过程存在不足。同学们,物理学中诸多突破都诞生于对现有认知的突破与重构,永葆科学探究的热忱,你们就有望成为未来的物理学家。

设计意图:教师引领学生探究霍尔电压的产生原因,鼓励学生依托前置知识,合理解释现象,培养科学推理能力。针对学生的分析,教师采用虚拟仿真实验进行总结,并借助演示仪开展验证。结果与学生的推理产生矛盾,引发认知冲突。

4.2.3 构建问题链,指向高阶思维

师:随着电子进入半导体,半导体一侧的负电荷会怎样变化?

生:负电荷会不断累积。

师:半导体另一侧会发生什么变化?

生:另一侧会感应上相同数量的正电荷。

师:半导体上下两侧间会形成什么?电子会受到什么?

生:匀强电场;电场力。

师:在电荷的累积过程中,电场力和洛伦兹力何者更大?

生:由于电荷刚开始累积,电场力小于洛伦兹力。

师:随着电场力的增加,两侧电荷的累积将怎么样?两侧电势差的变化将怎么样?

生:电场力会阻碍电子偏转,两侧电荷的累积趋缓;电势差的增加趋缓,最终稳定。

师:如图 11 所示,当电势差稳定时,电场力与洛伦兹力平衡,有 $qE = qvB$,而 $E = \frac{U_H}{b}$,所以 $U_H = vBb$ 。

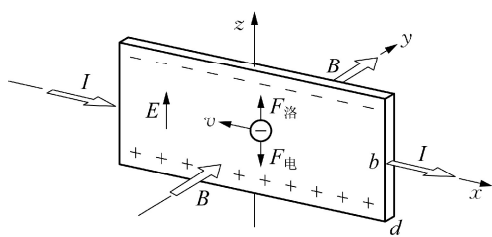


图 11 霍尔效应

师:考虑到电子的速度为微观量,无法直接测量。实验中有哪些宏观量能被直接测量?

生:电流和电压。

师:上述两个宏观量中,哪个能关联电子速度这一微观量?

生:电流。

师:根据电流的定义和几何关系,可得 $I = nev$

$= nebdv$,于是 $U_H = \frac{1}{ne} \cdot \frac{IB}{d}$ 。可见,霍尔电压 U_H 与磁感应强度 B 和电流 I 成正比,这与霍尔效应的实验结果相符。

设计意图:教师依托问题链搭建学习支架,引导学生逐步修正物理模型。在教师的引导下,学生深入学习霍尔效应,强化物质观念和运动与相互作用观念。通过不断提升思维高度与深度,促使学生深度学习的达成。

4.3 在知识的迁移应用中落实核心素养

4.3.1 自制教具助迁移,分析综合促理解

教师讲授:霍尔元件除了能检测磁场及其变化外,还能应用到各种与磁场相关的场合中。比如,可利用霍尔元件测量微小位移。

学生操作并观察:如图 6、7 所示,左右拨动两块磁感应强度相同、同极相对放置(学生不明极性)的磁铁,若霍尔元件偏离磁铁连线中点(中点示数与无磁铁时相同),表头示数改变,表明产生了霍尔电压。

教师提问:能否根据实验现象判断两磁铁的极性?

学生回答:当霍尔元件处于中间位置时,霍尔电压为 0,说明磁感应强度为 0,由磁场的叠加可知,两磁铁同极相对放置。

教师提问:能否用所学知识解释微小位移传感器的原理?

学生论证:当霍尔元件沿着 $\pm x$ 方向移动时,则有霍尔电压输出,且电压大小与位移大小成正比,从而实现微小位移的测量。

教师讲授:除了微小位移,霍尔元件可将许多非电、非磁的物理量如力、速度、加速度、角速度以及工作状态发生变化的时间等,转变为电学量来进行检测和控制,在自动化生产与技术领域具有广泛应用^[6]。

4.3.2 聚焦物理前沿,培养科学态度

教师讲授:霍尔效应不仅在生活中应用广泛,也是物理学前沿一个重要的研究方向,量子霍尔效应这一领域迄今已诞生了三个诺贝尔奖。量子霍尔效应是指:低温强磁场下,霍尔电阻($R_H = \frac{U_H}{I}$)与磁场不再呈现线性关系,而出现量子化平台(见图 12)。国家最高科学技术奖获得者薛其坤院士带领团队首次在实验中观测到量子反常霍尔效应,即在零磁场中实现量子霍尔态,这是新中国成立以来我

国科学家在基础研究领域发现的最重要科学效应之一,这一发现或将对信息技术进步产生重大影响。

同时,播放对薛院士的采访片段,凸显其严谨求实、执着探索的科学家精神,将课程思政融入课堂。

教师进行课堂小结,并布置课后作业,包括完成霍尔效应相关习题、撰写“薛院士与量子反常霍尔效应”学习报告。

设计意图:介绍霍尔效应的实际及前沿应用,巩固新知,推动思维进阶。通过让学生运用所学知识分析教具原理,使其了解磁传感器与生产生活的紧密联系。介绍薛其坤对量子反常霍尔效应的研究,融入课程思政,培养学生的科学态度。

4.4 教学评价

基于核心素养开展评价,推进“教、学、评”一体化落实^[7]。在“5E”教学的全过程中,融入多元化评价方式,将过程评价、增值评价与结果评价有机结合,全面考量学生的课堂表现、教学任务完成情况和课后作业完成质量。评价量表见表 2,总分 100 分,依据得分划分等级。

表 2 评价量表

序号	教学阶段	评价内容	主要素养	评价方式	分值
1	创设情境 导入课题	猜想笔记本电脑感知开合的传感器类型,阐述其感知的物理量	证据与解释	过程评价	7
		根据实验和材料,逆推分析出磁传感器的磁电转换特性	科学推理		8
2	合作探究 逐步深入	根据动力学及电磁学知识,自主解释霍尔电压的产生原因	模型建构 运动与相互作用观念 科学推理	过程评价 结果评价	15
		根据霍尔效应演示仪的现象,归纳出实验结论	获取和处理信息		10
3	问题引领 建构新知	识别忽略因素,修正模型,重新受力分析	物质观念 模型建构 科学推理	增值评价	7

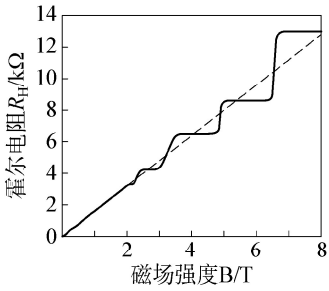


图 12 $R_H - B$ 图

续 表

序号	教学阶段	评价内容	主要素养	评价方式	分值
		基于问题链,在教师引导下推导霍尔效应表达式	运动与相互作用观念 科学推理	过程评价 结果评价	8
4	实际应用 拓展迁移	根据实验现象,分析微小位移传感器的工作原理	科学推理 科学论证	过程评价 结果评价	15
		了解量子反常霍尔效应,体悟科学家精神	科学态度		10
5	课后作业 巩固新知	课后习题完成情况,原理与过程的正确性	模型建构 科学推理	结果评价 增值评价	10
		学习报告完成情况,科学家精神的习得	科学态度 社会责任		10

5 结 语

凭借其系统性、综合性及应用性特征,“5E”教学模式已在长期的探究教学中获得了广泛认可^[8]。本教学设计通过自制教具的创新应用,展现了其对“5E”教学模式的推动作用。教学过程从生活走向物理,围绕科学、技术与社会的主题,有效促进了学生的核心素养。

参考文献

[1] 符译丹,陈立万. 基于“5E”教学模式的高中物理教学设计探究——以人教版“液体的表面张力”教学为例[J]. 物理教师, 2022(1):6—11.

[2] 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,2020:30.

[3] 吴成军,张敏. 美国生物学“5E”教学模式的内涵、实例及其本质特征[J]. 课程·教材·教法,2010(6):108—112.

[4] 古嘉怡,肖洋,周少娜. 将 PBL 视域下的 7E 教学模式运用于高中物理教学实践[J]. 物理通报,2024(12):2—6,11.

[5] 蒋最敏,高景. 物理(选择性必修第二册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2023:116.

[6] 蒋最敏,高景. 普通高中物理教学参考资料(选择性必修第二册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2023:167.

[7] 中华人民共和国教育部. 关于印发《中小学科学教育工作指南》的通知[EB/OL]. (2025-01-22)[2025-02-19].

[8] 张惠晴,邢红军. 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[J]. 物理教师,2024(4):13—16,20.