



核心素养背景下的“霍尔效应”教学

黄 臻

(安徽省歙县中学 安徽 黄山 245200)

(收稿日期:2022-02-04)

摘 要:在讲解“霍尔效应”时通过自制教具在课堂教学中的实际运用,弥补现有教具的不足,将物理学科核心素养在教师引导学生不断解决问题的过程中充分体现出来,做到由传统的教师“教”变为学生“学”,以达到解决传统教学方式不足以培养学生形成适应个人终身发展和社会发展需要的学科能力,鼓励学生在问题中思维,在情景中归纳,在实验中发现,引导学生积极、主动参与到探究过程,从真正意义上做到将课堂还给学生,以学生为教育主体、以学生为学习主体,教师起着辅助、引导作用。

关键词:核心素养 实验探究 引导 霍尔效应

就当前高中物理“霍尔效应”教学实际而言,由于缺乏具体可操作性强的方案,缺少与实验要求匹配的实验器材,很少有学校有能力开展一堂符合物理学学科核心素养的课堂教学,为此我们通过结合教材内容与高中学生的学习水平,确定探究内容,自制实用教学仪器,以期达到良好的教育教学效果,期望能在教知识的同时也培养学生的学科能力,这将对学生能力的提高产生深远的影响。

1 物理学学科核心素养

随着嵌入核心素养的普通高中课程标准的制定与实施,教学目标已从“三维目标”提升为学科核心素养,以大单元教学为基础,以“素养”为核心的教学和课程受到高度关注,以学生核心素养的培育推动教育和课程改革已经成为大势所趋。其中,物理学学科的核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力,是学生通过物理学习内化的带有物理学学科特性的品质,是学生科学素养的关键成分。

2 霍尔元件与霍尔效应

在人教版(2019版)高中物理选择性必修二第一章“安培力与洛伦兹力”的教学中,例举了一些利

用电磁学知识发明的现代科技成果。如质谱仪、磁流体发电机、速度选择器、霍尔元件等等。其中,霍尔元件便是基于霍尔效应制成的。1879年美国物理学家 E. H. 霍尔发现电流垂直于外磁场通过半导体时,载流子发生偏转,垂直于电流和磁场的方向会产生一附加电场,从而在半导体的两端产生电势差,人们把这一现象称为霍尔效应(Hall effect),把利用霍尔效应制成的元件称为霍尔元件。同时把这个电势差称为霍尔电势差或霍尔电压。图1为 HW-302B 型霍尔元件,该元件长 10.35 mm,宽 2.7 mm。图2表示载流粒子带正电时, h 端电势高于 h' 端电势,即 $U_{hh'} > 0$;图3表示载流粒子带负电时, h 端电势低于 h' 端电势,即 $U_{hh'} < 0$ 。



图1 霍尔元件

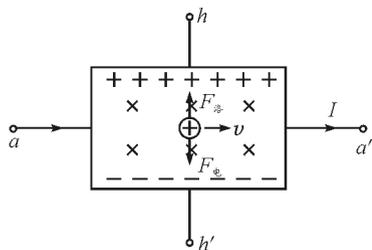


图2 正载流子霍尔效应

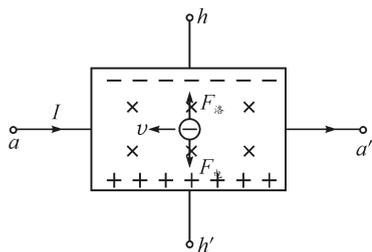


图3 负载流子霍尔效应

3 当前教学具体问题

由于霍尔效应的发生是建立在三维立体空间上的物理过程,所以在教学时要使学生理解并掌握这部分内容,对学生空间思维能力要求较高,给教学带来诸多不便。

(1) 由于教学无实物模型展示,不利于学生直观观念的建立。

(2) 教师在上课时只能画出简易原理图讲解原理以及理论推导霍尔电压与工作电流、励磁电流的关系,但不能进行实验验证,所以无法通过具体数据判断理论与事实是否相统一。

(3) 上课单纯讲原理及理论推导,过程枯燥无味,不利于激发学生对物理学的好奇心与兴趣,更不能使学生在霍尔效应原理的基础上,引发对相关知识更深层次的展望与思考,如到更高层次学习阶段才会涉及的整数量子霍尔效应、分数量子霍尔效应、埃廷斯豪森(Ettingshausen)效应、能斯特(Nernst)效应、里吉-勒迪克(Righi-Leduc)效应等等。

(4) 学生的理论水平提升和实验能力的发展是相辅相成、相互促进、逻辑上升的过程,而不是各自独立发展毫无关联的。传统教学只能在理论上进行教学,不利于学生认知水平的提高和对知识本元的理解以及知识网络体系的完整构建,不能让学生做到知其然的同时还知其所以然。

4 自制教具的介绍

为了解决上述教学过程中遇到的这些问题,并体现核心素养教学精神,深挖学生实验探究能力,在我校教师的共同努力下,设计并开发了一套数字化定量探究霍尔效应装置。利用该装置可以实现对励磁电流 I_b 、工作电流 I_H 、霍尔电压 U_H 进行数字化定量探究。图4为该装置实物图,图5为该装置原理图。

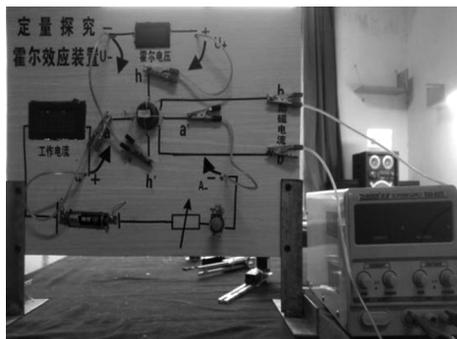


图4 定量探究霍尔效应装置图

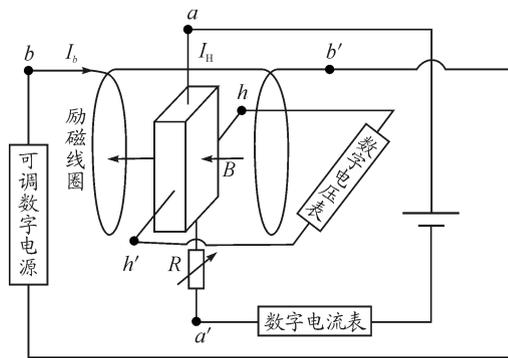


图5 定量探究霍尔效应原理图

该装置主要由3部分电路组成:工作电流调节电路、励磁电流调节电路、霍尔电压测量电路。

(1) 工作电流调节电路主要由电源(一节1.5V干电池)、数字电流表、电位器组成。若 a 端接电源正极, a' 端接电源负极,则电流从 a 端流经霍尔元件再流向 a' 端;若 a 端接电源负极, a' 端接电源正极,则电流从 a' 端流经霍尔元件再流向 a 端,其中可以通过电位器调节电路电流,由数字电流表测出工作电流 I_H 。

(2) 励磁电流调节电路主要由励磁线圈(由直径为0.26mm的漆包线在直径1.5cm、长2.5cm的PVC管上绕500匝制作而成)、可调数字电源组成。若 b 端接电源正极, b' 端接电源负极,由安培定

则可知则,电流流经励磁线圈可产生垂直霍尔元件的磁场,磁场方向如图 5 所示;若 b 端接电源负极, b' 端接电源正极,则产生反向垂直霍尔元件的磁场;其中励磁电流大小由数字电源直接读出,由毕奥-萨伐尔定律可知励磁电流大小与所产生的磁场大小成正比,所以可以通过调节励磁电流大小对磁场大小进行调节。

(3) 霍尔电压测量电路主要由霍尔元件(型号 HW-302B)、数字电压表组成,其中数字电压表可直接测量 h 与 h' 两点之间的电势差,即与磁场、工作

电流方向均垂直的方向上的电压,也就是霍尔元件两侧面的电势差。

5 部分实验探究过程案例展示

例:在讲解霍尔电压 U_H 与励磁电流 I_b 和工作电流 I_H 关系时,可以采用控制变量法进行数字化探究.具体过程如下:

(1) 保持励磁电流 $I_b=0.3\text{ A}$ 不变,探究霍尔电压 U_H 与工作电流 I_H 关系,并得出结论.采集数据如图 6 所示。

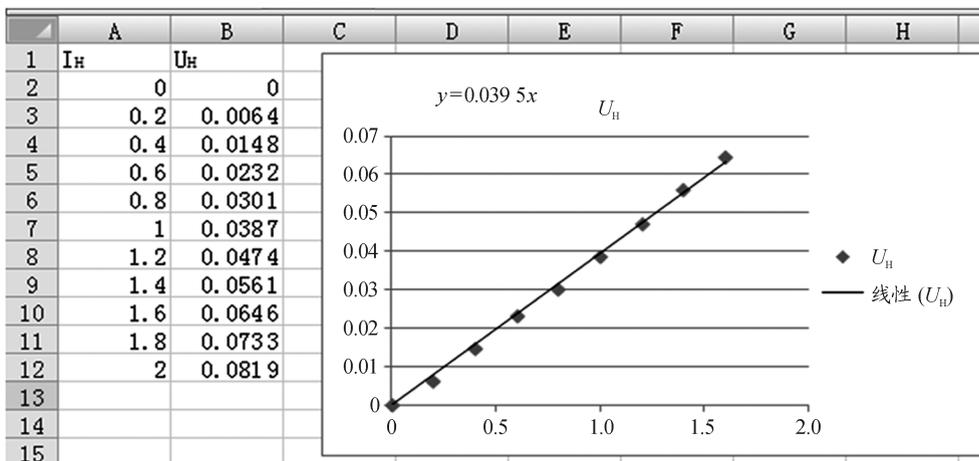


图 6 探究霍尔电压 U_H 与工作电流 I_H 关系数据图

结论 1: 在励磁电流一定时,霍尔电压与工作电流成正比,即 $U_H \propto I_H$ 。

压 U_H 与励磁电流 I_b 关系,并得出结论.采集数据如图 7 所示。

(2) 保持工作电流 $I_H=1\text{ mA}$ 不变,探究霍尔电

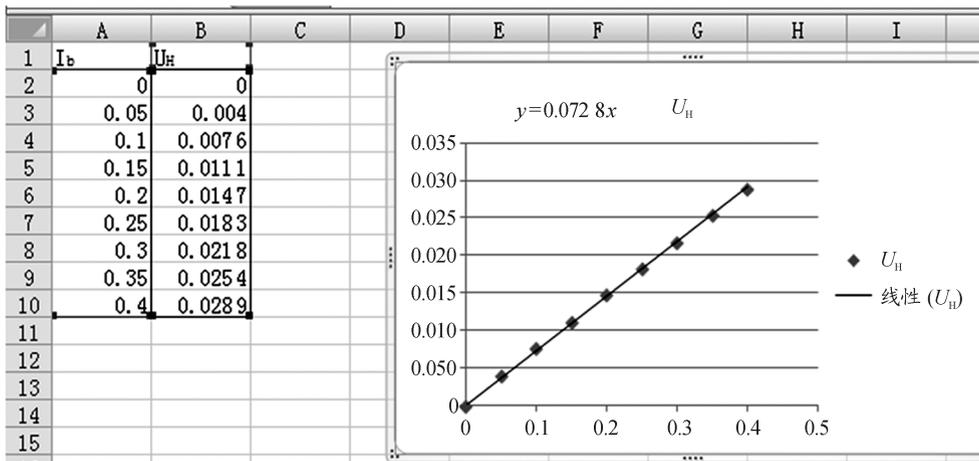


图 7 探究霍尔电压 U_H 与励磁电流 I_b 关系数据图

结论 2: 在工作电流一定时,霍尔电压与励磁电流成正比,即 $U_H \propto I_b$ 。

根据上面控制变量法得出的两个小结论,并结合牛顿得出牛顿第二定律的科学思维历程,可引导

学生自己动手推出霍尔电压与工作电流、励磁电流的关系式为 $U_H = KI_H I_b$, 其中 K 为系数。

6 该装置的优点

通过自制教学仪器在平时课堂中运用, 弥补现成教具的不足, 能起到较好的教学效果, 教学的过程同时也是深入理解、实践、感知新课改精神的过程。该教具在霍尔效应的实际教学过程中比以往的传统教学更简单方便、数据准确、直观形象、通俗易懂, 能满足高效课堂的需求, 充分体现了物理学科核心素养。具体体现关系如下:

(1) 通过自制教具的课堂运用, 学生可以直观看到实物, 有利于学生物理观念的建立, 也更容易建立物理模型, 体现物理学科核心素养中物理观念这一重要要素。

(2) 学生通过观察自制教具自然展开对三大实验电路的功能、调节方法以及数据采集的思考; 在得出关系式 $U_H = KI_H I_b$ 后提问 K 由什么因素决定, 引导学生思索高中物理所学诸多系数各自的决定因素, 经过总结归纳可以发现规律。这些不仅有利于知识网络体系的建立, 同时还体现了物理学科核心素养中科学思维的要求, 能正确使用物理思维方法, 从定性和定量两个方面进行科学推理、找出规律、形成结论。

(3) 基于学生已储备的物理方法引导学生思考如何探究各个物理量之间的关系, 并形成探究方案。让学生对已学物理知识和方法, 从掌握、理解层次上升到科学运用层次。通过实验采集数据并记录、分析数据的同时借助 Excel 画图功能处理数据, 最后得出两个实验小结论, 并整合得出最后关系式, 实现从各个物理量之间单一的关系到各个物理量之间公式化质的飞跃。体现物理学科核心素养中实验探究的要素, 具有实验探究方案和获取证据的能力, 能正确实施实验探究方案, 使用各种科技手段和方法收集信息, 并分析、处理信息, 描述、解释实验探究结果和变化趋势。

(4) 待学生得出结论后, 教师补充说明系数 K 与温度也有关, 比如整数量子霍尔效应、分数量子霍尔效应等效应的提出, 并告诉学生从事这方面研究

的许多科学家都获得了诺贝尔物理学奖, 激发学生更高深物理学的向往, 培养学生对物理学的浓厚兴趣。这点体现了物理核心素养中科学态度和责任, 即具有学习和研究物理的好奇心与求知欲。

7 总结

对于教师而言, 在平时教学过程中不仅要关注学生知识与技能的掌握情况, 也要重视学科核心素养的培养。要抓住无论学科核心素养是什么, 都“不是直接由教师教出来的, 而是在问题情境中借助问题解决的实践培育起来的”^[1]。可以说, 虽然学科知识蕴含着学科核心素养, 但学科核心素养却不可能像传递学科的概念、命题与理论那样, 能通过简单的告知方式来习得, 而是需要创设问题情境, 让学生亲身经历学科的概念、命题与理论创生的过程, 并从中体验、感悟学科概念、命题与理论背后所隐藏的学科核心素养。

对于学生学而言, 通过创新设计实验装置, 将传统教学由教师单向的输出与学生被动的接受模式, 改变为师生互动, 鼓励学生在问题中思维, 在情景中归纳, 在实验中发现, 在活动中交流与合作, 引导学生积极、主动参与到探究过程中, 从中体验科学探究与发现的成就^[2]。在学习知识的过程找到学习的幸福感。

总而言之, 实验教学是物理教学的重要组成部分, 对物理实验进行创新不仅能够提高物理教学实践性和应用性, 还能够培养学生的物理实践能力及创新能力, 使学生的物理核心素养得到提高, 最终促进物理教学发展。这足以见得创新演示实验对高中生物理核心素养培养的重要性, 理应得到重视与关注^[3]。

参考文献

- 1 胡兴昌. 核心素养下高中生物教学面临转型的挑战 [EB/OL]. (2017-03-10) [2021-12-22]. <http://www.lspjy.com/thread-638192-1-1.html>
- 2 王驰明, 王芳. 基础教材实验方案的改进与创新——胡克定律的实验研究[J]. 物理教师, 2019(1)
- 3 孙子彪. 高中物理教学核心素养: 演示实验创新[J]. 教学动态, 2018(15)