

自制教具助力探究式教学

——以自制安培力探究仪为例

袁佳璐 胡经国*

扬州大学物理科学与技术学院

摘要: 实验探究是物理教学中的重要一环, 自制教具的使用能够改善传统实验的不足。本文以自制安培力探究仪为例探寻了如何利用自制教具进行探究式教学, 突破传统实验的局限性, 灵活有效地增强学生的实验探究体验, 提升学生物理学科核心素养。

关键词: 自制教具; 探究式教学; 安培力

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2024.11.017

引言

伴随着我国教育事业的深入改革, 物理教学越来越强调提升学生的学科核心素养。其中科学探究既是学生应当具备的重要素养, 也是物理教学中不可或缺的重要一环。开展以实验为载体的科学探究活动能够有效地引领学生体验科学探究的过程, 让学生在合作探究中学习, 提升学生的物理核心素养, 尤其是科学探究能力。结合实际教学情况, 通过自行制作、改装实验器材, 用以进行探究式教学, 能够弥补教材实验的不足, 改善学校实验教学仪器不足的困境, 有助于解决教学中的重难点, 以顺利进行实验教学, 帮助学生理解所学知识点, 并培养学生的思维创新能力和自主探究意识。^[1] 本文以自制教具“安培力探究仪”为例, 阐述如何利用自制教具助力探究式教学。

一、教具的设计与制作

在人民教育出版社2019年版《普通高中教科书物理选择性必修第二册》第一章第1节中, 教学的重点与难点是安培力的方向与大小。在安培力的方向部分, 书本展示的演示实验是通过观察悬挂导体棒的摆动情况, 认识电流与磁场方向对安培力方向的影响。但实验中, 蹄型磁铁的磁感应强度较小, 导致导体棒所受安培力较小, 实验现象不明显。并且, 该实验无法确定安培力方向是沿水平方向或是斜向上或斜向下, 因此需要老师点明安培力的方向, 限制了学生的思维, 弱化了科学探究的过程, 不利于培养学生严谨的科学态度。^[2] 在安培力的大小部分, 鉴于在物理必修第三册的《磁感应强度 磁通量》一节中已给出安培力 $F = ILB$, 教材在这里直接提出公式, 再在此基础上指出其为矢量式, 通过矢量分解明确受安

培力的通电导线有效长度为 $L \sin \theta$, 得出一般情况下的安培力公式 $F = ILB \sin \theta$ 。没有实验支撑的情况下, 这部分内容较为抽象, 学生学习时总是感到困难。^[3]

笔者在此基础上设计了一款可以用于探究影响安培力方向与大小的因素的“安培力探究仪”。

其分为两部分, 分别用于探究安培力的方向与安培力的大小, 两部分共用电路板组件。电路板组件与安培力方向探究仪所用材料主要包括: 宽30cm长40cm硬纸板、单刀双掷开关、二极管灯泡2个、 5Ω 定值电阻2个、4.5V直流电源2组、导线若干、边长20cm亚克力板, 直径2.5mm实心铜棒2根、外径3mm内径2mm长4cm空心铝棒、木制支架4根、蹄型磁铁, 实物图如图1所示。将铜棒导轨接入开放电路, 导轨间放置空心铝棒, 闭合电路后, 由于安培力作用, 铝棒将在导轨上发生滚动, 为便于学生观察, 将铝棒两端贴上彩色圆片, 突出实验现象。将单刀双掷开关分别掷向不同的端口时, 正负极相反的电源将分别接入电路, 使不同的二极管灯泡发光, 结合对应箭头指明电路中的电流方向。

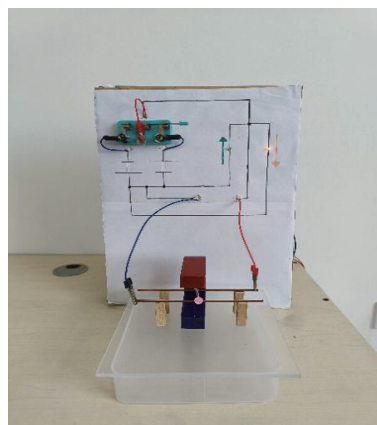


图1 安培力方向探究仪

安培力大小探究仪所用材料有长 15cm 宽 4cm 木板、电子秤（精度 0.01g）、可调节直流电源（3V-12V）、直径 0.33mm 漆包线，边长 5cm 铁块 2 块、可绕轴转动的带有刻度盘的亚克力转盘与底座、电流表、滑动变阻器、铁架台等，实物如图 2 所示。在铁块上缠绕漆包线，制成电磁铁，将其对称固定于亚克力转盘上，并接入可调节直流电源，形成闭合回路，由此构成可绕轴转动的电磁铁组，电磁铁组中心区域可看作水平的匀强磁场。使用漆包线绕制成不同匝数的宽 4cm 长 6cm 的矩形线圈，将矩形线圈固定在木板上，通过调节铁架台，调整其高度，使线圈的底边位于电磁铁组正中间。矩形线圈接入开放电路，闭合开关后，线圈左右两边所受安培力相互抵消，底边受安培力 F_1 ，根据牛顿第三定律，电磁铁组也受到线圈对它作的力 F_2 ，两个力方向相反，大小相等。通过观察电子秤示数变化，可得 F_2 大小，即线圈底边所受安培力大小，进而进行对安培力的定量研究。

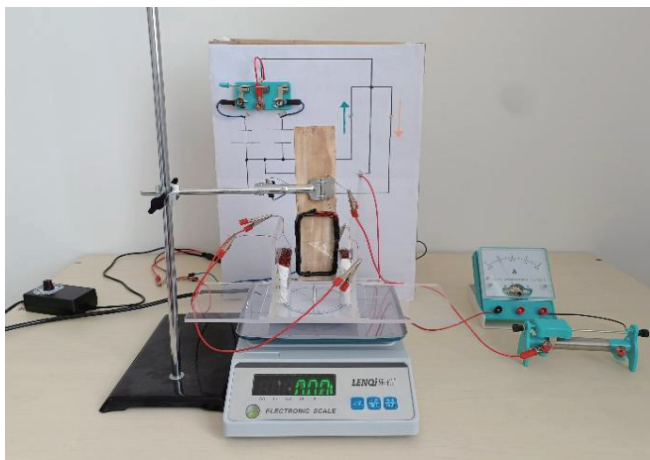


图 2 安培力大小探究仪

二、探究教学过程

（一）创设问题情境，启发思考与猜想

演示实验：利用图 1 实验装置，闭合开关后，观察到导体棒滚动。

引出概念：通电导线在磁场中受到的力称为安培力。

教师提问，引导学生思考：为什么导体棒沿该方向滚动。使学生生成问题：安培力的方向与磁场方向和电流方向有什么关系？

评价：创设问题情境是探究式教学的第一步，教师需要以科学的具有挑战性的问题导入，激发学生的学习兴趣，引导学生明确探究目标，进入物理探究过程。

（二）关于安培力方向的实验探究

师生共同实验过程：①保持蹄型磁铁位置不变，改变开关闭合方向，使电路中电流方向改变，观察导体棒的运动情况。②保持开关闭合方向不变，改变蹄型磁铁位置，使磁场方向分别为 N 级在上 S 级在下与导体棒垂直，与导体棒成一定倾角，与导体棒平行，N 级在下 S 级在上与导体棒垂直，重复实验，观察导体棒运动情况。

学生总结规律：当电流方向或磁场发生改变时，导体棒所受力方向也将改变。当导体棒与磁场方向平行时，导体棒不受力的作用。

作出实验中各种情况下，导体棒受力方向与电流方向、磁场方向的关系图。

教师引导总结左手定则。

评价：学生通过实验获得感性认知，在此基础上教师需要引导学生正确地科学地分析实验结果，与学生形成初步共识。

（三）问题引领实验方案设计

问题 1：安培力的大小可能与哪些因素有关？

学生回顾上一实验过程，根据观察到的现象和经验对影响安培力大小的因素进行猜想：电流大小、磁场强弱、导体棒长度、导体棒与磁场方向所成夹角。

问题 2：如何测量通电导线所受安培力大小？如何增大通电导线所受安培力，使实验数据更易测量？

问题 3：如何定量改变电流大小、磁场中通电导线的长度？

问题 4：如何定量改变通电导线与磁场间的夹角？

问题 5：在没有磁力计测量磁感应强度的情况下，如何探究磁感应强度与安培力大小的定量关系？

学生依次对各个问题提出解决方案，对于同一问题，学生可能提出多种解决方案，教师引导下学生讨论各种方法的可行性，确定最终实验方案。

评价：学生在教师的问题引导下，深入思考，由提供预设好的实验转向学生根据实际需求设计实验装置、预设实验过程，提高学生在探究式教学中的主动性，开拓学生思维，助力学生科学探究能力的成长。

（四）关于安培力大小的实验探究

1. 定量探究安培力 F 与电流 I 的关系

保持线圈匝数为 100 匝不变、磁感应强度 B 不变、 $B \perp I$ 。滑动变阻器改变电流 I ，得到实验数据如表 1 所示。

表 1 F-I 关系实验数据

	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
电流 I/A	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
安培力 F/10 ⁻² N	0.08	0.14	0.22	0.30	0.36

分析得出结论：其他条件不变时，安培力 F 与电流 I 成正比。

2. 定量探究安培力 F 与导线长度 L 的关系

保持电流 I 为 0.4A 不变、磁感应强度 B 不变、 $B \perp I$ 。替换不同匝数的线圈，得到实验数据如表 2 所示。

表 2 F-L 关系实验数据

	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
匝数	40	60	80	100	120
导线长度 L	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2
安培力 F/10 ⁻² N	0.08	0.14	0.20	0.28	0.34

分析得出结论：其他条件不变时，安培力 F 与导线长度 L 成正比。

3. 定量探究安培力 F 与磁感应强度 B 的关系

保持电流 I 为 0.5A 不变、线圈匝数为 100 不变、 $B \perp I$ 。调节直流电源电压，使磁场强弱成倍数变化，得到实验数据如表 3 所示。

表 3 F-B 关系实验数据

	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
磁感应强度 B	B ₀	2B ₀	3B ₀	4B ₀	5B ₀
安培力 F/10 ⁻² N	0.08	0.14	0.22	0.30	0.36

分析得出结论：其他条件不变时，安培力 F 与磁感应强度 B 成正比。

4. 定量探究安培力 F 与夹角角度 θ 的关系

保持电流 I 为 0.5A 不变、线圈匝数为 100 不变、磁感应强度 B 不变。转动转轴，使指针指向不同刻度，改变磁场方向，得到实验数据如表 4 所示。

表 4 F- θ 关系实验数据

	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
角度 $\theta / ^\circ$	0	30	50	70	90
$\sin \theta$	0	0.5	0.77	0.94	1
安培力 F/10 ⁻² N	0	0.18	0.28	0.32	0.35

分析得出结论：其他条件不变时，安培力 F 与 $\sin \theta$ 成正比。

5. 在教师引导下学生分析总结得到规律：安培力 $F = ILB \sin \theta$ 。

评价：学生通过实验装置进行多次测量研究，收集并分析数据，更深入地认识物理现象背后的本质和规律。

（五）回顾反思，深入探究

在经历对安培力大小的定量探究过程之后，引导学

生回顾反思对安培力方向的定性探究过程，思考实验能否进一步改进。

学生发现在探究安培力方向的过程中，仅通过观察导体棒的运动判断通电导体的水平受力情况，忽视了通电导体的竖直受力情况。

学生生成问题：如何确定通电导体竖直方向受力情况？

学生经过讨论得出：将两次实验中的装置进行结合，用线圈替代导轨与导体棒接入电路，调节铁架台使线圈水平放置且底边在磁场内、顶边在磁场外，将蹄型磁铁放置于电子秤上，此时通电导线竖直方向的受力情况将由电子秤的示数变化反映。

通过进一步的探究，学生认识到安培力仅沿与电流方向、磁感应强度方向都垂直的方向，深入理解了安培力的左手定则。

评价：实验探究结束后，教师还需引导学生进行回顾反思，认识自己做有哪些不足还需改进。在深入思考后深入探究，提升学生思维的严谨性，培养学生的科学探究能力与态度。

结语

在物理教学中实验能够有效地为学生提供感性认识，帮助学生理解抽象的物理概念与规律。利用自制教具进行探究式教学，可以灵活地引导学生参与到探究过程中，使学生深入体验探究的一个步骤，提升科学思维，强化科学探究能力，树立严谨认真的科学态度。教师应当结合教学实际，深挖教材的探究性，创新地开发教学资源，合理地运用自制教具，在探究式教学中促进学生的科学素养发展。

参考文献

- [1] 谷春生. 自制物理实验教具实施自主探究教学[J]. 物理教学探讨, 2022, 40(08): 66-68+72.
 - [2] 翁晓隆. 安培力方向判断演示实验的改进[J]. 新课程(下), 2018(06): 90-91.
 - [3] 刘玉树, 陈剑峰. 基于 DIS 传感器自制安培力定量探究仪[J]. 物理教学, 2022, 44(01): 25-28.
- 作者简介：袁佳璐，1999.5，女，汉，江苏南京人，硕士研究生在读，研究方向：物理学科教学。
- 通讯作者：胡经国，1965.7，男，汉，江苏扬州人，博士，教授，研究方向：物理学科教学。