

新课标背景下可视化电磁铁磁性强弱探究仪的设计

李文睿, 韩雪, 李秉云, 涂畅, 尹德都*

楚雄师范学院物理与电气能源工程学院, 云南 楚雄

收稿日期: 2026年1月27日; 录用日期: 2026年2月26日; 发布日期: 2026年3月4日

摘要

针对中学物理“探究电磁铁磁性强弱影响因素”实验存在装置集成度低而降低操作效率, 实验材料容易被磁化而影响实验效果缺陷, 设计了可视化电磁铁磁性强弱探究仪, 将不易观察、测量的电磁铁磁性强弱, 转化为电子秤示数的变化量, 从而实现探究电磁铁磁性强弱的影响因素。该实验仪操作简捷且现象直观可视, 有效突破了传统实验的局限, 为初中物理电磁铁实验教学提供了可推广的实验方案。

关键词

可视化, 电磁铁, 实验设计, 教学

Design of Visual Electromagnet Magnetic Strength Probe under the Background of New Curriculum Standard

Wenrui Li, Xue Han, Bingyun Li, Chang Tu, Dedu Yin*

School of Physics, Electrical and Energy Engineering, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan

Received: January 27, 2026; accepted: February 26, 2026; published: March 4, 2026

Abstract

Aiming at the defects of the middle school physics experiment “Exploring the Factors Affecting the Magnetic Strength of Electromagnets”, such as low device integration which reduces operational efficiency, and experimental materials that are easily magnetized which impairs experimental

*通讯作者。

文章引用: 李文睿, 韩雪, 李秉云, 涂畅, 尹德都. 新课标背景下可视化电磁铁磁性强弱探究仪的设计[J]. 教育进展, 2026, 16(3): 357-363. DOI: 10.12677/ae.2026.163491

results, we have designed a Visualized Tester for Exploring Electromagnet Magnetic Strength. This tester converts the magnetic strength of electromagnets, which is difficult to observe and measure directly, into the variation of readings on an electronic balance, thus enabling the exploration of factors influencing electromagnet magnetic strength. The tester features simple operation and intuitive, visible phenomena, effectively overcoming the limitations of traditional experiments. It provides a scalable experimental solution for teaching electromagnet experiments in junior high school physics.

Keywords

Visualization, Electromagnet, Experimental Design, Teaching

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

《义务教育物理课程标准(2022 年版)》明确提出, 应鼓励学生设计实验方案、自制实验器材、改进实验装置及操作方法[1]。初中物理“探究电磁铁磁性强弱影响因素”的传统实验是通过观察吸引大头针数量定性判断磁性强弱, 虽直观易懂、器材易得, 但存在大头针容易被磁化而影响实验效果、实验的重复性和精准度有待提升等不足。

近年来, 数字化技术广泛应用于该实验改进, 主流方案分两类: 一是基于力传感器的直接测量方案, 通过 DISLab 等设备采集电磁铁对衔铁的吸附力实现精准量化[2], 但设备成本较高, 在乡镇中学普及存在一定的困难; 二是基于霍尔传感器的间接测量方案, 利用霍尔电压与磁场强度的正比关系推算磁性强弱, 虽精度较高, 但需搭建复杂信号放大电路, 操作门槛偏高, 且校准流程不适合初中生自主完成[3]。

相较于传统的实验方案, 本文自制的可视化电磁铁磁性强弱探究仪具有三大核心优势: 一是核心组件造价低廉, 更适配基层中学的教学条件; 二是无需复杂校准流程, 学生可在短时间内完成调试并开展实验; 三是可实现实验现象的可视化, 帮助学生建立具象认知, 契合课程标准核心素养培养要求。因此, 可视化电磁铁磁性强弱探究仪的设计, 可有效优化初中物理“探究电磁铁磁性强弱影响因素”的教学效果, 引导学生开展创新设计实践, 培养学生的综合实践能力, 为中学物理低成本实验研发提供有益借鉴。

2. 探究电磁铁磁性强弱影响因素的传统实验分析

针对探究电磁铁磁性强弱影响因素的实验设计, 传统实验设计中呈现出多种实验方法。其中, 人教版教材中的实验设计如图 1 所示, 采用通过在长铁钉上缠绕细导线后连接直流电源制成电磁铁的方法, 制作出简易的电磁铁。然后用简易电磁铁吸引大头针或回形针, 通过观察电磁铁吸引大头针或回形针的数量定性地探究电磁铁的磁性强弱的影响因素。该实验方案操作简单、现象直观, 通过实验探究能定性判断出电磁铁磁性强弱的影响因素为通过的电流强度、线圈的缠绕数量和是否有铁芯。但不足之处, 主要体现在[4]-[6]: 实验操作中, 因大头针等物品会被磁化, 这会对实验现象产生干扰, 影响实验结果; 当电流或线圈匝数的差异较小时, 电磁铁吸引大头针的数量差异也较小, 通过吸引铁钉数量来判定磁性强弱存在较大误差; 大头针体积较小且可视度较低, 教室后排的学生难以观察到实验现象。

有文献对探究电磁铁磁性强弱影响因素的实验改进, 设计了如图 2 所示的实验方案: 将直流电源、开关、滑动变阻器、电流表和螺线管串联连接后, 把螺线管置于铁架台上。在螺线管上方安装一个弹簧

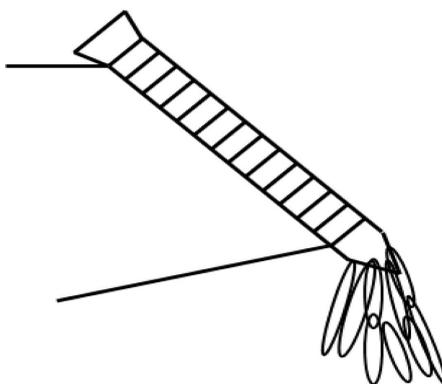


Figure 1. Electromagnet experiment design
(people's education press edition)
图 1. 人教版电磁铁实验设计

测力计，测力计下方悬挂有铁棒。当螺线管中通入电流时，电磁铁 Q_1 吸引铁棒 P 使测力计的示数发生变化，从而将电磁铁磁性强弱转化为测力计示数的大小[7]。该实验的优势在于实验现象直观明显。其不足之处主要体现在以下几个方面[8][9]：一是电磁铁与铁棒之间的距离对二者的磁吸引力影响显著，当电磁铁与铁棒的间距缩小时，电磁铁与铁棒之间的磁吸引力呈非线性增强。当电磁铁对铁棒的吸引力变化时，电磁铁与铁棒之间的距离也随之变化，致使实验未严格遵循控制变量原则；二是弹簧测力计的精度等级通常为 0.1 N ，难以精准捕捉磁力的微小变化。

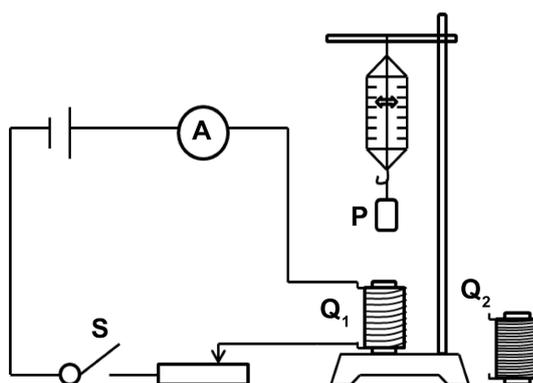


Figure 2. Literature-based experimental improvement
图 2. 文献中的实验改进图

上述两个探究电磁铁磁性强弱影响因素的实验方法均有各自的优势，但也存在一定的局限性。为此，本文设计了一种可视化电磁铁磁性强弱探究仪，为探究影响电磁铁磁性强弱的实验教学提供更为优化的方案。

3. 可视化电磁铁磁性强弱探究仪的设计与制作

可视化电磁铁磁性强弱探究仪的设计如图 3(a)所示。图中，①为可调匝数螺线管，②为软铁棒，③为隔磁底座，④为滑动变阻器，⑤为电子秤，⑥为开关，⑦为直流电源，⑧为电流表垫高底座，⑨为电流表，⑩为木制框架横梁。将上述元器件串联连接后形成闭合回路，当实验仪通电后，悬挂在木制框架横梁正上方的可调匝数螺线管对软铁棒产生向上的吸引力，使软铁棒对电子秤的压力减小，从而将电磁铁

的磁性强弱转换为直观的软铁棒对电子秤下压力的减少量。

实验过程中，只改变通过可调匝数螺线管的电流大小或只改变螺线管的线圈匝数或在螺线管中插入(或拔出)铁芯，使可调匝数螺线管对其正下方的软铁棒的吸引力发生变化，电子秤的示数也将随之变化。分别从电流强度、线圈匝数和有无铁芯这三个维度揭示出影响电磁铁磁性强弱的因素。实验过程中，当改变可调匝数螺线管的匝数时，会引起接入电路中的漆包线长度发生变化而使螺线管的电阻随之改变，从而造成整个电路的总电阻发生改变。因此，可采用限流式连接滑动变阻器，通过调节滑动变阻器来控制电路中电流的大小。

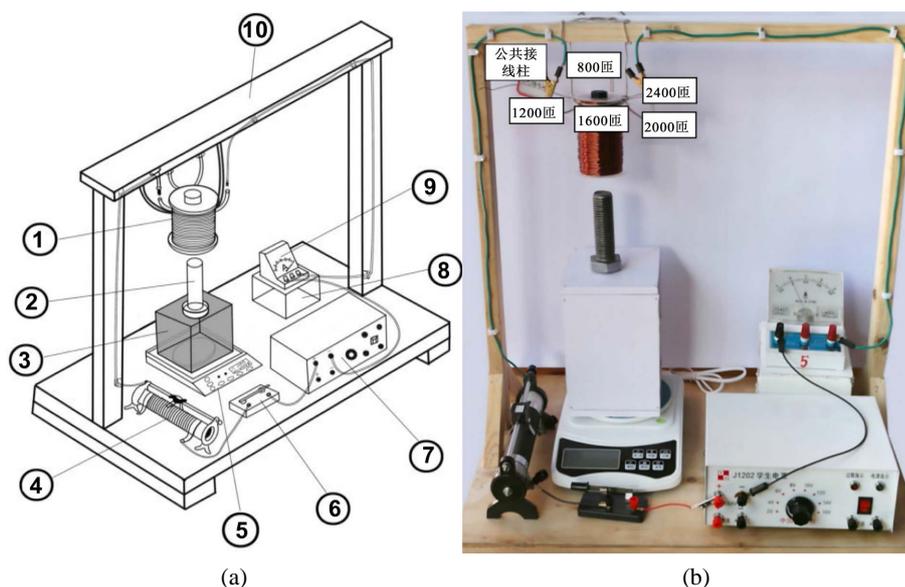


Figure 3. Visualized electromagnet magnetic strength measurement instrument
图 3. 可视化电磁铁磁性强弱探究仪

图 3(b)为可视化电磁铁磁性强弱探究仪的实物图，主要由木制框架、可调匝数螺线管、实验控制电路、隔磁底座和电子秤等部分组成，各部分的设计与制作介绍如下：

木制框架和隔磁底座：木制框架主要用于悬挂电磁铁及排列实验控制电路。若直接将软铁棒置于电子秤上，当电磁铁吸引软铁棒后会对电子秤的示数造成干扰。因此，可用木板等非磁性材料制作隔磁底座，将软铁棒和隔磁底座一起置于电子秤上，从而防止软铁棒被磁化后对电子秤的示数造成干扰。

可调匝数螺线管：可调匝数设置有公共和一级至五级的线圈接线端口，将直径为 0.5 mm 左右的漆包线缠绕在长度为 8 cm、内径为 1.7 cm 的工字形塑料绕线筒上制作而成。绕制过程中，先将漆包线的一端作为公共接线端，当漆包线绕制至 800 匝时，预留出一段漆包线进行去绝缘处理后作为一级线圈接线端；绕制至 1200 匝、1600 匝、2000 匝和 2400 匝时，依次预留出一段漆包线进行去绝缘处理后分别作为二级、三级、四级、五级线圈接线端。

在实验操作时，如果可调匝数螺线管和软铁棒之间的距离发生变化，软铁棒受到的电磁力也随之变化。为了确保可调匝数螺线管与软铁棒之间的距离保持恒定，在整个实验过程中，一旦将可调匝数螺线管悬挂在木制框架的横梁上，切勿移动可调匝数螺线管、软铁棒、电子秤等元器件。此外，可以用合适大小的纸盒等物品来代替电流表垫高底座，以便学生更清晰地观察电流表示数，提高实验现象的可视度。

4. 可视化电磁铁磁性强弱探究仪在教学中的应用

探究电流大小对电磁铁磁性强弱的影响分别将 800 匝、1600 匝、2400 匝的螺线管接入电路，并在螺线管中插入相同铁芯。通电后调节滑动变阻器使通过螺线管的电流大小从 0.24 A 增加至 0.42 A，读出通电后电子秤的示数大小，将电流大小、通电后电子秤示数、电子秤示数减少量记录在表 1 中。

Table 1. Current impact on electromagnet magnetic strength

表 1. 电流大小对电磁铁磁性强弱的影响

电流大小 I/A	通电前电子秤示数 $m = 409.74 \text{ g}$					
	线圈匝数 800 匝		线圈匝数 1600 匝		线圈匝数 2400 匝	
	电子秤示数 m_1/g	示数减少量 $\Delta m_1/\text{g}$	电子秤示数 m_2/g	示数减少量 $\Delta m_2/\text{g}$	电子秤示数 m_3/g	示数减少量 $\Delta m_3/\text{g}$
0.24	409.40	0.34	408.93	0.81	408.26	1.48
0.26	409.35	0.39	408.85	0.89	407.98	1.76
0.28	409.34	0.40	408.79	0.95	407.80	1.94
0.30	409.29	0.45	408.65	1.09	407.65	2.09
0.32	409.27	0.47	408.54	1.20	407.54	2.20
0.34	409.23	0.51	408.43	1.31	407.36	2.38
0.36	409.20	0.54	408.34	1.40	407.16	2.58
0.38	409.17	0.57	408.19	1.56	406.88	2.86
0.40	409.13	0.61	408.08	1.66	406.55	3.19
0.42	409.10	0.64	407.91	1.83	406.29	3.45

将上述表 1 实验数据导入 origin 软件，分别作出 800 匝、1600 匝、2400 匝的螺线管插入相同铁芯接入电路中后，通入不同大小的电流时电子秤示数变化量和电流大小间的关系图，得到如图 4 所示的 $\Delta m - I$ 图像。

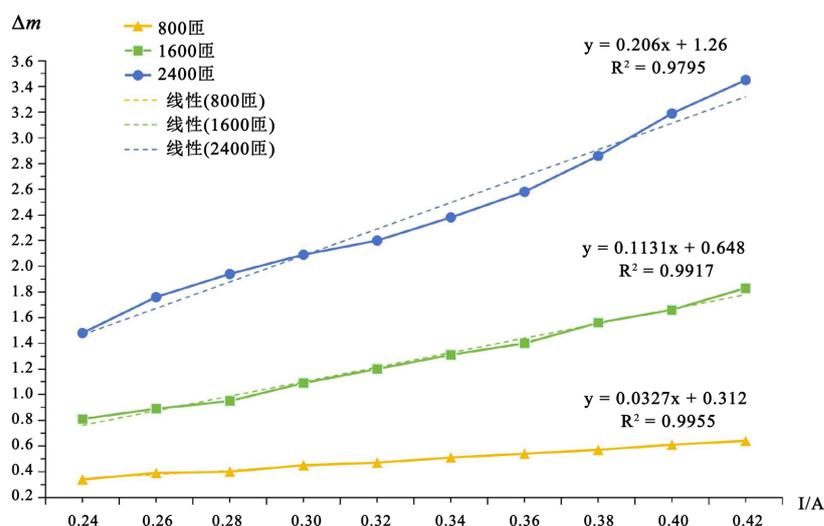


Figure 4. Relationship between electronic scale reading variation and current magnitude

图 4. 电子秤示数变化量和电流大小间的关系图

对各匝数数据进行线性拟合：800 匝组的拟合方程为 $y = 0.0327x + 0.312$ ， $R^2 = 0.9955$ ；1600 匝组的拟合方程为 $y = 0.1131x + 0.648$ ， $R^2 = 0.9917$ ；2400 匝组的拟合方程为 $y = 0.206x + 1.26$ ， $R^2 = 0.9795$ 。 R^2 为相关系数，是衡量两个变量之间线性相关程度的统计量，取值范围介于 0 到 1 之间。相关系数 R^2 的绝对值越接近 1，表明两个变量之间的线性相关程度越高。对于同一匝数的螺线管，各拟合方程的斜率均为正值，且 R^2 均接近 1，表明在实验区间内，螺线管对软铁棒的吸引力随电流增大，呈显著的线性递增关系。即电流越大，电子秤示数变化量越大，电磁铁对软铁棒的吸引力越强，电磁铁的磁性越强，由此可确定电流大小与电磁铁磁性强弱呈正向相关。

探究线圈匝数对电磁铁磁性强弱的影响从初中物理实验教学的角度，可用该实验仪，利用控制变量法从改变线圈匝数的角度开展实验探究，以提升学生实验设计、操作、观察实验现象、记录并分析实验数据等能力。具体实验过程为，分别将线圈匝数为 800 匝、1200 匝、1600 匝、2000 匝、2400 匝的螺线管接入电路，并在螺线管中插入相同铁芯。调节滑动变阻器使通过螺线管的电流大小均为 0.6 A，读出电子秤的示数，将实验数据记录于表 2。

Table 2. Coil turn number effect on electromagnet magnetic strength

表 2. 线圈匝数对电磁铁磁性强弱的影响

线圈匝数 n	有无铁芯	电流大小 I/A	通电前电子秤示数/g	通电后电子秤示数/g	电子秤示数减少量/g
800 匝	有	0.6	409.74	408.42	1.32
1200 匝	有	0.6	409.74	407.19	2.55
1600 匝	有	0.6	409.74	405.87	3.87
2000 匝	有	0.6	409.74	404.23	5.51
2400 匝	有	0.6	409.74	402.46	7.28

将上述表 2 实验数据导入 origin 软件，作出 800 匝、1200 匝、1600 匝、2000 匝、2400 匝的螺线管插入相同铁芯接入电路中后，通入相同的电流时电子秤示数变化量和线圈匝数的关系图，得到如图 5 所示的 $\Delta m - n$ 图像。

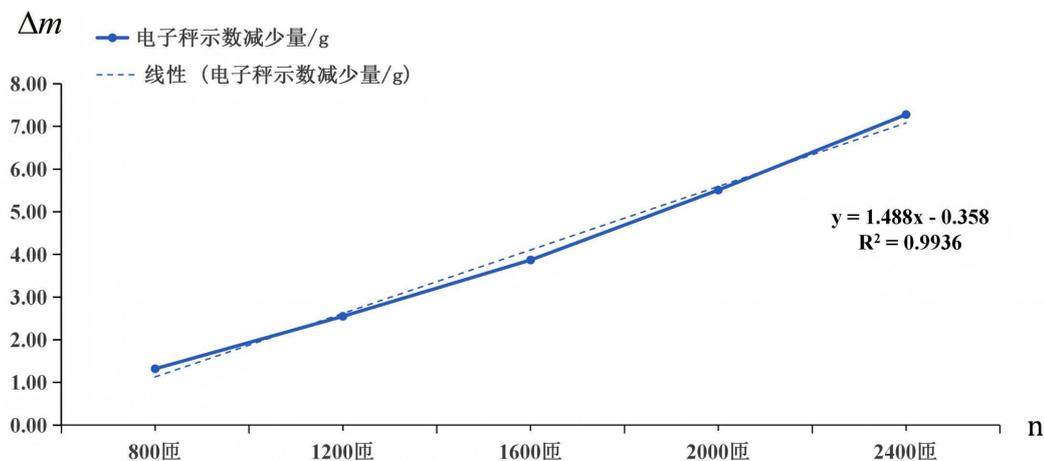


Figure 5. Relationship between electronic scale reading variation and coil turn number

图 5. 电子秤示数变化量和线圈匝数的关系图

对实验数据进行线性拟合, 得到拟合方程为 $y=1.488x-0.358$, $R^2=0.9936$ 。相关系数 R^2 接近 1, 表明在铁芯与电流保持不变的条件下, 电子秤示数减少量与线圈匝数之间存在显著的线性关联。因此, 在铁芯与通过螺线管的电流一定时, 螺线管的线圈匝数越多, 其对软铁棒的吸引力越强。由此可得电磁铁的磁性强弱与线圈匝数呈正相关关系。

探究有无铁芯对电磁铁磁性强弱的影响探究铁芯对电磁铁磁性强弱的影响时, 在螺线管中插入或拔出铁芯, 保持螺线管匝数为 2400 匝且通过螺线管的电流大小恒为 0.6 A, 得出如表 3 所示的实验数据。

Table 3. Core impact on electromagnet magnetic strength

表 3. 探究铁芯对电磁铁磁性强弱的影响

线圈匝数	有无铁芯	电流大小/A	通电前电子秤示数/g	通电后电子秤示数/g	电子秤示数减少量/g
2400 匝	有	0.6	409.74	402.46	7.28
2400 匝	无	0.6	409.74	409.53	0.21

从表 3 的实验数据可以看出, 当螺线管的线圈匝数和通过螺线管的电流大小一定时, 插入铁芯后电子秤示数减少量显著增加, 说明插入铁芯后电磁铁的磁性显著增强。

5. 结束语

“可视化电磁铁磁性强弱探究仪”有效解决了传统实验中材料磁化干扰、测量精度不足等问题, 还通过固定电磁铁与软铁棒间距, 严格遵循单一变量原则, 提升实验准确性。实验仪的设计, 融入了控制变量法、转化法等实验设计思想, 将电磁铁的磁性强弱转化为电子秤示数的变化量, 实现了实验现象的可视化, 有利于培养学生的科学探究能力及科学思维, 提升学生的物理学科核心素养; 实验仪的制作, 取材来自生活中常见的材料, 为中学物理教学中低成本实验教学资源的开发提供了参考。

基金项目

云南省教育厅科学研究基金项目(项目编号: 2024J0974); 2023 年度云南省教育科学规划项目(项目编号: BC23031); 楚雄师范学院第十七批教学改革研究项目(项目编号: 2313); 楚雄师范学院第十八批教学改革研究项目(项目编号: 2418)。

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) [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022: 32.
- [2] 王秀荣. 多维传感器动态标定装置的研究进展[J]. 自动化仪表, 2025, 46(12): 1-10.
- [3] 丁翔, 朱梦涵, 邓晓千. 霍尔传感器交流磁感应强度校准技术研究[J]. 计量学报, 2025, 46(11): 1663-1669.
- [4] 刘信生, 陶士金. 自制电磁铁磁性强弱数字化演示仪[J]. 中小学实验与装备, 2023, 33(2): 58-61.
- [5] 郭广奎. “探究电磁铁磁性强弱实验”的创新设计[J]. 物理教学, 2014, 36(11): 50-51.
- [6] 胡世龙. 注重物理实验创新凸显实验教学功能——以“自制电磁铁磁性测量仪”为例[J]. 中学物理, 2021, 39(14): 23-25.
- [7] 郭剑楠, 夏红胜. 对“探究影响电磁铁磁性强弱的因素”实验装置的改进[J]. 理科考试研究, 2018, 25(8): 50-51.
- [8] 李经宇, 郑旭莲. “新课标”背景下自制教具在物理实验创新教学中的案例研究——以“可穿戴式电磁铁”为例[J]. 物理教学, 2023, 45(9): 78-80.
- [9] 廖凯, 江耀基. 探究电磁铁磁性强弱的实验演示仪的制作与应用[J]. 理科考试研究, 2023, 30(6): 38-39.