

自制实验教具定量探究安培力大小

苟丽娟 唐 林 宋培文

(四川省南充高级中学, 四川 南充 637900)

摘 要: 教科版高中物理选修 3—1“磁场对通电导线的作用——安培力”一节中, 实验探究环节的演示实验, 存在安培力非常小, 弹簧测力计精度不够, 调节电流的电路复杂, 难以完成知识体系建构等问题. 为此, 本文详细介绍了通过自制实验教具可以直接定量精准探究安培力与电流、导线长度、磁场强弱、磁场与电流夹角的关系.

关键词: 教具; 定量; 探究; 安培力

教科版高中物理选修 3—1“磁场对通电导线的作用——安培力”一节中, 实验探究环节设置了如图 1 所示的实验装置, 一通电线圈置于 U 型磁铁两极之间, 有电流通过时, 通电线圈受到向下的安培力, 对线圈受力分析, 重力与安培力之和等于弹簧的弹力, 故弹力减去重力即为安培力.

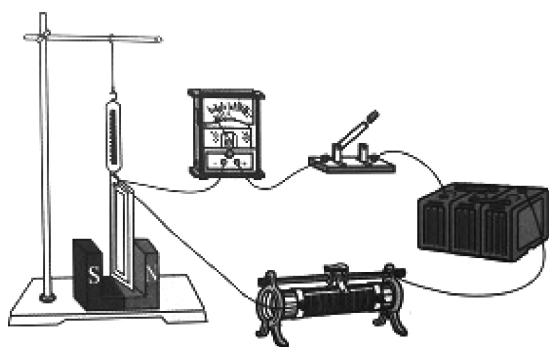


图 1 教材原图

该实验装置较简单, 操作较方便, 但也有不足之处. 第一, 由于安培力比较小, 弹簧测力计精度不够, 无法准确测量安培力的大小; 第二, 该装置调节电流大小比较麻烦, 也存在精准问题, 同时探究安培力与长度的关系每次实验需要更换线圈, 操作复杂; 第三, 该装置无法定量探究安培力与磁场强弱、磁场方向与电流方向夹角的关系, 学生无法理性分析并理解安培力大小计算公式. 本文引进力传感器, 数据采集器、恒定电源、转盘等仪器自制实验教具, 可以直接定量精准探究安培力与电流、导线长度、磁场强弱、磁场与电流夹角的关系.

1 实验教具构造及原理

1.1 实验教具设计原理及实物图

图 10 和图 11 采用了 405 nm 紫激光穿过上述树脂块, 固化树脂块更适宜长期使用.

以上实验中, 在水中或树脂中添加荧光剂用量都很小. 以水中加荧光剂为例, 100 g 的水中加入 10 mg 以下的荧光素钠或荧光笔的荧光物质, 在树脂中也以相近比例少量添加荧光剂即可. 注意加入后需要分散均匀.

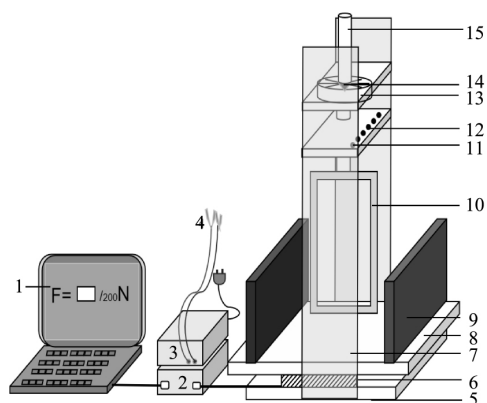
用荧光显示光路的方法, 便捷、安全, 适宜于教室和实验室用, 演示时直观展现光路, 打破教学时“想象”光路的困境, 也有助于实验室减小紫外光的潜在危害.

参考文献:

- 1 毛银芹, 冯洁, 李红梅, 等. “眼睛与眼镜”演示仪的设计与制作[J]. 物理教师, 2019, 40(4): 60—62.

- 2 谢桂英. 光现象系列演示实验的改进和创新[J]. 物理教师, 2014, 35(10): 35—37.
- 3 黄葛鸿. “手持式光路显示仪”的制作及应用[J]. 实验教学与仪器, 2019(5): 51—53.
- 4 江宁. 光路演示仪的制作[J]. 实验教学与仪器, 2015(9): 50—52.
- 5 中国气象局. QXT 272——2015 大气二氧化硫监测方法 紫外荧光法[S/OL]. 北京: 中国气象局.
- 6 王杰. SO₂/NO₂ 污染气体探测激光雷达实验研究[D/OL]. 合肥: 中国科学技术大学, 2018.
- 7 王志龙, 樊萍, 徐静, 等. 荧光分光光度法测定水中示踪剂荧光素钠示踪剂[J]. 世界核地质科学, 2019, 36(4): 232—237.

(收稿日期: 2020—09—18)



1. 电脑显示器; 2. 传感器信息采集模块;
3. 恒流学生电源; 4. 电流输出接线; 5. 底座;
6. 压力传感器; 7. 支架; 8. 磁体放置台;
9. 长方形强磁铁; 10. 矩形线圈; 11. 正极接线柱; 12. 负极接线柱; 13. 角度刻度盘;
14. 角度指针; 15. 转轴。

图 2 仪器装置图



图 3 仪器装置实物图

1.2 实验教具及原理介绍

- ① 底座(5)与支架(7)固定保证仪器的稳定性。
- ② 转轴(15)下竖直悬挂粗细合适的矩形线圈(10), 可通过旋转转轴(15)可改变矩形线圈(10)底边电流的方向。
- ③ 长方形强磁铁(9)两块, 由于面积较大, 其中心区域可看成水平匀强磁场, 矩形线圈(10)两竖直边受安培力抵消, 底边受到竖直向上的安培力 F , 则磁体(9)受到等大的竖直向下的安培力反作用力。
- ④ 长方形磁体(9)与磁体放置台(8)放置在压力传感器(6)上, 压力传感器(6)受到增大的竖直向下的压力即安培力大小, 通过传感器信息采集模块(2)转换信号输入电脑显示器(1)软件。
- ⑤ 压力传感器软件 APP 可设置去皮功能, 直接测量显示安培力大小, 但即使在强磁铁、强电流

的环境下, 安培力仍然很小, 可以设置将力放大 200 倍显示。

⑥ 恒流电源(3)可按需调节输出需要大小的恒定电流, 通过电源输出接线(4)分别与正接线柱(11)及负接线柱(12)连接使得恒定电流输入到矩形线圈(10)中。

⑦ 负接线柱(12)总共 5 组, 分别接入不同的线圈匝数: 50 匝、100 匝、150 匝、200 匝、250 匝, 接入不同匝数的线圈表示接入通电导线长度 L 不同。

⑧ 旋转转轴(15), 当矩形线圈(10)底边导线电流与磁场方向相同时, 角度指针(14)指向角度刻度盘(13)上 0° 刻度线上, 转动转轴(15)改变电流方向时, 角度指针(14)可直接读出电流与磁场夹角, 探究安培力与角度的关系。

⑨ 磁体放置台(8)外侧磁体盒可以增添磁体, 增强磁场的强弱, 从而实现探究安培力与磁场强弱的关系。

2 实验演示过程及数据分析

2.1 $F-I$ 的关系

保持线圈匝数为 150 匝(导线长度)不变、磁场强弱不变, $B \perp I$ 时, 力放大 200 倍。改变电流分别为: 0.00 A、0.50 A、1.00 A、1.50 A、2.00 A、2.50 A 时测出安培力大小记入表格(表 1)并作出图像如图 4。

得出结论: 其他条件不变时, F 与 I 成正比

表 1 F 与电流关系记录表

I/A	$F/N (* 1/200)$
0	0
0.5	31
1	62
1.5	93
2	124
2.5	155

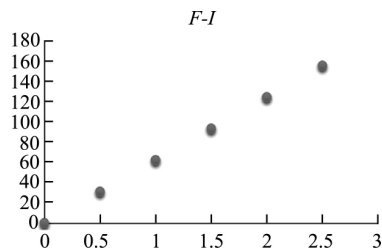


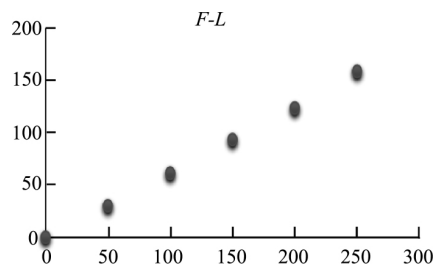
图 4 F 与 I 关系图

2.2 $F-L$ 的关系

保持电流、磁场不变, $B \perp I$ 时, 力放大 200 倍。改变匝数分别为: 50 匝、100 匝、150 匝、200 匝、250 匝时测出安培大小记入表格(表 2)并作出图像如图 5。

表 2 F 与长度关系记录表

匝数	$F/N(*1/200)$
0	0
50	30
100	61
150	93
200	123
250	158

图 5 F 与 L 关系图

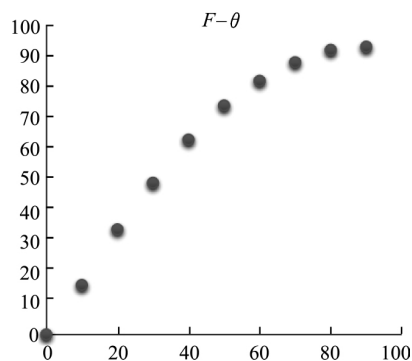
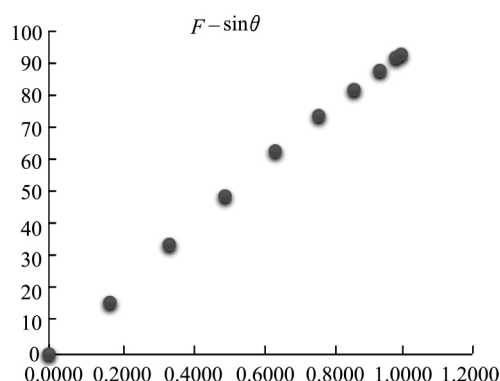
得出结论:其他条件不变时, F 与 L 成正比

2.3 $F-\theta$ 的关系

保持线圈匝数 150 匝(导线长度)不变、电流 1.50 A 不变、磁场强弱不变,力放大 200 倍.改变夹角分别为: 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° 测出安培力大小记入表格(表 3)并作出图像如图 6、图 7 所示.

表 3 F 与夹角关系记录表

$\theta/^\circ$	$\sin\theta$	$F/N(*1/200)$
0	0.0000	0
10	0.1736	16
20	0.3420	34
30	0.5000	49
40	0.6428	63
50	0.7660	74
60	0.8660	82
70	0.9397	88
80	0.9848	92
90	1.0000	93

图 6 F 与 θ 关系图图 7 F 与 $\sin\theta$ 关系图

得出结论:其他条件不变时, F 与 θ 不成正比, F 与 $\sin\theta$ 成正比.

2.4 F —磁场强弱的关系

保持线圈匝数 150 匝(导线长度)、电流 1.50 A 不变, $B \perp I$ 时,力放大 200 倍.不加磁铁和增加磁铁分别测量安培力大小记入数据表格如表 4.

表 4 F 与磁场强弱的关系记录表

磁场	$F/N(*1/200)$
磁场不变	93
增加磁铁	111

得出结论:其他条件不变时,磁场越强、安培力越大.

2.5 引导学生分析得出结论:安培力大小计算公式为 $F=BIL\sin\theta$.

3 结束语

为了更加精确探究安培力与影响因素的关系,本文引进力传感器、恒定电源、转盘、线圈、量角器等仪器自制实验教具,可以直接定量精准地探究安培力与影响因素的关系,同时也可以用于测定磁感应强度大小,帮助学生理解磁感应强度概念,在教学中起到了较好的效果.物理是一门极为抽象的实验学科,学生在改进后的实验装置操作过程中可以提升物理学科科学素养,有利于学生的终生发展.每一个教具创作、设计过程都是充满艰辛与不易,在此向所有奋斗在实验室的研究者致敬.

参考文献:

- 1 陈艳. 定量探究安培力大小实验的改进[J]. 教育与装备研究, 2014(9): 40—42.
- 2 丁良峰. 定理探究安培力实验装置的创新设计研究[J]. 物理教师, 2019(5): 59—61, 68.

(收稿日期: 2020—08—18)