

基于 DISLab 全定量探究安培力大小的创新实验

陈 健¹, 李德安², 张润生²

(1.广州市第二中学, 广东 广州 510530; 2.华南师范大学物理与电信工程学院, 广东 广州 510006)

摘 要:“安培力的大小”是高中物理教学的难点, 教材上对安培力大小的探究停留在理论推导层面, 且传统实验存在弹簧测力计精度不够、实操中难以有效调节并测量导线有效长度及磁感应强度大小等问题。利用 DISLab 数据采集器设计了探究安培力大小的全定量实验, 有效突破教学难点, 帮助学生加深对安培力大小公式的理解, 提升利用信息技术进行科学探究的意识。

关键词: DIS 数据采集器; 安培力; 定量探究; 创新实验

信息技术与学科教学的整合也成为当前教学改革的重要内容。《普通高中物理课程标准(2017 年版)》中给出了教学建议: 通过让学生使用信息技术手段来提升物理学习能力, 鼓励教师利用数字化信息系统来解决一些用传统方法难以突破的疑难实验问题。

磁感应强度和安培力是高中物理教学的难点。人教版和粤教版教材中, 磁感应强度概念的建立过程以及安培力大小的探究停留在定性分析及理论推导层面, 学生很难深刻把握安培力 F 与磁感应强度 B 、电流 I 、导线有效长度 l 、磁场方向与电流方向夹角 θ 之间的定量关系。安培力大小定量实验的设计和实操难度大, 传统实验存在弹簧测力计精度不够、实操中难以有效调节并测量导线有效长度及磁感应强度大小等问题, 因此教师在教学时经常不能将其实验教学应有的功能发挥出来。为突破常规实验中存在的问题, 本文采用 DISLab 数据采集器来定量探究安培力的大小, 帮助学生更好地理解安培力大小的公式, 提升使用数字信息技术来进行科学探究的意识, 提高物理学习能力。

一、实验器材及原理

1. 实验器材

DISLab 数字化信息实验系统, 安培力实验器, 力传感器, 电流传感器, 磁传感器, 可调直流稳压电源, 滑动变阻器, 铁架台, 固定夹, 开关以及导线若干。实验装置如图 1 所示。

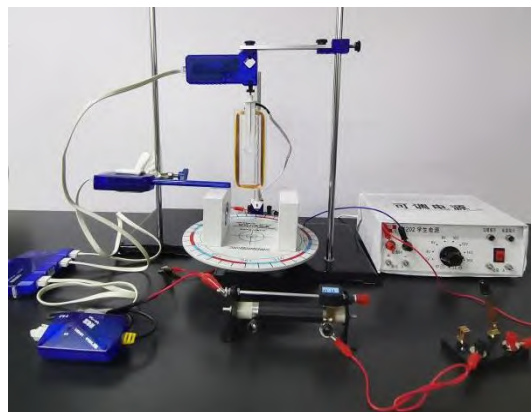


图 1 实验装置

2. 实验原理

方形矩形线圈的上下边距离较长, 让线圈上边远离实验中的两个磁极。当电流为 0 时, 进行力传感器的调零, 当线圈在磁场中通以电流时, 上边所受的安培力可以忽略不计, 此时力传感器能测量线圈下边受到的安培力 F 。通过调节滑动变阻器的阻值大小可以改变线圈中电流的大小, 通过电流传感器可以实时记录电流 I 的大小。转动台可以改变磁场方向和通过线圈下边电流方向的夹角 θ , 通过转动台上的刻度值可以记录角度大小。导线的有效长度 l 的改变通过改变矩形线圈接入的匝数(200 匝和 100 匝)实现。磁感应强度的大小可以通过轻微调整线圈下边距离转动台的竖直距离进行改变, 通过磁传感器测量线圈下边所处磁场的磁感应强度 B (为避免线圈通电后对磁感应强度测量的影响, 每次磁感应强度的测量应在接通电源前进行)。

作者简介: 陈健(1979—), 男, 广东高州人, 广州市第二中学副校长, 华南师范大学硕士研究生校外导师, 研究方向: 中学物理教学; 李德安(1974—), 男, 广东五华人, 副教授, 教育硕士导师, 研究方向: 中学物理实验教学; 张润生(1997—), 男, 广东惠来人, 2021 级学科教学(物理)专业研究生, 研究方向: 物理学科教学。

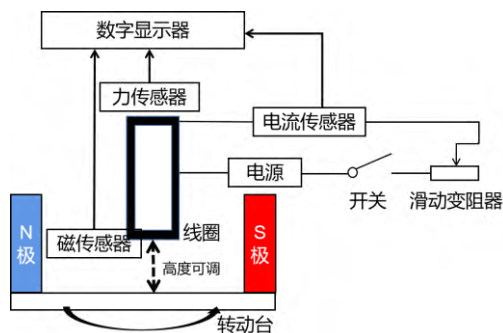


图2 实验原理

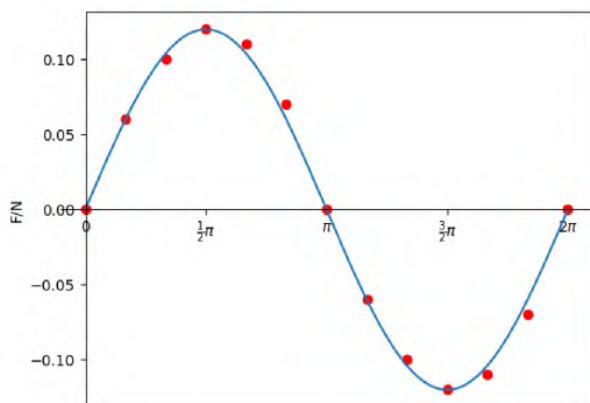
二、实验过程及结果

1. 探究 F 与 θ 的关系

保持电流 ($I = 0.44 \text{ A}$) 及接入线圈的匝数 (200 匝) 不变, 通过转动台改变磁感应强度方向与电流方向的夹角 θ , 记录多组 I 与 F 的实验数据 (表 1)。利用 Python 绘制散点图, 拟合 $F-\theta$ 的理论曲线进行对比验证。如图 3 所示, 拟合曲线与数据点基本吻合说明通电导线所受的安培力 F 与电流和磁场方向的夹角 θ 满足正弦关系。

表 1 安培力 F 随电流与磁感应强度夹角 θ 变化实验数据

序号	夹角 θ	安培力 F/N
1	0	0
2	$\pi/6$	0.06
3	$\pi/3$	0.10
4	$\pi/2$	0.12
5	$2\pi/3$	0.11
6	$5\pi/6$	0.07
7	π	0
8	$7\pi/6$	-0.06
9	$4\pi/3$	-0.10
10	$3\pi/2$	-0.12
11	$5\pi/3$	-0.11
12	$11\pi/6$	-0.07

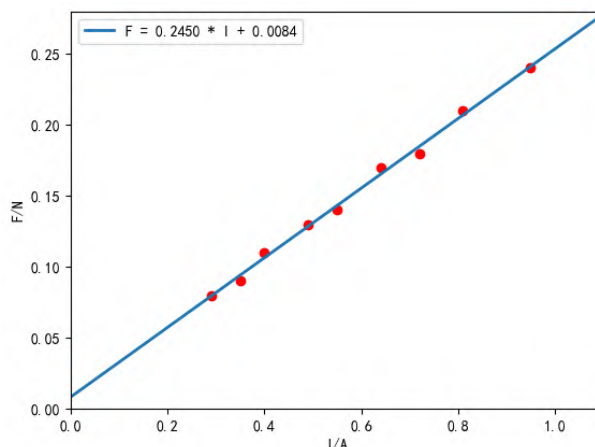
图3 F 与 θ 的关系

2. 探究 F 与 I 的关系

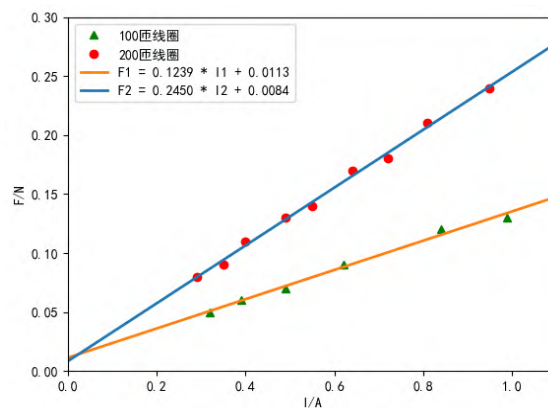
保持电流和磁场方向的夹角 ($\theta = \pi/2$) 以及接入线圈的匝数 (200 匝) 不变, 通过改变滑动变阻器的阻值以调节电路中的电流大小, 实时记录 I 与 F 的数值得到如表 2 和图 4 所示的实验结果。发现线性拟合直线与数据点基本重合并近似过原点, 证明在其他条件相同的情况下, 通电导线所受的安培力 F 与电流 I 的大小成正比。

表 2 安培力 F 随电流 I 变化的实验数据

序号	电流 I/A	安培力 F/N
1	0.29	0.08
2	0.35	0.09
3	0.40	0.11
4	0.49	0.13
5	0.55	0.14
6	0.64	0.17
7	0.72	0.18
8	0.81	0.21
9	0.95	0.24

图4 F 与 I 的关系

3. 探究 F 与 l 的关系

图5 F 与 l 的关系

在探究 2 的基础上, 保持电流和磁场方向的夹

角 ($\theta = \pi/2$) 不变, 将线圈的匝数调整为 100 匝并进行重复实验。比较线圈不同匝数 (导线的有效长度) 对实验结果的影响 (图 5), 发现 200 匝线圈与 100 匝线圈的两组对照实验线性拟合直线的斜率分别为 0.2450 和 0.1239, 近似满足二倍关系, 证明在其他条件相同的情况下, F 与 I 成正比关系。

4. 探究 F 与 B 的关系

保持电流 ($I = 1.45 \text{ A}$) 及接入线圈的匝数 (200 匝) 不变, 在接通电源前利用磁传感器记录线圈下边所处磁场的磁感应强度 B 大小, 接通电源测量安培力的 F 大小。轻微调整线圈下边距离转动台的竖直距离进行多组实验, 实验结果如表 3 和图 6 所示。发现线性拟合直线与数据点基本重合并近似过原点, 证明在其他条件相同的情况下, 通电导线所受的安培力 F 与磁感应强度 B 的大小成正比。

三、小结

采用 DIS 实验实现了定量、直观、快捷地探究安培力大小, 解决了安培力教学中的难点, 大大提高了安培力实验教学的效率, 有利于学生了解和熟悉如何使用数字化信息技术来解决问题, 提高学生的探究能力以及解决实际问题的能力。

表 3 安培力 F 随磁感应强度 B 变化的实验数据

序号	磁感应强度 B/mT	安培力 F/N
1	1.27	0.02
2	2.80	0.03
3	4.14	0.04
4	6.20	0.06
5	8.70	0.08
6	10.29	0.10
7	13.51	0.12
8	15.57	0.14

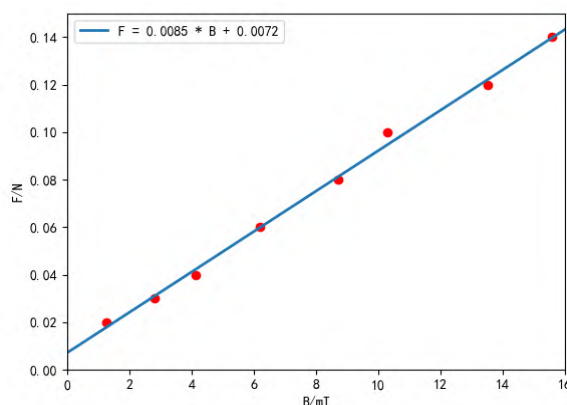


图 6 F 与 B 的关系

(上接第 60 页)

通过将大小与形状各不相同的棋子若干分别放置到棋子 0 在平面镜中的像的位置, 发现只有大小形状与棋子 0 完全相同的棋子才能与棋子 0 的像完全重合, 这样可以比较出像与物的大小相等。

(6) 重复多次实验, 记录实验数据 (可选择表 1, 只是需要将铅笔选择改成棋子选择), 最终得出平面镜成像特点: 等大、等距、垂直、虚像。

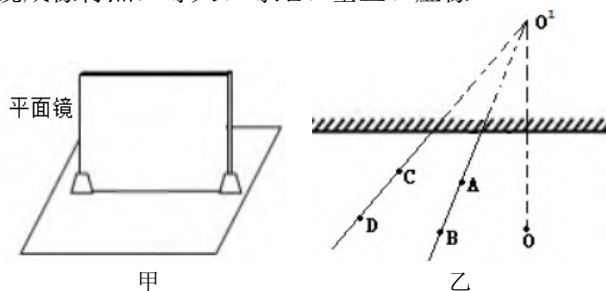


图 4

实验评价: 本题是将平面镜成像原理与光的直线传播结合到一起, 通过作图来探究实验, 可以准确确定像的位置, 这里关键是让学生理解平面镜所成像的位置是反射光线的反向延长线的交点, 对学生的认知及思维跳跃性要求较高, 即如何将学生的思维从探究实验转变为理论实践层面上来, 这综合

光现象的大多数知识, 难度稍大; 再者在比较像与物的大小关系时存在一定的误差, 导致像与物的大小比较是本实验方案的难点之一。

四、总结

质疑是创新的摇篮, 创新则是质疑的源动力, 在实验探究活动中培养学生质疑创新能力, 需要以学生认知能力为基础, 设计富有挑战性和吸引力的探究实验, 在实验探究过程中让学生去发现质疑问题, 创造性解决问题, 从而引出新的探究实验方案, 相信在质疑创新的基础上一定会提升助推科学思维的发展, 实现核心素养的大迈进。

参考文献:

- [1] 武长青. 基于质疑创新的五个水平谈科学思维的培养策略[J]. 物理教学, 2020, 41(04): 7-11.
- [2] 沈伟云. 基于质疑创新思维培养的初中物理教学[J]. 物理教师, 2021, 42(04): 37-39.
- [3] 沈文炳. 基于变易理论的质疑创新能力培养——以“动量守恒定律实验”为例[J]. 物理通报, 2020(03): 110-113.
- [4] 田效军. 对探究平面镜成像实验的改进与评价[J]. 中学物理, 2020, 38(12): 40-43.