

# 自制安培力定量探究仪<sup>\*</sup>

王 进 沈 明

(江苏省大丰高级中学 江苏 盐城 224100)

(收稿日期:2022-05-17)

**摘 要:**定量探究安培力的大小是普通高中物理重要内容.利用手提秤改装微力传感器测量安培力大小,制作专用电路板,借助数字电流表准确测量电流值,通过自制不同磁场强度的磁铁组来改变磁场强度,设计快速改变并读取磁场与电流的夹角数据结构,用来探究安培力大小与长度、电流大小、磁场强度及电流方向和磁场方向夹角的关系.

**关键词:**安培力;定量探究;长度;磁感应强度;电流;夹角

探究影响通电导线受力因素的实验是人教版高中物理教科书必修第三册第十三章第 2 节“磁感应强度 磁通量”中的内容,装置如图 1 所示,实验采用单独改变电流大小、控制磁铁个数改变导线的有效长度来改变安培力的大小,通过导线摆动角度大小来比较安培力的大小.用肉眼判断摆角不准确,且装置无法研究安培力大小与磁感应强度、夹角的关系,通过两组定性实验后直接给出安培力公式,实验说服力差,学生容易出现逻辑跳跃.设计一套安培力全定量探究仪,不仅能有效地解决实验教学难题,还能激发学生的探究意识,提升学生学科核心素养.

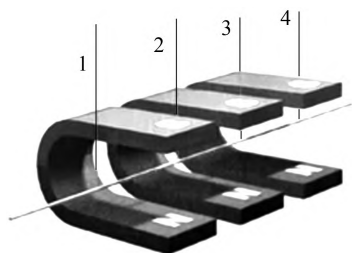


图 1 在匀强磁场中探究影响通电导线受力的因素实验装置

## 1 装置的制作及说明

### 1.1 制作材料

手提秤,木板,PVC管及弯头等配件,3D打印的方形线圈框,漆包线,电路板,数字电流表,接线柱电位器,电源,U型磁铁架,圆形量角器,强磁铁组,螺丝等配件.

### 1.2 制作说明

(1) 利用 200 mm×300 mm 木板制作装置的底座,利用外径 20 mm 的 PVC 管及弯头配件制作宽高为 250 mm×400 mm 的手提秤支架.

(2) 利用 3D 设计 40 mm×80 mm 的方形线圈框,分别绕制 40 匝、80 匝、120 匝线圈,将抽头通过 4 节音频线引至木板上的接线柱(黑色为公共端,红色分别为 40 匝、80 匝、120 匝接线柱),通过切换接线柱连线可快速改为线圈匝数.

(3) 将手提秤的秤钩拆下,利用长螺丝把线框固定在手提秤的压力传感器上,手提秤顶部加装一对线卡,通过线卡把传感器固定在支架上,手提秤保持竖直.

(4) 将磁铁架置于外径 100 mm 的圆形量角器的上方,用螺丝一起固定在底座中心,量角器用胶水固定在底座上,外力作用下磁铁架可以沿中心旋转,分别将若干对磁性(厚度)不一样的中心带孔的磁铁(45 mm×45 mm)固定在 U 型磁铁架两侧(两边距离约 60 mm),利用磁传感器测量磁铁组间线圈位置的磁感应强度.

(5) 利用 200 mm×300 mm 白色亚克力板制作实验专用电路板,UV 上红色电路,将电流表表头(—2 A~2 A 0.01 A)嵌入电路板中,接入 200 Ω 电位器、DC 直流电源插口、开关、接线柱等元件.

<sup>\*</sup> “基于核心素养的物理 DIS 创新实验的开发与实践研究”研究成果,项目编号:2021-L-020.

1.3 实验装置实物图

图 2 为实验装置整体实物图,角度盘细节图如图 3 所示.

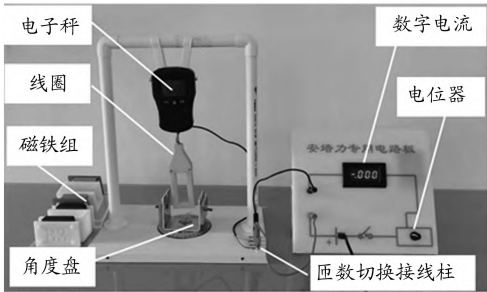


图 2 实验装置整体实物图

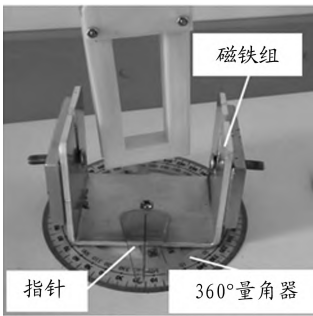


图 3 角度盘细节图

2 实验过程

实验一:探究安培力  $F$  大小与长度  $L$  的关系

(1) 实验步骤

- 1) 组装好器材,将线框最底边置于磁铁组的正中间(底边与磁感线垂直);
- 2) 将手提秤去皮(调零),闭合开关,调节电位器,使电路电流  $I$  为 0.25 A;
- 3) 记录匝数(换算得到实际长度  $L$ )和电子秤的示数值  $F$ ;
- 4) 断开开关,分别换 80 匝、120 匝重复以上操作,采集数据,记录在 Excel 表格中;
- 5) 利用 Excel 分析数据,得出结论.

(2) 实验数据

实验数据见表 1,  $F$  与  $L$  关系的图像见图 4.

表 1 探究  $F$  与  $L$  关系的实验数据

| 次数 | $N$ /匝 | 总长度 $L$ /m | 安培力 $F$ /N |
|----|--------|------------|------------|
| 1  | 120    | 4.8        | 0.137      |
| 2  | 80     | 3.2        | 0.088      |
| 3  | 40     | 1.6        | 0.039      |

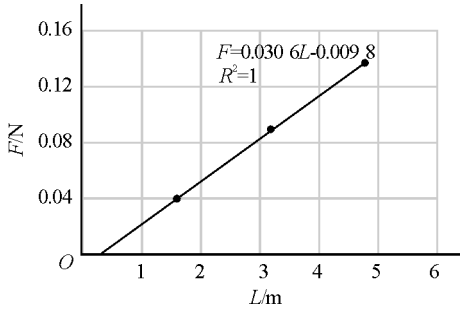


图 4  $F$  与  $L$  关系的图像

(3) 实验结论

安培力的大小与通电直导线的长度成正比,即  $F \propto L$ .

实验二:探究安培力  $F$  大小与电流  $I$  的关系

(1) 实验步骤

- 1) 组装好器材,将线框的底边置于磁铁组的正中间(底边与磁感线垂直);
- 2) 将手提秤去皮,闭合开关,调节电位器至适当位置(电路电流  $I$  为 0.05 A 左右);
- 3) 记录电流  $I$  和手提秤示数值  $F$ ;
- 4) 不断增加电路中的电流,重得以上实验,采集多组数据;
- 5) 分析数据,得出结论.

(2) 实验数据

实验数据见表 2,  $F$  与  $I$  关系的图像见图 5.

表 2 探究  $F$  与  $I$  关系的实验数据

| 次数 | 电流 $I$ /A | 安培力 $F$ /N |
|----|-----------|------------|
| 1  | 0.00      | 0.000      |
| 2  | 0.15      | 0.020      |
| 3  | 0.25      | 0.032      |
| 4  | 0.35      | 0.049      |
| 5  | 0.45      | 0.059      |
| 6  | 0.55      | 0.075      |
| 7  | 0.65      | 0.088      |
| 8  | 0.70      | 0.098      |

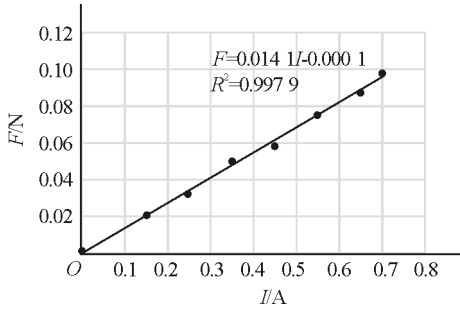


图 5  $F$  与  $I$  关系的图像

(3) 实验结论

其他条件不变,安培力大小与通电电流成正比,即  $F \propto I$  .

实验三:探究安培力  $F$  大小与磁感应强度  $B$  的关系

(1) 实验步骤

1) 组装好器材,将线框底边置于磁铁组的正中间(底边与磁感线垂直);

2) 将手提秤去皮(调零),闭合电路开关,调节电位器,使电路电流  $I$  为 0.25 A;

3) 记录磁感应强度大小  $B$  和手提秤的示数值  $F$ ;

4) 换用其他磁铁组替换第一组磁铁组,保持电路中的电流不变,分别记录对应的磁感应强度  $B$  和手提秤的示数值  $F$ ,将数据分别记录在 Excel 表格中;

5) 利用 Excel 分析数据,得出结论.

(2) 实验数据

实验数据见表 3,  $F$  与  $B$  关系的图像见图 6.

表 3 探究  $F$  与  $B$  关系的实验数据

| 次数 | 磁感应强度 $B/\text{T}$ | 安培力 $F/\text{N}$ |
|----|--------------------|------------------|
| 1  | 0.028 00           | 0.009            |
| 2  | 0.039 38           | 0.014            |
| 3  | 0.056 02           | 0.019            |

(3) 实验结论

其他条件不变,安培力大小与磁感应强度成正比,即  $F \propto B$  .

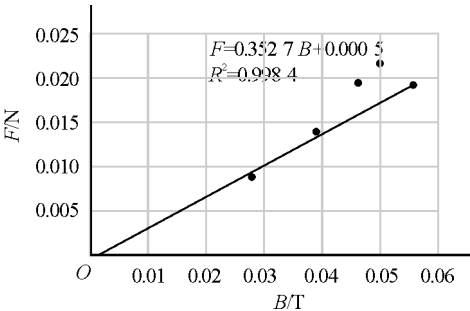


图 6  $F$  与  $B$  关系的图像

实验四:探究安培力  $F$  大小与角度  $\theta$  的关系

(1) 实验步骤

1) 组装好器材,将 120 匝线圈接入电路;  
2) 将方形线框的底边置于磁铁组的正中间,旋转磁铁组,使线框底边与磁铁组磁场方向平行;

3) 将手提秤去皮(调零),根据量角器上的指针位置读出电流与磁场方向的夹角  $\theta$ ,闭合开关,调节电位器,使电路电流  $I$  为 0.25 A;

4) 记录夹角  $\theta$  和对应的手提秤示数  $F$ ;

5) 不断旋转转盘(旋转  $360^\circ$ ),分别记录对应的  $\theta$  和  $F$  于 Excel 表格中;

6) 利用 Excel 软件描点,进一步分析数据,得出结论.

(2) 实验数据

实验数据见表 4.

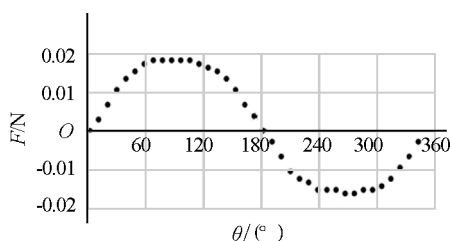
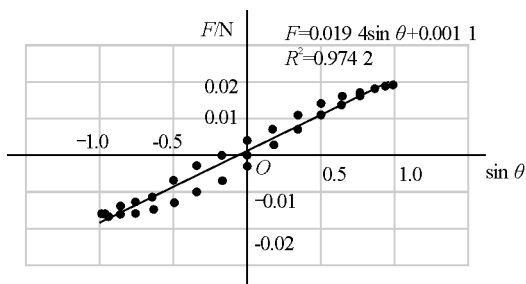
表 4 探究  $F$  与  $\theta$  关系的实验数据

| 夹角 $\theta/^\circ$ | 0      | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     | 70     | 80     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 安培力 $F/\text{N}$   | 0.000  | 0.003  | 0.007  | 0.011  | 0.014  | 0.016  | 0.018  | 0.019  | 0.019  |
| 夹角 $\theta/^\circ$ | 90     | 100    | 110    | 120    | 130    | 140    | 150    | 160    | 170    |
| 安培力 $F/\text{N}$   | 0.019  | 0.019  | 0.019  | 0.018  | 0.017  | 0.016  | 0.014  | 0.011  | 0.007  |
| 夹角 $\theta/^\circ$ | 180    | 190    | 200    | 210    | 220    | 230    | 240    | 250    | 260    |
| 安培力 $F/\text{N}$   | 0.004  | 0.000  | -0.003 | -0.007 | -0.011 | -0.013 | -0.014 | -0.016 | -0.016 |
| 夹角 $\theta/^\circ$ | 270    | 280    | 290    | 300    | 310    | 320    | 330    | 340    | 350    |
| 安培力 $F/\text{N}$   | -0.016 | -0.017 | 0.017  | -0.016 | -0.016 | -0.015 | -0.013 | -0.010 | -0.013 |

由表 4 中的数据可以看出,  $F$  与  $\theta$  的关系比较复杂.  $\theta$  从  $0 \sim 350^\circ$  变化过程中,  $F$  的大小和方向呈现周期性变化,图 7 是  $F$  与  $\theta$  的关系实验数据处理结

果,曲线近似为正弦曲线.

图 8 为  $F$  与  $\sin \theta$  的关系图像,近似为过原点的一条直线.

图 7 探究  $F$  与  $\theta$  的关系实验数据处理图 8  $F$  与  $\sin \theta$  的关系数据处理

### (3) 实验结论

安培力大小与电流方向和磁场方向夹角的正弦值成正比,即

$$F \propto \sin \theta$$

得

$$F = kBIL \sin \theta$$

(上接第 102 页)

(3) 密封性强,瓶盖旋紧后即密封。

(4) 通过调节注射器活塞控制变量,科学探究方法严谨。

(5) 经济环保且便于大面积推广使用,大批量生产成本更低,且每次实验无耗材,可大量运用至教学实践中(特别是边远地区学校)。

(6) 节省时间,实验现象明显,一次组装可不断进行实验,允许快速多次实验。

(7) 课堂实验教学策略可选择方案变多,促使实验教学模式多样化。3 个容器进行一次实验探究两个结论,最佳实验电压只需 10 V。使用甲和乙单独探究  $Q$  与  $R$ 、乙和丙单独探究  $Q$  与  $I$  之间的关系,实验装置电压只需 6 V,可用于干电池作为电源。

(8) 实验探究教学难度可根据学生水平合理设计,促进学生发展的梯次性。

### 4.2 器材应用反思

本器材可满足初中物理实验教学需求,若加上

## 4 结束语

普通高中物理学科核心素养明确指出:“在高中物理课程中,应注重科学探究,尤其应注重物理实验,在培养学生的探究能力和科学态度等方面具有重要作用。”本自制实验装置整体结构简单,利用电子秤改装微力传感器和数字电流表头分别测量安培力和电流大小,巧用磁铁组改变磁感应强度,还利用量角器设计了角度测量结构,装置能定量探究安培力的大小  $F$  与导线长度  $L$ 、电流大小  $I$ 、磁感应强度大小  $B$  以及  $B$  与  $I$  方向夹角的关系。教师在平时教学过程中能借助数字化开发教具,有利于提高实验教学的有效性,突破教学重难点,让学生体验知识的形成过程,享受探究的乐趣,提升学生的物理核心素养。

## 参考文献

- [1] 戴颖显,殷位海.利用传感器定量探究安培力实验的创新设计[J].物理教师,2021,42(4):53-55.
- [2] 朱远稼.中美物理DIS实验系统比较研究[D].武汉:华中师范大学,2013.

刻度可用于更高要求的物理课堂实验探究,但是在细节上仍有待研究,如:通电后,容器液柱迅速上升,在视频中仔细观察液柱上升存在稍微顿挫,并且在不同电压下达一定高度后液面不再升高,液面处于一个稳定的状态。以上 2 个现象有待下一步继续研究。

## 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(2011 年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2012:22.
- [2] 高志俊,王瑜.焦耳定律半定量探究实验的改进[J].物理教师,2021,42(1):55-57.
- [3] 杨澍辰.也谈焦耳定律实验装置的改进[J].物理教师,2018,39(3):55-56.
- [4] 刘加,孙亚辉,孙艳华,等.焦耳定律实验的改进[J].物理通报,2021(5):104-106.
- [5] 陶仕银 董云.“焦耳定律”实验的改进与创新[J].中学物理教学参考,2021,50(4):48-49.
- [6] 陈美妍.焦耳定律实验的创新与应用[J].实验教学与仪器,2021(7/8):44-45.