

# 定量探究安培力的影响因素

## ——安培力多元化演示仪的设计制作

黄爱凤 李桂旺

(江苏省前黄高级中学, 江苏 常州 213161)

**摘要:** 新课程标准对安培力内容的教学要求是:通过实验,认识安培力、会判断安培力的方向、会计算匀强磁场中安培力的大小.教材中给出的探究安培力大小的实验探究方法仅是一种间接手段,且只能做定性或半定量分析,存在一定局限性.本文针对这一问题,进行了创新设计,利用实验室常有器材和生活中易得的材料自制了可以直接测量安培力的装置——安培力多元化演示仪.并详细说明了制作原理和方法.

**关键词:** 安培力; 定量测量; 安培力多元化演示仪

### 1 实验背景

人教版物理选修3-1用如图1所示的实验装置来研究安培力,铜棒移动的距离表示安培力的大小,用手推动磁铁保持磁铁和铜棒的相对位置不变

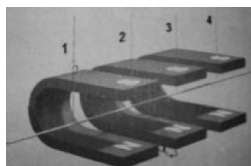


图1

的方法以达到磁场不变的目的.用铜皮卷成轻质铜棒(因安培力太小,铜棒也应较轻),两个固定的铁架台架一支横梁(塑料管),用夹子夹长丝线悬挂铜棒.笔者认为这个实验存在着以下几点不足之处:(1)不能直观显示安培力;(2)匀强磁场的获得方法操作起来难度大;(3)很难定量探究安培力与磁感应强度的大小的关系;(4)很难定量探究安培力与电流和磁场方向夹角的关系.

针对上述不足,我们设计了定量测量安培力的实验装置——安培力多元化演示仪.

### 2 安培力多元化演示仪的设计与制作

#### 2.1 方案设计

(1) 本实验装置由两部分电路组成如图2所示:左边的电路由亥姆霍兹线圈、开关、安培表、滑动变阻器、电源串联而成.右边的电路由线框、开关、安培表、滑动变阻器、电源串联而成.

(2) 亥姆霍兹线圈可以产生匀强磁场,磁感应强度的大小与线圈中的电流成正比,励磁电流的大小可以通过滑动变阻器进行调节,通过安培表读出数值.

(3) 线框中电流的大小可以由滑动变阻器来调节,其数值可以由安培表读出.

(4) 磁场中通电导线的长度由5个矩形线框来改变,它们绕线匝数相同、高度相同,仅宽度不同.

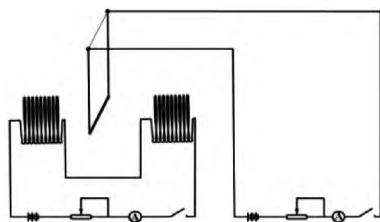


图2

(5) 通电导线与磁场夹角的改变可以通过旋转线框来实现.

(6) 将线框的中下部放在磁场中,在线框的底部放一个台秤,在线框通电前后对台秤的压力差就是线框所受安培力的大小.

#### 2.2 实验器材

根据该实验方案,我们准备如图3所示的器材:

这一方法从数学上看是一种解析法,它根本不需要寻找等电势点,也不需要有一定技巧的几何计算,而是直接简明地求出了场强矢量,明显优于“通过寻找等电势点再确定等势(面)线及场强方向最后计算场强大小”的几何方法,值得在教学中向师生们介绍推广.

#### 参考文献:

- 1 赵凯华,陈熙谋.新概念物理教程电磁学(第2版)[M].北京:高等教育出版社,2009.
- 2 龚昇.简明微积分(第4版)[M].北京:高等教育出版社,2006.

(收稿日期:2019-05-01)

亥姆霍兹线圈(报废的洛伦兹力演示仪中可得)、台秤、电源 2 个、滑动变阻器 2 只、安培表 2 只、开关 2 只、线框 5 个(长度不一样,宽度和高度都是一样)、漆包线若干、导线若干。

### 2.3 实验探究过程及数据处理

(1) 保持励磁电流和通电导线的有效长度不变,将导线与磁场垂直放置,探究安培力与通电电流的关系,数据记录如表 1 所示。

表 1

励磁电流 $I = 2.471 \text{ A}$ 通电导线有效长度 $L = 17.40 \text{ cm}$			
通电电流 (A)	压力 1	压力 2	压力差
0.028	205.64	205.83	0.19
0.048	205.64	205.94	0.30
0.074	205.64	206.09	0.45
0.121	205.64	206.47	0.83
0.232	205.64	207.29	1.65
0.401	205.64	208.51	2.87
0.526	205.64	209.44	3.80
0.562	205.64	209.71	4.07

数据处理如图 4 所示

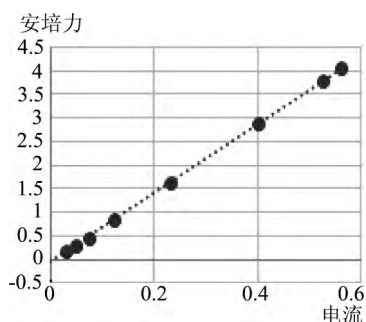


图 4

结论:安培力与通电电流成正比。

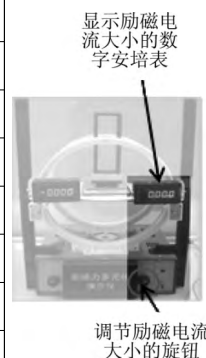
(2) 保持通电电流和通电导线的有效长度不变,将导线与磁场垂直放置,探究安培力与磁感应强度(励磁电流)的关系,数据记录如表 2 所示。



图 3

表 2

通电电流 $I = 0.693 \text{ A}$ 通电导线有效长度 $L = 17.40 \text{ cm}$			
励磁电流 (A)	压力 1	压力 2	压力差
0.327	205.58	206.26	0.68
0.554	205.58	206.70	1.12
0.758	205.58	207.17	1.59
0.941	205.58	207.50	1.92
1.142	205.58	207.89	2.31
1.381	205.58	208.38	2.80
1.744	205.58	209.12	3.54
1.950	205.58	209.55	3.97
2.178	205.58	210.00	4.42
2.358	205.58	210.37	4.79
2.498	205.58	210.64	5.06



数据处理如图 5 所示。

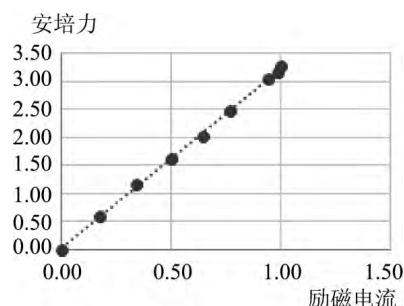


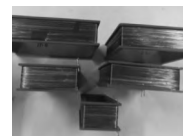
图 5

结论:安培力与磁感应强度成正比。

(3) 保持励磁电流和通电电流不变,将导线与磁场垂直放置,探究安培力与通电导线的有效长度的关系,数据记录如表 3 所示。

表 3

励磁电流 $I = 2.414 \text{ A}$ 通电电流 $I = 0.051 \text{ A}$			
长度 (cm)	压力 1	压力 2	压力差
5.40	128.37	128.48	0.11
8.40	150.38	150.55	0.17
11.40	168.91	169.15	0.24
14.40	185.00	185.30	0.30
17.40	205.73	206.09	0.36



数据处理如图 6 所示

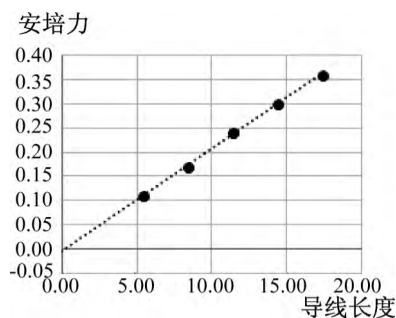


图 6

结论:安培力与通电直导线的有效长度成正比.

(4) 保持励磁电流、通电电流和通电导线的有效长度不变,探究安培力与通电电流的关系探究安培力与磁场和通电直导线夹角的关系,数据记录如表 4 所示.

表 4

励磁电流 $I = 2.484 \text{ A}$ 通电电流 $I = 0.940 \text{ A}$				
角度	正弦	压力 1	压力 2	压力差
0	0.00	150.97	150.97	0.00
10	0.17	150.89	151.49	0.60
20	0.34	150.92	152.07	1.15
30	0.50	150.93	152.54	1.61
40	0.64	151.00	153.03	2.03
50	0.77	151.00	153.47	2.47
60	0.87	151.00	153.83	2.83
70	0.94	151.05	154.10	3.05
80	0.98	151.07	154.23	3.16
90	1.00	151.00	154.27	3.27



数据处理如图 7 所示

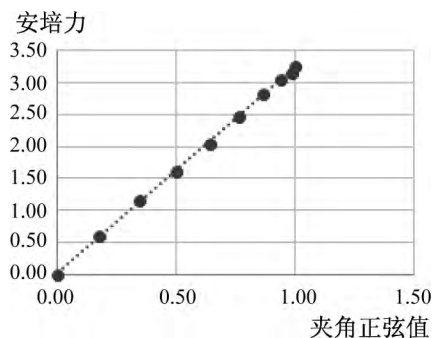


图 7

结论:安培力与磁场和通电直导线夹角的正弦成正比.

(5) 实验结论.

通过安培力多元化演示仪的精确测量,在误差允许范围内我们可以得到  $F = BIL\sin\theta$  这一关系.

(6) 误差分析.

(1) 本次实验采用的电子秤精度为 0.01 克,空气流动也会影响示数,所以读数不是太稳定,所以要尽量在安静的环境中进行实验.

(2) 手工绕制线圈,松紧不一致.

(3) 边界磁场虽然很弱,但对线圈也有力的作用.

(4) 线圈发热会改变电流的大小.

### 3 实验反思

(1) 本次实验通过电子秤的两次示数差得到安培力大小,简单明了地证实了安培力与磁场、电流、有效长度的关系,让学生能够解决疑惑,容易接受.

(2) 本次实验器材可操作性比较强,可以作为课堂演示实验,也可以进行学生分组实验.

(3) 关于改变通电直导线的长度还可以按如图 8 所示的方法来实现,在绕制过程中每 5 匝线圈接出一个接线柱来实现改变通电导线有效长度(左图是正面效果,右图是反面效果).

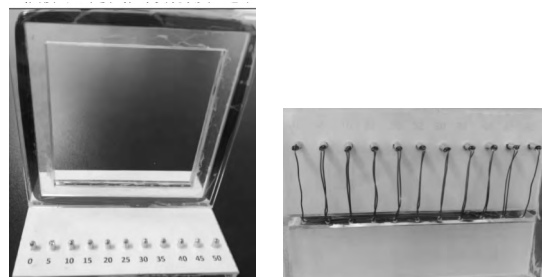


图 8

(4) 本实验还可以在已知公式  $F = BIL$  的基础上,测出安培力的大小、通电电流的大小、通电直导线的有效长度,算出匀强磁场的磁感应强度的大小.

参考文献:

- 1 王志斌. 定量探究电容器电容的创新设计[J]. 物理教师, 2018(5): 49-51.
- 2 李航. 高精度探究磁感应强度的教具制作[J]. 物理教师, 2018(11): 53-54.

(收稿日期: 2019-02-08)