

自制可定量测量的安培力演示仪

吴登平 苏耀杰

(广东石油化工学院物理系 广东 茂名 525000)

(收稿日期:2019-01-11)

摘要:针对测量安培力的传统演示仪器只能定性演示、无法定量探究的局限,设计了可定性又可定量探究的安培力演示仪,同时还能让学生在学习中更深入地理解磁电式仪表的基本原理。

关键词:自制 安培力演示仪 定性 定量

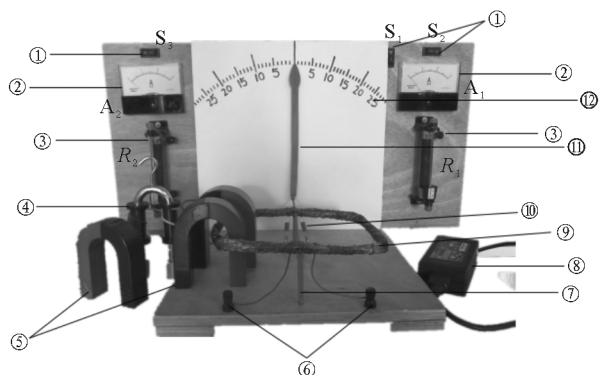
教材及教学中一般通过传统演示仪器定性探究安培力的大小与导线电流、导线在磁场中的长度的关系,但由于教材所用传统仪器的局限,无法探究安培力大小与磁感应强度的关系,也不能对影响安培力大小的3个因素进行定量探究.通过自制的安培力演示仪,不仅可以对影响安培力大小的3个因素的猜想进行定性验证,而且能够定量探究安培力大小与磁感应强度、电流大小和导线在磁场中的长度的关系,从而突破了传统仪器的局限,让学生经历从定性到定量的完整的探究过程。

以下从自制可定量测量的安培力演示仪的简介、实验原理、操作步骤与使用方法等几个方面加以展示,还就使用效果、注意事项等做了说明。

1 简介

安培力演示仪如图1所示,用以探究匀强磁场

中,电流和磁场垂直情况下影响安培力大小的因素及其定量关系。



①开关; ②电流表; ③滑动变阻器; ④蹄形电磁铁; ⑤蹄形磁铁; ⑥接线柱; ⑦支架; ⑧电源适配器; ⑨线圈; ⑩小弹簧; ⑪指针; ⑫刻度盘

图1 安培力演示仪

1.1 功能

探究影响安培力大小的因素:(1)电流;(2)磁场强弱;(3)导线在磁场中的长度,并能够研究三者

Discussion on the Measurement of Sonic Velocity

Luo Zhijuan Duan Yongfa He Yan Yu Li

(Department of the Basics, Air Force Early Warning Academy, Wuhan, Hubei 430019)

Abstract: The measurement of sonic velocity is studied in the experiment by means of resonance interference. The following are the results: This is cosine signal not standing wave signal in the oscilloscope; The receptive signal wave is in cyclical variations when the receptive equipment is moved half wavelength and the swing id not zerowherever the receptive equipment is.

Key words: sonic velocity measurement; resonance interference; standing wave

之间的定量关系.

1.2 特点

(1) 量化测量

仪器使用滑动变阻器和电流表可以改变和测量线圈中的电流,通过增加蹄形磁铁的个数可以定量改变导线在磁场中的长度,通过蹄形电磁铁可以改变磁场的强弱,通过杠杆放大原理放大安培力,从而定量地测量出安培力的大小.因此,该仪器可以定量地探究安培力大小的计算公式.

(2) 简洁直观,操作方便

利用强磁场,简单、直观地展示出通电直导线在磁场中的受力情况,并且通过滑动变阻器改变线圈和蹄形电磁铁的电流并在电流表中显示出来;通过增加蹄形磁铁的个数改变导线在磁场中的长度,操作简单,直观明显.

2 实验原理

本实验采用控制变量法,定量地改变线圈中的电流大小、磁场强弱和导线在磁场中的长度;利用杠杆放大原理定量地测量安培力的大小.研究安培力与3个变量之间的定量关系 $F = BIL$.

线圈通电以后,在磁场中的导线就会受到安培力的作用,线圈就会发生偏转,安培力越大线圈偏转的角度就会越大,由刻度盘上的刻度就可以读出安培力的大小.

本实验仪器采用以下方法改变电流大小、磁场强弱和导线在磁场中的长度.该仪器由两个支路所组成(图2),右边的支路是用来控制线圈中的电流的,通过滑动变阻器改变支路上的电阻,从而改变支路上的电流,用电流表可以读出电流的大小;左边的支路用来控制蹄形电磁铁的电流,同样也是用滑动变阻器改变电路中的电流,用电流表读出电流的大小;导线的长度则用增加蹄形磁铁的个数来改变.

由于安培力是一个微小量,所以本实验通过使用磁场较强的蹄形磁铁、增加线圈匝数(150匝)、增加线圈电流(最大电流可达2.5A)等方法以及杠杆放大原理,增加安培力的大小.

本实验仪器刻度是均匀的.因为,在误差允许的范围以内,可以认为弹簧拉力的方向垂直向下,所以

线圈受到的弹簧的力矩和受到的安培力的力矩相等时,线圈达到平衡.此时

$$F_{\text{安}} R \cos \theta = F_{\text{拉}} R \cos \theta =$$

$$\kappa L R \cos \theta = k 2 \pi r \frac{\theta}{2 \pi} R \cos \theta$$

其中 θ 为线圈偏转的角度, κ 为弹簧的劲度系数, r 为弹簧的力臂, R 为安培力的力臂, L 为弹簧拉伸的长度.

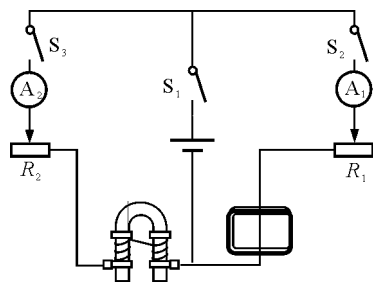


图2 仪器原理图

从上面的公式就可以得到 $F \propto \theta$, 所以本实验的刻度是均匀变化的.

3 操作步骤与使用方法

3.1 探究安培力大小与电流的定性及定量关系

(1) 实验前断开全部开关,插上电源,把滑动变阻器调到阻值最大处.

(2) 把两个蹄形磁铁横跨在左边或者右边的线圈上.

(3) 闭合开关 S_1 和 S_2 给线圈通电.

(4) 通过滑动变阻器 R_1 改变线圈中的电流,观察指针的偏转情况.

(5) 分别记录电流表 A_1 和安培力的大小,探究安培力大小与电流的定量关系.

3.2 探究安培力大小与磁场强弱的定性及定量关系

(1) 将线圈中的电流调至1A,断开 S_1 和 S_2 .

(2) 将蹄形磁铁换成蹄形电磁铁,闭合 S_1 , S_2 和 S_3 .

(3) 改变滑动变阻器 R_2 的阻值,改变蹄形电磁铁中的电流.观察指针的偏转情况.

(4) 分别记录电流表 A_2 和安培力的大小.(因为蹄形电磁铁所产生磁场强弱和通过它的电流呈正比关系,因此可以用电流表示它磁场的强弱.)

3.3 探究安培力大小与导线在磁场中的长度的定性及定量关系

(1) 断开 S_1 , S_2 和 S_3 , 把蹄形电磁铁换成蹄形磁铁.

(2) 闭合 S_1 和 S_2 , 读取和记录安培力的大小.

(3) 断开 S_1 和 S_2 , 增加一个蹄形磁铁, 再闭合 S_1 和 S_2 . 记录安培力的大小.

(4) 断开 S_1 和 S_2 , 增加一个蹄形磁铁, 再闭合 S_1 和 S_2 . 记录安培力的大小.

以上实验完成后必须断开全部开关, 并把滑动变阻器调到最大值.

4 使用效果

4.1 实验效果

本实验仪器可以做到定性和定量相结合.

定性实验效果明显. 虽然仪器内存在一些阻力, 但是对于定性观察而言, 由于实验现象非常明显, 这些阻力不会影响到实验结果, 对于中学课堂的定性探究效果非常好.

由于仪器为手工制作, 用于定量实验时存在着一定的误差, 但是该误差不大, 可以满足中学物理课堂实验的需要. 所以仪器能很好地定量探究安培力与 3 个变量的关系.

4.2 教学中的应用

(1) 本装置采用大尺寸制作, 可作为教师的课堂演示仪器使用. 利用本装置可使学生牢固掌握安

培力的测量方法, 影响安培力的因素等. 并且还可以在探究的过程中提高学生的学习兴趣, 发掘学生的独立探究能力. 除此之外, 还能从实验思想、实验方法上给予学生启迪.

(2) 本装置也可作为学生分组实验仪器, 通过学生的分组实验, 培养学生的实际操作能力、协同合作能力和团队精神.

5 拓展功能

该仪器可以在接线柱处设置转换开关, 从而可以改变电流的流向, 和改变磁场的方向, 探究安培力的方向和验证左手定则.

6 技术指标

本实验装置尺寸为, 底座 $32\text{ cm} \times 32\text{ cm}$; 垂直面板 $32\text{ cm} \times 64\text{ cm}$; 刻度盘 $32\text{ cm} \times 32\text{ cm}$; 线圈匝数 150 匝; 支架高度 6 cm; 电源适配器 24 V, 4 A; 电流表最大量程为 3 A; 滑动变阻器最大阻值为 $50\ \Omega$, 最大可通过电流为 2 A.

7 注意事项

- (1) 开始实验前要把指针调到刻度盘的中央.
- (2) 实验过程中电流比较大, 不宜长时间通电.
- (3) 在取放磁体时要轻拿轻放, 以免损坏磁体.
- (4) 由于该磁铁是强磁铁, 因此在实验的过程中不要将手表、手机等靠近磁铁.

A Self-made Ampere Force Demonstrator for Measuring Quantitatively

Wu Dengping Su Yaojie

(Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming, Guangdong 525000)

Abstract: In view of the traditional demonstration instrument can only qualitative demonstration, design the ampere force instrument that can be qualitative and quantitative demonstration, and can let students in learning a more thorough understanding of the basic principle of magnetoelectric meter.

Key words: self-made; ampere force demonstrator; qualification; quantification