

“探究磁感应强度大小”的实验及改进

马汉军

(安徽省凤阳中学 安徽 滁州 233100)

(收稿日期:2021-08-06)

摘要:针对探究磁感应强度大小的实验,人教版高中物理教材介绍了一种实验装置,该装置仅能进行定性探究,且存在诸多不足之处.为实现定量探究,让实验更精准、更稳定,本着让学生对实验结果更加信服的宗旨,制作了一种集成化、模块化的高精度一体式安培力探究仪.文章阐述了该仪器的设计思路、工作原理、创新特点以及使用该仪器探究磁感应强度大小的实验方案.

关键词:安培力 磁感应强度 实验创新 自制教具

磁感应强度是高中物理电磁学中很重要的一个概念,人教版教材《物理·选修3-1》第三章第2节中仅提出了通电导线在磁场中受力的定性探究实验方案^[1],实验示意图如图1所示.

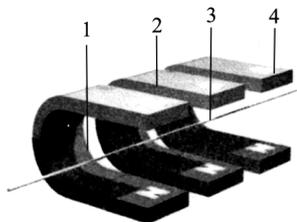


图1 在匀强磁场中探究影响通电导线受力的因素

其原理是让通电导线在磁场中受力,通过改变电流的大小及通电导线的长度从而改变摆角大小,再通过摆角大小来比较与定性安培力的大小,最终在非定量的探究后,直接给出“安培力大小 F 与电流强度 I 成正比、与通电导线长度 L 成正比”的结论^[2~4],总结出磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL}$. 教学中,我们发现该方案存在摆角不明显及摆角不稳定等诸多不足之处,对学生而言这显然缺乏足够的说服力,因此,笔者对该实验方案进行改进,力求实现定量探究.

以下内容,将详细介绍自制定量探究仪及创新实验方案.

1 仪器设计思路和工作原理

1.1 仪器设计思路

定量探究实验对安培力的精确测量要求很高,然而现有的一些探究装置存在着设备凌乱、操作繁琐以及数据不精准等问题.针对这些问题,笔者结合新课标相关要求,创新了实验方案,并利用生活中常用器件自制了定量探究仪,实现了磁感应强度大小的定量探究.定量探究仪采用集成化、模块化一体式精准测量的设计思路.它既可使用 220 V 外部交流电源也可使用内置直流电源,且选用 LM317 调压模块代替了传统的滑动变阻器,电路图如图2所示.

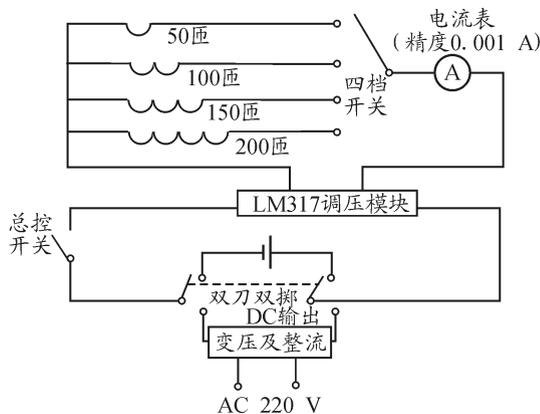


图2 探究仪电路图

1.2 仪器特点及工作原理

如图3所示,该仪器采用模块化安装,具备集成度高、测量精准、扩展性强、操作方便等优点.制作材料利用了一些废旧器件和材料,例如使用了老式电视机中的废旧变压器,利用了装修废料免漆板等生活中的废弃材料.仪器采用精度 0.01 g 金银专用电子秤测量安培力 F 的大小,采用精度 0.001 A 数字电流表测量电流强度 I 的大小.



图3 自制安培力探究仪和功能缩略图

探究过程中,将自制多抽头线圈上边框垂直匀强磁场放置,下边框放置在电子秤的压力传感器上,通电后上边框受到竖直方向上的安培力,力值则通过仪器面板上的电子秤显示模块直观显示出来.

1.3 创新改进点

(1) 采用LM317调压模块代替传统的滑动变阻器,通过调节精密多圈电位器,使调节过程中电流变化连续、稳定,测量更加精准.

(2) 所使用的金银专用电子秤精度为 0.01 g ,且具备清零功能.通过拆解再组装,将压力传感器模块与数字显示模块分离,将其显示模块与数字电流表模块(精度 0.001 A)集成安装在竖直面板上,使数据的读取更加直观、方便.

(3) 自制长方形木质线圈框可绕制更多匝数的漆包线圈,从而显著增大所受安培力.采用插拔式的模块化连接,并通过多挡切换开关使线圈匝数可在50匝、100匝、150匝、200匝、250匝等多挡中快速切换,使探究过程更加方便、简单.

(4) 使用6条2排条形磁铁代替蹄形磁铁提供匀强磁场,磁极间距可通过两个螺栓进行调节,从而改变磁场强弱,可定性探究安培力大小与磁感应强度的关系.

(5) 底座装有4支可调节支腿,配合万向水平仪调节底座的水平及面板的竖直.内部集成有电池组和变压器组成的双电源,可使用内部电池组,也可使用外部 220 V 交流电源,同时提供直流输出端口,可作为可调直流电源使用.上述集成安装,使该仪器具备较高的适应性及扩展性.

2 实验原理和实验方法

2.1 实验原理

采用精度 0.01 g 金银专用电子秤测量安培力 F 的大小,采用精度 0.001 A 数字电流表测量电流强度 I 的大小.实验采用控制变量法,进行以下探究:

(1) 控制线圈匝数不变,改变电流 I 大小,定量探究安培力大小 F 与电流强度 I 的关系.

(2) 控制电流大小不变,改变线圈匝数(通电导线长度),定量探究安培力大小 F 与通电导线长度 L 的关系.

2.2 实验方法

(1) 线圈垂直于磁场放置在电子秤压力传感器上,将线圈匝数切换至100匝(也可为其他匝数),打开电子秤显示屏,点击“清零”按钮.

(2) 打开数字电流表,并接通电源开关(可使用内部电池,也可连接外部 220 V 交流电).

(3) 保持线圈匝数不变,调节电位器旋钮使电流表示数为 0.050 A ,在表1中记录电子秤示数.继续调节电流的大小为 0.100 A ,并记录电子秤示数,再以 0.050 A 递增电流并记录电子秤示数(g 取 $10\text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$).

表1 探究安培力大小与电流强度的定量关系

| 电流 I/A | 0.050 | 0.100 | 0.150 | 0.200 | 0.250 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 安培力 $F/(\times 10^{-2}\text{ N})$ | 1.43 | 2.85 | 4.31 | 5.75 | 7.14 |

(4) 关闭电源,将线圈匝数切换至50匝,点击电子秤的“清零”按钮.

(5) 接通电源并调节电位器旋钮,使电流表示数为 0.100 A (也可为其他电流值),在表2中记录电子秤示数.

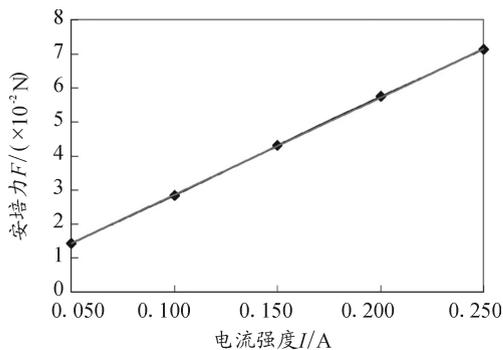
(6) 关闭电源,将线圈匝数切换至 100 匝并清零,接通电源并调节电流大小仍为 0.100 A,在表 2 中记录电子秤示数.再以 50 匝递增线圈匝数并保持电流不变,重复操作并记录电子秤示数在表 2 中(g 取 $10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$).

表 2 探究安培力大小与导线长度
(线圈匝数)的定量关系

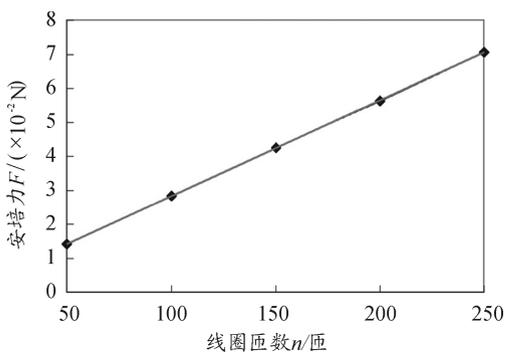
| 线圈匝数 n /匝 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 安培力 $F/(\times 10^{-2} \text{ N})$ | 1.41 | 2.84 | 4.25 | 5.62 | 7.07 |

3 数据处理与实验结果

如图 4 所示,采用图像法处理数据并得出结论:通电导线长度(线圈匝数)一定时, $F \propto I$;电流大小一定时 $F \propto L$.



(a)

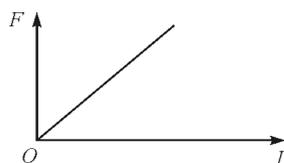


(b)

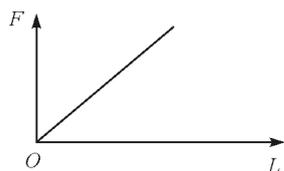
图 4 采用图像法处理实验数据

根据 $F \propto I$ 且 $F \propto L$,可知 F 正比于 IL 的乘积.如图 5 所示.该图像的斜率有一定的物理意义,比值 $\frac{F}{IL}$ 是磁场中各点的位置函数,这个比值与 IL 的大小无关.既然这个比值与电流元无关,则代表着磁场

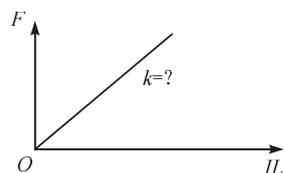
的某种属性,最终提出 $B = \frac{F}{IL}$,即磁感应强度大小的定义式.



(a) $F-I$ 关系



(b) $F-L$ 关系



(c) $F-IL$ 关系

图 5 F 与几个量的关系

4 结论

该实验采用自制探究仪实现了精准的定量探究,得出了安培力大小 F 与电流强度 I 以及安培力大小 F 与通电导线长度 L 成正比的实验结论,最终得出磁感应强度的定义式.

采用该实验方案,可让学生在探究过程中获取新知并对磁感应强度概念的理解更加深刻,极大地激发了学生学习物理的兴趣,培养了学生的创新能力与协作能力.

参考文献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.物理·选修 3-1[M].北京:人民教育出版社,2010.83~85
- 2 方红霞.定量磁场对电流作用的实验设计[J].教学月刊,2014(4):70~72
- 3 冷文秀,张默,贺艳丽,等.安培力演示仪的设计与制作[J].物理与工程,2016,10(15):37~38
- 4 张佑良,冯霞.探究安培力大小的实验装置的设计[J].物理教学探讨,2018(4):50~51