

“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.

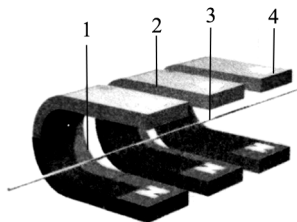


图1 在匀强磁场中探究影响通电导线受力的因素

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.

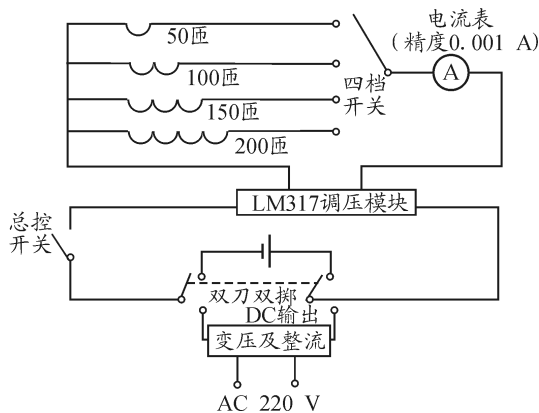


图2 探究仪电路图

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.

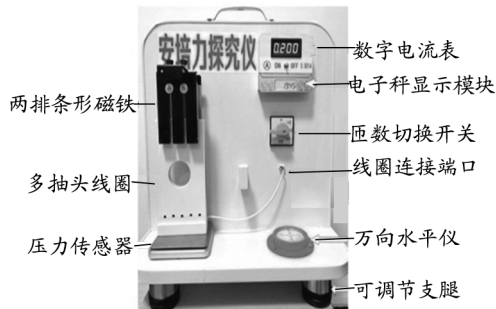


图3 自制安培力探究仪和功能缩略图

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.

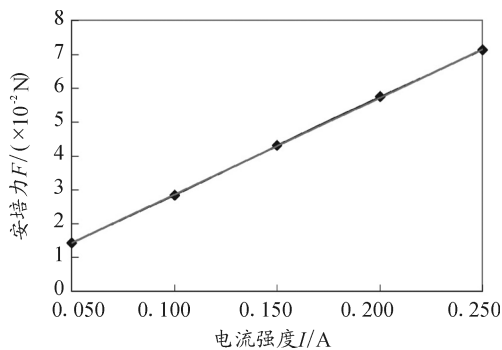
(6) 关闭电源,将线圈匝数切换至 100 匝并清零,接通电源并调节电流大小仍为 0.100 A,在表 2 中记录电子秤示数.再以 50 匝递增线圈匝数并保持电流不变,重复操作并记录电子秤示数在表 2 中(g 取 $10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$).

表 2 探究安培力大小与导线长度
(线圈匝数)的定量关系

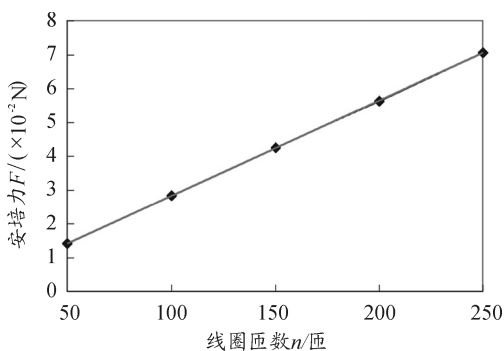
线圈匝数 n /匝	50	100	150	200	250
安培力 $F/(\times 10^{-2} \text{ N})$	1.41	2.84	4.25	5.62	7.07

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)

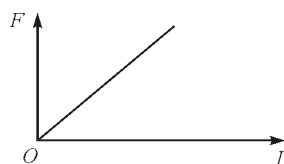


(b)

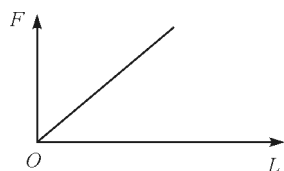
图 4 采用图像法处理实验数据

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

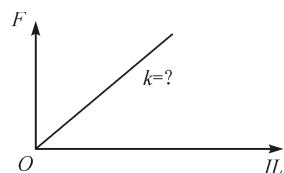
的某种属性, 最终提出 $B = \frac{F}{IL}$, 即磁感应强度大小的定义式.



(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