

新型焦耳定律半定量探究实验仪

黄葛鸿

(福安市溪潭中学 福建 宁德 355008)

(收稿日期:2022-05-16)

摘要:自制一款新型焦耳定律实验仪实现半定量探究 Q 和 I 、 R 、 t 之间的关系,突破了以往器材的一系列不足之处,具有便于组装、安全易操作、实验时间短、实验现象明显、装置成本低且无耗材、便于控制变量、密封性好等优势.同时利用本器材可实现教师实验课堂策略选择的多样化,课堂教学难度的梯次性增强,便于分类教学,促进学生科学素养的提升.

关键词:焦耳定律;半定量;便携式;简洁;低成本

《义务教育物理课程标准(2011版)》指出焦耳定律的实验教学要求为“通过实验,探究并了解焦耳定律”^[1],要求初中学生定性了解 Q 与 I 、 R 、 t 之间的关系.以往的加热空气实验装置因装置的保温性和密封性问题,使得实验装置因散热问题和气密性不好保证,无法半定量探究 Q 和 I 、 R 、 t 之间的关系^[2].在热量呈现方式方面,实验室温度计^[3]的分度值不够精确,液柱上升慢,存在较大的误差.电子温度计刷新速度为 2 s,适合长时间缓慢升温测量,如果实验现象呈现快就不合适^[4].温度传感器成本较高,投入较大^[5],无法大面积推广和使用,同时不利于培养学生物理学科核心素养.通过凡士林熔化的快慢间接反映热量的多少,采用间接呈现实验结果^[6],实验现象不明显,缺乏趣味性,不够吸引学生.

经不断地测试和改进,笔者设计一款新型焦耳定律半定量探究实验仪,具有便于组装、安全易操作、实验时间短、效果明显、装置成本低、无耗材、便于控制变量、密封性好、保温性强等优点.

1 装置的选材及制作

1.1 制作材料

260 mL 双层玻璃保温杯 3 个,玻璃管 3 根(内径 3 mm,长度 30 cm),500 W 电热丝 1 根(整根电热

丝截取电阻为 10 Ω 的电热丝 1 根,剩下的均匀拉长 1.5 m 后截取电阻 5 Ω 电热丝 1 根,电阻 10 Ω 电热丝 2 根,每根截取过程中两端各多 1 圈用于固定),双头牙杆 6 个,螺母 18 个,垫片 6 个,5 mL 一次性注射器 3 个(针头尖端用尖嘴钳折断,使针头变钝),小玻璃瓶 3 个,红色水溶液.

1.2 装置整体结构

焦耳定律半定量探究实验仪的设计本着工作可靠、结构合理、取材方便、性能优良的原则.

单个保温杯盖改装结构如图 1 所示.

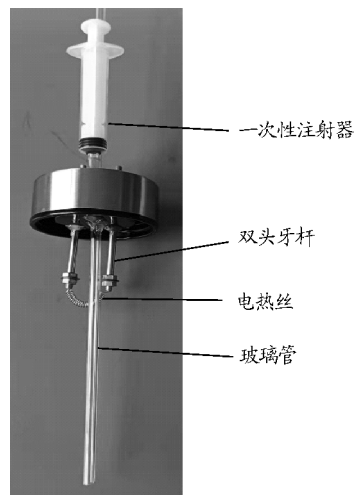


图1 保温杯盖器材结构

单个仪器外观如图 2 所示.

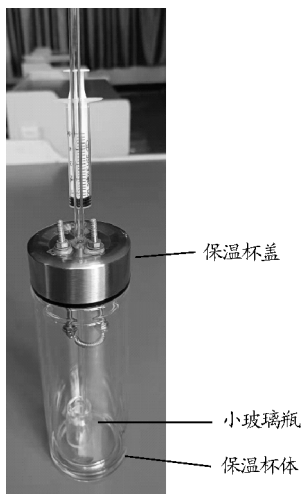


图2 新型焦耳定律实验仪(单个)

1.3 制作方法

(1) 取 260 mL 双层玻璃薄底保温杯杯盖, 盖子上方用台钻钻孔, 其正中间 1 个孔用于安装玻璃管(孔径 6 mm), 一侧左右对称 2 个孔(孔径 5 mm) 用于安装双头牙杆, 另一侧 1 个孔(孔径 2 mm) 用于安装注射器, 如图 3 所示。

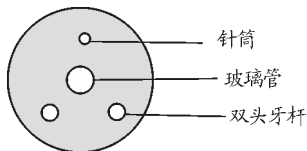


图3 杯盖打孔示意图

(2) 5 Ω 电热丝用螺母固定在两个双头牙杆下方的接线柱上。

(3) 如图 4 所示, 在两个双头牙杆上与杯盖接触位置绕两圈透明胶后分别从杯盖下端已打的孔穿出, 待其从杯盖上穿出一段后, 套上螺母至透明胶分界处, 接着在螺母下端四周均匀打上热熔胶, 完成后双头牙杆马上下压使螺母粘在杯盖上, 待热熔胶冷却后进入下一个环节。

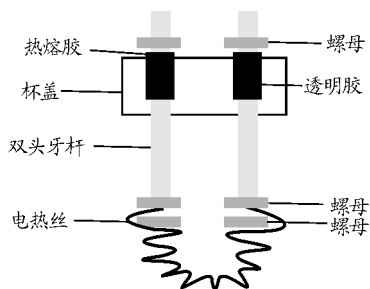


图4 双头牙杆安装示意图

(4) 注射器针头从已打的孔位置向下穿入, 四

周接缝处用热熔胶固定, 并将针头与针筒连接的位置用热熔胶涂抹均匀压紧密封。

(5) 往保温杯内缓慢放入小玻璃瓶, 盖好杯盖, 将玻璃管伸入保温杯内, 其下端距离小玻璃瓶底 3 mm 左右高度, 用热熔胶固定玻璃管与杯盖上端接缝处, 等热熔胶固化。

(6) 旋开盖子, 将盖子下方与双头牙杆、热缩管、玻璃管的接缝处用热熔胶密封, 待热熔胶完全冷却固化, 制作完成。

采用相同方式制作另外两个装置. 甲、乙装置内部接线柱分别接 5 Ω 和 10 Ω 的电热丝, 丙装置内部接线柱接一根 10 Ω 的电热丝外部接线柱并联 10 Ω 电热丝。

2 实验过程

2.1 初中物理实验

实验内容: 定性探究 Q 和 I 、 R 、 t 之间的关系。

实验步骤:

(1) 将 3 个装置注射器活塞推至最底端, 盖上杯盖并使玻璃管下端在小玻璃瓶内, 盖子不旋紧。

(2) 将 1 滴红色墨水滴入 40 mL 水中, 用针筒将红色水溶液通过玻璃管上端口先后注入 3 个装置的小玻璃瓶中, 每个装置 10 mL, 待其完全流入后, 用力旋紧杯盖, 玻璃管内液面上升至一定高度, 随后下降很缓慢, 表示容器内部密封性良好。

(3) 依次往外拉动 3 个针筒活塞, 使玻璃管内液面下降到与内部小玻璃瓶液面等高。

(4) 将 3 个器材串联接入 $U=10\text{ V}$ 的电路中, 第 5 s 液面的高度情况如图 5 所示。

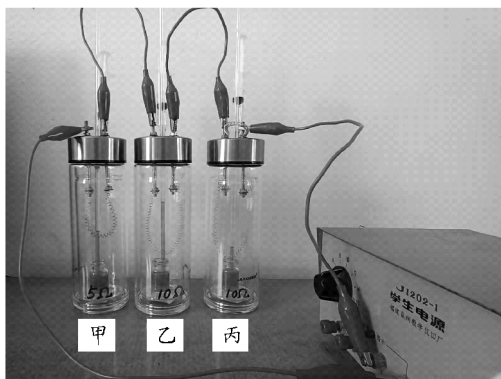


图5 电源电压 10 V 时装置液柱高度情况

(5) 断开开关,液面下降缓慢,调节活塞至液面等高即可,进行多次实验.

实验结论:

(1) 根据甲、乙、丙任意装置可知,电流和电阻一定时,通电时间越长,电流通过导体产生的热量就越多.

(2) 根据甲、乙两个装置可知,当电流和通电时间相同时,电阻越大,电流通过导体产生的热量就越多.

(3) 根据乙、丙两个装置可知,当电阻和通电时间相同时,电流越大,电流通过导体产生的热量就越多.

2.2 拓展探究实验

实验内容:半定量探究 Q 和 I 、 R 、 t 之间的关系.

本实验主要用于高中物理实验教学的半定量探究.

实验步骤:

(1) 依次调节 3 个注射器活塞,使玻璃管内液面与内部小玻璃瓶液面等高.

(2) 将调整好的 3 个实验装置分别贴靠墙壁,在 A4 纸上打印刻度,并将刻度纸粘贴到装置背后墙壁上,零刻度线与小玻璃瓶内液柱对齐.

(3) 将 3 个装置接线柱用导线串联起来,接在学生电源上.

(4) 电源电压调节到 10 V,闭合开关,拍下装置液柱升高视频,断开开关,根据视频图像(图 6)记录第 5 s 的数据.

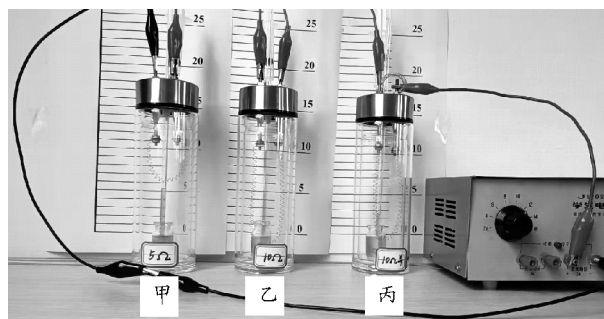


图 6 电源电压 10 V 时装置液柱高度情况.

(5) 再次依次调节 3 个注射器活塞,使玻璃管内液面重新与内部小玻璃瓶液面等高,重复步骤(4),进行 5 次拍摄和结合视频图片数据分析,得到数据如表 2 所示.

表 2 电源电压 $U = 10$ V 时玻璃管内液柱高度

次数	甲 /cm	乙 /cm	丙 /cm
1	5.1	10.0	2.4
2	5.2	10.0	2.6
3	5.1	10.1	2.4
4	5.0	10.2	2.3
5	5.3	10.6	2.5

根据表 2 中数据可得到结论:

(1) 在电流和通电时间一定时,电阻增大 2 倍,电流通过导体产生的热量增大 2 倍.

(2) 在电阻和通电时间一定时,电流增大 2 倍,电流通过导体产生的热量增大 4 倍.

(3) 同一装置,通电时间越长,液柱升高越高,电流通过导体产生的热量就越多.

实验结论:电流通过导体产生的热量与电流的平方、电阻和通电时间成正比.

3 仪器的原理

采用电热丝加热瓶子内部气体,根据查理气体定律可知,体积不变时,一定量气体的压强和温度成正比.当装置内气体温度升高时,瓶内气体压强也随之增加,对小玻璃瓶中液体液面的压强增加,使玻璃柱液面升高.

4 器材的创新点和反思

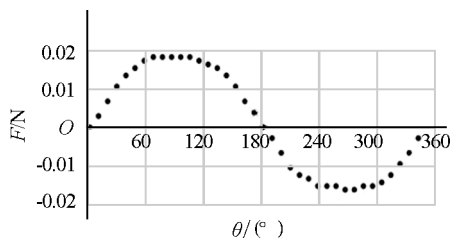
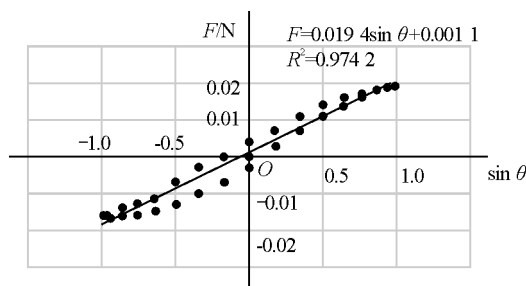
4.1 本器材的创新点

以往的加热空气实验装置因装置的保温性和密封性问题,使得实验装置因散热问题和气密性不好保证无法半定量探究 Q 和 I 、 R 、 t 之间的关系^[2]. 本实验仪采用双层透明玻璃材质保温杯解决装置保温和密封性问题,同时采用液柱变化间接呈现热量产生的多少,实验效果呈现迅速,人眼可同时观察比较,实现半定量探究 Q 和 I 、 R 、 t 之间的关系. 本器材主要用于初中物理教学中定性探究,具备以下几个优势:

(1) 装置使用便捷,组装方便,重复实验安全.

(2) 保温性好,热量散热损失小.

(下转第 106 页)

图7 探究 F 与 θ 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,可大量运用到教学实践中(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.