

# 电容器充放电演示仪的创新设计及实验演示

刘利澜

(广州市玉岩中学 广东 广州 510700)

李德安

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2019-08-11)

**摘要:**针对“电容器的电容”演示实验的现状,设计了电容器充放电演示仪,该教具可演示电容器充放电过程、定性演示电容大小与储电能力的关系、电磁炮趣味拓展实验,结合具体的教学过程能增强学生对电容器知识的理解,优化课堂教学,还能有效促进学生实践科学探究学习活动,发展学生的创造性思维。

**关键词:**电容器的电容 演示实验 趣味性 科学探究

演示实验是物理教学的重要组成部分,将抽象化的知识或概念具体化为直观清晰的实验现象,不仅能加深学生对物理知识的理解,还能培养学生知识迁移的能力和创造性思维。近年来,自制创新教具因其取材方便、现象明显、教学效果良好等而逐渐被用于课堂教学中<sup>[1,2]</sup>。

“电容器的电容”是高中物理的一个重要教学内容,但电容器进行充放电的过程抽象,不易被学生理解,因此有必要将电容器充放电过程具体化。针对“电容器的电容”教学现状,创新地设计了电容器充放电演示仪,该教具是集电、光、磁于一体的多功能演示仪,通过演示不同的实验现象促进学生对电容概念的理解,激发学生的好奇心,优化课堂教学。

## 1 教具的设计与改进

### 1.1 优化教材原型实验

在高中物理教材人教版选修3-1中介绍的演示实验,采用灵敏电流计偏转情况显示电容器充放电过程(如图1所示)<sup>[3]</sup>。

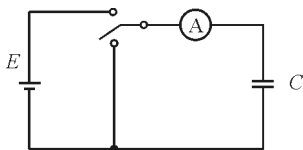


图1 教材中电容器充放电电路图

在实践中发现,该方案存在两方面的问题:一是灵敏电流计量程较小,导致充放电现象可见度不高且稍纵即逝,还易造成仪器的损坏。二是该方案中单

一地用灵敏电流计来表示充电与放电过程,易让学生误以为电容器储存的电荷只能输出成电能,实际上,电容器放电时释放出的电能,还能被转化为其他形式的能量加以利用。笔者认为该实验演示较为片面,过程缺乏探究性。

针对教材实验存在的不足,设计了多功能电容器充放电演示仪,如图2所示。

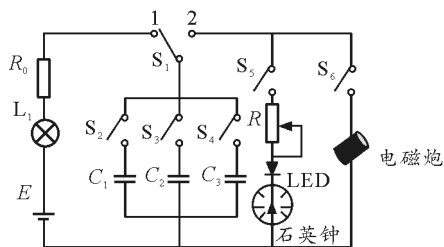


图2 改进电路图

具体改进如下:

- (1) 利用小灯泡的亮暗演示充电过程。
- (2) 用单向导通的发光二极管检测充放电的电流方向。
- (3) 利用耗电少的石英钟记录放电时间。
- (4) 利用电磁炮演示电容器释放的电能可转换成其他形式的能量。

### 1.2 制作材料

3种不同规格的电解电容(分别是“1 000  $\mu\text{F}$ , 25 V”“2 200  $\mu\text{F}$ , 25 V”“3 300  $\mu\text{F}$ , 25 V”)各1只;学生电源(12 V);单刀双掷开关1只;单刀开关4只;电位器(10 k $\Omega$ )1个;小灯泡(2.5 V, 0.3 A)1个;电阻

(50  $\Omega$ ) 一个;石英钟(3 V)1个;KT板1块;发光二极管若干,线圈、木板、磁铁钉、导线等。(说明:以上器材参数是笔者尝试后认为有明显实验现象而确定的,研究者可自行调整)

### 1.3 实验装置的制作

(1)按图2所示的电路图组装“电容器充放电演示仪”装置,如图3所示。

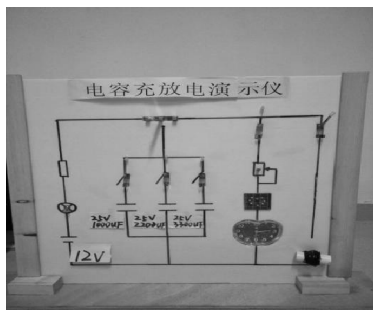


图3 教具装置图

#### (2) 搭建框架

利用一块长木板作为装置的底座,将KT板放置在木板底座上作为放置元器件的平台,并用4根木条固定整个框架。

#### (3) 电路设计

在干路上串联一个 $R_0$ 作为保护电阻保护电路,将3种不同容量的电容器并联到电路中,对比不同容量电容器储电能力。将10 k $\Omega$ 电位器和发光二极管以及石英钟串联起来并入电路中,电位器可调节电路电阻,调节电容器放电时间。利用发光二极管(将红色发光二极管焊接成桃心形状,使现象更明显、有趣)的特性展示电流的大小和方向,石英钟具有能记录时间且损耗电能较少的特点,该仪器的引入可增加实验现象的可见度和直观性。

#### (4) 制作电磁炮

将多匝线圈绕在PVC管上,并在管内放一个磁铁钉,电磁铁装置并接入电路中。给电磁铁通电后,铁钉会从电磁铁中发射出来,观察铁钉发射后飞出的方向和距离,可判断电流的方向和大小。电磁炮的引入可增加教具的趣味性和实践意义。

## 2 电容器充放电演示仪的演示

### 2.1 使用方法

#### (1) 根据实验需要选择电路

根据需要演示的实验过程,通过开关闭合或断开选择演示仪的相应电路。

#### (2) 电容器充电过程

接通电源,将单刀双掷开关 $S_1$ 拨到1端,闭合电容器上端的开关(可任意选取 $S_2, S_3, S_4$ ),电容器开始充电,小灯泡先闪亮后熄灭表示充电完成。

#### (3) 电容器放电过程

在步骤(2)的基础上将单刀双掷开关 $S_1$ 拨到2端,闭合发光二极管上端开关 $S_5$ ,电容器开始放电,发光二极管亮起,石英钟走动计时,发光二极管亮度逐渐减弱至熄灭,石英钟停止走动表示放电完毕。

#### (4) 电磁炮趣味实验

在步骤(2)的基础上将单刀双掷开关 $S_1$ 拨到2端,将电磁炮路端的开关 $S_6$ 闭合,电容器放电,可观察到电磁炮中的磁铁钉飞出。

## 2.2 电容器充放电演示仪的教学演示

本教具的开发遵循多功能的设计原则,力求起到一具多用的效果。通过在课堂上利用上述自制的低成本创新电容器充放电演示仪,教师可引导学生带着问题走进实验室,通过实验现象思考问题。

### 2.2.1 创设情境 导入电容器

(1)将单刀双掷开关 $S_1$ 拨到1端(电源电压为12 V),再闭合开关 $S_2$ 接入量程为“1 000  $\mu\text{F}$ , 25 V”的电容器,可观察到小灯泡 $L_1$ 先闪亮后逐渐熄灭。

(2)小灯泡熄灭后将单刀双掷开关 $S_1$ 拨到2端,闭合开关 $S_5$ ,可观察到发光二极管发光,同时石英钟走动计时。

通过该演示实验的现象引发学生的认知冲突并提出问题:发光二极管发光、石英钟会走动说明有电流通过,但电路中没有接入电源,此时的电流从何处来?引发学生的讨论,激发学生的求知欲。接着引导学生观察电路图,猜想发光二极管能发光与电容器有关,导入电容器,通过实验现象为学生创设情境,引导学生解决问题。改进后的演示实验可视性增强。

### 2.2.2 观察充放电过程 建立电容概念

在2.2.1演示实验中,学生猜测发光二极管能发光与电容器有关,但这还停留在对现象的认知上,此时,教师可进一步提出问题,电容器是什么以及如何工作的?教师引导学生观察电容器充放电过程的示意图(图4),发现电容器是一种储存电荷的“容器”,充电时,电容器储存了电能;而放电时,释放出储存的电能,并转化为其他形式的能量加以利用。在建立了电容器的概念后,学生对电容器产生了一定

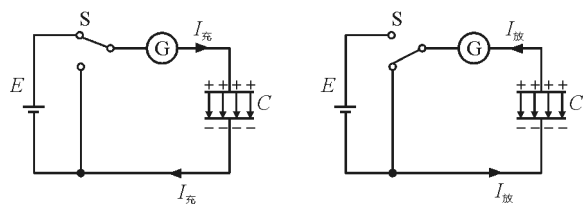
的认识,教师可引导学生思考:既然电容器是一种储存电荷的“容器”,那就有“容量”大小的问题,如何表征电容器的储电能力?具体演示如下:

(1) 将单刀双掷开关  $S_1$  拨到 1 处,在闭合开关  $S_2$  后可观察到小灯泡  $L_1$  先闪亮后逐渐熄灭,该现象表示电容器充电完成.

(2) 小灯泡熄灭后将单刀双掷开关  $S_1$  拨到 2 端,闭合开关  $S_3$ ,可观察到发光二极管开始发光,同时石英钟开始走动计时.

(3) 随着时间的增加,发光二极管亮度逐渐减弱至熄灭,石英钟停止走动,该现象表示电容器放电完毕,石英钟走过的时间能大致反应电容器放电的时间,引导学生记录该电容器放电的时间.

(4) 按照同样的操作步骤可分别再闭合开关  $S_3, S_4$ ,引导学生观察不同电容器充电时小灯泡的闪亮程度,在放电过程中观察石英钟记录的不同电容器的放电时间.可观察到电路中接入的电容器的电容越大,充电时小灯泡会越亮;放电时,石英钟走过的时间越长,能反映出该电容器放电时间越久.



(a) 电容器充电

(b) 电容器放电

图4 电容器充放电过程示意图

演示实验中通过石英钟记录不同容量的电容器放电时间,可以定性地分析电容器容量对电容器储电能力的影响:充电电压相同时,电容越大,电容器放电时间越久,即说明其储电能力越强.理论分析和实验验证相结合的手段,帮助学生建立电容的概念.结合定性的实验方式对比不同容量的电容器放电时间,以间接描述电容器储电能力的强弱,在演示实验过程中渗透控制变量的物理思想,促进学生构建电容概念的同时,培养学生的科学思维.

### 2.2.3 趣味拓展 深化电容器的认识

在学生学完电容器的电容知识后,部分学生对电容器的了解停留在知识层面,原因是部分学生缺乏将电容器与生产生活联系的经验.在本教具中,电磁炮作为趣味拓展物理实验,通过将炮弹(磁铁钉)射出直观地说明电容器放电过程中释放的电能

可转换成其他形式的能量被加以利用,同时,也是一个将物理知识应用于生活实践的具体案例.

(1) 在电容器充电完成后,将单刀双掷开关  $S_1$  拨到 2 端.

(2) 闭合开关  $S_5$ ,由于通电螺线管产生磁场,磁铁钉受安培力的作用后飞出(注:用有一定长度的细绳绑住磁铁钉,以制约磁铁钉飞出的距离,避免磁铁钉飞出后造成危险).

(3) 在电路中接入不同电容大小的电容器( $C_1, C_2, C_3$ ),电磁炮中的磁铁钉飞出的距离不同.即电路中接入电容越大的电容器,放电时,电磁炮中的磁铁钉飞出的距离越远.

同时,可引导学生课后查阅资料思考:(1) 电磁炮的工作原理;(2) 电磁炮在生产和军事中的发展与应用;(3) 电容器在生活中的其他应用.该拓展实验的引入不仅能起到深化学生对电容器的认识,还能促进学生将理论知识与实际生活相联系,可构建知识间相互联系.还可以此为启发,促进学生开展其他内容的科学实践和教具设计.

### 3 结束语

演示实验是物理课堂教学的重要组成部分,利用自制教具不仅能突破传统电容器充放电实验的演示局限,还能增进知识与生活实际的联系.教具的教学作用与演示实验的目的和演示效果密不可分,同时也与教师的观察指引和思维启发相互呼应<sup>[4,5]</sup>.因此,教具的设计与使用需体现透过实验现象观察物理本质的思想,并与一定的教学策略结合,合理发挥自制教具的功能,达到提升课堂教学效率,不断丰富物理教学形式的目的.

### 参考文献

- 1 房庆安,陈燕.电感和电容对交变电流影响的创新设计[J].实验教学与仪器,2016(9):31~33
- 2 杨姣媛.自制“电容器充放电演示仪”[J].实验教学与仪器,2016(6):48~49
- 3 张维善.高中物理·选修3-1[M].北京:人民教育出版社,2010
- 4 吴敏.在教学实践中寻找培养学科核心素养的支点——以“电容器的电容”为例[J].物理教师,2018,39(3):27~30
- 5 施坚.核心素养导向下的学生实践意识提升的案例分析与思考——以人教版3-1“电容器的电容”为例[J].物理教师,2017,38(10):9~14