

# 利用自制教具探究光电效应的实验规律

陈金贵<sup>1</sup> 陈剑峰<sup>2</sup>

(1. 莆田第四中学,福建 莆田 351131; 2. 莆田第二中学,福建 莆田 351131)

**摘要:** 光电效应内容是量子理论的入门,是高中教学的重难点.因目前教学配套的演示教具存在不足,学生较为被动地接受抽象的规律,学习效果不佳.教学中利用自制教具全面探究光电效应的实验规律,很好地突破了光电效应教学中的教学难点.

**关键词:** 光电效应; 实验规律; 饱和光电流; 遏止电压; 光照强度; 光频

## 1 背景

“光电效应”是鲁科版高中物理3-5第五章第一节的内容,作为量子理论的入门,其涉及量子物理最基础的内容<sup>[1]</sup>,同时,还有着厚重的物理学科文化积淀,有物理学史、科学方法<sup>[2]</sup>、辩证唯物主义思想、创新意识等人文精神教育的题材.光电效应的规律一直是教学的重难点,规律本身十分抽象难懂,而教材对此介绍颇略.课堂上教师大多采用J2517光电效应演示器进行演示(如图1),实践发现其存在不足:

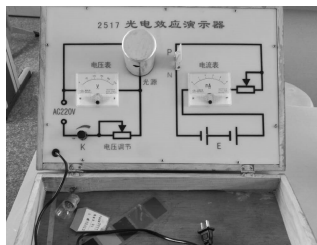


图1 传统光电效应实验器

- (1) 电路仅提供正向电压,无法测量遏止电压;
- (2) 指针式电表无法演示光电效应的瞬时性;
- (3) 滤光片采用普通塑料材料,效果差;
- (4) 遮光罩套在光源上,外界光线对实验影响非常大.

基于以上问题,大多教师只能采用灌输知识后通过练习强化知识点,学生被动接受,学习效率低.鉴于此,笔者对装置进行改进,改进后的装置能全面探究光电效应规律,很好地突破教学中的重难点.

## 2 自制光电效应实验装置

(1) 材料.

GD32光电倍增管、无级调光调色智能LED灯泡、微安表头( $-50\ \mu\text{A}\sim 50\ \mu\text{A}$ ,  $0.001\ \mu\text{A}$  每秒刷新23次)、电压表头( $-20\ \text{V}\sim 200\ \text{V}$ ,  $0.1\ \text{V}/0.001\ \text{V}$ )、3D打印可变透光面积的套筒、有机玻璃板、5K电位器、开关、导线

(2) 制作过程.

① 利用CAD制图.

利用CAD绘制装置面板和遮挡部分电路白板(如图2),用激光雕刻机在白色有机玻璃板上裁样.

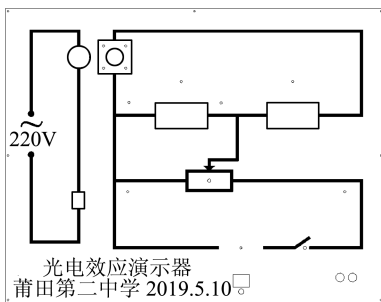


图2 实验面板

② 3D设计可变透光面积的套筒(如图3).

内筒:将底面外径40 mm、高70 mm的空心圆柱的侧面开一长方形透光口(长40 mm宽13 mm).

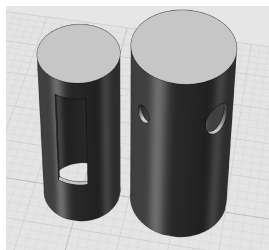


图3 3D设计可变透光套筒

外筒:在底面内径40.5 mm、高75 mm的空心圆柱侧面开四个面积倍增的透光孔将外筒套在内筒上,旋转外筒,可通过改变透光面积来改变光强.

③ 组装原件.

分别将GD32光电倍增管、LED光源、微安表头、电压表头、3D打印带可变透光面积的套筒、5K电位器、开关、导线安装在面板上相应位置,按电路图连接好电路,效果如图4.

④ 装置整体实验图.

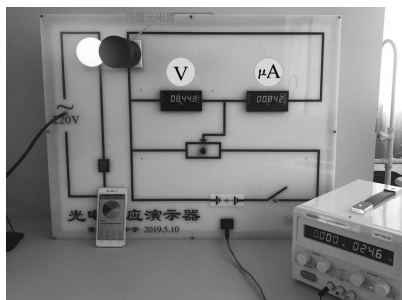


图4 自制光电效应实验装置实物图

### 3 实验过程

#### 3.1 实验一 探究光电效应的“瞬时性”

##### (1) 实验步骤.

- ① 利用遮电路白板将部分电路遮住,如图5;
- ② 旋转外筒为全遮光模式(内开口正对外筒两孔之间,内筒开口被外筒全遮挡);
- ③ 闭合 LED 灯泡的开关,利用 APP 调为白光;
- ④ 快速旋转外筒为透光模式(外筒透光孔正对内筒透光口),反复操作对光电管进行有光照和无光照控制,观察电流表的示数变化.

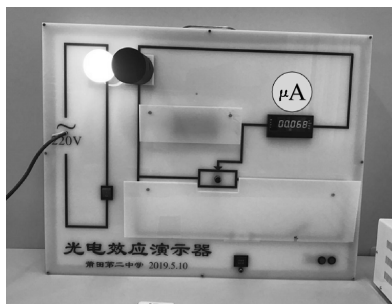


图5 探究光电效应的“瞬时性”

##### (2) 实验数据.

表1 光电效应的瞬时性实验数据

光照情况	电流表示数 $I/\mu\text{A}$
白光照射	0.067
无光(全遮光)	立即变为 0

##### (3) 实验结论.

当透光孔全遮,光电流立即减为 0;快速调到透光,电流表示数立即恢复原值.即光电效应具有瞬时性.

#### 3.2 实验二 探究光电效应的“截止频率”

##### (1) 实验步骤.

- ① 利用遮电路白板将部分电路遮住,如图5;
- ② 旋转外筒为透光遮光模式(内开口正对外筒开口);

③ 利用 APP 调节 LED 光源的发光颜色(保持透光孔大小不变,从红光调到蓝光),记录不同的色光对应的电流表示数(光电流没出现时,调大亮度,增加光照时间).

##### (2) 实验数据.

表2 探究光电效应的“截止频率”实验数据

色光	红光	黄光	绿光	蓝光
电流表示数 $I/\mu\text{A}$	0	0.019	0.024	0.043

##### (3) 实验结论.

光电效应产生与频率有关,与光强和光照时间无关;存在“截止频率”。

#### 3.3 实验三 探究饱和光电流大小的影响因素

##### (1) 实验步骤.

- ① 拆掉遮电路板块,旋转透光外筒,让光线从开口面积为  $1.5\text{S}$  孔射入(灯泡的光强一定,光照度与开口面积成正比,此时光照度为  $1.5E$ );
- ② 利用手机 APP 将 LED 灯光调至黄光;
- ③ 不断增加稳压电源提供的正向电压,分别记录正向电压与光电流值;
- ④ 旋转外筒,分别让光线从面积为  $2\text{S}$ 、 $2.5\text{S}$  的孔射入(对应的光照度为  $2E$ 、 $2.5E$ ),重复以上步骤,采集数据;
- ⑤ 再次旋转外筒,让光线从面积为  $1.5\text{S}$  的孔射入,利用手机 APP 分别将灯泡色光调成绿光和蓝光,重复以上操作,采集数据.

##### (2) 实验数据.

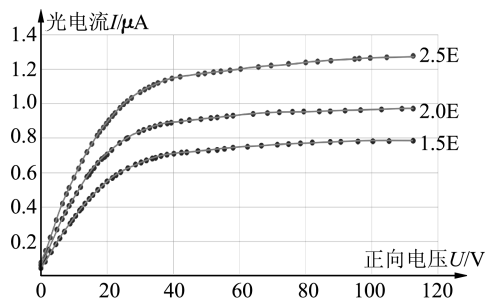


图6 不同光照度的光电流实验数据

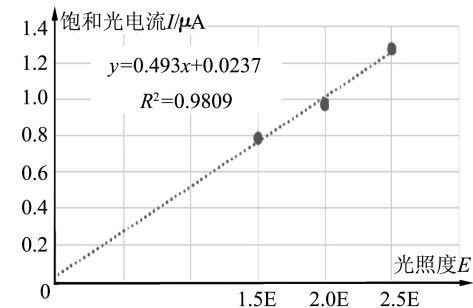


图7 黄光饱和光电流与光照度的关系数据

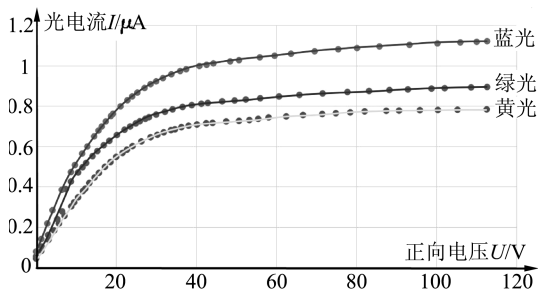


图 8 不同色光电流实验数据

### (3) 实验结论.

存在饱和光电流,其大小与频率有关,(光照度一定时)频率越高,饱和光电流越大;当频率一定时,饱和光电流与光照度成正比.

## 3.4 实验四 探究遏止电压的影响因素

### (1) 实验步骤.

① 旋转透光外筒,让光线从面积为  $1.5S$  孔射入;

② 利用手机 APP 将 LED 灯光调至蓝光,记录光电流值;

③ 不断增加反向电压大小,分别记录反向电压与光电流值;

④ 旋转外筒,分别让光线从面积为  $2S$ 、 $2.5S$  的孔射入,重复以上步骤,采集数据;

⑤ 再次旋转外筒,让光线从面积为  $2S$  的孔射入,利用手机 APP 分别将灯泡的色光调成黄光和绿光,重复以上操作,采集数据.

### (2) 实验数据.

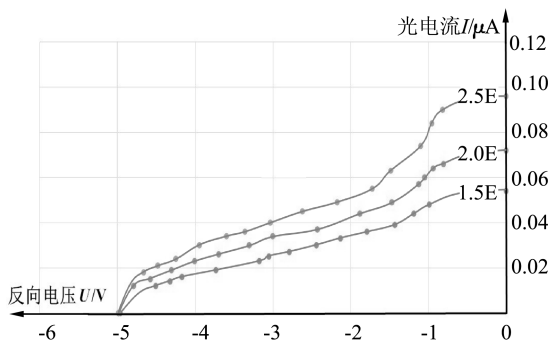


图 9 蓝光光电流与反向电压实验数据

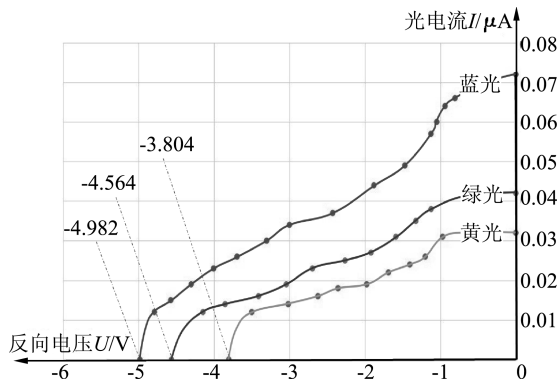


图 10 不同色光光电流与反向电压实验数据

### (3) 实验结论.

遏止电压与光照度大小无关,与入射光的频率有关.当光照度一定时,频率越大,遏止电压越大,光电子的最大初动能越大.

## 4 结束语

通过自制的光电效应演示装置,全面、量化完成光电效应各项规律的探究,很好地突破了光电效应教学中的教学难点.通过探究式教学,激发学生学习的欲望,培养物理学科特征的品质,最终内化成适应个人的终身学习和社会发展所需要的核心素养<sup>[3]</sup>.

### 参考文献:

- 1 杨继林,沈晨.“光电效应 光子”教学设计[J].中学物理教学参考,2003(12):7-10.
- 2 曲英梅.计算机辅助中师物理教学(CAI)应用研究[D].济南:山东师范大学,2005.物理教学,2018,40(11):23-26+15.
- 3 沈金林.基于核心素养导向的物理实验教学思考[J].