

文章编号: 1005-4642(2024)09-0060-04

自制光电效应实验演示装置

马顺存

(湖南师范大学附属中学, 湖南 长沙 410006)

摘要:介绍了光电效应实验装置的设计、制作方法、使用及实验效果. 该装置采用多量程微电流传感器, 能够准确测量不同亮度光源和不同光电管时的光电流, 对光电管的型号和滤波片进行了研究, 能有效演示光电效应中的截止频率、饱和电流和遏止电压. 实验仪器设计合理, 操作简便, 现象明显, 适用于课堂演示.

关键词:光电效应; 截止频率; 饱和电流; 遏止电压

中图分类号: G633.7

文献标识码: A

DOI: 10.19655/j.cnki.1005-4642.2024.09.009

光电效应实验在中学物理教学中是重要的演示实验^[1]. 教材中对研究光电效应的实验规律给出了电路图(图 1), 并指出科学家通过实验发现了截止频率、饱和电流和遏止电压. 图 1 中, 阴极 K 和阳极 A 是密封在真空玻璃管中的 2 个电极, 阴极 K 在受到光照时能够发射光子, 且与阳极 A 之间的电压 U 大小可调, 电源的正负极也可以对调. 按照图 1 所示连接电路, 当闭合开关后, 阳极 A 吸收阴极 K 发出的光电子, 在电路中形成光电流, 从而导致电压 U 为 0 时的电流 I 并不为 0.

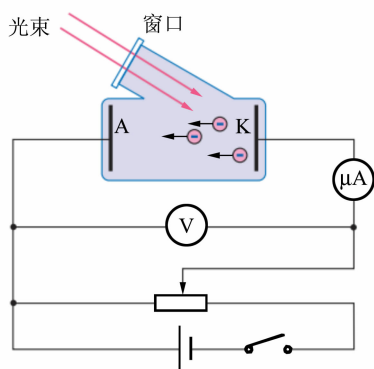


图 1 电路图

然而, 市面上很难找到可以观察截止频率、饱和电流和遏止电压 3 个物理量的实验仪器. 在教学过程中, 如果直接将实验结论告诉学生, 学生会缺乏对物理规律直观的理解和深刻的体验, 不利

于学生物理学科核心素养的培养. 目前, 中学物理教学中光电效应实验还存在较多不足. 例如, 高如意虽对光电效应实验的不足进行了探讨, 但仅深入研究了锌板的光电效应^[2]; 周耀虎采用光敏电阻替代光电管, 仅做了饱和电流实验^[3]; 汤可嵌完成了饱和电流和遏止电压的实验, 但未进行截止频率的实验^[4]; 李薇使用光电管和电流、电压传感器进行了实验, 但仅完成了饱和电流和遏止电压的实验^[5]; 童有彩等人使用光电管进行实验, 但对截止频率实验的描述比较模糊^[6]. 针对以上研究的不足, 本文自制了可以较全面演示光电效应实验规律的教学装置. 该装置不仅具有操作简单、现象明显的特点, 而且还可以直观地展示截止频率、饱和电流和遏止电压等关键的物理量.

1 实验演示装置及其制作

实验装置如图 2 所示, 制作的器材及工具有: 白色亚克力板、M4 香蕉插座(若干)、开关(2 个)、调光开关、GD-2A 光电管(光谱响应范围为 300~670 nm)、GD-24 光电管(光谱响应范围为 300~850 nm)、20 k Ω 可变电阻、白炽灯(100 W)及灯座、多量程微电流传感器(0~10 μ A, 0~100 μ A, 0~1 000 μ A)、电压传感器、教师电源、数据采集器、笔记本电脑、导线(若干)、钳子、激光切割机、LightBurn 画图软件、亚克力热弯机、记号笔、亚

收稿日期: 2024-06-05

基金项目: 湖南省新时代基础教育名师名校长培养计划 2024 年专项课题(No. XJK24ASM012)

作者简介: 马顺存(1984—), 男, 湖南湘潭人, 湖南师范大学附属中学一级教师, 硕士, 从事中学物理教学工作. E-mail: mashuncun@163.com

克力胶、红色滤光片、黄色滤光片、绿色滤光片、红外滤光片等。

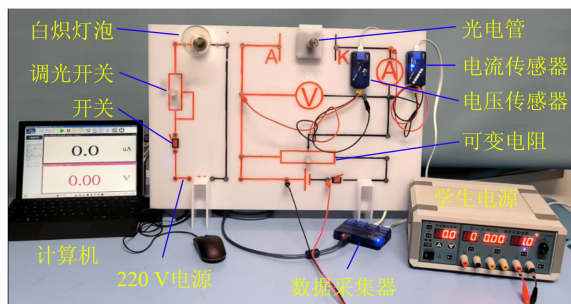


图 2 实验装置

1) 面板的制作:在 LightBurn 软件中,画好图 3,其中红线部分为描线,黑线部分为切割。用激光切割机切割尺寸为 400 mm×600 mm 的亚克力白板,用记号笔将描线位置描红。在电路图相应位置安装 M4 香蕉插座、船型开关和调光开关,在滑动变阻器位置安装 20 kΩ 的可变电阻,并在面板背面按照电路图焊接好导线。

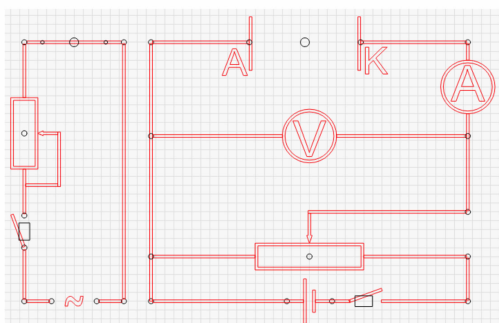


图 3 亚克力面板

2) 光电管底座的制作:按图 4 切割亚克力板,用亚克力热弯机在红线位置弯折制作出光电管底座,让光电管 3 个引脚正好卡在底座上的 3 个孔中,同时将光电管底座挂在亚克力面板上。将光电管的阳极、阴极引出 2 根导线分别与 A 极和 K 极接线柱相连(该光电管有 2 个阳极,接线时任选 1 根),光电管底座实物如图 5 所示。

3) 滤光片固定架的制作:按图 6 所示切割滤光片固定架,其数量及尺寸分别为:4 块 80 mm×40 mm 的亚克力板,中间圆孔的直径为 25 mm;1 块 43 mm×43 mm 的亚克力板。在圆孔中分别安装 25 mm 直径的黄色、绿色、红色、红外滤光片,用亚克力胶水将 4 面和顶部粘成长方体,如图 7 所示,其中底部为空,四周用黑色胶布粘好,起到

遮光作用。

4)按照实验装置图 2,安装好器件,即可进行实验。

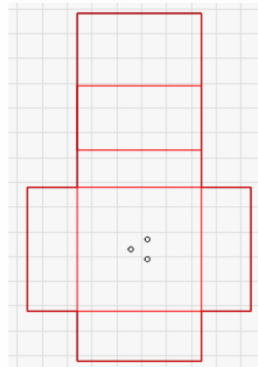


图 4 光电管底座设计图

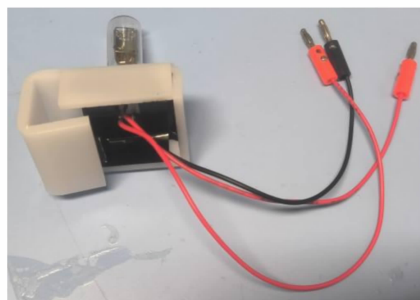


图 5 光电管底座实物图

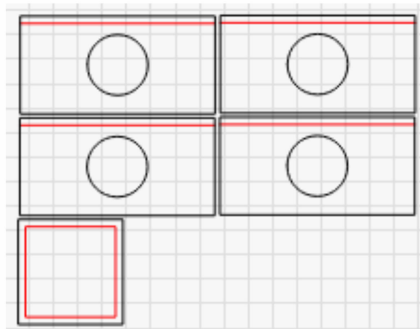


图 6 滤光片固定架设计图

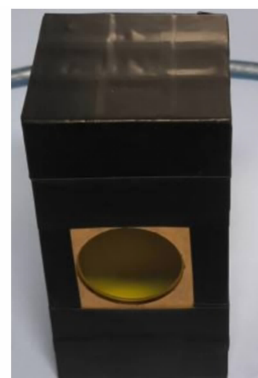


图 7 滤光片固定架实物图

2 实验演示装置的使用方法

2.1 截止频率

打开学生电源,调节白炽灯泡(光谱范围为 $300\sim 2\,500\text{ nm}$)的亮度,可以观察到:白炽灯泡的亮度不同,光电流的示数不同.保持灯泡亮度不变,当在光电管前加黄色滤光片时,电路中光电流减小;当在光电管前加绿色滤光片时,电路中光电流同样减小;当在光电管前加红色滤光片时,电流传感器的示数为0.由此可知,当入射光的频率减小到某一数值时,光电流消失,此时的频率称为截止频率.当入射光的频率低于截止频率时,不产生光电效应.

2.2 饱和电流

接通电源,将白炽灯泡调到一定亮度.在灯泡亮度不变的情况下,逐渐增大电压,可以发现:随着电压 U 的增加,光电流 I 趋于饱和.也就是说,在光电流较小时,光电流随着电压的增大而增大,但当光电流增大到一定值后,光电流将不随电压的增大而增大.实验数据如表1所示, $I-U$ 关系曲线如图8所示.

表 1 光照强度一定时,光电流随电压的变化数据

U/V	$I/\mu\text{A}$	U/V	$I/\mu\text{A}$	U/V	$I/\mu\text{A}$
1.09	0.6	7.06	1.5	13.03	1.9
2.09	0.9	8.06	1.6	14.03	2.0
3.10	1.1	9.06	1.7	15.02	2.0
4.10	1.2	10.05	1.8	16.02	2.0
5.09	1.3	11.06	1.8	16.98	2.0
6.06	1.4	12.03	1.9	17.98	2.0

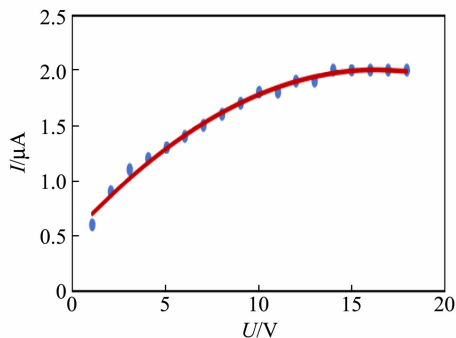


图 8 光强一定时,光电流 I 随电压 U 的变化曲线

2.3 遏止电压

接通电源,将白炽灯泡调到一定亮度.可以

观察到此时微电流传感器的读数为 $0.9\ \mu\text{A}$.调节滑动变阻器,给光电管施加反向电压.当光电流减小到0的反向电压称为遏止电压,此实验的遏止电压约为 $-0.71\ \text{V}$.改变灯泡亮度,遏止电压不变.

2.4 不同金属的截止频率不同

更换不同型号的光电管(将GD-2A更换为GD-24光电管),重复实验2.1发现:只有使用透过波长为 800 nm 以上的红外滤光片遮挡时,才没有光电流.因此,不同型号的光电管,截止频率不同.

以上实验操作及实验现象相关视频的二维码如图9所示.



图 9 光电效应实验视频

3 结束语

自制的光电效应实验装置采用多量程微电流传感器,可以对使用不同亮度光源和不同光电管时的光电流进行测量,实验效果明显.该实验装置可以帮助学生认识到不同金属的截止频率不同,能够直观地展示光电效应的3个物理量,有助于学生对光电效应的理解.

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.普通高中教科书·物理(选择性必修第三册)[M].北京:人民教育出版社,2019:71-72.
- [2] 高如意.“可视化”光电效应实验方案的设计与研究[J].中学物理,2023,41(9):55-57.
- [3] 周耀虎.创新实验突破光电效应的重难点[J].教学考试,2023(4):67-71.
- [4] 汤可嵌.促进深度学习的演示实验教学研究:以演示实验“光电效应的实验规律”为例[J].中学理科园地,2023,19(4):92-94.

- [5] 李薇. 高中物理创新实验设计:探究光电效应的实验规律[J]. 湖南中学物理, 2023, 38(10):60-64.
- [6] 童有彩,张安军. 基于物理核心素养的“光电效应”实验教学探索[J]. 物理教师, 2023, 44(9):29-33.

Self-made photoelectric effect experimental demonstration device

MA Shuncun

(High School Affiliated to Hunan Normal University, Changsha 410006, China)

Abstract: The design, fabrication method, application and experimental results of a photoelectric effect experimental device were introduced. The device used a multi-range micro-current sensor, which could accurately measure the photocurrent for different luminance light sources and different photocells. The model of photocell and filter were studied, and the three main experimental performances of the photoelectric effect, i. e. cutoff frequency, saturation current and suppression voltage, were demonstrated effectively. The design of the experimental instrument was reasonable, the operation was simple, the phenomenon was obvious, which was obviously suitable for classroom demonstration.

Key words: photoelectric effect; cut-off frequency; saturation current; suppression voltage

[编辑:龙玉梅]

(上接 59 页)

High school physics experiment app design based on Uni-app framework ——Taking accelerometer as an example

FANG Chunyan^a, YU Xiaoyuan^b, LI Fengguo^b

(a. School of Physics; b. National Physics Experimental Teaching Demonstration Center
(South China Normal University), South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Based on the Uni-app framework, an App software for high school physics experiments was independently developed. The App development process based on mobile phone sensors was elaborated in detail, and the elevator acceleration measurement experiment was implemented. The experimental process of measuring gravity acceleration with an air cushion guide was discussed, and the experimental results were consistent with the theoretical values. The comparison with the Phypox software showed that the experimental data collected were highly consistent. In terms of data display, the three-dimensional display function was added to enhance the visualization of the data. The software development process and the experimental process description would provide a technical reference for the development of Apps based on smartphone experiments.

Key words: experimental application; sensor; acceleration speed; air cushion guide experiment

[编辑:龙玉梅]