

基于任务驱动的光电效应教学优化设计*

——兼谈光电效应实验的改进

傅竹伟 (无锡市辅仁高级中学 江苏 214000)

摘要 通过对常见“光电效应”教学模式局限性的分析,提出基于任务驱动的光电效应教学优化设计,并借助常见的DIS电流及电压传感器,对光电效应实验进行改进,从而达成光电效应相关规律的分层演示和可视化表达,引发深度学习,提升核心素养。

关键词 DIS 光电效应 实验改进 任务驱动

文章编号 1002-0748(2024)11-0017

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

“光电效应”是人教版《高中物理(选择性必修第三册)》第四章第二节的内容^[1]。本节课知识容量大,思维难度深,相关实验尤其是光电流实验演示难度较大。为此,笔者优化了课堂教学流程,创设指向性更强的问题,生成驱动性任务,引发学生深度学习,以更好地提升学生的物理学科核心素养。同时基于DIS传感器对于光电效应实验进行了改进,以完善实验的可视化。

1 常见教学模式及其局限性

1.1 常见教学模式

“光电效应”的一般教学流程如图1所示。

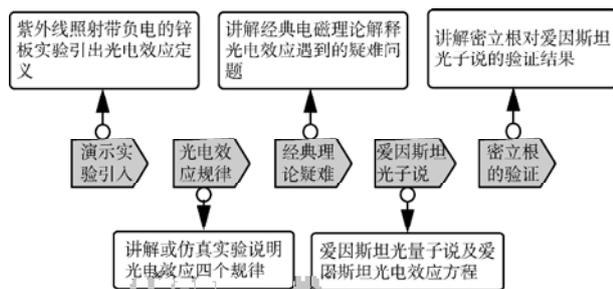


图1 “光电效应”一般教学流程

1.2 常见教学模式的局限性

(1) 课堂缺失真实实验情境,学生缺少真实体验,忽视了学习过程中的具身体验;

(2) 教师单向输出过多,学习过程单调乏味,缺

乏驱动,不利于深度学习的展开;

(3) 忽视学生的认知起点,限制了知识的有效建构,缺乏学生高阶思维的深度参与;

(4) 忽略了课程思政价值,制约了质疑创新精神的渗透,不利于学生核心素养的提升。

2 光电效应教学的优化设计

2.1 素养导向的光电效应教学目标的续写

通过观察光电效应演示实验,知道什么是光电效应。能基于金属物质结构、能量转移的角度初步解释光电效应产生的可能原因,建立光能转换的能量观点。通过对光电效应相关电路实验的探究,得出光电效应的相关规律,并能用其解释相关现象,逐步建立起光具有粒子性这一物质观。

对光电效应现象进行模型建构,运用物理模型进行分析。通过对光电效应实验规律的研究分析,了解其与经典电磁理论之间的矛盾性,并通过科学推理,逐步分析并掌握用爱因斯坦光电效应方程如何解释相关规律,并在此过程中发展科学思维中的逻辑分析、综合判断等能力。

通过对光电效应规律的实验探究,发展实验分析的能力,并通过与学生、老师的交流以及尝试解释,学会与他人合作交流,培养探究意识。

通过了解光电效应现象及其规律的发现历史,培养学生实事求是的科学态度和精神,通过了解爱

* 基金项目:本文系2023年江苏省教师发展研究教师教育职前职后一体化专项课题“教育大数据下基于掌握学习的中学物理教学案例研究”(课题编号:jsfz-c17)的阶段性研究成果。

因斯坦创造性地引入光子概念来引导学生认识创新思维和质疑精神的重要性^[2]。

2.2 光电效应教学的优化设计结构

光电效应教学结构的优化设计如图 2 所示。

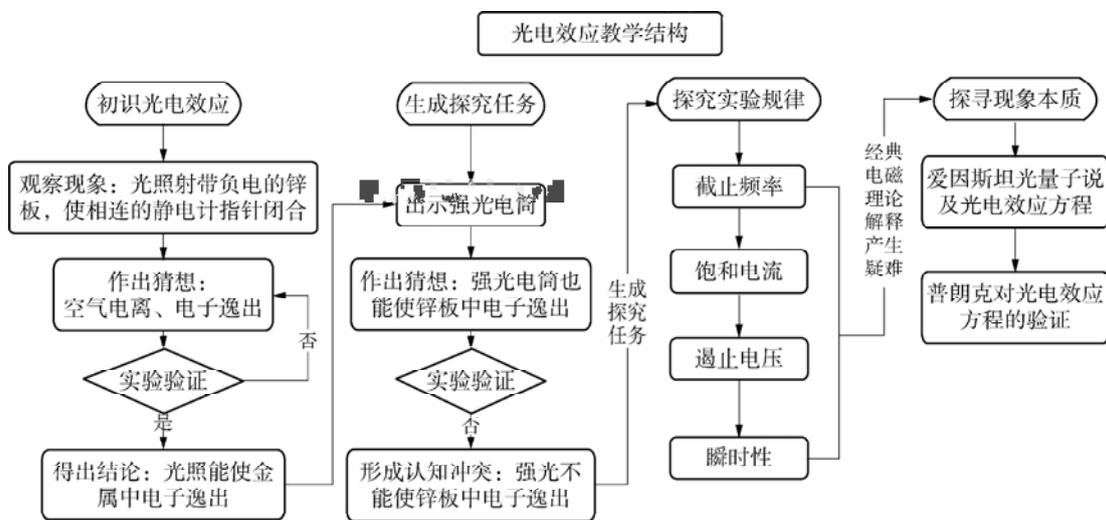


图 2 光电效应教学结构的优化设计

2.3 光电效应教学的优化设计环节

环节 1 初识光电效应——深度挖掘引入实验, 引导学生全面分析。

演示: 用毛皮摩擦过的橡胶棒使与静电计连接的锌板带负电(静电计因带负电而指针张开), 用紫外线照射锌板, 指针张角闭合(见图 3)。



图 3 紫外线照射带负电的锌板

师: 发生该现象的原因可能是什么?

生: 可能是紫外线的照射电离了周围空气, 其中的正电荷中和了锌板中的负电荷, 所以能看到指针张角的闭合。

师: 很好。如果真的是这个原因, 你有什么办法证明一下?

生: ……

师: 大家可以思考一下, 如果真的是紫外线电离了空气, 那么空气中应当既有正电荷也有负电荷, 我这里还有丝绸和玻璃棒, 大家想一想, 有什么办法验

证这一猜想呢?

生: 可以用丝绸摩擦过的玻璃棒使与静电计连接的锌板带正电, 静电计指针张开, 再用紫外线去照射锌板, 空气中的负电荷会中和其中的正电荷, 因此也能看到指针张角闭合。

师: 很好, 我们来试试。张角并未闭合(见图 4)。所以……

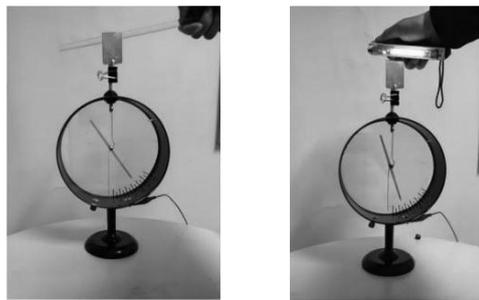


图 4 紫外线照射带正电的锌板

生: 不是电离。

师: 还有其他原因么?

生: 紫外线的照射使锌板中的电子从锌板中逸出。

师: 很好, 的确如此。但我还有个问题: 为什么要用紫外线照射带负电的锌板? 如果直接用紫外线照射不带电的锌板, 会看到什么现象呢?

生: 紫外线照射后, 原来不带电的锌板中的电子逸出, 锌板应该带正电, 所以静电计指针因带正电而张开。

师: 很好。我们再来试试。(进行实验操作, 发现张角并未张开) 这又是什么原因呢? 大家可以讨

论一下再回答。

(学生讨论)

生:紫外线直接照射不带电的锌板,电子应该也能逸出,但逸出后锌板带上了正电,对电子有吸引力,之后的电子不易逸出,因此无法看到明显的现象。

.....

设计意图:很多时候,学生的回答并非完全符合教师的预设,学生观察现象之后会产生不同的想法。教师要引导学生深入分析并寻求证据,设计合理的实验进行验证,通过全面的分析,在潜移默化中培养学生理性分析的意识 and 质疑创新的精神,从而促进批判性思维的发展。

环节 2 生成探究任务——巧妙利用强光电筒,自然激发认知冲突。

师:为什么光照能使金属中的电子逸出?

生:光为电子的逸出提供了能量。

师:光的能量可能跟什么因素有关?

生:光的亮度。

师:我带来了一个强光电筒,如果我用强光电筒照射带负电的锌板,能看到什么现象呢?

生:静电计指针更快地闭合。

师:为什么?

生:强光电筒的光能量更大,照射锌板时会有更多的电子逸出,逸出电子的动能更大。

师:所以大家认为,用强光照射锌板,有光电子逸出,单位时间内逸出的光电子更多,动能也越大。那么就让我们一起来体验下。

师:利用强光电筒做实验,张角完全不变;将手电筒聚光,进一步增大光强,同时增大照射时间,依然没有看到张角的变化。

师:和我们想的似乎并不相同。紫外线和电筒光有什么不一样?影响光电效应发生的关键因素到底是什么?

生:光的频率。

.....

设计意图:强光电筒的出现,使学生自觉地运用经典电磁理论来进行实验现象的推理和猜测,结合实验演示,激发认知冲突,使学生意识到光电效应中的光能大小并非简单地与光强有关。通过进一步推理,发现光电效应的发生很可能与光的频率有关。同时,在这一环节中,学生自发地生成了一系列问题:影响光电效应发生的因素是什么?影响光电子逸出数量的因素是什么?影响光电子逸出动能的因素是什么?这一系列问题为后续的光电效应实验规律生成了驱动任务。

环节 3 探究实验规律——有序进行实验演示,逐次理解实验规律。

教材中所采用的实验电路为分压电路(见图 5),笔者在这里使用可调电源使电路简化为串联电路(见图 6)。

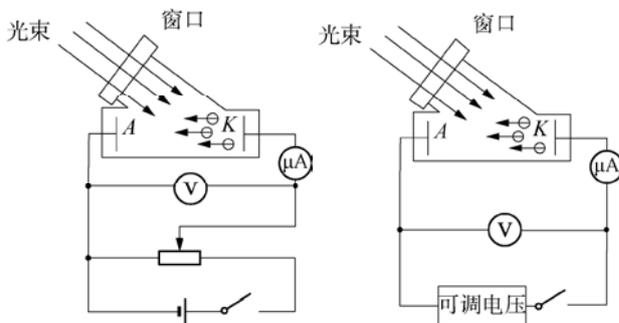


图 5 研究光电效应的分压电路 图 6 研究光电效应的简化电路

教师先介绍光电管,引导学生理解研究光电效应的电路以及光电流的意义。

演示实验 1:研究影响光电子产生的因素。

给光电管安装不同的滤光罩,分别用白炽灯照射,利用 DIS 电流传感器进行观察,可以观察到蓝紫色、黄绿色、红色光照射光电管时,均有光电流产生。当使用红外线照射光电管时,无光电流产生,此时即使增加光照强度,同时增加正向电压(左正、右负),也无法观察到光电流,说明光电效应中截止频率的存在(见图 7)。

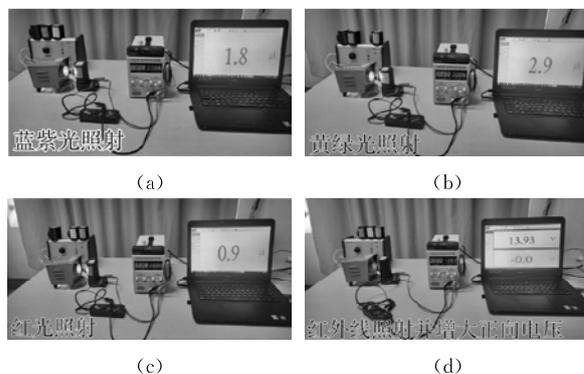


图 7 利用 DIS 传感器研究截止频率

师:这个现象说明了什么?

生:只有照射光的频率大于某个特定的值,才能让光电管产生光电流。

师:这个特定频率叫作截止频率……我们知道光是一种电磁波,那么你能试着解释一下这个现象么?

生:.....

师:其实如果用光的电磁理论来解释,会发现无法解释截止频率的存在,也就是说这个实验现象与经典电磁理论是有矛盾的。

演示实验 2: 研究影响光电子数量的因素。

用不同强度的黄光照射光电管, 利用 DIS 电流和电压传感器采集数据。将电压设定为横坐标, 将电流设定为纵坐标, 即可绘制光电流随电压变化的情况。分别增加正向电压, 可以观察到光电流先增大后不变, 从而说明饱和电流的存在, 且在频率一定的情况下与光强有关(见图 8)。

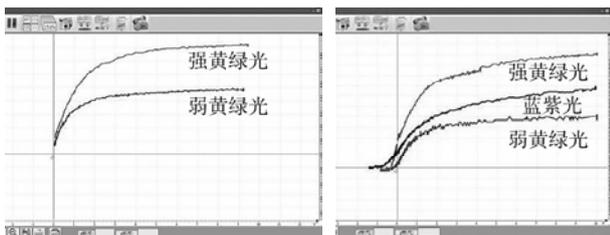


图 8 利用 DIS 传感器研究饱和电流 图 9 利用 DIS 传感器研究遏止电压

师: 这个现象说明了什么?

生: 同一频率的照射光, 光越强, 光电流越大。这说明光越强, 单位时间内逸出的光电子数量越多;

师: 能用光的电磁理论来解释么?

生: 光强说明能量大, 更多的电子吸收到能量, 所以能解释。

师: 好, 似乎峰回路转了, 让我们再看看其他的实验现象。

演示实验 3: 研究影响光电子动能大小的因素。

演示: 直接将电源反向连接, 引导学生理解研究反向电压作用下光电流的特征、遏止电压及其与电子逸出最大初动能的关系。绘制同一频率, 不同强度下的光电流图线以及不同频率下的光电流图线, 演示不同情况下的遏止电压(见图 9)。

师: 这个现象说明了什么?

(引导学生思考)

生: 同一频率不同强度的光, 遏止电压的大小相同, 频率越大的光, 遏止电压越高, 说明光电子逸出的最大初动能大小与光强无关, 而与频率有关, 频率越大, 光电子最大初动能越大。

师: 能用光的电磁理论来解释么?

生: 似乎也不能……

演示实验 4: 光电效应瞬时性的研究。

师: 在每次实验中, 我们可以直接观察到, 只要光的频率大于截止频率, 光电流都是立刻产生的, 所以光电效应的发生具有瞬时性, 这同样无法用经典电磁理论来解释。

设计意图: 本环节是这节课的重点内容, 笔者基

于常见的 DIS 传感器对实验进行了改进, 引导学生有次序地观察实验现象, 逐次进行有依据的思维活动, 归纳出光电效应的四个实验现象, 分别让学生尝试用经典的电磁理论来理解, 进一步激发了认知冲突。

环节 4 探寻现象本质——深刻体验科学历程, 感悟质疑创新精神。

师: 当原有理论无法解释实验现象的时候我们该怎么办?

生: 建立新的理论。

师: 爱因斯坦在普朗克的量子假设启示下, 提出了光子说, 同时提出了光电效应方程……

师: 请大家讨论一下, 然后试着用爱因斯坦光子说解释一下光电效应的四个实验规律。

学生活动: 学生讨论并在教师引导下, 详细阐述爱因斯坦的光量子说是如何成功解释光电效应实验规律的。

师: 虽然这一理论成功地解释了光电效应现象, 但光的电磁理论毕竟接受了很多事实的考验。因此爱因斯坦的光量子说需要更多的证据, 经受更多的考验。

师: 介绍密立根油滴实验及对爱因斯坦光电效应的证明。

设计意图: 通过学习爱因斯坦光子说, 理解质疑创新意识在科学认识发展中的重要意义, 通过学习密立根对爱因斯坦光子说的验证, 体悟科学发展中的曲折和艰辛, 使学生在学的过程中, 逐步发展科学态度和责任。

3 光电效应实验的改进说明

3.1 实验材料

GD-28 真空光电管(响应范围为 300~850 nm)、白炽灯光源(额定电压为 12 V)、可调学生电源(0~16 V)、窄波滤光片(850 nm 及以上红外线波段、625 nm~665 nm 红光波段、590 nm 黄绿光波段、405 nm 蓝紫光波段)、滤光罩(用于安装滤光片)、连续可调电源(0~100 V)、DIS 电压传感器(20 V 量程)、DIS 电流传感器(定制的 200 μ A 量程)、安装 DIS 通用软件的电脑(见图 10)。



(a) (b) 图 10 光电效应实验器材

3.2 实验电路及操作说明

将教材中的分压电路简化(见图 6),分别用白炽灯照射安装不同滤光罩的光电管。用蓝紫光、黄绿光、红光及红外线照射光电管,通过 DIS 传感器观察是否有光电流产生,从而说明光电效应中截止频率的存在。用同一频率不同强度的光照射光电管,分别增加正向电压,利用 DIS 传感器观察光电流的变化,并利用配套软件绘制图线,即可研究饱和电流的相关规律,且在频率一定的情况下与光强有关。将电源反向连接,通过 DIS 电流传感器以及电压传感器,结合配套软件绘制图线即可研究遏止电压相关规律(见图 11)。

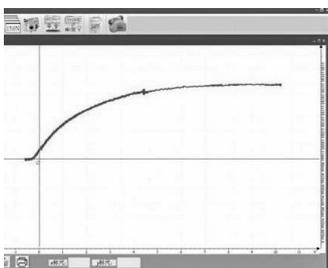


图 11 强黄光照射光电管的 $U-I$ 图象

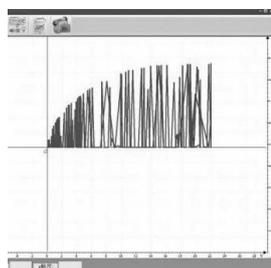


图 12 LED 黄光照射下的光电流 $U-I$ 图线

3.3 优点分析

(1) 实验电路简单,易于理解,降低了学生的思维难度;

(2) 实验易于复制,器材易于获得,便于推广,且成功率高;

(3) 实验精度高,且便于分层次地进行相关规律演示。

(上接第 28 页)

(2) 学生的主动学习。

智能环境下的学生应自主利用仿真实验平台进行学习,这不仅能提高物理实验教学的质量与效率,还能增强学生的科学探究兴趣。

(3) 学校的战略布局。

学校应加强信息技术与教学融合的宣传,培养能够有效结合智能平台与教学的教师,推动教学模式的创新。

5 结 语

物理学的发展离不开物理实验,但是现有的物理教学条件下并不能做到所有规律都能够直接通过实验进行测量、探究或者验证,现代技术手段能有效解决部分问题,各种智能平台的开发,为实验教学提供了新的方向和策略。

3.4 实验说明

(1) 本实验成功的关键在于较窄的入射光频率范围,使用窄波滤光片和白炽灯光源可以达到这一要求。LED 光源虽然能方便地形成各种颜色的光,但由于其发光原理,无法绘制出稳定的 $U-I$ 图线(见图 12)。

(2) 在学生不熟悉 DIS 设备的情况下,电路中的电流表和电压表也可采用一般的指针式电表,但一般的指针式电表无法直接生成 $U-I$ 图线,并且精度不高,难以进行定量研究。

4 结 语

优化后的“光电效应”教学能使学生在明确任务的驱动下开展深度学习,改进后的实验则强化了学生对于光电效应相关规律的直观体验,学生的高阶思维、真实体验的学习环境中,更好地理解量子论的相关内容,感悟科学研究中的质疑创新精神,培养批判性思维,进而实现核心素养的有效提升。

参考文献

- [1] 彭前程,黄恕伯.物理(选择性必修第三册)[M].北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [3] 林瑞汉.谈谈演示实验的改进——以“光电效应”为例[J].物理教学,2009(12):25—26.
- [4] 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(9):55—57.
- [5] 李松岭,李明雪.光电效应演示实验的难点分析与成功改进[J].物理教师,2015(4):52—54.

虽然智能平台为物理实验教学提供了新方向,但它不能完全取代传统实验教学。虚拟实验需与实际操作相结合,以培养学生的动手能力和科学探究素养。

参考文献

- [1] 张帆.仿真实验在高中物理教学中的具体运用措施研究[J].理化生教学与研究,2024(16):123—126.
- [2] 张世姣.基于 PhET 的虚拟实验促进初中物理概念学习的应用研究——以电路实验为例[D].上海:华东师范大学,2022.
- [3] 惠宇洁.智能手机在物理实验教学中的应用探讨——以 Phyphox 软件为例[J].物理教学探讨,2018(7):70—72.
- [4] 伍科,张旺.基于 Phyphox 程序的“电磁感应定律”定量探究实验改进[J].物理通报,2021(3):9—10.
- [5] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020:2—3.