

如何在重难点突破中提升科学思维^{*}

——关于“演示光电效应实验”的重难点突破

李彪 张燕怡 刘娜

(中国人民大学附属中学 北京 100080)

(收稿日期:2019-06-14)

摘要:演示光电效应实验是学生学习光电效应的重要组成部分,实验设计原理、新概念的教学、微观图像的理解等都是实验教学中经常面对的问题,旨在探讨如何在实验教学中突破这些问题,通过实验电路的设计,学会测量性实验设计的基本思路,培养学生的实验设计能力;通过问题引导和逻辑分析,让学生充分利用已有的知识探索去解决新问题,从而达到提升学生科学思维的目的。

关键词:光电效应 重难点 科学思维

1 实验背景分析

演示光电效应实验来自人教版《物理·选修3-5》中“光的粒子性”。这个实验作为“光的粒子性”的知识根基,在教学中占有很大的比重。本实验具有的特点如下。

(1) 内容量大,通过演示实验,要解决光电效应的4个问题,即光电效应产生条件、作用时间、单位时间内光电子个数和最大初动能,从而得到光电效应的4条规律;

(2) 新概念多,涉及到的新概念有光电流、饱和光电流、截止频率和遏止电压等;

(3) 逻辑性强,实验现象和理论的关系、宏观和微观的联系、各物理量之间的关系等都涉及到了较强的逻辑性。通过本实验,一方面让学生探究和理解光电效应,另一方面,为后面的光量子理论和光电效应方程的教学打好基础 and 做好铺垫。因此,做好这个实验是教好和学好本节知识的前提。

学生在接触这个实验时,可能会遇到一些困难。首先是实验电路的设计原理,看得懂实验电路图,但却不知道为什么要这么设计;第二是直觉和实验结果相矛盾,这对一些新概念的物理教学会产生负迁移;第三是建立宏观和微观的联系,但学生的感知是宏观的,缺乏对宏观现象的微观想象。因此,本实验的教学

重点是光电效应的4条规律和光电效应的微观图像。教学难点是实验设计原理和新概念的理解^[1]。

2 重难点突破

问题1:实验设计原理

本实验教学可以让学生从思考如何测量单位时间产生的光电子数入手。首先引导学生了解光电子本身就是电子,因此可以把测量光电子个数转化为测量电量;那电量又该如何测量呢?学生可能会有很多的想法,给时间讨论,然后再逐个讨论其可行性;最后引导到测电流。当发生光电效应时,从阴极逸出部分的光电子会跑到阳极上,如果有回路就能形成电流由此得到光电流这个概念。

在这里的教学中,不急于直接给出光电流的概念,而是通过层层引导,唤起学生已有的旧知识,然后和新的知识建立联系。并且在此环节中,渗透物理学中“转化”的思想,把无形抽象的物理量转化为直接可测的物理量。

接下来讨论如何测量光电流?学生最直观的想法是把光电管和电流表串联,看电流表的读数。此时给学生提出问题,这里电流的大小能代表全部的光电子数吗?这个时候可以帮助学生建立起光电效应的微观图像,这也是本次实验教学的重点内容之一。通过多媒体向学生展示光电子逸出时,速度的方向

^{*} 北京市物理学会2020-2021年度重点课题“科学研究视角的高中物理教学研究”,课题编号:WLXH201013;北京市海淀区教育学“十三五”规划重点课题“物理学业质量评价中的核心素养研究”的阶段成果,课题编号:HDGH20190204

是四面八方的(如图1所示)。

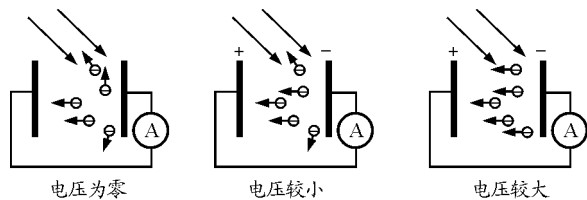


图1 不同电压下光电子的运动情况

只有特定速度的电子能到达阳极.那该如何将这些漏网的电子一网打尽呢?引导学生可以从电场的知识去考虑,可以在两极间加电场,使更多的电子到达阳极.只要电压足够大,就能将这些光电子一网打尽.所以,这时候实验电路就从最初的简单光电管和电流表的串联变成给光电管加正向电压.此时,再次对电路提出问题:该如何调节光电管两端的电压呢?加滑动变阻器.那该分压还是限流呢?如果接入电压表,那该外接还是内接呢.让学生讨论,得到最终的实验方案.从最简单的实验方案到最终的实验电路,学生一步步参与其中,不仅理解了实验电路设计的原理,突破了本节课的难点,同时也培养了学生实验设计的能力,提升了科学思维.

问题2:新概念的理解

(1) 饱和光电流

首先给学生演示实验,改变光电管两端的正向电压,电流表的读数跟着变大.让学生思考这是为什么?部分学生会受电流微观表达式的影响,认为速度越大电流越大.接着继续演示当光电管两端正向电压大到一定程度时,电流表的读数就不再发生变化.让学生思考这又是为什么?此时学生的认知和实验现象产生了矛盾.这时候是帮助学生再次建立正确的微观图像的好时机.虽然光电子速度增大,但单位体积的个数也变少了,因此从 $I = nev_s$ 这个式子是很难判断电流的大小.所以,引导学生从单位时间内到达阳极的光电子数来考虑,电压越大到达阳极的光电子数越多,当电压达到一定程度,阴极产生的光电子全部都到达阳极了,这时候的电流最大.从而得到饱和光电流的概念.通过饱和光电流的大小反应单位时间内产生的光电子数,解决了如何测量单位时间产生的光电子数的问题.

(2) 遏制电压

首先,引导学生思考本实验方案中能测量光电

子的最大初动能吗?让学生打开思维,积极讨论.然后,引导学生用动能定理分析电子在电场中的情况.光电子在电场中加速,末动能如何测量?如果末动能不好测量,那什么情况下的末动能不用测呢?如何把加速电场变为减速电场?如何知道光电子的速度变为零了?通过一系列问题,一步步地引导学生思考.让学生写出光电子在减速电场的动能定理表达式 $eU = \frac{1}{2}mv^2$,然后通过仿真软件进行动态分析.

教师抛出问题:逸出那么多电子,每个电子的初速度可能都不一样,那方程中研究对象是哪个光电子呢?如果是速度较小的那个光电子,这个时候光电流为零吗?要让光电流为零的临界条件是什么呢?由此得到新的方程 $eU_c = \frac{1}{2}mv_m^2$,并得到最大初动能和遏制电压的概念.接下来通过实验演示在光电管两端接反向电压,增大反向电压,直到电流表读数为零,得到遏制电压.

在这些新概念问题的处理上,通过利用一系列问题设计启发学生思考,并充分唤起他们已有的知识背景,借学生之口,说出各个物理量和实验现象的联系,并充分利用多媒体和模拟软件进行动态过程分析,从而突破难点.

问题3:4条规律的探究

把这4条规律的探究设计成一个表格(表1),让学生先猜想,教师再演示,最后总结得到实验规律.表格可以使实验内容条理化,实验现象明朗化,使复杂的事物简单化.完整的实验加上一目了然的表格,让学生全面地、系统地了解光电效应实验的规律,达到预期的教学目标.同时也培养了学生科学探究的能力,提高了学生的科学素养.

表1 光电效应4个问题的研究

	饱和光电流	遏制电压	产生条件	时间
实验猜想	光强大,饱和光电流大	光强大,饱和光电流大	光强足够大	光强越弱时间越长
实验步骤	改变光强	改变光强 改变频率	改变频率	加挡板
实验规律	光强越大,饱和光电流越大	遏止电压与频率有关,与光强无关	存在截止频率	瞬时性

问题4:光电效应的微观图像

为了让学生对实验现象有更深刻的了解,本次实验教学中对实验现象进行模拟.采用的模拟软件是PHET,它是由诺贝尔奖获得者卡尔·威曼于2002年创立,科罗拉多大学的团队专项运营的仿真程序.这个软件可以调节光强、光的频率以及正反向电压的大小,并且能直观显示光电子数和光电流的大小,实验装置如图2所示.通过模拟,一方面能提高学生的学习兴趣,另一方面能很好地帮助学生建立起光电效应实验的微观图像,从而突出了本次实验教学的重点.

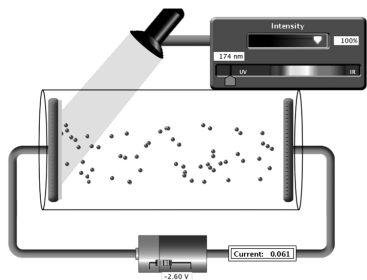


图2 PHEH对反向电压下光电子运动情况的模拟

3 总结与反思

本次实验教学重难点突破都是基于学生利用已有的知识来探索 and 解决新问题.通过设置合理的情景和搭建合理台阶让学生经历科研工作的过程,培养学生思考和实验设计的能力.为了避免教师“一言堂”和简单的“满堂问”,本次实验教学在多处设置有启发式的问题,层层递进,启发学生思考,让学生发表自己的观点,让课堂成为学生的舞台.本次实验教学还充分利用了多媒体技术,对宏观现象进行了模拟,帮助学生建立起微观图像,从而树立起正确的物理观念,达到提升学生科学思维的目的^[2].

参考文献

- 1 张燕怡,刘娜.辨析实验思想,落实核心素养——“光电效应实验规律”教学设计.物理教学探讨:中学教学教研版,2017(12):62~66
- 2 浙江省普通高中新课程实验工作专业指导委员会.浙江省普通高中新课程实验物理学科教学指导意见.杭州:浙江教育出版社,2007

(上接第68页)

上,精设教学目标,精施教学内容,精选课堂习题,精准测绘学生表现,使整个教学过程达到可度量、可调控等精准要求.借助平板课堂的大数据分析及多元化实时互动功能,能帮助教师及时发现学生学习过程中的问题,并采取针对性较强的面向全体或者个体的教学方法,及时解决问题,达到精准教学的目的.

3 课后

教师结合上课情况,编辑相应的课后练习,并设计一个开放性问题:能否继续改进本实验.学生做完相关常规习题后,通过查阅资料,搜集文献,对开放性问题进行设计,最后与课堂教学评价一起反馈到移动终端供教师查阅,为教师下阶段的教学提供良好的数据支撑.依托平板电脑等现代教育技术,使开放性问题能更加有效开展,有利于培养学生实验探究的科学意识,也有助于提高学生科学思维的核心素养.如课后学生提出^[2]:插4枚大头针的实验操作可用直线插针板进行代替(在画好直线的薄型泡沫直板上预先竖直插上两根大头针,方向确定只要在直线两端处记录两点并连成直线即可,如图7所示).

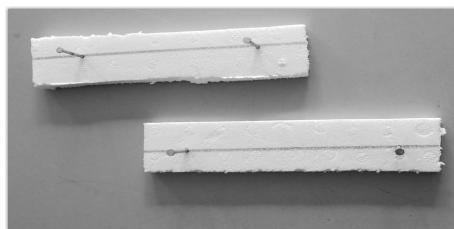


图7 学生实验拓展

4 结束语

基于精准教学的高中物理实验教学,改变了以往课堂上将准备好的新知识按计划地讲给学生,学生听讲记录,而是采取以学定教,利用现代多媒体技术手段采集和分析学生学习数据和照片,制订合适的教学策略.采用上传实时照片和课堂作答的方式,即动态伴随式学习评价,让教师实时掌握学生学情,实施相应教学过程,从而有效地开展了课堂教学.

参考文献

- 1 陈吉利.翻转课堂在中学物理实验教学中的尝试.物理教学探讨,2016(3):28~31
- 2 刘小兰,武银根.直线插针板和折射率尺.物理教学探讨,2018(6):46~47