

物理实验



# 基于 PBL 教学法的 LED 特征参量 测量实验教学\*

代 芮 陈 开 闫爱民

(上海师范大学数理学院 上海 200234)

(收稿日期:2022-03-10)

**摘 要:**实验教学是高中物理教学环节中重要的组成部分,能提升学生的学习兴趣 and 锻炼实验操作能力,其中将 PBL 教学法应用在高中物理创新实验教学中是非常有益的教学探索.以“发光二极管(LED)特征参量测量”实验为例,基于建构主义理论,运用 PBL 教学法将传统的验证性实验拓展成综合的创新实验,充分体现了 PBL 教学法在发挥学生主动性,提升学生创新能力和综合素养等方面的优势.

**关键词:**PBL 实验教学 LED

## 1 引言

作为高中物理课程的重要板块之一,实验课是培养学生综合能力的优质载体.提升高中物理实验的质量、注重实验对学生的启发性、加强理论知识与实际生活的联系是值得教育者关注的问题.然而由于课程负担、学业压力等多方面因素,传统的物理实验以原理验证性实验为主,课堂上通常采用教师演示、学生观察的灌输式模式教学,作为学习主体的学生仿佛游离于实验之外,参与度大打折扣,不利于培养学生的动手能力和创新思维. PBL(Problem-based learning)教学模式就是“以问题为基础的学习”,它最早诞生于北美各大学医学院的教学模式改革.1980年,美国的巴罗斯和泰姆莱恩在他们出版的《问题式学习——一种医学教学方式》一书中阐述了 PBL 教学模式的主要思想,它是一种以问题为基础,以学生为主体,以教师为导向的小组讨论式的教学方法,精髓在于发挥问题对学习过程的指导作用,进而达到学生主动学习、解决问题、完成预定目标的目的<sup>[1]</sup>. PBL 教学法目前广泛应用在各种不同的学习情境之中,得到了诸多领域的

认可<sup>[2~9]</sup>.

文献[4]对翻转课堂结合 PBL 在物理实验教学中的实践进行了总结和评价,认为翻转课堂结合 PBL 教学法从根本上改变了教学实践,优化了传统的教学方式,提高了学习效率.文献[6]通过教学实践发现,PBL 教学模式对学生在物理学习兴趣、提问意识、回答和解决问题的准确度以及公开发表个人见解 4 个维度的能力都有不同程度的促进作用.在物理实验教学方面,文献[7]针对传统大学物理实验教学模式对学生自主探究精神和创造力培养的欠缺,提出了一套把 PBL 与大学物理实验的现实条件相结合的教学方法.文献[8]将 PBL 教学模式迁移到物理课程中,提出了 PPBL(Physics problem based learning)教学方法,主要研究的是光学课程中应用的 PPBL 教学模式,针对物理专业本科教育中传统的“知识讲授型”教学模式所导致学生实践创新能力不足的根本问题,提出了解决方案.

本文以建构主义为理论依据,运用 PBL 教学法进行了有关 LED 光源特征参数测量的实验教学,主要针对在学习光学以及光谱相关知识的高中生或者

\* 国家自然科学基金资助,项目编号:61575124;上海市高等学校一流本科课程建设(光学)资助,项目编号:沪教委高(2021)5

作者简介:代芮(1999-),女,在读硕士研究生,研究方向为中学物理教育.

通讯作者:闫爱民(1976-),女,博士,教授,主要从事大学物理实验教学与研究.

大学生,希望把难度较高的物理科学知识通过结合生活实际、科学问题导引、动手实验、课后反思等教学手段化难为易,让学生在掌握科学知识的同时开拓眼界,激发对物理学习的兴趣,从而提高学生的科学素养.

## 2 实验设计背景

建构主义是在行为主义、认知主义后的又一学习理论,其代表人物布鲁纳认为学生在学习中的发现可以对学生产生影响.根据建构主义的观点,学生的学习属于主体对客观事物的主动建构过程,是以已有的经验为基础,通过与外界的相互作用来构成新的理解.在建构主义学习理论的指导下,教育模式逐渐革新.PBL教学模式也是受建构主义思潮影响而发展起来的.

PBL教学模式具有问题性、探究性、自主性、合作性的特征<sup>[1~3]</sup>.从活动结构上看,目前实践者们公认的是由巴罗斯系统化的标准结构和过程.后来随着实践的不断推进与深化,麦罗·希尔把问题式学习归纳为七步骤组成的活动结构,第一步是教师向学生展示问题情境,然后学生在问题情境中鉴别事实、提出问题、进行分析.在学生把问题理解透彻之后,就顺其自然地提出关于问题的假设,这时学生会发现自己目前的知识不足以解决问题,于是步入自主学习阶段.经过自主学习后,学生运用获得的新知识对他们之前确立的假设进行验证和评估,这就是解决问题的过程.最后,学生对他们在整个过程中获得的知识进行概括和总结.

我们发现在PBL教学活动结构中,学生对实验现象进行观察,根据已有的资料和工具进行学习、探索,对结果进行讨论与思考、假设和验证,也就是进行意义的建构.这和目前高中物理实验教学期望的学生学习过程不谋而合.因此本文以建构主义思想为理论指导,进行PBL教学模式下的实验教学.

## 3 PBL教学模式下的实验教学

### 3.1 实验教学目标

发光二极管,简称为LED,是一种常用的发光器件.它通过电子与空穴复合释放能量发光,可高效

地将电能转化为光能,在现代社会具有广泛的用途,如照明、平板显示、医疗器件等.LED的光学参数主要有光通量、发光效率、发光强度、波长等,尤其是发光强度的空间分布和光谱分布是实际应用中人们普遍关心的参数.因此,本实验的教学目标是让学生了解LED的发光原理,掌握测量LED发光强度空间分布特性的方法,锻炼学生的实验能力,培养学生的创新思维.

### 3.2 实验教学设计方案

基于PBL教学法的实验教学流程,如图1所示,包括3个环节:课前、课中和课后.

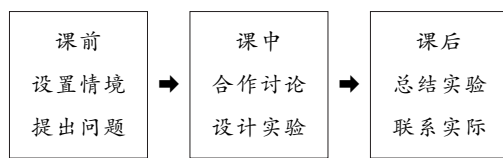


图1 教学流程

#### (1) 设置情境,提出问题

教师在课前需要预设实验情境,这是对实验的类别、目的、操作步骤和结果进行预先估计的过程.常见的实验类别有验证类实验、设计性实验、仪器使用训练实验等.本文采用的实验属于具有一定科普性质的设计性实验,学会测量LED灯珠的发光角特性测量,并用光谱测试仪测出LED光源的光谱,即光源的颜色进行精确判断,进而让学生对LED的光学性质有更加深入的了解,在此基础上教师可以引导学生进行适当的自主设计和探究.

LED灯珠属于常见光源,学生在日常生活中对LED并不陌生.确定实验类别和实验目的后,教师在课前要向学生进行“预告”,让学生通过自主学习的方式对实验涉及的未知概念进行调研.教师可以利用渐进式实验设计和控制变量的思想,让学生能由浅入深、由易到难、系统地归纳LED的发光特性.基于PBL教学模式提倡以问题为核心的思想,教师应为实验设置相关的情境和具有探究可行度的问题.

**问题1:**“LED灯珠在各个方向上发光强度有区别吗?”

**问题2:**“不同LED灯珠的偏差角会有不同吗?是否存在没有偏差角的LED呢?”

**问题 3:**“生活中常见的 LED 组成的灯组都是五彩斑斓的,不同颜色的 LED 其光谱分布会有哪些不同呢?你能用已知的不同色光对应波长范围预判光谱分布的形态吗?”

**问题 4:**“不同电压下的同一 LED 灯珠,其偏差角会有不同吗?如何测量偏差角?”

**问题 5:**“环境中的杂散光是否对测量 LED 角度特性和光谱特性产生了影响呢?如何尽量减少这种影响?”

### (2) 合作讨论,设计实验

在实验课上,学生将运用自己已有的知识,对提出的问题分析,界定探究方向.在这一过程中,学生会发现自身知识的不足.这时就需要在教师的帮助下,通过小组合作的方式自主学习,获取新知识,然后运用所学知识解决之前确定的问题.因此,教师应帮助学生了解仪器原理和使用方法.即在实验开始前,学生需要熟悉 LED 发光角度特性测试仪,知道它的各个部件如何安装和校准.明确何时光轴与机械轴重合,以及怎样测量机械轴与光轴之间存在的偏差角,并从偏差角的测量方法展开对半发光强度角的测量.对于 LED 光谱测试仪,学生需要利用计算机软件直接进行光谱采集.当更换不同颜色 LED 时,采集到的光谱也各有不同.峰值波长和光谱带宽等参数可以直接从软件中获取.

对于上文展示的 5 个问题示例,教师应允许学生自行讨论和设计实验方式.比如在进行 LED 角度特性测量的时候,学生可以用同一 LED 灯珠在不同电压下做几组实验,对比偏差角是否有不同;对于 LED 光谱,学生可以在已知灯珠颜色的情况下对 LED 发光光谱分布进行预判和猜想,然后用实验验证猜想,对比实验结果和猜想的相同与差异等.本环节教师要注意开放式讨论的应用,要利用自身的知识背景,对学生讨论的方向进行适时的引导.教师可以对学生讨论提出的科学问题大胆拓展,而并不局限于物理问题本身.这也是激发学生物理兴趣的途径之一.

### (3) 总结实验,联系实际

实验结束后,教师指导学生从实验中获得的数据进行分析,总结科学规律.并且引导学生反思实验

过程中存在的问题,经过讨论得出的实验设计是否存在可以改进的地方等.除此之外,教师可以对 LED 的应用进行拓展,发挥本实验具有的科普性质,增加理论知识与生产生活的联系.

### 3.3 实验原理

LED 发光强度的空间分布特性是指器件发射出的光强  $I_V$  与空间方向角  $\theta$  的函数关系<sup>[10]</sup>

$$I_V = f(\theta)$$

$\theta$  一般取为机械角,定义为器件几何尺寸的中心线或法线为其零度角,如图 2(a) 所示.在实际应用中,由于 LED 封装工艺问题可能使 LED 存在发出光强度最大的方向与机械轴不重合,产生如图 2(b) 所示的偏差角  $\Delta\theta$ .

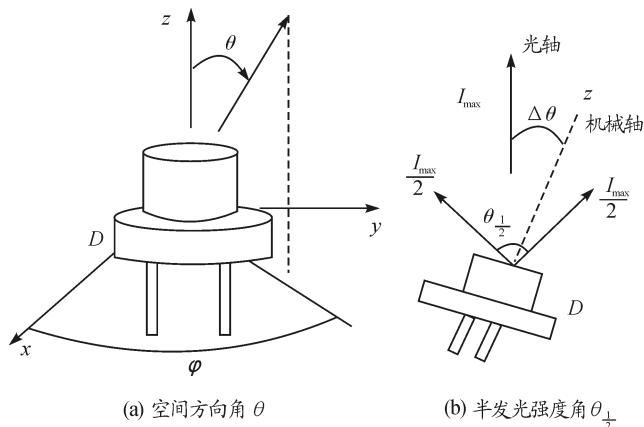


图 2 LED 发光的角度分布

半发光强度角是描述 LED 发光范围的参数,等于最大光功率一半的两个位置间的夹角,记为  $\theta_{\perp/2}$ ,如图 2(b) 所示.如果要获得更宽、更均匀的面光源,则 LED 半发光强度角  $\theta_{\perp/2}$  更大些;如果要半发光强度角  $\theta_{\perp/2}$  尽量小,使光能量集中,可在其头部用树脂加工成圆形,相当于凸透镜用来会聚光.

实验仪器采用 LED 发光角特性测试仪,如图 3 所示为测量 LED 发光角度特性的实验原理图<sup>[10]</sup>,PD 为硅光电池,通过光电转换测量光的强度,在仪器上显示为电压值.图中的 3 道光栏与硅光电池构成一个空间立体角,空间立体角的轴线是固定的,记为 PD 轴.LED 发光管的机械轴由其外形尺寸决定,夹持器具将其机械轴与 PD 轴共轴.LED 发出的光只有进入到标准立体角内的部分才能被硅光电池 PD 所接收.当安装在夹具上的 LED 灯发出的光沿  $z$  轴最大时表明它的光轴与机械轴重合,转动旋转度

盘使度盘刻度为 0, 观察并读出输出电压值. 然后再转动度盘, 边转动边读输出电压, 当数字输出电压的示值达到极值  $U_m$  时停止, 记录此时度盘的角度  $\alpha_m$ , 通过计算可求得 LED 的光轴与机械轴的偏差角  $\Delta\theta$ .

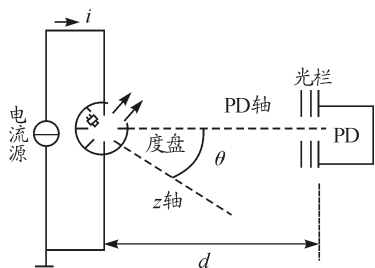


图 3 LED 发光角度特性测量原理图

### 3.4 实验结果

#### (1) LED 发光强度的空间分布特性测量

将 LED 正确接入安装底座并打开电源开关, 通过电流调节旋钮使电流不超过 20 mA 并不再改变, 转动 LED 夹具直到电压表读数最大时旋紧. 表格中的输出电压是光电探测器接收到 LED 发出的光后输出的电压值. 对于偏差角  $\Delta\theta$  的测量, 先转动旋转度盘使度盘刻度为 0, 此时电压值对应的是机械轴处的电压, 即表中的  $U_1$ ; 然后转动度盘, 转动的同时观察输出电压, 当输出电压达到最大值时, 记录此时输出电压为  $U_{max}$ , 此时度盘对应的角度为  $\alpha_m$ , 即光轴与机械轴之间的偏差角  $\Delta\theta = |\alpha_m|$ . 本实验测出的偏差角为  $3^\circ$ , 如表 1 所示.

表 1 LED 发光角特性测试的实验数据表

实验次数	$U_1 /$ mV	$U_{max} /$ mV	$\alpha_m /$ ( $^\circ$ )	$\alpha_L /$ ( $^\circ$ )	$\alpha_R /$ ( $^\circ$ )	$\theta_{\frac{1}{2}} /$ ( $^\circ$ )
1	12.1	13.5	-3.0	-12.6	2.6	15.2
2	14.0	15.6	-3.1	-12.5	2.9	15.4
3	16.2	17.9	-3.0	-12.5	3.0	15.5
4	18.2	19.7	-2.9	-12.4	2.9	15.3
5	18.9	21.4	-3.0	-12.4	3.0	15.4

半发光强度角  $\theta_{\frac{1}{2}}$  的测量与偏差角  $\Delta\theta$  的测量类似, 通过度盘的左右旋转, 找到输出电压为最大值一半的位置, 并记录下该位置对应的角度, 然后将两个角度  $\alpha_L$  和  $\alpha_R$  相减, 得到  $\theta_{\frac{1}{2}} = \alpha_R - \alpha_L$ . 本实验的半发光强度角  $\theta_{\frac{1}{2}} = 15.4^\circ$ , 实验数据如表 1 所示.

#### (2) LED 光谱分布测量实验

实验采用光谱测试仪测试 LED 灯珠的光谱分布. 首先将装有待测 LED 的灯座安装在光谱仪左侧的可调狭缝前, 将 LED 灯座电源线接入插孔, 开启电源总开关, 使之通电, 这样就安装好了测量系统.

光谱测试仪是利用 LED 发出的光经过狭缝入射到反射光栅上, 经反射分光后产生多色光带光谱, 再经过凹面反射镜汇聚到 CCD 上, 最后将数据送入计算机, 呈现谱图<sup>[10]</sup>. 将计算机中的数据导出, 利用 Origin Pro 软件作图如图 4 ~ 6 所示.

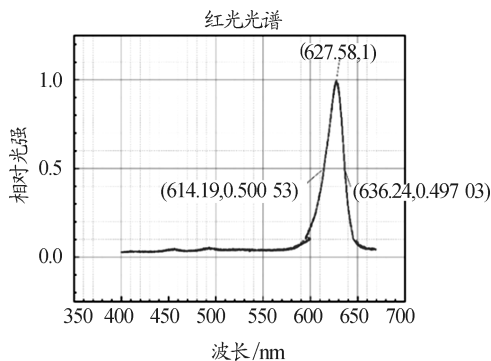


图 4 红光 LED 光谱

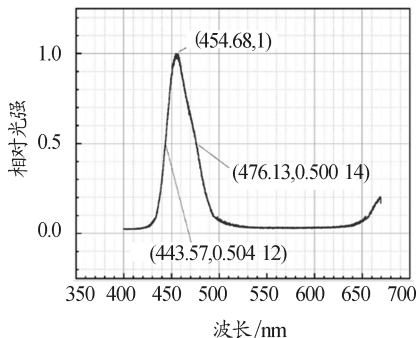


图 5 蓝光 LED 光谱

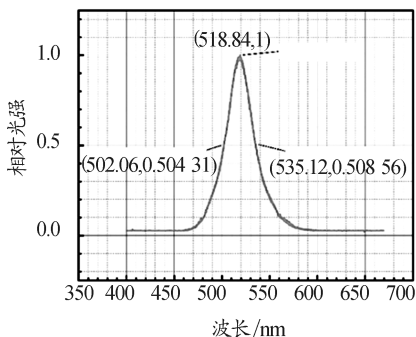


图 6 绿光 LED 光谱

本实验测试了红色、蓝色和绿色 3 种 LED 灯珠的发光光谱. 在光谱测试软件上, 通过标注功能可获取谱线上特定点的数据值, 横坐标表示波长, 纵坐标

表示归一化强度. 相对光强最大值对应的波长即为LED发光的中心波长, 3个LED的中心波长如表2所示.

表2 LED光谱测试仪实验数据

光的类型	中心波长 / nm	$x_1$ /nm	$x_2$ /nm	光谱半宽度 /nm
红光	627.58	614.19	636.24	13.05
蓝光	454.68	443.57	476.13	32.56
绿光	518.84	502.06	535.12	32.96

由表2的数据可见, 本实验测得的红光LED的中心波长是627.58 nm, 蓝光为454.68 nm, 绿光为518.84 nm, 与一般的红、蓝、绿光波长范围相符合. LED发光光谱半宽度就是指当光谱分布曲线的幅度衰减到峰值的 $\frac{1}{2}$ 时对应的谱线宽度. 测量时, 先将整个光谱曲线在计算机界面下显示出来. 然后, 计算光谱分布曲线的幅度(垂直坐标)衰减到 $\frac{1}{2}$ 所对应的相对光强数值, 利用标注功能得到测量点对应的横纵坐标, 可以计算LED光谱辐射半宽度的带宽 $\Delta\lambda$ 即为 $\Delta\lambda = x_2 - x_1$ . 本实验测得红光光谱半宽度为13.05 nm, 蓝光为32.56 nm, 绿光为32.96 nm.

#### 4 总结

本文以建构主义为理论基础, 结合PBL教学法进行了LED光源角度特性参数和光谱分布的实验教学设计, 引导学生通过提出科学问题、合作探究、

总结反思等途径, 理解科学知识, 扩展思维眼界, 达到理论与实际相结合、提升学生物理学科素养的目的. 本教学设计内容丰富, 具有一定的科普价值, 能充分培养学生的创新意识和探究能力.

#### 参考文献

- 1 Barows H S A. Taxonomy of problem-based learning methods [J]. *Medical Education*, 1986, 20(6):481 ~ 486
- 2 McParland Monica, Noble Lorraine M, Livingston Gill. The effectiveness of problem-based learning compared to traditional teaching in undergraduate psychiatry [J]. *Medical Education Volume*, 2004, 38(8): 859 ~ 67
- 3 连连. 国外问题式学习教学模式述评[J]. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2013(4): 126 ~ 133
- 4 赵国俭, 王旗. 翻转课堂结合PBL在物理实验教学中的实践[J]. 教育教学论坛, 2020(47): 226 ~ 228
- 5 刘燕辉. PBL教学模式在高中物理教学中的应用研究[D]. 广州: 广州大学, 2017
- 6 陈培兰, 朱巧萍, 陈荣达. PBL-CBL教学方法在高中物理课堂的应用——以“离心运动”为例[J]. 中学物理, 2021, 39(21): 35 ~ 37
- 7 华硕, 张天懿. 基于PBL的新型大学物理实验教学模式探索[J]. 大学物理实验, 2019, 32(3): 135 ~ 138
- 8 李金环, 王笑军, 王庆勇. PPBL教学模式在光学教学中的实践探索[J]. 物理实验, 2015, 35(8): 10 ~ 14
- 9 邱清芽, 刘坚辉, 张晓璇, 等. PBL模式在物理实验教学中的应用——以“旋转的液体探究安培力方向”为例[J]. 中学理科园地, 2022, 18(1): 29 ~ 34
- 10 王庆有. 光电技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008

## Experimental Teaching of LED Characteristic Parameter Measurement Based on PBL Teaching Method

Dai Rui Chen Kai Yan Aimin

(College of Mathematics and Science, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

**Abstract:** Experimental teaching is an important part of physics teaching in senior high school. It can improve students' learning interest and exercise their experimental operation ability. Among them, the application of PBL teaching method in Physics Innovative Experiment Teaching in senior high school is useful for teaching exploration.

(下转第103页)