物理与工程 Vol.36 No.2 2026

BOPPPS模式下“现代光电技术”课程的高效课堂教学设计
——以教学“光敏电阻的性质”为例

朱晨薇
（湖北工业大学机械工程学院，湖北 武汉 430068）

摘 要 本研究在BOPPPS模式框架下，深度融合问题解决循环（PSC）模型，提炼形成“目标导向-实验建模-迁移优化”的三维教学逻辑，构建了“知识理解环（BOPPPS）＋工程实践环（PSC）”的双环互动机制，应用于“光敏电阻的性质”课堂教学。通过整合情境导入、实验探究、理论分析与应用迁移，形成目标、参与、评价的闭环。实践表明，“BOPPPS＋PSC”的三维双环教学模式显著提升课堂效能：学生对光敏电阻特性认知准确率较传统教学提升19%，90%的学生能独立绘制“光照-电阻”曲线，超过80%的学生通过开放型任务达成“设计-调试-优化”完整工程体验，有效强化探究能力与工程思维。该模式为降低微观机理认知负荷、促进知识内化迁移及传感器类课程改革提供了有效路径。

关键词 BOPPPS模式；三维双环教学；光敏电阻；实验教学；工程思维
DOI：10.27024/j.wlygc.2025.06.18.02

EFFICIENT TEACHING DESIGN OF MODERN OPTOELECTRONIC TECHNOLOGY UNDER BOPPPS
—TAKING “THE PROPERTY OF PHOTORESISTOR” AS AN EXAMPLE

ZHU Chenwei
（School of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan, Hubei 430068）

Abstract This study combined the BOPPPS model with the Problem Solving Cycle (PSC) to create a three-dimensional double-loop teaching model, with goal-oriented, experimental modeling and transfer optimization. This model was applied to the teaching of “Properties of Photoresistors”. By combining situational introduction, experimental exploration, theoretical analysis, and application transfer, a closed-loop system of “goal-participation-evaluation” was established. The results showed that the “BOPPPS＋PSC” model significantly enhanced classroom effectiveness. Students’ understanding of photoresistor characteristics improved by 19% compared to traditional teaching. 90% of students could independently plot the “light-resistance” curve, and over 80% completed open-ended tasks involving “design-debugging-optimization”, enhancing their inquiry and engineering thinking. The model reduced cognitive load, supported knowledge transfer, and provided a practical path for sensor-related course reform.

Key words BOPPPS model; three-dimensional double-loop teaching; photoresistors; experimental teaching; engineering thinking

收稿日期：2025-06-18；**修回日期**：2025-08-26；**出版日期**：2026-03-30
通信作者：朱晨薇，m15615466930@163.com。
引文格式：朱晨薇. BOPPPS模式下《现代光电技术》课程的高效课堂教学设计——以教学“光敏电阻的性质”为例[J]. 物理与工程，2026，36(2)：136-141.
Cite this article：ZHU C W. Efficient teaching design of Modern Optoelectronic Technology under BOPPPS—Taking “The Property of Photoresistor” as an example[J]. Physics and Engineering, 2026, 36(2): 136-141. (in Chinese)

光敏电阻作为光电传感器的核心元件[1]，其教学需兼顾半导体物理的微观机理与工程应用的实践需求。然而，传统讲授式教学往往存在知识碎片化、学生参与度低等问题，导致学生对“光电导效应”等抽象概念理解不足。基于 BOPPPS 框架[2]，本研究深度融合问题解决循环(PSC)模型，提炼形成“目标导向-实验建模-迁移优化”的三维教学逻辑，构建了“知识理解环(BOPPPS)＋工程实践环(PSC)”的双环互动机制，如图 1 所示。通过 PSC 的问题定义、变量控制、数据建模、方案迭代四阶段，与 BOPPPS 的参与式学习、后测环节深度耦合[3,4]，既降低半导体物理的认知负荷[5]，又促进工程思维的系统化养成[6]。本文以“现代光电技术”课程的教学实践为基础，结合“光敏电阻的性质”教学设计，系统阐述“BOPPPS＋PSC”的三维双环教学模式在光学传感器课程中的实施策略与成效，以期为同类课程的教学改革提供理论支持与实践范例。

1 教学内容与学情分析

光敏电阻章节重点阐述其特性与工作原理，但内容偏重理论推导，缺乏直观实验支撑。学生群体为大学二年级学生，已具备欧姆定律等基础知识，但对半导体材料的载流子变化机制缺乏认知。学情调研显示，75％的学生认为“光照如何影响电阻”的微观过程较抽象，难以与实验现象建立直接关联。基于此，本课教学目标分为三个维度：知识目标要求学生掌握光敏电阻的定义与特性，能力目标强调通过实验探究分析规律，素养目标则聚焦于工程思维的培养。教学重点为光电特性与伏安特性，难点在于载流子浓度变化的微观机理。

为突破教学难点，教师需重构教学内容，将抽象理论与实验现象、工程实践紧密结合。例如，通过 PhET 虚拟工具仿真物体导电性能实验，帮助学生建立“光照强度—载流子浓度—电阻变化”的逻辑链条。此外，结合学生已有的电学知识(如欧姆定律)，增加开放型实验任务“光敏电阻智能控制系统”，培养跨学科能力，帮助学生达成完整工程体验。这种设计既符合学生的认知水平，又能通过实践深化理论理解。

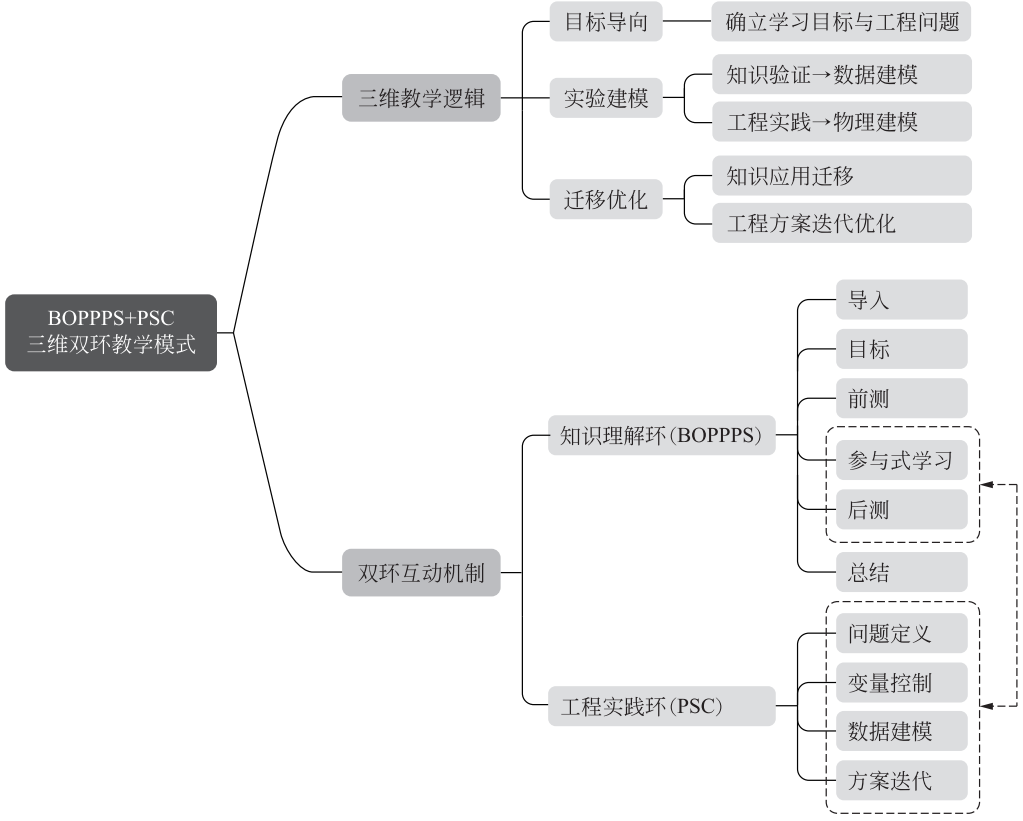


图 1 三维双环教学模式

2 教学实践设计与实施

本课程设计以 BOPPPS 六阶段模型为框架，整合问题解决循环（PSC）方法，建立覆盖课前、课中、课后的多维学习场域。通过结构化情境设计驱动学生全流程深度介入实验活动，显著提升学习投入度与课堂互动质量。本课程整体的教学实施过程如图 2 所示。

2.1 导入（Bridge-in）：情境创设，激发兴趣

生活实例导入与问题链设计。课程伊始，教师播放“商场自动门”的实景视频，展示光敏电阻在自动化场景中的应用。视频结束后，教师抛出问题：“这些设备如何感知光线变化并作出反应？”引导学生思考传感器在其中的作用。通过生活化场景的直观呈现，学生迅速建立学习兴趣，并意识到光敏电阻的实用价值。

互动讨论与知识连结。教师进一步提问：“除了自动门，你还知道哪些设备依赖光敏元件？”教师使用 Padlet 协作墙实时收集学生案例（如手机亮度调节等），自动生成关键词云图。当“光信号转换”被高频标注时，系统推送预置的光敏电阻应用原理动画。该方法实现了由生活场景到技术原理的可视化映射，使学生课堂参与度大幅提升。

目标引导与任务明确。在讨论基础上，教师明确了本课核心问题：“光敏电阻如何通过光照变化调控电路？其背后的物理机制是什么？”通过 PPT 展示问题，学生清晰了解本课学习目标，形成“问题驱动学习”的思维导向。

2.2 目标（Objective）：明确学习任务

知识目标细化与呈现。教师通过 PPT 展示本课知识目标：掌握光敏电阻的定义、光电特性及工作原理，理解光敏电阻的载流子变化机制。同时，强调开放型实验任务“光敏电阻智能控制系统”的要求，明确理论与实践的结合点。

能力与素养目标融合。教师提出能力目标：“通过实验探究光照对电阻的影响，设计数据记录表并分析规律。”并关联素养目标：“形成‘物理量



图 2 主要教学实施过程

转换'的工程思维,理解光敏电阻在自动化系统中的核心作用。"通过目标分层,学生既关注知识获取,又重视能力提升。

2.3 前测(Pre-assessment):诊断学情,激活旧知

前测问题设计与实施。教师发放前测问卷,包含两个问题:"列举三种常见传感器及其功能"与"简述欧姆定律的公式及物理意义",学生需在5分钟内独立完成。通过前测发现,85%的学生能列举温度、压力传感器,但对光敏传感器认知模糊;70%的学生能准确表述欧姆定律,但部分学生混淆了电流与电压的关系。

学情分析与教学调整。针对前测结果,教师快速调整教学策略:在虚拟仿真实验环节增加"传感器分类对比"讨论,强化光敏电阻的独特性;在理论讲解中融入欧姆定律的复习,确保学生理解伏安特性实验的设计逻辑。

旧知激活与情境衔接。教师通过提问:"若将光敏电阻接入电路,其阻值变化如何影响电流?"引导学生结合欧姆定律进行推理。学生初步推测"光照越强,电阻越小,电流越大",为后续实验验证埋下伏笔。

2.4 参与式学习(Participatory Learning):实验探究与理论深化

该环节是"BOPPPS+PSC"模式的核心,旨在通过动手操作与协作学习深化知识理解。本课程所涉及两个实验,其中"实验1:光敏电阻阻值测量"的设计强调"现象观察—数据记录—规律总结"的完整科学探究流程。学生以4人小组为单位,每组配备光敏电阻、万用表、可调光源及遮光罩。教师首先演示规范操作:将万用表调至欧姆档,红黑表笔分别接触光敏电阻两端,确保量程覆盖kΩ至MΩ范围。实验任务分为三步:(1)自然光环境测量:在教室常态光照下,记录阻值约为2kΩ;(2)遮光实验:用遮光罩逐步覆盖光敏电阻,观察阻值升至50kΩ;(3)强光照射实验:用手电筒近距离照射,阻值骤降至500Ω以下。

学生在数据记录表中绘制"光照强度-电阻"曲线时,发现两者呈现明显非线性关系:低光照区域电阻变化剧烈,而强光下趋于饱和。在实验1数据记录后,教师引导学生建立数学模型:设光照强度为E(lx),电阻为R(Ω),通过数据拟合发现二者符合幂函数关系$R=kE^{\gamma}$,γ通常在$-1\sim-0.5$之间。学生进一步讨论参数k(材料常数)与γ(非线性指数)的工程意义——如γ值决定器件的灵敏度区间,为光电开关阈值设计提供依据。此过程将实验现象升华为可量化工程模型,强化了由现象观察到数学建模,再到应用推导的完整科学探究链条。为弥补实体实验难以展示微观载流子运动的缺陷,学生随后操作PhET虚拟仿真工具(物体导电性能实验):自主调节电池电压,实时观测价带/导带的电子跃迁动画,同步解释光敏电阻受光照时会导电的原因,动态验证"光照强度-载流子浓度-电阻值"的定量关系,如图3所示。

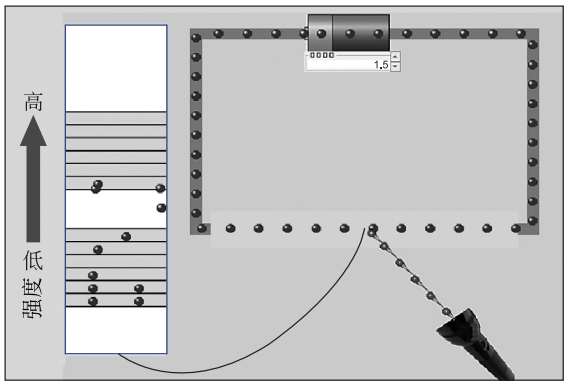


图3 PhET虚拟仿真工具

实验2:设计光敏电阻智能控制系统则聚焦于学生自主设计实验能力的培养。本实验分为三个阶段:第一阶段为"问题定义",学生分组调研光敏电阻在智能家居、工业自动化等领域的应用需求,定义具体问题(以"如何设计一个低成本的光控窗帘系统"为例);第二阶段为"自主探究",学生利用在线仿真平台设计电路,编写简易程序;第三阶段为"系统测试与优化",学生在真实环境中部署系统,记录数据并分析性能瓶颈。教师作为"脚手架"提供资源包(含传感器选型指南、代码模板)与咨询。

同时,为培养跨学科能力,该任务要求融合电子工程、计算机科学与产品设计知识。例如,在电路设计阶段,学生需根据光敏电阻的伏安特性选择合适电阻;而在编程阶段,则需利用C++实现光照强度与窗帘盒电机转速的线性映射。最终成果需提交系统原型、测试报告与设计说明书,并接受教师的评审。

该任务通过开放性问题与自主探究,激发了学生的自主探究式学习。例如,某小组在测试中发现系统在黄昏时分误触发,通过分析日志发现

是光照阈值设置过低，进而提出“动态阈值调整算法”，利用历史数据训练模型实现阈值自适应。这种从问题到解决方案的生成过程，体现了学生的高阶思维发展。

在完成实验与工程探究后，教师构建“光敏电阻”思维导图，系统整合核心特性：光电特性基于实验 1 的非线性曲线，强调低照度高灵敏度区间及其应用意义；温度特性结合仿真数据，点明高温导致暗电阻减小、灵敏度下降的工程影响；光谱特性则回顾原理动画，指出不同光敏电阻对某些特定光响应最敏感；伏安特性重申了线性工作区对测量准确性的重要性；而响应时间说明了光敏电阻反馈相对较慢的特点。同时，学生在“光敏电阻应用”分支补充“相机曝光控制”等实例，体现了知识迁移的效果。

2.5 后测（Post-assessment）：应用迁移，检验成效

为检验学生对光敏电阻核心特性，特别是温度特性的理解深度与应用迁移能力，后测环节引入了一个生活化案例：“小明制作的光控小夜灯虽能基本实现‘天黑亮灯’，却存在季节性问题：冬季寒冷夜晚常提前点亮（天未全黑即亮），夏季闷热傍晚则常延迟点亮（天已较暗仍未亮）。”教师引导学生分组对这一现象进行理论分析。

学生基于课堂所学，聚焦温度特性展开推理。他们回顾知识：低温显著降低光敏电阻的暗电阻值，而高温则可能增加其在弱光下的阻值或降低灵敏度。由此清晰诊断出问题根源：冬季低温导致暗电阻减小，在相同黄昏光照下，光敏电阻阻值低于预期，更容易达到原设定的“暗”触发阈值，故提前点亮；夏季高温导致其在相同弱光下阻值相对增大（或响应变差），更难达到触发阈值，故延迟点亮。

明确了问题在于温度变化导致阻值漂移干扰了固定阈值控制后，教师引导学生思考简易的工程优化方案。学生们认识到最直接的方法是调整触发阈值进行补偿：针对冬季问题，适当提高“暗”阈值，要求环境更暗（阻值更大）才触发，以抵消低温导致的暗电阻减小；针对夏季问题，适当降低阈值，使得在相对较亮环境下增大的阻值也能满足触发条件，确保及时点亮。学生们提出的参数调整策略是工程上应对环境干扰的实用基础策略，得到了教师的认可。该结果表明后测环节高效驱动了学生们的知识迁移，锻炼了问题诊断与提出简易工程对策的能力。

2.6 总结（Summary）：结构化梳理与拓展

知识框架系统化回顾。教师带领学生回顾光敏电阻的定义、特性及应用，强调“光电转换”的核心逻辑。通过提问“光敏电阻与热敏电阻的异同”，引导学生对比不同传感器的特性，深化知识迁移能力。

思维导图动态完善。学生根据课堂内容提交个人思维导图，标注特性间的关联（如温度特性对光电特性的影响）。教师选取优秀作品展示，并点评其逻辑性与创新点。并且基于课堂中“光敏电阻智能控制系统”的设计体验教师布置课后任务：“查阅光敏电阻在智能家居中的最新应用案例，并分析其技术原理。”鼓励学生结合本课知识探索前沿技术，培养信息整合能力。

3 教学效果与反思

3.1 教学效果

本课程通过“三维评估体系”量化教学成果：知识维度采用闭卷考试（40 分）与课堂问答（10 分），评估概念掌握；能力维度通过实验操作规范性（20 分）与项目理解创新性（15 分）评分；素养维度通过小组合作贡献度（10 分）与工程伦理意识（5 分）量化。

（1）知识维度：课后问卷显示，94％的学生认为 Padlet 协作墙导入“生动有趣，将课堂与生活融合了起来”，并且与传统教学模式相比，学生对光敏电阻的特性及应用场景的认知准确率提升了 19％；

（2）能力维度：90％的学生能独立完成“光照-电阻”曲线绘制，其中 71％的报告包含对异常数据的合理解释，较传统教学班的 45％显著提升；

（3）素养维度：92％的学生在开放式任务中体现了团队协作精神，较对照班的 74％提高 18％，并且超 80％学生达成“设计-调试-优化”的完整工程体验。

学生反馈进一步佐证了教学效果。课后访谈中，学生 A 表示：“通过开放式实际项目设计，我深刻体会到了理论知识的应用价值，尤其是在调试电路时，必须结合欧姆定律与半导体物理知识才能解决问题。”学生 B 提到：“小组讨论中，我学会

了倾听他人意见，并在冲突中达成共识，这种能力在传统课堂中很难培养。”此类反馈表明，学生已初步形成“理论指导实践—实践反哺理论”的良性认知循环。

3.2 教学反思与改进方向

“三维双环”模式虽显著提升了教学效能，但在认知负荷、师资协同、贡献量化三方面暴露出新挑战，需要进行系统性改进。

学生能力差异大，任务完成度两极分化。在开放实验任务中，如光控系统设计，30%基础较弱学生因同时调试电路、编程、算法感到吃力，而20%能力强的学生提前1小时完成并闲置。因此，后续可提供分层任务包，进一步提升教学质量：基础包，提供预焊接的光敏电阻模块，学生只需连接导线测量数据；进阶包，自主搭建电路，但提供代码模板（如温度补偿函数）；挑战包，完整设计智能光照系统，支持蓝牙远程监控。

实验课时不足，微观原理难深入。“物体导电性能”虚拟仿真虽已引入，但50%的学生反馈操作时间太短（仅15分钟/人）。为此，后续可将仿真模块嵌入超星学习通移动端，支持课后自主练习；同时增设课前预习微课（5分钟原理动画），确保课堂仿真高效进行。

评价标准模糊，小组贡献难量化。在开放实验任务中，教师发现同组个别学生参与度低，但报告无法体现。未来可推行“任务认领制”，即项目拆解为电路、编程、报告等子任务，小组内自主认领并公示，确保后续评价的全面性与客观性。

4 结语

本研究在BOPPPS模式框架下，深度融合PSC模型，提炼形成“目标导向-实验建模-迁移优化”的三维教学逻辑，并以知识理解环（BOPPPS流程）支撑基础认知，以工程实践环（PSC流程）驱动高阶思维。双环在实验建模与迁移应用环节的交叠，有效解决了“微观机理抽象性”与“工程需求复杂性”的割裂问题，为技术类课程提供“理论-实践-创新”三阶跃迁的教学新路径。实践表明，相较于传统教学班，学生对光敏电阻的特性及应用场景的认知准确率提升了19%。通过“PhET仿真+实体实验”的技术链条，实现微观机理-宏观现象-系统设计的无缝衔接。并且基于生成式学习理念的开放任务链，使超80%学生达成“设计-调试-优化”的完整工程体验。未来教学可进一步融合分层任务、任务认领制等思想，进一步助力学生核心素养的全面提升。

参 考 文 献

[1] 肖健，张校维，白浩芃，等. 基于硫化镉光敏电阻装置的溶液浓度测量[J]. 广西物理，2025，46(1)：14-16.
XIAO J，ZHANG J W，BAI H P，et al. Solution concentration measurement based on cadmium sulfide photoresistor device[J]. Guangxi Physics，2025，46(1)：14-16.（in Chinese）

[2] 陈静. “BOPPPS+演示实验”的大学物理教学改革实践研究[J]. 物理与工程，2025，35(2)：130-136.
CHEN J. A practical study on the reform of college physics teaching with “BOPPPS + Demonstration experiment”[J]. Physics and Engineering，2025，35(2)：130-136.（in Chinese）

[3] 何明睿，杨海彬. 基于OBE理念的大学物理混合式教学改革——以“角动量守恒”教学为例[J]. 物理与工程，2025，35(1)：102-107.
HE M R，YANG H B. Blended teaching reform of college physics based on OBE concept：taking the teaching of “conservation of angular momentum” as an example[J]. Physics and Engineering，2025，35(1)：102-107.（in Chinese）

[4] 刘琼玲. 课程思政理念下基于BOPPPS教学模式的导数概念教学设计[J]. 大学数学，2024，40(6)：110-117.
LIU Q L. Teaching design of the concept of derivative based on BOPPPS teaching model with ideological and political education[J]. College Mathematics，2024，40(6)：110-117.（in Chinese）

[5] 李兴悦，张志华，方恺. 混合现实技术在原子力显微镜实验教学的研究[J]. 物理与工程，2024，34(5)：204-210.
LI X Y，ZHANG Z H，FANG K. Research on mixed reality technology in atomic force microscopy experiment teaching[J]. Physics and Engineering，2024，34(5)：204-210.（in Chinese）

[6] 漆强，周建华，刘子骥，等. 基于新工科理念的“嵌入式系统设计”课程改革和创新[J]. 实验室研究与探索，2025，44(6)：162-166.
QI Q，ZHOU J H，LIU Z J，et al. Course reform and innovation of “embedded system design” based on the concept of new engineering[J]. Research and Exploration in Laboratory，2025，44(6)：162-166.（in Chinese）

■