

# 基于5E教学模式的大学物理实验教学设计

何爽, 韩笑, 刘乃嘉, 孙艳, 高源

空军航空大学, 吉林 长春

收稿日期: 2023年7月12日; 录用日期: 2023年8月10日; 发布日期: 2023年8月18日

## 摘要

基于对5E教学模式内涵的分析, 将其在大学物理实验中进行教学实践, 以具体实验项目为例详述具体教学环节的实施过程。实践表明5E教学模式可有效发挥大学物理实验课程内容特色的育人功能, 对培养学生自主学习能力和创新能力及严谨的科学精神有显著的促进作用。

## 关键词

5E教学模式, 大学物理实验, 教学设计

# College Physics Experiment Teaching Design Based on 5E Teaching Mode

Shuang He, Xiao Han, Naijia Liu, Yan Sun, Yuan Gao

Aviation University of Air Force, Changchun Jilin

Received: Jul. 12<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 10<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 18<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Based on the analysis of the connotation of 5E teaching mode, the teaching practice of 5E in college physics experiment is carried out, and the implementation process of specific teaching links is detailed by taking specific experimental projects as examples. The practice shows that the 5E teaching model can effectively exert the educational function of the characteristics of the college physics experiment course content, and has a significant role in promoting the cultivation of students' independent learning ability, innovation ability and rigorous scientific spirit.

## Keywords

5E Teaching Mode, College Physics Experiment, Instructional Design

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

物理学本质上是一门实验科学。物理实验是科学实验的先驱,体现了大多数科学实验的共性,在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。大学物理实验课程是高等理工科院校对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端,具有十分强的时代性和社会性。在培养学生严谨的科学态度、活跃的创新意识、理论联系实际、适应科学发展的综合应用能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用[1]。

基于大学物理实验课程地位和作用的重要性,着眼于人才培养需求,教师应当重新思考课堂教学模式,转变已往的“讲授+操作”流程式的做法,树立以学生为主体,培养自主学习意识和探究学习习惯,帮助学生进行自我知识构建,从而实现能力培养。为了更有效地发挥课程内容特色的优势,采用合理的教学模式推动课堂教学十分重要。如李等人提出基于物理问题的 PPBL 教学模式,充分调动了学生的学习积极性和主动性,培养了学生独立学习的能力及创造力[2];孙等人提出 3C3R 问题设计模型为 PBL 应用于实验教学提供了问题设计的流程和检测方法[3]。上世纪初,我国引入 5E 教学模式,许多研究者将这一模式在物理、化学、生物等各个科目进行教学实践[4][5][6]。该模式理论成熟完备,能够帮助学生自主构建核心概念,符合我国“立德树人”的教育理念。

5E 教学模式的优势和大学物理实验课程内容特色的有机结合,将有利于学生物理实验观念的培塑。因此本文首先介绍 5E 教学模式各个环节的内涵,并以《牛顿环与劈尖干涉》这一具体实验项目为例进行案例教学设计,阐述具体的课堂教学实践环节,使内容学习形成一个完整的闭环。

## 2. 5E 教学模式的内涵

5E 教学模式包括五个环节(见图 1),分别是“引入(Engagement)”、“探究(Exploration)”、“解释(Explanation)”、“拓展(Elaboration)”、“评价(Evaluation)”,并根据环节名称的英文首字母大写命名而来。5E 教学模式基于建构主义,创设问题情景,采用小组合作学习的方式,促进学生对知识的建构和概念的理解,形成新旧概念的冲突,引导学生将错误的迷失概念转化为物理科学概念。5E 教学模式的五个实施阶段相互影响且逐步递进,评价阶段贯穿整个教学过程。

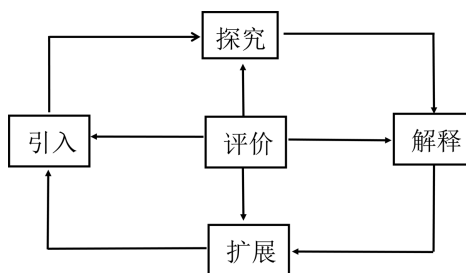


Figure 1. 5E teaching mode

图 1. 5E 教学模式环节

### 2.1. 引入

5E 教学模式的引入阶段为该教学模式的起始阶段。物理来源于生活,服务于生活,因此,在教学过

程中, 要将生活化教育渗透到物理实验课堂教学中。教学伊始创设生活化的物理情景, 将物理实验问题与生活实际问题结合起来, 其目的之一为激发学生学习的兴趣与求知欲望, 让学生带着问题和好奇心进入到接下来的学习之中; 另一个目的就是建立学生迷失概念的认知冲突情景, 激发学生的学习动机, 提高课堂效率和课堂教学质量。

## 2.2. 探究

5E 教学模式的探究阶段为该教学模式的核心阶段。此环节的目的在于帮助学生丰富感性认识, 获得新知, 进而完成知识的建构。为了达到此要求, 关键要转变传统的教师与学生的关系, 避免注入式教学, 树立以学生为中心的主体原则。教师基于所设置的物理情景提出问题, 引导学生明确探究任务, 学生通过实验探究和小组合作等方式进行探究, 由此调动学生的学习积极性和主动性, 提高自身的探究能力、思考能力、合作能力和沟通能力, 形成良好的思维品质和创新精神。

## 2.3. 解释

5E 教学模式的解释阶段为该教学模式的关键阶段。此环节的目的在于帮助学生解决原有的认知冲突, 教师基于问题解决策略引导学生共同讨论所探究的原理、实验情况以及注意事项, 解释对概念原理及探究过程的理解, 让学生吐露其内隐的思维过程。教师对学生所做出的初步解释进行补充, 指出其中存在的错误, 并给出科学解释、专业术语或者概念。在学生的整个表述过程中, 教师可以对其思维过程进行监控、调节, 根据所获得的反馈做出相应的修正或调整, 使得学生的思维过程能保持动态变化。

## 2.4. 拓展

5E 教学模式的拓展阶段为该教学模式的应用阶段。此环节的目的在于对学生的知识与技能进行延伸, 加强学生对所学内容的理解, 提高学生学以致用和举一反三的能力。教师不仅要做出课堂练习的及时反馈和知识点的拓展迁移, 帮助学生全方位理解新知识。而且要构建新旧知识的联系, 对内容进行整合和升华, 拓宽知识面, 培养学生的发散性思维。

## 2.5. 评价

5E 教学模式的评价阶段为该模式的反思阶段。此阶段的目的是使学生对探究过程和知识点进行反思和巩固。教师在评价阶段选择多元的、合适的评价方式, 判断学生是否已达到本节课的教学目标。对于学生来说, 评价可以帮助学生认识到自己的问题所在; 对于教师来说, 评价可以使教师得到及时的教学反馈, 为后续教学进程的调整提供依据。评价过程并非只存在于课堂的末端, 而是贯穿于整个课堂之中, 各个教学环节中教师都需要设置相应的评价方式, 从多种角度去评价学生。

为了能够更加清晰地展示 5E 教学策略在大学物理实验教学中的运用, 下面以我校开设的《牛顿环与劈尖干涉》实验为例, 详细阐述基于 5E 教学策略的大学物理实验课程教学设计。

## 3. 融入 5E 教学模式的大学物理实验教学案例探讨

实验物理以理论物理为基础, 区别于理论课的学习不仅在于实践能力的培养, 更重要的是启迪思维构建, 因此在教学实施过程中要贯彻“实验建模”的教学理念[7]。教学模式的应用将有效推进实验建模的进程用以解决实验问题。《牛顿环与劈尖干涉》是一项综合性实验, 实验目的即是构建实验模型实现透镜曲率半径和薄片厚度的测量。教学过程中仅对牛顿环平凸透镜曲率半径的实验建模过程进行详细的引导, 利用劈尖装置测量薄片厚度作为学生自主探究内容完成, 学生可依据一个实验任务实验建模过程类比完成另一个实验任务, 由此作为阶段性任务评价方式。下面将对利用牛顿环测量平凸透镜曲率半径

的实验建模过程进行介绍。

### 3.1. 引入

生活中会看到阳光下的肥皂泡，昆虫的翅膀，照相机的镜头和夏天戴的墨镜都呈现出一定的颜色。提出问题：为什么会看到这种现象呢？(见图 2)。

以图片的形式展现生活中常见的现象引发学生的学习兴趣，学生会依据已有知识判定这些现象产生的原因，但是在利用已学知识去解释时还缺乏一定的准确性。由这些现象启发学生从等厚干涉原理出发尝试解释，进一步引出本次实验仪器牛顿环和劈尖装置，指出本次实验的目的即是利用干涉原理实现透镜曲率半径和薄片厚度的测量。在此环节激发学生的学习兴趣，启发学生有计划地开展学习。

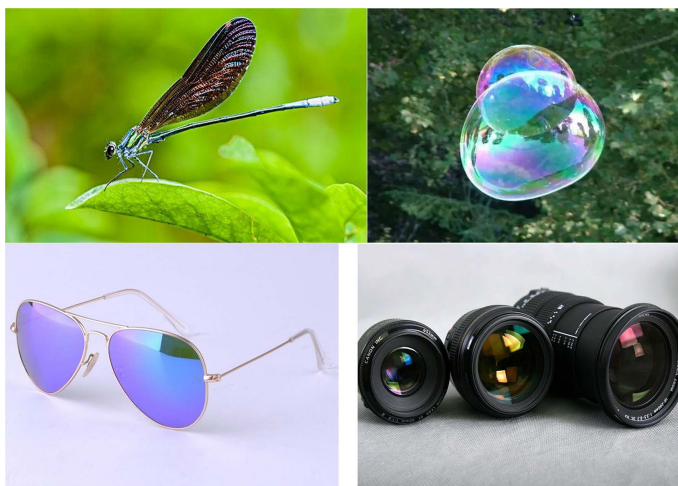


Figure 2. Interference in life  
图 2. 生活中的干涉现象

### 3.2. 探究

采用基于问题解决的方式引导学生完成自主探究内容，本实验中自主探究任务分为基础任务和进阶任务，基础任务的目的是引导学生掌握实验仪器的基本结构和调节方法，以明确的仪器调节步骤引导学生自主完成光路搭建、观察实验现象，同时对关键调节步骤设置思考题，引导学生明确调节的目的及意义。进阶任务的目的是引导学生掌握实验仪器的使用方法，结合仪器结构和直观的实验现象构建实验模型实现透镜曲率半径的测量，具体的自主探究内容如表 1 所述。针对所设置的问题采用小组合作学习讲解的方式以及雨课堂信息化教学手段评价其探究内容的完成情况。既培养了学生的合作探究和表达能力，又有效地推动了课堂教学的进程。

Table 1. Explore the task content independently  
表 1. 自主探究任务内容

基础任务：掌握实验仪器的基本结构和调节方法		
实验光路搭建步骤	问题设置	调节意义
1) 打开钠光灯预热	光源使用注意事项？	光源的规范使用
2) 正确放置牛顿环，固定螺丝不要旋太紧	螺丝旋过紧会有什么影响？	仪器调节的适度原则

## Continued

3) 调节读数显微镜的目镜,使十字叉丝清晰		十字叉丝在测量中的作用
4) 调节 45°反射镜的角度,同时调节钠光灯出光口高度	如何让钠灯垂直照射到牛顿环上?	光路搭建的目的
5) 自下而上调节调焦手轮,使干涉条纹清晰	为什么“自下而上”调节?	仪器的规范使用

进阶任务:掌握仪器的使用方法,初步建立实验模型

问题设置	学习目标
1) 归纳观察到的干涉图样的特点规律	说明等厚干涉基本原理及牛顿环干涉图样的特点规律
2) 读数显微镜如何读数? 尝试读取一个数据	说明读数显微镜的使用方法
3) 测量透镜的曲率半径需要测量哪些量?	利用等厚干涉原理建立测量透镜曲率半径的实验模型

## 3.3. 解释

单色光照射到牛顿环装置上会形成明暗相间、内疏外密的同心圆环,且理论分析中心应当为暗斑。结合牛顿环装置的结构和所观察到的干涉图样的特征,基于干涉原理应用图 3 所示几何关系,取合理近似,学生可建立测量平凸透镜曲率半径的实验模型为:

$$R = \frac{r_k^2}{k\lambda} \quad (1)$$

其中  $R$  为透镜的曲率半径,  $e$  为空气薄膜厚度,  $r_k$  为第  $k$  级暗纹的半径。

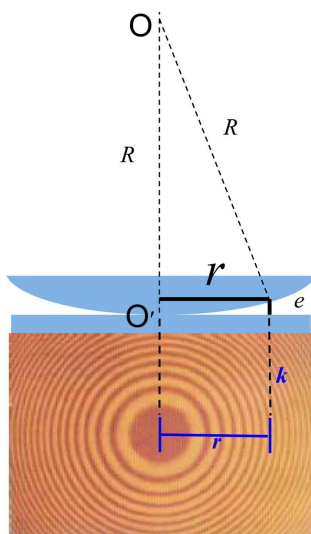


Figure 3. Geometric structure diagram

图 3. 几何结构图

针对学生构建的理论模型提出问题:“理论模型在测量过程中有没有什么问题呢?”激发学生理论联系实验的意识。归纳梳理学生在实验中观察的实验现象如图 4 所示,引导学生从干涉原理分析产生不完整干涉图样的原因。小组合作分析现象产生原因,教师进行归纳并针对学生构建的理论模型进行引导

式分析, 如实验中的干涉图样会导致干涉条纹级次  $k$  数不准, 暗纹半径  $r$  无法确定, 这些误差会产生一个附加光程差  $\pm a$ , 考虑附加光程差的影响再结合上述几何模型可得到修正的实验模型为:

$$R = \frac{r_k^2}{k\lambda \pm 2a} \quad (2)$$

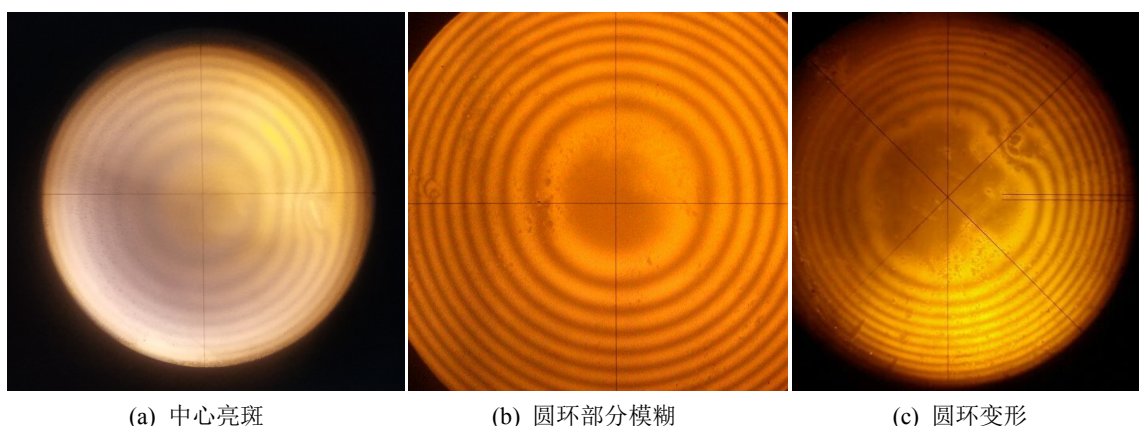


Figure 4. Interference pattern  
图 4. 干涉图样

分析实际测量条件后得到的测量模型仍无法解决实际测量问题, 需要进一步对测量模型进行修正, 具体解决方案如表 2 所示。

Table 2. Modified experimental model  
表 2. 修正实验模型

测量问题	解决方案	修正模型
1) 存在附加光程差	测量两个暗环代替测量一个暗环	$r_m^2 = m\lambda R \pm 2aR$ $r_n^2 = n\lambda R \pm 2aR$
2) 级次不确定	测量相对级次差代替绝对级次	$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$
3) 半径测不准	测量暗环直径代替半径测量	$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda}$

解决上述实际测量问题后获得最终的实验测量模型为:

$$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} \quad (3)$$

实验测量模型的构建过程展现了发现问题、分析问题和解决问题的思路方法, 由实验现象分析具体的实际问题, 根据所获得的反馈做出相应的修正和调整, 使得学生的思维过程能保持动态变化, 提高理论联系实际的能力, 强化了学生对问题的分析能力。

### 3.4. 扩展

知识的拓展对学生的学习来说是至关重要的。这一环节的主要任务就是理论联系实际, 将内容进行

整合和升华, 拓宽知识面。本次实验的拓展主要分为两方面:

1) 从实验条件的改变上进行拓展

① 关于光源的改变: 实验中采用低压钠灯这一单色光源, 若换成复色光源会观察到什么实验现象? 进一步解释蓝彩碟和彩色肥皂泡形成的原因。

② 关于介质问题: 若将牛顿环装置中的空气薄膜换成液体薄膜, 理论分析干涉条纹的变化情况? 进一步解释墨镜和照相机镜头制作材料的选择, 延伸至飞行员墨镜及宇航员头盔的材料功能。

2) 工程中的应用

利用牛顿环检验球面的平整度, 如将标准验规与待测透镜组成牛顿环装置, 通过观察干涉图样的形状检验透镜的平整度是否符合标准。利用劈尖装置测量细丝直径、角度的微小变化、检验光学平面的平整度等。就地取材做实验, 布置自主实验项目“利用牛顿环装置测量液体折射率”引导学生意识到生活与实验是密不可分的, 生活处处有物理。同时, 也锻炼了学生从物理学视角看待生活的意识和能力, 培养学生的探究与创新精神, 进行后续的深入学习。

### 3.5. 评价

本实验设计中评价位于教学环节的各个部分, 具体环节中实施的评价如图 5 所示, 采用四种方式对学生的学习情况进行评价。第一采用信息化教学手段即依托雨课堂适时发布检测题, 强调知识点的掌握和运用; 第二鼓励小组合作学习解决实验测量模型的构建问题, 培养团队协作和表达能力; 第三设置自主实验主题, 延伸所学内容培养学生学以致用能力; 第四以撰写实验报告作为该实验项目学习的整体评价, 实验报告涵盖整个实验内容, 且重在考察学生实验数据的处理和误差分析能力, 完整巩固所学内容, 引导学生体会科学探究的严谨性和实事求是的态度。贯穿整个课堂的多元化评价方式, 可实现知识阶段注入, 促使能力梯次生成, 有效保障教学效果。

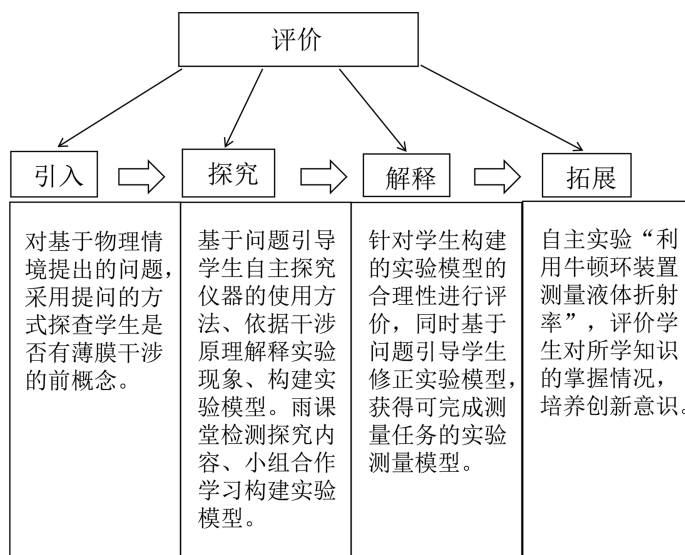


Figure 5. Evaluation link diagram

图 5. 评价环节示意图

## 4. 结束语

5E 教学模式为大学物理实验教学构建了更为自主的课堂模式, 在遵循教学设计的一般原则性下, 发挥各教学环节的作用, 使大学物理实验教学形成一个闭环, 培养学生的自主建构能力和反思评价能力。

在自主探究和小组合作学习过程中学生的观察、实验、推理等能力得到相应的提升,促进物理实验观念的生成。为培养学生严谨的科学态度、活跃的创新意识、理论联系实际、适应科学发展的综合应用能力等方面起到了促进作用,实现知识传授、能力培养、价值塑造三位一体的全方位育人的效果。

## 参考文献

- [1] 霍剑青. 大学物理实验课程教学基本要求的指导思想和内容解读[J]. 物理与工程, 2007(1): 5-9.
- [2] 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.
- [3] 孙艳, 高源, 于丹. 基于 3C3R 模型的大学物理实验教学设计[J]. 科教导刊, 2021(4): 139-141.
- [4] 张建. “蛋白质工程的崛起”一节的教学设计[J]. 生物学教学, 2020, 45(2): 32-34.
- [5] 李聪, 谌文强, 吴昇宇, 等. 5E 教学模式在高中有机化学教学中的实践与探索——以羧酸为例[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2017, 34(2): 146-150.
- [6] 林小娇. 5E 教学模式在初中物理教学中的应用——以“蒸发”教学为例[J]. 物理教学, 2018, 40(1): 54-55+62.
- [7] 何焰兰, 彭刚, 欧阳建明, 等. 如何建设好实验 MOOC——以《大学物理实验》MOOC 建设为例[J]. 物理实验, 2019, 39(8): 37-44.