

# BOPPPS教学模式在傅里叶光学实验课程中的应用研究

陈鑫麟, 熊 威, 韩 翔

国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙  
Email: xlchencs@163.com

收稿日期: 2021年4月21日; 录用日期: 2021年5月17日; 发布日期: 2021年5月25日

---

## 摘 要

本文将BOPPPS教学模式引入到“傅里叶光学实验”的教学实践中,以“基于傅里叶变换的图像识别方法”为实例,从导入、目的、前测、参与式学习、后测、总结六个方面进行课堂教学设计,通过互动式的学习增强学生的主动性和积极性。教学实践表明,通过引入BOPPPS教学模式,学员在实验过程中的参与度更高,能更好地引导学生发散思维,有效地提高了教学质量。

## 关键词

BOPPPS, 傅里叶光学, 图像识别

---

# The Application Research of the BOPPPS Instructional Model in Fourier Optics Experiments Course

Xinlin Chen, Wei Xiong, Xiang Han

College of Advanced Interdisciplinary Studies, National University of Defense Technology, Changsha Hunan  
Email: xlchencs@163.com

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2021; accepted: May 17<sup>th</sup>, 2021; published: May 25<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

The BOPPPS instructional model is introduced into the Fourier optics experiments course. The image recognition technology based on Fourier optics is set as the core of the experiments course. Six pedagogical steps, including Bridge-in, Objective, Pre-assessment, participatory learning,

Post-assessment and summary, are carefully designed. The initiative and enthusiasm of the students are greatly enhanced through interactive teaching. The teaching practice shows that students are more involved in the experiment process when introducing BOPPPS instructional model. It is also helpful for the divergent thinking of students. The teaching quality has been greatly improved.

## Keywords

BOPPPS, Fourier Optics, Image Recognition

Copyright © 2021 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

“傅里叶光学实验”是光学工程专业本科实验的重要组成部分之一，该实验不仅对于学生动手能力有一定要求，还需要有一定的理论基础，熟悉光学傅里叶变换的相关概念。在课堂教学中，很多教师无法做到理论推导与实践相结合，学生往往做完实验后仍无法将实验现象和理论联系起来，达不到加深对光学傅里叶变换理解的目的，教学也就失去了其本来的意义。

BOPPPS 教学模式源于加拿大的教师技能培训，是一种以教学目标导向、以学生为中心的教学模式[1]。它由导入(Bridge-in)、目的(Objective)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory Learning)、后测(Post-assessment)、总结(Summary)六个教学环节组成[2]。与传统教学模式相比，BOPPPS 教学模式更强调参与式教学，即根据学生课堂反馈情况对教学内容进行调整，目的在于激发学生学习的好奇心，从而提高教学效果。

本文针对“傅里叶光学实验”课程中出现的问题，将 BOPPPS 教学模式引入课堂教学设计中，将课堂内容分割为六个环节，每个环节之间互相承接，进行教学实践改革探索。

## 2. 傅里叶光学实验教学内容

### 2.1. 光学傅里叶变换

光学信息处理是利用光学傅里叶变换效应进行信号的提取、传输及处理的一门学科[3][4]，其中透镜的光学傅里叶变换是光学信息处理技术的核心。

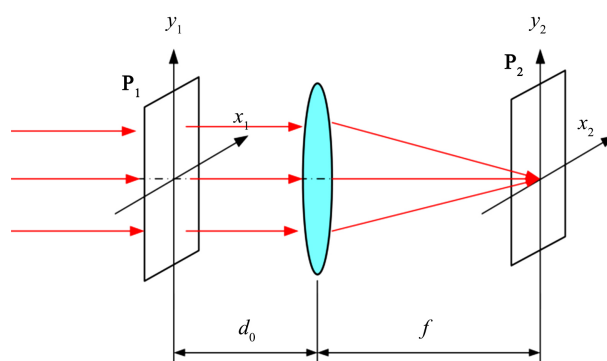


Figure 1. The optical path Fourier transform

图 1. 傅里叶变换光路

利用透镜实现光学傅里叶变换的原理如图 1 所示, 平行光经过物平面  $P_1$  后, 利用透镜聚焦到焦平面  $P_2$  上, 其中  $d_0$  为透镜和物平面之间的间距,  $f$  为透镜焦距。  $P_1$  平面上的复振幅分布可表示为[5]:

$$f(x_1, y_1) = A(x_1, y_1) \exp[-j\varphi(x_1, y_1)] \quad (1)$$

式中  $A(x_1, y_1)$  为振幅,  $\varphi(x_1, y_1)$  为输入图像的相位。经过透镜聚焦后, 在焦平面上的光场分布可表示为

$$U_f(x_2, y_2) = \frac{1}{j\lambda f} \exp\left[j\frac{k}{2f}\left(1 - \frac{d_0}{f}\right)(x_2^2 + y_2^2)\right] F\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) \quad (2)$$

其中,

$$F\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) = F(u, v) = \iint (x_1, y_1) \exp[-j2\pi(x_1 u + y_1 v)] dx_1 dy_1 \quad (3)$$

式中  $u = x_2/\lambda f$ ,  $v = y_2/\lambda f$  为空间频率坐标,  $\lambda$  为入射光波长。从上式可以看出, 在透镜的焦平面上, 我们可以观测到输入图像的傅里叶变换图像。

在实验过程中, 可在物平面上加载不同图像, 如圆孔、方孔和双缝, 观察其傅里叶频谱。

## 2.2. 相关图像识别

定义两个函数  $f(x, y)$  和  $g(x, y)$  之间的相关运算[6]:

$$f(x, y) \star h(x, y) = \int \int_{-\infty}^{\infty} f^*(\alpha - x, \beta - y) h(\alpha, \beta) d\alpha d\beta \quad (4)$$

式中\*表示函数的复共轭, 相关运算可以用来标准两个函数的相似程度, 两函数越相似, 相关运算的值越大。

相关图像识别的原理如参考图像和图 2 所示, 将参考图和目标图对称放置于输入平面的光轴两侧, 且间距为  $2b$ 。目标图和参考图分别用  $f(x, y)$  和  $h(x, y)$  表示, 则输入函数可记为

$$g(x, y) = f(x + b, y) + h(x - b, y) \quad (5)$$

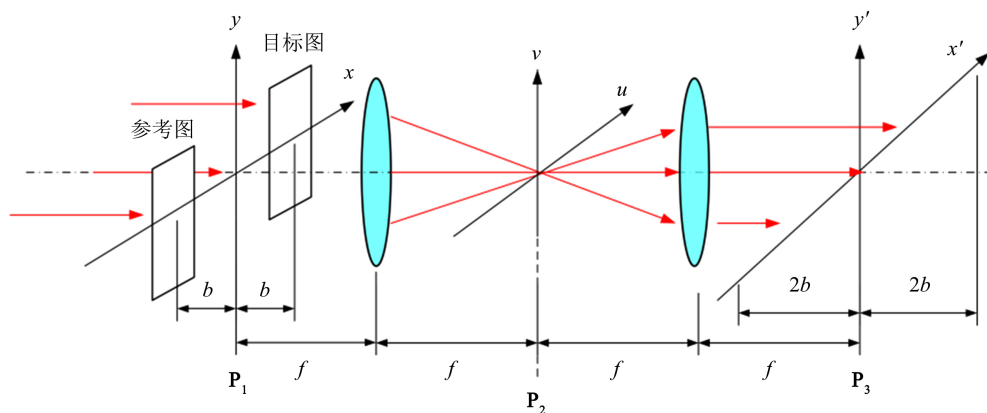


Figure 2. Principles of related image recognition

图 2. 相关图像识别原理

经透镜傅里叶变换后, 在焦平面上的频谱为:

$$G(u, v) = F(u, v) \exp[j2\pi bu] + H(u, v) \exp[-j2\pi bu] \quad (6)$$

再次经透镜进行傅里叶变换后在输出平面  $P_3$  得到:

$$\begin{aligned} g'(x', y') = & f(x', y') \star f(x', y') + h(x', y') \star h(x', y') \\ & + f(x', y') \star h(x', y') * \delta(x' - 2b, y') \\ & + h(x', y') \star f(x', y') * \delta(x' + 2b, y') \end{aligned} \quad (7)$$

式中  $(x', y')$  为  $P_3$  平面上的坐标, 前两项分别为  $f(x', y')$  和  $h(x', y')$  与自身的相关运算, 位于输出平面中心位置; 后两项表示  $f(x', y')$  和  $h(x', y')$  之间的相关运算, 其中心位于  $(x' = \pm 2b, y' = 0)$  位置, 因此, 当目标图和参考图越相似,  $(x' = \pm 2b, y' = 0)$  位置的一级谱越明显, 反之, 则一级谱越弱。

在实验过程中, 可在物平面上放置相似度不同的目标图, 如“光”“光”和“光”“睿”, 通过测试其一级谱的亮度, 判断两个图像的相似度。

### 3. BOPPPS 教学环节设计

傅里叶光学实验课程一共 90 分钟, 前 30 分钟为理论讲解及实验操作讲解, 后 60 分钟为学生实验操作。本文将分别从导入、目的、前测、参与式学习、后测、总结六个环节对傅里叶光学实验课进行教学设计, 激发学生的好奇心, 提升上课积极性, 从而提高教学效果, 达到预期教学目标。

#### 3.1. 导入

为了从实验课程开始阶段就吸引学生注意力, 挑起学习欲望或主动性, 从目前热门的人脸识别技术导入, 要求学生提出当前人脸识别的应用场景, 思考人脸识别的原理及技术要求。人脸识别的基本原理, 是通过提取预存到系统的人脸信息, 作为参考, 并与目标人脸进行对比, 并通过人工智能技术对参考信息和目标人脸进行对比, 从而达到人脸识别的目的。基于傅里叶变换的相关图像识别技术, 可以对比参考图和目标图之间的相似性, 在人脸识别领域具有重要的意义[7]。

本环节从学生最熟悉同时也是最感兴趣的人脸识别技术出发, 探讨光学傅里叶变换及相关图像识别的应用, 能有效激发学生的主动思考, 相对于传统上直接宣讲光学傅里叶变换公式和相关图像识别原理, 能更有效地引起学生的共鸣, 此后再进行光学傅里叶变换理论学习和实验操作, 往往能达到事半功倍的效果。

#### 3.2. 目的

本科生实验课程的目的是为了加深学生对相关理论的理解, 并与实际应用相结合。本实验中, 通过上一阶段的导入, 充分调动了学生的学习热情, 下一步将在学习之前确定有效的学习目标, 从而使学生在理论学习和实验过程中带有明确的目的, 从而提高学习效率。

本实验的目的主要包括两个部分:

一是重温傅里叶变换的相关理论, 并通过光学傅里叶变换实验, 使学生进一步加深对相关理论的理解, 达到理论与实际相结合、共同提高的目的。

二是通过相关图像识别实验, 深化学生对傅里叶变换及其应用的理解, 提高其应用实际理论解决问题的能力。

#### 3.3. 前测

前测的目的, 是通过提问的方式, 让老师就能有效结合每一个学生实验的具体情况, 调整后续教学方法, 进而真正做到以学生为中心, 让每一个学生都能有所收获。可以提前布置预习题, 并在课堂上了解学生的预习情况。本实验中, 需要重点了解光学傅里叶变换的基本原理, 因此, 可以布置开放性的问

题，如“什么是傅里叶变换？什么是光学傅里叶变换？它有哪些应用？”。通过开放性的问题，达到测试学生前期准备情况的目的。也可以针对实验中的具体操作进行提问，如“高斯滤波器出光为发散的高斯光束，怎么对其进行准直？”，从而检测学生解决实际问题的能力。

前测能使学生在提前预习傅里叶变换的基础知识，提高课堂效率，深化理解，同时，也能加深对每个学生的了解，真正做到因材施教。

### 3.4. 参与式学习

参与式学习是 BOPPPS 教学模式的核心环节，在这一环节中，老师根据前测中掌握的学生实际情况，采用不同的方法与不同的学生进行互动式交流，让每一个学生都能学有所用。在实验课堂中，参与式教学的目的是要在实验过程中启发学生的思考，而不是机械式的照搬实验步骤。

如在傅里叶变换实验过程中，需要学生通过实验了解不同图像的傅里叶频谱，在实验环节，还可加入参与式学习环节，让学生分析双缝间距、缝宽对傅里叶频谱的影响。双缝图样及其傅里叶频谱如图 3 所示。



Figure 3. (a) Double-slit pattern; (b) Its Fourier spectrum  
图 3. (a) 双缝图样; (b) 双缝图样的傅里叶频谱

### 3.5. 后测

这一环节的主要目的是检查学生是否真正完成目标，好的后测不仅能让对自己的学习状态和学习效果有准确的认识，同时还有助于老师根据教学的效果改进前面的“导入”“目的”“前测”“参与式学习”四个环节的教学设计，因此，后测对于 BOPPPS 教学模式的改进和优化也至关重要。

在后测环节中，主要针对前面“目的”环节提出的学习目标进行检查，即检查学生对于傅里叶变换原理的理解，以及理论和实践结合的能力，提出的问题包括：

- 1) 圆孔的傅里叶变换中，圆孔尺寸对傅里叶变换后的频谱图有什么影响？为什么？
- 2) 对图像进行傅里叶变换时，空间光调制器是否需要放置在傅里叶透镜的前焦面处？请说明理由。
- 3) 相关图像识别实验中，+1 级光强所占比例和-1 级光强所占比例是否相等？如果不相等，这是由什么原因造成的？
- 4) 光学傅里叶变换还有哪些应用，请举例说明。

后测的评价指标，主要包括三个层次：第一层次，认知域低层次，学生能初步理解光学傅里叶变换的原理；第二层次，认知域高层次，学生再理解傅里叶变换原理的同时，能与实践项结合，介绍实验中的一些实验现象；第三层次，技能域，在第二层次基础上，学生能发散思维，提出傅里叶变换的其它应用，并设计实验方案。

### 3.6. 总结

在实验完成后，需要预留几分钟时间，以供老师和学生共同梳理本实验中的知识脉络以及实验细节，

进一步巩固学习目标。同时，还可以布置实验报告，也有利于学生自己进行总结，增强学生们的总结归纳能力。

#### 4. 结束语

本文将 BOPPPS 教学模式应用到本科生“傅里叶光学实验”的教学实践中，以“基于傅里叶变换的图像识别方法”为实例，从导入、目的、前测、参与式学习、后侧、总结六个方面进行课堂教学设计，从各个环节激发学生的学习兴趣，增强学习效果。相对于传统的教学模式，BOPPPS 学习模式能让老师们更及时地掌握学生的实际水平，从而及时调整教学计划，做到以学生为本，因材施教，让每一个学生都能有所收获。

同时 BOPPPS 学习模式的环节设计也不是一成不变的，需要在教学过程中根据学生的学习效果进行改进，以免落入教学形式化的误区。

#### 参考文献

- [1] 朱莉, 高向军, 张厚, 王亚伟. BOPPPS 教学模式下“微波技术与天线”课程改革探索[J]. 创新教育研究, 2020, 8(6): 896-902. <https://doi.org/10.12677/CES.2020.86148>
- [2] 于倩倩, 刘振兴. BOPPPS 模型在无机及分析化学课程中的应用[J]. 山东化工, 2018, 47(19): 160, 162.
- [3] 郁道银, 谈恒英. 工程光学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [4] 贺顺忠. 工程光学实验教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [5] 宋菲君, S. Jutamulia. 近代光学信息处理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004.
- [6] 苏显渝, 李继陶. 信息光学[M]. 北京: 科技出版社, 1999.
- [7] 王旭. 基于分数阶傅里叶相位谱的人脸识别研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2017.