

# Óptica de Fourier

## Objetivo

Que el alumno sepa realizar cálculos con la transformada de Fourier en problemas de la óptica: en difracción, propagación de haces, formación de imágenes y en filtraje espacial. Que entiende las ventajas y las limitaciones de la transformada de Fourier. Que pueda realizar cálculos numéricos que involucren la transformada de Fourier en estos problemas.

## Temario

- **Presentación de la clase (1.5 horas)**
  - Presentación del temario y la forma de calificación
- **Introducción (9 horas)**
  - Series de Fourier
    - Definición de la serie de Fourier
    - Propiedades y ejemplos
  - Transformada de Fourier
    - Definición de la transformada de Fourier
    - Propiedades de la transformada de Fourier
    - Ejemplos de la transformada de Fourier
  - Sistemas Lineales
    - Definición de sistemas lineales
    - Sistemas lineales y isoplanáticos (invariantes)
    - Definición de convolución
    - La función de transferencia
    - Ejemplos de la transformada de una convolución
  - Teorema de Muestreo
    - Definición del teorema de muestreo
    - Límite de Nyquist
  - Transformada de Fourier Digital
    - Digitalización de la transformada de Fourier
    - Periodicidad implícita de las funciones en la transformada de Fourier digital
    - La transformada de Fourier digital de cosenos y senos
    - Empacamiento con ceros
    - Resolución en la transformación de Fourier digital
- **Difracción (9 horas)**
  - Principios de la teoría de difracción
    - El principio de Huygens-Fresnel
    - La ecuación de difracción de Fresnel-Kirchhoff
    - La ecuación de difracción de Rayleigh-Sommerfeld
    - La aproximación de Fresnel
  - Difracción de Fraunhofer
    - La ecuación de difracción de Fraunhofer
    - Difracción de Fraunhofer y la transformada de Fourier

- Ejemplos de difracción de Fraunhoffer
- Difracción de Fresnel
  - La ecuación de la difracción de Fresnel
  - Difracción de Fresnel como convolución y su función de transferencia
  - La espiral de Cornú
  - Ejemplos de difracción de Fresnel
  - El efecto Talbot
- **Formación de imágenes (9 horas)**
  - Lentes delgadas
    - Función de transmisión de una lente
    - La transformada de Fourier con una lente
    - Formación de imágenes con una lente
  - Formación de imágenes con sistemas ópticos
    - Definición de sistemas coherentes e incoherentes espacialmente
    - Formación de imágenes con luz coherente espacialmente
      - Respuesta a un impulso para luz coherente espacialmente
      - Función de transferencia para luz coherente espacialmente
    - Formación de imágenes con luz incoherente espacialmente
      - Respuesta a un impulso para luz incoherente espacialmente: el PSF
      - Función de transferencia para luz incoherente espacialmente: el OTF, MTF y PTF
      - Comparación de sistema con luz coherente o incoherente espacialmente
  - Apodización
    - Introducción a la apodización
    - Apodización de amplitud
      - Apodización para reducir los anillos secundarios de Airy
      - Apodización para super-resolución
    - Apodización de fase
  - Aberraciones
    - Introducción a las aberraciones
    - PSF para aberraciones isoplánaticas
    - Respuesta a un impulso para aberraciones no-isoplánaticos
    - Formación de imágenes en sistemas con aberraciones.
- **Detectores pixelados (1.5 horas)**
  - Descripción matemática de detectores pixelados
  - Respuesta de muestreo
  - Respuesta de pixel
  - PSF de un detector pixelado
  - OTF y MTF de un detector pixelado
  - Aliasing en detectores pixelados
- **Filtraje espacial (4.5 horas)**
  - El sistema 4f
  - Filtraje con una rendija

- Filtraje con un agujero
- Filtraje con un punto oscuro
- Filtraje de objetos de fase
- **Holografía y Reconocimiento de Patrones (3 horas)**
  - Introducción a holografía
  - Holografía de la transformada de Fourier
  - Reconocimiento de patrones
  - El método de Van der Lugt
  - Resolución en holografía
- **Coherencia (3 horas)**
  - Coherencia espacial y coherencia temporal
  - El experimento de Young
  - La función de coherencia mutua
  - El grado complejo de coherencia
  - Luz cuasi-monocromático
  - Medición del grado de coherencia espacial en el experimento de Young
  - Medición del grado de coherencia temporal: espectrometría de la transformada de Fourier
  - El teorema de Van Cittert-Zernike
  - El interferómetro estelar de Michelson
- **Wavelets, Deconvolución y Óptica Difractiva (1.5 horas)**
  - La transformada de Fourier con ventana
  - Wavelets
  - Deconvolución
  - Deconvolución a ciegas
  - Método de Ayers-Dainty
  - Aplicación a la medición de pulsos ultracortos
  - Introducción a la óptica difractiva
- **Clase de repaso y examen (3 horas)**
  - Clase de repaso de los temas para el examen
  - Realización del examen
- **Asesorías (16 horas)**
  - Asesorías sobre la resolución de las tareas y los programas de computo de la tarea y el proyecto final. 1 hora por semana.

## Bibliografía

- Goodman, J.W., Introduction to Fourier Optics, fourth edition, McGraw-Hill, New York, 2017 (cualquier edición de este libro sirve para el curso)
- Boreman G.D., Modulation Transfer Function in Optical and Electro-optical Systems, SPIE, Washington, D.C., 2001
- Steward, E.G., Fourier Optics: an Introduction, J. Wiley and Sons, New York, 1983
- Gaskill, J.D., Linear Systems, Fourier Transforms, and Optics, J. Wiley and Sons, New York, 1978
- Reynolds, DeVelis, Parrent y Thompson, The New Physical Optics Notebook: Tutorials in Fourier Optics, S.P.I.E., Washington D.C., 1989