

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 entienda 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 Fraunhofer
- 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 isoplánicas
- Respuesta a un impulso para aberraciones no-isoplánicas
- 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