

Análisis de Fourier en Óptica Clásica

Docente responsable: Dr. Ariel Fernández (arielfer@fing.edu.uy)

Objetivos:

El objetivo principal de este curso es proporcionar al estudiante los conocimientos fundamentales de la óptica de Fourier, brindando una visión lo más amplia posible de los aspectos más relevantes de esta rama de la óptica en el contexto de la investigación actual. Se espera que el estudiante pueda interpretar el comportamiento de sistemas ópticos y el procesamiento de la información óptica clásica a través de manipulaciones en el espacio de frecuencias espaciales. El curso pretende un enfoque teórico-práctico, por lo cual se espera que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades necesarias para la realización y defensa de un proyecto final individual vinculado con los métodos estudiados.

Conocimientos previos exigidos:

Grado en Física o en Ingeniería

Conocimientos previos recomendados (no excluyentes):

Conocimientos en Óptica.

Metodología de enseñanza:

Se dictarán 2 clases semanales de 2 horas cada una. Dichas instancias se utilizarán para presentar los temas del curso y discutir aspectos teórico-prácticos relevantes. Está previsto dar 15 semanas de clase. Durante estas semanas los estudiantes deberán realizar 5 entregables que serán corregidos y evaluados. Además de los horarios de clase, se dedicará una hora semanal en la cual el docente estará disponible para recibir a los estudiantes del curso en caso de que tengan dudas o necesiten apoyo en alguna de las tareas a realizar. Las últimas semanas del curso se propondrán proyectos finales individuales para los estudiantes. Estos proyectos, serán de mayor dificultad y alcance que los entregables del curso, y el estudiante deberá presentar y defender dicho trabajo en forma oral frente a un tribunal como evaluación final luego de transcurridos aproximadamente 20 días corridos desde la última clase dictada.

Créditos sugeridos: 15

Los créditos sugeridos contemplan además de las horas directas de clase, las horas dedicadas por los estudiantes para realizar los entregables y la realización de los proyectos finales.

Forma de evaluación:

El curso tendrá 5 entregables que serán corregidos y evaluados. En las últimas semanas de clase, se propondrán diferentes proyectos individuales finales a los estudiantes, los cuales deben ser presentados y defendidos en un oral frente a un tribunal por parte de los estudiantes a los 20 días aproximadamente de finalizadas las clases del curso. La nota final será un promedio entre: el promedio de la nota de los entregables y la nota del proyecto final.

Temario tentativo:

1. Propiedades de la Transformada de Fourier.

Definición de la transformada de Fourier en 1, 2 y 3 dimensiones. La transformada inversa de Fourier. Linealidad de la transformada de Fourier. Teorema de corrimiento, teorema de cambio de posición, teorema de convolución, teorema de Parseval.

2. Sistemas lineales y convolución.

Definición de un sistema lineal, superposición y convolución. Sistemas lineales e isoplanáticos, funciones de transferencia. Teorema de muestreo en 2D, producto espacio-ancho de banda (SBP).

3. Fundamentos de la Teoría Escalar de la Difracción.

La aproximación escalar. Teorema de difracción de Huygens-Fresnel. Teorema de difracción de Fresnel-Kirchhoff. Condiciones de frontera de Kirchhoff, condición de radiación de Sommerfeld. Teorema de difracción de Rayleigh-Sommerfeld. Espectro angular de ondas planas, efecto de una apertura difractiva y la propagación como un filtro espacial.

4. Difracción de Fraunhofer.

Patrón de difracción de Fraunhofer y transformada de Fourier 2D. Ejemplos de patrones de difracción de Fraunhofer: rendijas, rejillas sinusoidales de amplitud y fase, transformada de Fourier-Bessel y aperturas con simetría circular.

5. Difracción de Fresnel.

Difracción de Fresnel de rejillas sinusoidales, bordes y rendijas. Transformada fraccional de Fourier. Efecto Talbot.

6. Propiedades de Fourier de lentes convergentes.

Aproximación de lente delgada y su perfil de fase. Transformada de Fourier con una lente delgada. Efecto del tamaño finito de la lente en la calidad de la imagen.

7. Formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes.

Formación de imágenes como un sistema lineal. Funciones de transferencia en sistemas coherentes e incoherentes. Función de transferencia óptica (OTF) y función de transferencia de modulación (MTF), aberraciones y su efecto en la transferencia.

8. Resolución de los sistemas ópticos.

Resolución de sistemas limitados por difracción. Grados de libertad de un sistema óptico, función de Wigner y super-resolución.

9. Filtrado óptico coherente.

Procesador 4F. Experimentos de Abbe-Porter. Contraste de fase de Zernike y método Schlieren. Filtrado pasa-bajo y pasa-alto, microscopía de campo oscuro. Microscopía cuantitativa de fase.

10. Holografía.

Principios de holografía. Grabado y reconstrucción del frente de onda. Holografía in-axis y off-axis. Aplicaciones.

11. Coherencia óptica.

Grado de coherencia mutua. Efecto del grado de coherencia mutua en la visibilidad de un patrón de interferencia. Medición del grado de coherencia mutua en espacio y tiempo. Teorema de Van Cittert-Zernike.

Bibliografía:

Goodman, J. W. (2005). **Introduction to Fourier Optics**. 3rd edition. Roberts and Company Publishers .ISBN 9780974707723

izuka, K. (2019). **Engineering Optics**. 4Th edition. Springer. ISBN 978-3-319-69250-0

Cowley, J. M. (1995). **Diffraction physics**. Elsevier.

Gaskill, J. D. (1978). **Linear systems, Fourier transforms, and optics**. Linear Systems.

Voelz, D. (2011). **Computational Fourier Optics: a Matlab tutorial**. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE).

Zalevsky, Z., & Mendlovic, D. (2004). **Optical superresolution** (Vol. 91). Springer Science & Business Media.

Lauterborn, W., & Kurz, T. (2003). **Coherent optics: fundamentals and applications**. Springer Science & Business Media.

*Se espera a su vez que los estudiantes tomen contacto con artículos relevantes en la literatura que serán aportados en clase.