Universitat Autònoma de Barcelona

2023/2024

Óptica Aplicada

Código: 100183
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500097 Física	OT	4	1

Contacto

Nombre: Juan Ignacio Pedro Campos Coloma

Correo electrónico: juan.campos@uab.cat

Idiomas de los grupos

Puede consutarlo a través de este enlace. Para consultar el idioma necesitará introducir el CÓDIGO de la asignatura. Tenga en cuenta que la información es provisional hasta el 30 de noviembre del 2023.

Equipo docente

Irene Estevez Caride

Angel Lizana Tutusaus

Prerrequisitos

Esta asignatura no tiene prerrequisitos pero se aconseja que el estudiante haya cursado las asignaturas de Óptica y Laboratorio de Óptica.

Es también aconsejable que el estudiante repase los conceptos generales de electromagnetismo y de matemáticas que haya aprendido en estas asignaturas en los cursos anteriores.

Objetivos y contextualización

El objetivo general de la asignatura es presentar al estudiante unos campos de la Óptica, como son difracción, procesado de la imagen, holografía y polarización que son fundamentales dentro de la óptica aplicada y que no se han profundizado, o escasamente se han mencionado, en la asignatura de óptica. Además, el estudiante trabaja con la transformada de Fourier en dos dimensiones y verá las conexiones existentes entre la óptica y la teoría de señales.

Como objetivos más concretos de la asignatura podemos mencionar el aprendizaje de la formulación de la difracción basándose en la aplicación de la transformada de Fourier y su utilidad en el procesado óptico de la información.

El objetivo de las prácticas de simulación numérica y de las prácticas de laboratorio es complementar el aprendizaje de los conceptos de las clases teóricas.

En cuanto a la contribución de esta asignatura a la formación profesional del estudiante se destaca la capacidad de razonar de manera crítica y mejorar la capacidad de trabajo en equipo. En cuanto a las herramientas experimentales, es de las pocas asignaturas optativas en que el estudiante se enfrenta a un trabajo en el laboratorio y a la elaboración posterior de un informe lo que conlleva a mejorar su capacidad de elaborar datos.

Competencias

- Actuar con responsabilidad ética y con respeto por los derechos y deberes fundamentales, la diversidad y los valores democráticos.
- Actuar en el ámbito de conocimiento propio valorando el impacto social, económico y medioambiental.
- Aplicar los principios fundamentales al estudio cualitativo y cuantitativo de las diferentes áreas particulares de la física.
- Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
- Conocer las bases de algunos temas avanzados, incluyendo desarrollos actuales en la frontera de la Física, sobre los que poder formarse posteriormente con mayor profundidad.
- Formular y abordar problemas físicos identificando los principios más relevantes y usando aproximaciones, si fuera necesario, para llegar a una solución que debe ser presentada explicitando hipótesis y aproximaciones.
- Introducir cambios en los métodos y los procesos del ámbito de conocimiento para dar respuestas innovadoras a las necesidades y demandas de la sociedad.
- Planear y realizar, usando los métodos apropiados, un estudio o investigación teórico e interpretar y presentar los resultados.
- Planear y realizar, usando los métodos apropiados, un estudio, medida o investigación experimental e interpretar y presentar los resultados.
- Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
- Realizar trabajos académicos de forma independiente usando bibliografía, especialmente en inglés, bases de datos y colaborando con otros profesionales.
- Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.
- Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
- Usar las matemáticas para describir el mundo físico, seleccionando las herramientas apropiadas, construyendo modelos adecuados, interpretando resultados y comparando críticamente con la experimentación y la observación.

Resultados de aprendizaje

1. Analizar el resultado que producirá en la imagen final la utilización de filtros en el dominio de Fourier.
2. Analizar la formación de imágenes por un sistema óptico utilizando las aproximaciones adecuadas.
3. Aplicar la ecuación de ondas ala descripción de los fenómenos de difracción.
4. Aplicar la teoría de sistemas lineales a sistemas ópticos formadores de imagen.
5. Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
6. Construir un sistema de procesado óptico de imágenes.
7. Describir el moldeado de frentes de onda mediante elementos difractivos basados en holografía.
8. Describir el procesado de señales en el dominio de Fourier.
9. Describir la caracterización de los sistemas lineales e invariantes mediante la respuesta impulsional y la función de transferencia.
10. Describir los principios de la holografía y su aplicación a la generación de elementos difractivos.

11. Describir una onda mediante el espectro angular de ondas planas y su aplicación a la propagación de ondas.
12. Explicar el codi deontològic, explícit o implícit, de l`àmbit de coneixement propi.
13. Identificar las implicaciones sociales, económicas y medioambientales de las actividades académico-profesionales del ámbito de conocimiento propio.
14. Identificar situaciones que necesitan un cambio o mejora.
15. Plantear problemas de difracción de haces de luz por aperturas, utilizando las aproximaciones necesarias dependiendo de las dimensiones.
16. Programar un procesado de imágenes en el dominio de Fourier.
17. Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
18. Realizar trabajos académicos de forma independiente usando bibliografía, especialmente en inglés, bases de datos y colaborando con otros profesionales.
19. Simular, mediante un programa por ordenador, la propagación de ondas.
20. Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.
21. Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
22. Usar la Transformada de Fourier de funciones espaciales en dos dimensiones.
23. Usar la convolución para describir sistemas lineales invariantes.

Contenido

I - Fundamentos.

1.- Análisis de Fourier en dos dimensiones. Sistemas lineales e invariantes.

2.- Teoría escalar de la difracción. Teorema de Kirchhoff.

3.- Difracción por una abertura rectangular. Difracción por una abertura circular. Difracción por una red.

II - Formación de imagen.

4.- Análisis de sistemas formadores de imagen.

5.- Iluminación incoherente. Función de transferencia.

6.- Iluminación coherente.

III - Procesado Óptico de la imagen.

7.- Procesado óptico coherente.

8.- Filtrado espacial: Filtros complejos. Reconocimientos de imágenes, mejora de la imagen.

IV - Holografía.

9.- Fundamentos, registro, reconstrucción.

10.- Relaciones entre objeto e imagen.

11.- Holografía de volumen. Hologramas por reflexión. Holografía en color. Holografía de arco iris.

12.- Interferometría holográfica: por doble exposición, en tiempo real y de objetos vibrantes.

13.- Otras aplicaciones.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

1.- Difracción de Fraunhofer.

2.- Filtrado de frecuencias espaciales.

3.- Holografía.

4.- Prácticas en MATLAB

Debido a la situación especial por la pandemia, este curso no se podrán realizar las prácticas de laboratorio 1 (difracción) y 2 (procesado de imagen). En su lugar, profundizaremos en la simulación numérica de estos fenómenos desarrollando dos applets en matlab

Metodología

Clases teóricas:

El profesor imparte los conocimientos básicos de la asignatura, procurando que queden claros los conceptos así como la formulación matemática de los mismos. Aunque el alumno aparentemente no tenga una participación muy activa en este tipo de docencia, hace falta promover al máximo su contribución favoreciendo la expresión de sus ideas y dudas, tanto en la misma clase como fuera del aula.

Las clases teóricas son asimismo el fundamento teórico que permite al alumno realizar las prácticas experimentales.

Prácticas de laboratorio

Las prácticas de laboratorio son muy importantes ya que permiten aplicar los conocimientos teóricos al mundo físico real y comprender mejor la base teórica de la materia. Por otro lado, los alumnos adquieren habilidades en la realización de trabajos experimentales, utilización de material de laboratorio y procesado de resultados experimentales. En el caso de esta materia, los alumnos aprenderán a capturar imágenes con cámaras CCD y conversores analógico-digitales, almacenar y procesar dichos datos. También utilizarán diversos elementos muy usuales en los laboratorios de óptica, tales como lentes, espejos, fuentes de luz (láser, etc). Asímismo utilizarán el laboratorio de fotografía para revelar los hologramas.

En resumen, estas prácticas permitirán al estudiante adquirir destrezas en metodología experimental y aprender técnicas que le serán útiles en su futura vida profesional.

Como se ha comentado en los contenidos, este curso no se podrán realizar las prácticas de laboratorio 1 (difracción) y 2 (procesado de imagen). En su lugar los estudiantes desarrollarán dos applets de simulación que implementen los conceptos desarrollados en estas prácticas.

Simulaciones numéricas por ordenador

En estas prácticas se realizarán las simulaciones numéricas de los conceptos desarrollados en teoría y de los fenómenos visualizados en las prácticas delaboratorio. Como programa informático se utilizará MATLAB, por su parecido con el lenguaje C aprendido en otra asignatura, y su fácil utilización para visualizar imágenes.

Así pues, estas prácticas cumplen varias finalidades:

Por un lado la consolidación de los conceptos aprendidos en teoría, al poder programar las ecuaciones estudiadas cambiando los parámetros pertinentes y visualizar los resultados en forma de imágenes

Por otro lado se aprende a programar en un lenguaje versátil y a implementar métodos de procesado digital de imágenes. De esta manera se pueden ver las analogías entre el procesado óptico y el procesado digital de señales.

Durante las sesiones en las aulas de ordenadores los estudiantes irán realizando los ejercicios propuestos por el profesor y que previamente se les ha entregado en unos guiones. De esta manera irán adquiriendo los conocimientos para poder realizar los ejercicios de evaluación.

Para la evaluación los estudiantes entregarán los programas y un breve informe presentando los resultados obtenidos en cada uno de los ejercicios de evaluación propuestos.

Este curso reforzaremos esta parte. Además de las sesiones en las aulas informáticas, durantes las clases presenciales implementaremos los diferentes contenidos del curso. Aprenderemos a realizar applets en Matlab y finalmente, los estudiantes desarrollarán dos applets que simulen estas prácticas de laboratorio: difracción y procesado de imágenes

Elaboración deinformes y cuestionarios de laboratorio

Los alumnos reciben unos guiones que les servirán de guía para realizar las prácticas experimentales. Las prácticas se realizan en grupos de 2 o 3 alumnos supervisados por un profesor de laboratorio. Al finalizar las prácticas cumplimentan un cuestionario de forma individual sobre algunos conceptos básicos que han aprendido en su trabajo experimental. Por otro lado, elaboran en grupo un informe muy detallado de una de las prácticas de laboratorio. Finalmente, para la evaluación del informe se complementa dicho informe con una presentacióny discusión oral breve de los resultados más relevantes ante el grupo de profesores de laboratorio.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases teóricas	30	1,2	1, 2, 3, 4, 8, 10, 7, 9, 11, 13, 12, 14, 15, 17, 23, 22
Prácticas de Laboratorio	12	0,48	1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 12, 14, 17, 21, 23, 22
Prácticas de Simulación Numérica	6	0,24	1, 2, 3, 4, 5, 13, 18, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 22
Tipo: Autónomas			
Elaboración de informes y cuestionarios de laboratorio	22	0,88	1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 7, 9, 11, 13, 18, 12, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 22
Elaboración de informes y programas de las prácticas de simulación numérica	16	0,64	1, 2, 3, 4, 5, 18, 12, 14, 16, 19, 20, 23, 22
Lectura y estudio de teoría	39	1,56	1, 2, 3, 4, 8, 10, 7, 9, 11, 13, 12, 14, 15, 17, 20, 23, 22
Resolución de problemas propuestos	18	0,72	1, 2, 4, 13, 18, 12, 14, 15, 17, 20, 23, 22

Evaluación

La evaluación de la asignatura se llevará a cabo mediante las siguientes ponderaciones:

- Examen final (prueba escrita): 50%
- Simulaciones numéricas por ordenador : 20%
    - o Entrega de programas
    - o Breve informe presentando los resultados obtenidos en cada uno de los ejercicios de evaluación propuestos
- Prácticas de laboratorio/applets de simulación:
    - o Cuestionarios (holografía) : 3%
    - o Applets de simulación : 7%
    - o Informe de la práctica (holografía o applets): 12.5%
    - o Presentación y discusión oral del informe: 7.5%
- Evaluación mediante prueba escrita:

Se evaluarán los conocimientos adquiridos por el alumno a partir de las clases teóricas y de las prácticas realizadas en el laboratorio. Para ello se formularán cuestiones de carácter teórico y también cuestiones relacionadas con las prácticas de laboratorio. Los alumnos podrán llevar un breve formulario que entregarán con el examen.

Esta prueba escrita se puede recuperar. Examen de recuperación: para poder optar al examen de recuperación los alumnos deben haberse evaluado de al menos de 2/3 de la nota total.

Evaluación de las prácticas de laboratorio:

La asistencia a las prácticas de laboratorio es obligatoria y habrán de realizarse en las fechas que se anunciarán al comenzar el curso. También es obligatoria la entrega de los cuestionarios y del informe de prácticas. La inasistencia no justificada (con informemédico) a las prácticas impedirá aprobar la asignatura.

- Evaluación de las simulaciones numéricas por ordenador:

La asistencia a las sesiones de simulaciones numéricas por ordenador es obligatoria y habrán de realizarse en las fechas que se anunciarán al comenzar el curso. También es obligatoria la entrega de los programas y de un breve informe presentando los resultados obtenidos en cada uno de los ejercicios de evaluación propuestos. La inasistencia no justificada (con informe médico) a estas sesiones impedirá aprobar la asignatura.

Evaluación Única

El alumnado que se haya acogido a la modalidad de evaluación única deberá realizar una prueba final que consistirá en un examen de teoría en el que deberá responder a una serie de cuestiones cortas. Seguidamente deberá realizar una prueba de problemas donde deberá resolver una serie de ejercicios similares a los que se han trabajado en las sesiones de problemas. Cuando haya finalizado, entregará el informe de la práctica individual y varios códigos en matlab. Estas pruebas se llevarán a cabo en el mismo día, hora y lugar que las pruebas del examen final.

La calificación del estudiante será la media ponderada de las cuatro actividades anteriores, donde el examen de teoría supondrá el 25% de la nota, el examen de problemas el 15% y los informes de prácticas de laboratorio el 30% y el de simulación numérica el 30%.

Si la nota de la prueba final no llega al 4 o si la nota final de la asignatura no llega a 5, el estudiante tiene otra oportunidad de superar la asignatura mediante el examen de recuperación que se celebrará el día del examen de recuperación de la modalidad de evaluación continua. En esta prueba se podrá recuperar el 40% de la nota correspondiente a la teoría y problemas. La parte práctica no es recuperable.

Actividades de evaluación continuada

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Examen final (prueba escrita)	50%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 7, 9, 11, 15, 17, 20, 23, 22
Prácticas de laboratorio	30%	1	0,04	1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 18, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 22
Prácticas de simulación numérica por ordenador	20%	0	0	1, 2, 3, 4, 5, 13, 18, 15, 16, 17, 19, 20, 23, 22
Recuperacion Examen final	50%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 7, 9, 11, 15, 17, 20, 23, 22

Bibliografía

- J.W. Goodman: Introduction to Fourier Optics. 2017, 4th edition W. H. Freeman and Company.

- O.K. Ersoy: Diffraction, Fourier Optics and Imaging. John Wiley & Sons, Inc (2007)

- D. Voelz: Computational Fourier Optics. A Matlab Tutorial. SPIE Press (2011)

- J.D. Schmidt: Numerical Simulation of Optical Wave Propagation with Examples in Matlab. SPIE Press (2010)

- S.H. Lee (editor): Optical Information Processing (Fundamentals), Springer-Verlag, Berlín 1981.

- D. Casasent (editor): Optical Data Processing (Aplications), Springer-Verlag, Berlín 1978.

- A. Marechal et M. Françon: Diffraction. Structure des Images. Rev d'Òptique 1960 (y en Masson et cie.)

- W.T. Cathey: Optical Information Processing and Holography. Krieger Publishers, Melbourne (USA).

- J.D. Gaskill: Linear Systems, Fourier Transforms and Optics. John Wiley, New York, 1978.

- A. Vanderlugt: Optical Signal Processing. John Wiley, New York, 1992.

- M. Françon: Holografía. Paraninfo, 1977

- R.J. Collier, C.B. Burckhardt y L.H. Lin: Optical Holography. Academic Press, New York, 1971.

- B. Javidi y J. Horner: Real-time Optical Information Processing, Academic Press, 1994.

- P. Hariharan: Optical Holography. Cambridge University Press. 1984.

- P. Hariharan: Optical Interferometry. Academic Press. 1985.

- Mº Luisa Calvo (Coordinadora): Óptica avanzada. Ariel, 2002 (Capítulo 4, Procesado óptico de la información, por J. Campos y M.J. Yzuel y Apéndice B, Propiedades de laTransformadade Fourier, por J. Campos y M.J. Yzuel).

Libros Generales:

- M.Born y E. Wolf: Principles of Optics, Seven (expanded) edition. Cambridge University Press (2005)

- J.Casas: Óptica. Librería Genera, Zaragoza (1995)

Software

Se utilizará Matlab para las prácticas por ordenador