

## Òptica aplicada

2014/2015

Codi: 100183  
Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	1

### Professor de contacte

Nom: Juan Ignacio Pedro Campos Coloma  
Correu electrònic: Juan.Campos@uab.cat

### Utilització de llengües

Llengua vehicular majoritària: espanyol (spa)  
Grup íntegre en anglès: Sí  
Grup íntegre en català: Sí  
Grup íntegre en espanyol: Sí

### Equip docent

María Josefa Yzuel Giménez  
Juan Carlos Escalera Merino  
Angel Lizana Tutusaus

### Prerequisits

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.

### Objectius

El objetivo general de la asignatura es presentar al estudiante unos campos de la Óptica, como son difracción, procesamiento 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 procesamiento 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.

## Competències

- Aplicar els principis fonamentals a l'estudis qualitatiu i quantitatiu de les diferents àrees particulars de la física
- Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals
- Conèixer les bases d'alguns temes avançats incloent desenvolupaments actuals en la frontera de la física sobre els quals poder-se formar posteriorment amb més profunditat
- Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom
- Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua
- Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals
- Formular i abordar problemes físics identificant els principis més rellevants i utilitzant aproximacions, si fos necessari, per arribar a una solució que ha de ser presentada explicitant hipòtesis i aproximacions
- Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional
- Planejar i realitzar, utilitzant els mètodes apropiats, un estudi o recerca teòrica i interpretar i presentar-ne els resultats
- Planejar i realitzar, utilitzant els mètodes apropiats, un estudi, mesura o recerca experimental i interpretar i presentar-ne els resultats
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, fer servir correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics
- Respectar la diversitat i pluralitat d'idees, persones i situacions
- Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte
- Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera
- Utilitzar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionant les eines apropiades, construint models adequats, interpretant resultats i comparant críticament amb l'experimentació i l'observació

## Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar el resultat que produirà en la imatge final la utilització de filtres en el domini de Fourier.
2. Analitzar la formació d'imatges per un sistema òptic utilitzant les aproximacions adequades.
3. Aplicar l'equació d'ones a la descripció dels fenòmens de difracció.
4. Aplicar la teoria de sistemes lineals a sistemes òptics formadors d'imatge.
5. Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals.
6. Construir un sistema de processament òptic d'imatges.
7. Descriure el processament de senyals en el domini de Fourier.
8. Descriure els principis de l'holografia i la seva aplicació a la generació d'elements difractius.
9. Descriure l'emmotllament de fronts d'ona mitjançant elements difractius basats en holografia.
10. Descriure la caracterització dels sistemes lineals i invariants mitjançant la resposta impulsional i la funció de transferència.
11. Descriure una ona mitjançant l'espectre angular d'ones planes i la seva aplicació a la propagació d'ones.
12. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
13. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.
14. Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals.
15. Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
16. Plantejar problemes de difracció de feixos de llum per obertures, utilitzant les aproximacions necessàries depenent de les dimensions.
17. Programar un processament d'imatges en el domini de Fourier.
18. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
19. Respectar la diversitat i la pluralitat d'idees, persones i situacions.
20. Simular, mitjançant un programa per ordinador, la propagació d'ones.

21. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
22. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
23. Utilitzar la convolució per descriure sistemes lineals invariants.
24. Utilitzar la transformada de Fourier de funcions espacials en dues dimensions.

## **Continguts**

### 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. Hogramas 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

## **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). Asimismo 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.

#### 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 de laboratorio. 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.

#### Elaboración de informes 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 presentación y discusión oral breve de los resultados más relevantes ante el grupo de profesores de laboratorio.

#### Resolución de problemas propuestos

Para fomentar la autonomía del alumno y que aprenda a aplicar los conceptos teóricos adquiridos, se proporcionará a los estudiantes una colección (entre 8 y 10) de problemas para realizar en casa. Dichos problemas abarcan toda la materia y son una excelente manera de aplicar los conceptos básicos. Los problemas se resuelven a nivel individual y se entregan al profesor al finalizar el curso.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Clases teóricas	30	1,2	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 18, 23, 24
Pràcticas de Laboratorio	8	0,32	1, 6, 13, 15, 18, 19, 22
Pràcticas de Simulación Numérica	7	0,28	1, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 22
Tipus: Autònomes			
Elaboración de informes y cuestionarios de laboratorio	22	0,88	5, 14, 15, 18, 19, 21, 22
Elaboración de informes y programas de las prácticas de simulación numérica	16	0,64	5, 14, 15, 18, 19, 21, 22
Lectura y estudio de teoría	42	1,68	12, 21
Resolución de problemas propuestos	18	0,72	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 21, 23, 24

## Avaluació

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

- Examen final (prueba escrita): 50%
- Prácticas de laboratorio:
  - o Cuestionarios (difracción, filtrado de frecuencias, holografía) : 10%
  - o Informe de la práctica: 10%
  - o Presentación y discusión oral del informe: 5%
- Simulaciones numéricas por ordenador : 15%
  - o Entrega de programas
  - o Breve informe presentando los resultados obtenidos en cada uno de los ejercicios de evaluación propuestos
- Resolución de problemas propuestos: 10%
  - 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.

- 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 informe médico) 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 de los problemas propuestos:

Se considerará el trabajo individual del alumno, y especialmente una explicación razonada completa de los resultados. La no entrega de los problemas supondrá la pérdida de un 10% de la nota global.

### Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Examen final (prueba escrita)	50%	3	0,12	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 21, 23, 24
Prácticas de laboratorio	25%	1	0,04	1, 5, 6, 13, 14, 15, 18, 19, 22
Prácticas de simulación numérica por ordenador	15%	0	0	1, 5, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 22
Recuperacion Examen final	50%	3	0,12	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 21, 23, 24
Resolución de problemas propuestos	10%	0	0	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 21, 23, 24

### Bibliografia

- 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'Optique 1960 ( y en Masson et cie.)
- J.W. Goodman: Introduction to Fourier Optics. Mc Graw - Hill, 1968. 2ª Edición ampliada, 1997, 3<sup>rd</sup> edition Roberts and Company Publishers 2005.
- 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.
- M<sup>o</sup> 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 la Transformada de Fourier, por J. Campos y M.J. Yzuel).

Libros Generales:

- M.Born y E. Wolf: Principles of Optics, Pergamon Press (1964)
- J.Casas: Óptica. Librería Genera, Zaragoza (1995)