

**Òptica Aplicada**

Codi: 100183  
Crèdits: 6

Titulació	Típus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	1

**Professor/a de contacte**

Nom: Juan Ignacio Pedro Campos Coloma  
Correu electrònic: [juan.campos@uab.cat](mailto:juan.campos@uab.cat)

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: espanyol (spa)  
Grup íntegre en anglès: No  
Grup íntegre en català: No  
Grup íntegre en espanyol: Sí

**Equip docent**

Josep Vidal Gonzalez  
Angel Lizana Tutusaus

**Prerequisits**

Aquesta assignatura no té prerequisits però s'aconsella que l'estudiant hagi cursat les assignatures d'Òptica i Laboratori d'Òptica.  
És també aconsellable que l'estudiant repassi els conceptes generals d'electromagnetisme i de matemàtiques que hagi après en aquestes assignatures en els cursos anteriors.

**Objectius**

L'objectiu general de l'assignatura és presentar a l'estudiant uns camps de l'Òptica, com són difracció, processat de la imatge, holografia i polarització que són fonamentals dins de l'òptica aplicada i que no s'han aprofundit, o escassament s'han esmentat, en l'assignatura d'òptica. A més, l'estudiant treballa amb la transformada de Fourier en dues dimensions i veurà les connexions existents entre l'òptica i la teoria de senyals.

Com a objectius més concrets de l'assignatura podem esmentar l'aprenentatge de la formulació de la difracció basant-se en l'aplicació de la transformada de Fourier i la seva utilitat en el processament òptic de la informació.

L'objectiu de les pràctiques de simulació numèrica i de les pràctiques de laboratori és complementar l'aprenentatge dels conceptes de les classes teòriques.

Pel que fa a la contribució d'aquesta assignatura a la formació professional de l'estudiant es destaca la capacitat de raonar de manera crítica i millorar la capacitat de treball en equip. Pel que fa a les eines experimentals, és de les poques assignatures optatives en què l'estudiant s'enfronta a un treball al laboratori i a l'elaboració posterior d'un informe el que comporta a millorar la seva capacitat d'elaborar dades.

**Competències**

- Actuar amb responsabilitat ètica i amb respecte pels drets i deures fonamentals, la diversitat i els valors democràtics.

- Actuar en l'àmbit de coneixement propi valorant l'impacte social, econòmic i mediambiental.
- Aplicar els principis fonamentals a l'estudi 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
- 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
- Introduir canvis en els mètodes i els processos de l'àmbit de coneixement per donar respostes innovadores a les necessitats i demandes de la societat.
- 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
- Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte
- Treballar en grup, assumint responsabilitats compartides e interaccionant professional i constructivament amb altres amb absolut respecte als seus drets.
- 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. Explicar el codi deontològic, explícit o implícit, de l'àmbit de coneixement propi.
13. Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals.
14. Identificar les implicacions socials, econòmiques i mediambientals de les activitats academicoprofessionals de l'àmbit de coneixement propi.
15. Identificar situacions que necessiten un canvi o millora.
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. Simular, mitjançant un programa per ordinador, la propagació d'ones.
20. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
21. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.

22. Utilitzar la convolució per descriure sistemes lineals invariants.
23. Utilitzar la transformada de Fourier de funcions espacials en dues dimensions.

## Continguts

### I - Fonaments.

- 1.- Anàlisi de Fourier en dues dimensions. Sistemes lineals i invariants.
- 2.- Teoria escalar de la difracció. Teorema de Kirchhoff.
- 3.- Difracció per una obertura rectangular. Difracció per una obertura circular. Difracció per una xarxa.

### II - Formació d'imatge.

- 4.- Anàlisi de sistemes formadors d'imatge.
- 5.- Il·luminació incoherent. Funció de transferència.
- 6.- Il·luminació coherent.

### III - Processament Òptic de la imatge.

- 7.- Processament òptic coherent.
- 8.- Filtrat espacial: Filtres complexos. Reconeixements d'imatges, millora de la imatge.

### IV - Holografia.

- 9.- Fonaments, registre, reconstrucció.
- 10.- Relacions entre objecte i imatge.
- 11.- Holografia de volum. Hologrames per reflexió. Holografia en color. Holografia d'arc de Sant Martí.
- 12.- Interferometria hologràfica: per doble exposició, en temps real i d'objectes vibrants.
- 13.- Altres aplicacions.

### PRÀCTIQUES DE LABORATORI:

- 1.- Difracció de Fraunhofer.
- 2.- Filtrat de freqüències espacials.
- 3.- Holografia.
- 4.- Pràctiques en MATLAB

A causa de la situació especial per la pandèmia, aquest curs no es podran realitzar les pràctiques de laboratori 1 (difracció) i 2 (processat d'imatge). En el seu lloc, aprofundirem en la simulació numèrica d'aquests fenòmens desenvolupant dos applets en matlab

## Metodologia

### Classes teòriques:

El professor imparteix els coneixements bàsics de l'assignatura, procurant que quedin clars els conceptes així com la formulació matemàtica dels mateixos. Encara que l'alumne aparentment no tingui una participació molt activa en aquest tipus de docència, cal promoure al màxim la seva contribució afavorint l'expressió de les seves idees i dubtes, tant a la mateixa classe com fora de l'aula.

Les classes teòriques són així mateix el fonament teòric que permet a l'alumne realitzar les pràctiques experimentals.

### Pràctiques de laboratori

Les pràctiques de laboratori són molt importants ja que permeten aplicar els coneixements teòrics al món físic real i comprendre millor la base teòrica de la matèria. D'altra banda, els alumnes adquireixen habilitats en la realització de treballs experimentals, utilització de material de laboratori i processat de resultats experimentals. En el cas d'aquesta matèria, els alumnes aprendran a capturar imatges amb càmeres CCD i convertidors

analògic-digital, emmagatzemar i processar aquestes dades. També s'utilitzaran diversos elements molt usuals en els laboratoris d'òptica, com ara lents, miralls, fonts de llum (làser, etc.). Així mateix utilitzaran el laboratori de fotografia per revelar els hologrames.

En resum, aquestes pràctiques permetran a l'estudiant adquirir destreses en metodologia experimental i aprendre tècniques que li seran útils en la seva futura vida professional.

Com s'ha comentat en els continguts, aquest curs no es podran realitzar les pràctiques de laboratori 1 (difracció) i 2 (processament digital d'imatges). En el seu lloc els estudiants desenvoluparan dos applets de simulació que implementin els conceptes desenvolupats en aquestes pràctiques.

#### Simulacions numèriques per ordinador

En aquestes pràctiques es realitzaran les simulacions numèriques dels conceptes desenvolupats en teoria i dels fenòmens visualitzats en les pràctiques del laboratori. Com a programa informàtic s'utilitzarà MATLAB, per la seva semblança amb el llenguatge C après en una altra assignatura, i la seva fàcil utilització per a visualitzar imatges.

Així doncs, aquestes pràctiques compleixen diverses finalitats:

D'una banda la consolidació dels conceptes apresos en teoria, en poder programar les equacions estudiades canviant els paràmetres pertinents i visualitzar els resultats en forma d'imatges

D'altra banda s'aprèn a programar en un llenguatge versàtil i a implementar mètodes de processat digital d'imatges. D'aquesta manera es poden veure les analogies entre el processat òptic i el processament digital de senyals.

Durant les sessions a les aules d'ordinadors els estudiants aniran realitzant els exercicis proposats pel professor i que prèviament se'ls ha lliurat en uns guions. D'aquesta manera aniran adquirint els coneixements per poder realitzar els exercicis d'avaluació.

Aquest curs reforçarem aquesta part. A més de les sessions a les aules informàtiques, durant les classes presencials implementarem els diferents continguts del curs. Aprendrem a realitzar applets en Matlab i finalment, els estudiants desenvoluparan dos applets que simulen aquestes pràctiques de laboratori: difracció i processament d'imatges

Per a l'avaluació dels estudiants lliuraran els programes i un breu informe presentant els resultats obtinguts en cada un dels exercicis d'avaluació proposats.

#### Elaboració d'informes i qüestionaris de laboratori

Els alumnes reben uns guions que els serviran de guia per a realitzar les pràctiques experimentals. Les pràctiques es realitzen en grups de 2 o 3 alumnes supervisats per un professor de laboratori. En finalitzar les pràctiques emplen un qüestionari de forma individual sobre alguns conceptes bàsics que han après en el seu treball experimental. D'altra banda, elaboren en grup un informe molt detallat d'una de les pràctiques de laboratori. Finalment, per a l'avaluació de l'informe es complementa l'informe amb una presentació i discussió oral breu dels resultats més rellevants davant el grup de professors de laboratori.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Pràctiques de Laboratori	12	0,48	1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 14, 15, 18, 21, 22, 23
Pràctiques de Simulació Numèrica	6	0,24	1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20,

			21, 22, 23
classes teòriques	30	1,2	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 22, 23
Tipus: Autònomes			
Elaboració d'informes i programes de les pràctiques de simulació numèrica	16	0,64	1, 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23
Elaboració d'informes i qüestionaris de laboratori	22	0,88	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23
Lectura i estudi de teoria	39	1,56	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23
Resolució de problemes proposats	18	0,72	1, 2, 4, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23

## Avaluació

L'avaluació de l'assignatura es durà a terme mitjançant les següents ponderacions:

Examen final (prova escrita): 50%

Simulacions numèriques per ordinador: 20%

o Lliurament de programes

o Breu informe presentant els resultats obtinguts en cada un dels exercicis d'avaluació proposats

Pràctiques de laboratori:

o Qüestionaris (holografia): 3%

o Applets: 7%

o Informe de la pràctica (holografia o applets): 12.5%

o Presentació i discussió oral de l'informe: 7.5%

Avaluació mitjançant prova escrita:

S'avaluaran els coneixements adquirits per l'alumne a partir de les classes teòriques i de les pràctiques realitzades al laboratori. Per a això es formularan qüestions de caràcter teòric i també qüestions relacionades amb les pràctiques de laboratori. Els alumnes podran portar un breu formulari que lliuraran amb l'examen. Aquesta prova escrita es pot recuperar. Examen de recuperació: per poder optar a l'examen de recuperació dels alumnes s'han d'haver avaluat d'almenys de 2/3 de la nota total.

Avaluació de les pràctiques de laboratori:

L'assistència a les pràctiques de laboratori és obligatòria i hauran de realitzar-se en les dates que s'anunciaran en començar el curs. També és obligatori el lliurament dels qüestionaris i de l'informe de pràctiques. La inassistència no justificada (amb informe mèdic) a les pràctiques impedirà aprovar l'assignatura.

Avaluació de les simulacions numèriques per ordinador:

L'assistència a les sessions de simulacions numèriques per ordinador és obligatòria i hauran de realitzar-se en les dates que s'anunciaran en començar el curs. També és obligatori el lliurament dels programes i d'un breu informe presentant els resultats obtinguts en cada un dels exercicis d'avaluació proposats. La inassistència no justificada (amb informe mèdic) a aquestes sessions impedirà aprovar l'assignatura.

## Activitats d'avaluació

Títol

Pes Hores ECTS Resultats d'aprenentatge

Examen final (prova escrita)	50%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 18, 20, 22, 23
Pràctiques de laboratori	30%	1	0,04	1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
Pràctiques de simulació numèrica per ordinador	20%	0	0	1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23
Recuperacion Examen final	50%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 18, 20, 22, 23

## Bibliografia

- 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 (Applications), Springer-Verlag, Berlín 1978.
- A. Marechal et M. Françon: Diffraction. Structure des Images. Rev d'Optique 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: Holografia. 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).

### Llibres Generals:

- M.Born y E. Wolf: Principles of Optics, Seven (expanded) edition. Cambridge University Press (2005)
- J.Casas: Óptica. Librería Genera, Zaragoza (1995)

## Programari

S'utilitzarà Matlab per a les pràctiques per ordinador