

**FITXA IDENTIFICATIVA****Dades de l'Assignatura**

<b>Codi</b>	36542
<b>Nom</b>	Fotònica: Difracció i Coherència
<b>Cicle</b>	Grau
<b>Crèdits ECTS</b>	6.0
<b>Curs acadèmic</b>	2024 - 2025

**Titulació/titulacions**

<b>Titulació</b>	<b>Centre</b>	<b>Curs</b>	<b>Període</b>
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	4	Segon quadrimestre

**Matèries**

<b>Titulació</b>	<b>Matèria</b>	<b>Caràcter</b>
1105 - Grau en Física	16 - Complementos de Física	Optativa

**Coordinació**

<b>Nom</b>	<b>Departament</b>
SAAVEDRA TORTOSA, GENARO	280 - Òptica i Optometria i Ciències de la Visió
SILVESTRE MORA, ENRIQUE	280 - Òptica i Optometria i Ciències de la Visió

**RESUM**

L'assignatura «Fotònica: Difracció i Coherència» és una optativa quadrimestral de quart curs del Grau en Física, i té assignats 6 crèdits (45 hores presencials de classes teòrico-pràctiques i 15 de laboratori). L'assignatura és una introducció a l'estudi de la propagació de la llum en l'espai lliure i en sistemes formadors d'imatges i està organitzada en dos blocs:

En un primer bloc es reformulen les nocions dels fenòmens de difracció estudiades en cursos anteriors utilitzant una base d'ones planes, el que constitueix l'anomenada Òptica de Fourier. Aquesta nova formulació permet abordar de forma senzilla la propagació lliure de feixos de llum, la formació d'imatges difraccional, l'holografia i el processament òptic d'informació. Amb aquesta formalització es pot veure, per exemple, com reduir els efectes difractius en feixos lluminosos utilitzats en moderns interferòmetres quilomètrics o millorar el poder de resolució espacial de microscopis o telescopis.



En els temes inclosos en el primer bloc es pressuposa que la llum té un comportament determinista o *coherent*, amb una dependència temporal i espacial completament previsible. No obstant això, en gran part de situacions reals, això pot no ser cert. L'aleatorietat de la llum pot ser deguda a la seva dispersió en mitjans amb múltiples nuclis aspersionats, en fluids turbulents o, simplement, per la naturalesa aleatòria de l'emissió espontània de la llum. L'estudi de les fluctuacions de la llum es coneix com Teoria de la Coherència Òptica i requereix un tractament estadístic dels processos elementals descrits en el primer bloc de temes.

Per això, en el segon bloc es presenta una introducció a aquests problemes, centrant-se en l'estudi de tres situacions característiques senzilles: quan les fluctuacions del camp en un punt, però en instants diferents, no estan completament correlacionades —coherència temporal parcial—, quan no ho estan en punts diferents del front d'ona en el mateix instant —coherència espacial parcial—, i quan les fluctuacions afecten independentment a les diferents components vectorials del camp electromagnètic —polarització parcial—. L'estudi d'aquestes situacions permet entendre, per exemple, el funcionament de l'interferòmetre estel·lar de Michelson per a la mesura de diàmetres d'objectes astronòmics, la formació d'imatges amb llum blanca, o guanyar comprensió en els conceptes d'estat pur i d'estat barrejat en sistemes físics i l'aparició, o no, de fenòmens interferencials quan es superposen.

## CONEIXEMENTS PREVIS

### Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

### Altres tipus de requisits

És molt convenient que els estudiants hagen cursat prèviament les matèries de formació bàsica Matemàtiques i Física General, i les matèries obligatòries Mecànica, Mètodes Matemàtics, Electromagnetisme i Òptica.

### 1105 - Grau en Física

- Posseir i comprendre els fonaments de la física en els aspectes teòrics i experimentals, així com el bagatge matemàtic necessari per a la seua formulació.
- Saber aplicar els coneixements adquirits a l'activitat professional, saber resoldre problemes i elaborar i defensar arguments, recolzant-se en els dits coneixements.
- Ser capaç de reunir i interpretar dades rellevants per emetre judicis.
- Resolució de problemes: ser capaç d'avaluar clarament els ordres de magnitud, de desenvolupar una percepció de les situacions que són físicament diferents però que mostren analogies, per permetre, doncs, l'ús de solucions conegudes a problemes nous.
- Modelització i resolució de problemes: ser capaç d'identificar els elements essencials d'un procés/situació i d'establir-ne un model de treball. Ser capaç de realitzar les aproximacions requerides amb l'objecte de reduir un problema fins a un nivell manejable. Pensament crític per construir models físics.



- Cultura general en física: haver-se familiaritzat amb les àrees més importants de la física i amb enfocaments que compreguen i relacionen diferents àrees de la física, així com relacions de la física amb altres ciències.
- Investigació bàsica i aplicada: adquirir una comprensió de la naturalesa de la investigació física, de les formes en què es du a terme, i de com la investigació en física és aplicable a molts camps diferents, per exemple l'enginyeria; habilitat per dissenyar procediments experimentals i/o teòrics per: (i) resoldre els problemes corrents en la investigació acadèmica o industrial; (ii) millorar els resultats existents.
- Destreses generals i específiques en llengües estrangeres: haver millorat el domini de l'anglès (o d'una altra llengua estrangera d'interès) mitjançant: accés a bibliografia fonamental, comunicació oral i escrita (anglès científicotècnic), cursos, estudis a l'estranger, reconeixement de crèdits en universitats estrangeres etc.
- Cerca de bibliografia: ser capaç de buscar i utilitzar bibliografia en física i altra bibliografia tècnica, així com qualsevol font d'informació rellevant per a treballs d'investigació i desenvolupament tècnic de projectes.
- Capacitat d'aprenentatge: ser capaç d'iniciar-se en nous camps de la física i de la ciència i la tecnologia en general, a través de l'estudi independent.
- Comunicació oral i escrita: ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions mitjançant l'argumentació i el raonament propis de l'activitat científica, utilitzant els conceptes i les eines bàsiques de la física.
- Que els estudiants hagen demostrat posseir i comprendre coneixements en una àrea d'estudi que parteix de la base de l'educació secundària general, i se sol trobar a un nivell que, si bé descansa en llibres de text avançats, inclou també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de l'avantguarda del seu camp d'estudi.
- Que els estudiants sàpien aplicar els seus coneixements al seu treball o vocació d'una forma professional i posseïsquen les competències que solen demostrar-se per mitjà de l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins de la seua àrea d'estudi.
- Que els estudiants tinguen la capacitat d'arreplegar i interpretar dades rellevants (normalment dins de la seua àrea d'estudi) per emetre judicis que incloguen una reflexió sobre temes rellevants d'índole social, científica o ètica.
- Que els estudiants puguin transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.
- Que els estudiants hagen desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per a emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia.

- Emprar el potencial vector per explicar la propagació lliure de feixos vectorials.
- Utilitzar la teoria de l'espectre angular d'ones planes.
- Obtenir els patrons de difracció de pantalles difractants comunes.
- Manejar amb fluïdesa el concepte de coherència temporal.
- Manejar amb fluïdesa el concepte de coherència espacial.
- Saber el funcionament dels sistemes formadors d'imatges sota il·luminació espacialment coherent i



incoherent.

- Descriure els estats de llum de polarització no definida.
- Representar matemàticament estats de llum parcialment polaritzats.
- Analitzar les interferències de feixos lluminosos parcialment polaritzats.
- Identificar l'acció de polaritzadors i retardadors sobre llums parcialment polaritzades i els seus interferències.

## DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

### 1. Difracció vectorial

Ecuació d'ones per al potencial vector. Funció de transferència i resposta unitat escalars. Espectre angular. Propagació de camps vectorials.

### 2. Difracció de feixos paraxials

Funció de transferència i resposta unitat paraxials. Aproximació de Fraunhofer front a difracció de Fresnel. Patrons de difracció d'una pantalla difractant. Feixos paraxials vectorials. Efecte de la il·luminació esfèrica. Feixos gaussians vectorials. Holografia.

### 3. Acció de les lents i espills en feixos paraxiales

Transmitància en amplitud d'una lent prima. Acció de les lents i dels espills sobre feixos paraxials. Les lents com a transformadors de Fourier. Col·limació i focalització òptimes d'un feix làser. Processament òptic d'informació.

### 4. Teoria difraccional de la formació d'imatges

Introducció. La lent prima com a sistema formador d'imatges limitat per la difracció. Generalització a sistemes òptics centrats limitats per la difracció. Casos particulars: pupil·la circular i pupil·la quadrada.

### 5. Llum espectralment incoherent

Llum aleatòria i camps estacionaris. Coherència del camp lluminós. Franges interferencials i grau de coherència temporal. Fonts espectralment incoherents. Espectre de potència. Difracció amb fonts espectralment incoherents. Espectroscòpia per transformada de Fourier.

### 6. Llum espacialment incoherent

Fonts espacialment incoherents quasimonocromàtiques. Propagació dun camp espacialment incoherent a través dun sistema lineal. Teorema de Van Cittert-Zernike. Difracció amb font espacialment incoherent: processament òptic sense lents. Interferòmetre estel·lar de Michelson. Sistemes formadors d'imatges amb il·luminació espacialment incoherent.



## 7. Llum parcialment polaritzada

Estats de polarització no definida i llum natural: Matriu de polarització. Paràmetres de Stokes, esfera de Poincaré i grau de polarització. Superposició coherent i incoherent d'estats de polarització. Acció de polaritzadors i retardadors. Interferències amb llum parcialment polaritzada. Elements despolaritzants.

## 8. Pràctiques

Pràctica 1.- Franges de Young amb llum polaritzada. Prisma de Wollaston  
Obtenir franges interferencials de Young amb orientació, visibilitat, brillantor i modulació variables utilitzant les propietats de polarització que exhibeix un prisma de Wollaston.

Pràctica 2.- Franges de Young amb font extensa quasimonocromàtica  
Anàlisi del dispositiu clàssic de doble escletxa de Young quan s'il·lumina amb una font extensa quasimonocromàtica. En particular, s'estudia l'efecte de l'ample d'una escletxa font sobre la visibilitat del patró interferencial observat.

Pràctica 3.- Estructura del volum focal: Influència del diafragma d'obertura  
Anàlisi de l'estructura corresponent a la distribució tridimensional de irradiància en les proximitats del focus d'un sistema focalitzador. Específicament, s'estudia la influència tant de la grandària del diafragma d'obertura, com de la seua posició axial.

Pràctica 4.- Estabilitat i estructura de modes transversals d'un ressonador làser  
Estudi d'algunes propietats d'un ressonador làser. En concret, es determinen les zones de desestabilitat del làser per a diverses cavitats formades amb espills de diferents radis de curvatura. Es mesura també l'amplada mínima del mode gaussià fonamental de la cavitat i la seua posició. A més, mitjançant una tècnica de filtrat intracavitat, es generen diferents modes transversals de Hermite-Gauss del ressonador.

Pràctica 5.- Anàlisi espectral d'un feix làser: Modes longitudinals d'un ressonador  
Estudi de l'estructura freqüencial del feix de llum emès per un ressonador làser. L'ús d'un analitzador òptic despectres permet la visualització i l'anàlisi quantitativa dels modes longitudinals emesos pel làser. Es determinen les freqüències de ressonància del làser i la separació en freqüència entre modes longitudinals adjacents.



## VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	45,00	100
Pràctiques en laboratori	15,00	100
Estudi i treball autònom	55,00	0
Preparació d'activitats d'avaluació	5,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	15,00	0
Resolució de casos pràctics	15,00	0
<b>TOTAL</b>	<b>150,00</b>	

## METODOLOGIA DOCENT

Aquesta assignatura consta de diversos tipus de classes amb metodologies diferenciades:

1. **Classes teòriques i de problemes** (24+12=36 hores). En aquestes classes s'aborden els aspectes conceptuals i formals de la matèria, així com exemples pràctics, qüestions que il·lustren la teoria i la resolució de problemes.
2. **Sessions pràctiques de pissarra participatives** (9 hores). Aquestes classes es dedicaran a l'aclariment de dubtes sorgits durant l'estudi dels conceptes teòrics, al reforç dels aspectes teòrico-pràctics de major dificultat, a la verificació del progrés de l'estudiant en la matèria i a la resolució dels problemes proposats als estudiants.
3. **Sessions pràctiques de laboratori** (15 hores). En aquestes classes es realitzaran en parelles experiments al laboratori d'acord amb el procediment proposat en el guió de la pràctica.

## AVALUACIÓ

L'avaluació dels coneixements adquirits per l'estudiant en aquesta assignatura consta de tres parts:

1. **Avaluació contínua del treball de l'estudiant** (25%). Al llarg del semestre, el professor proposarà diverses tasques a resoldre pels estudiants la valoració de les quals suposarà la qualificació d'aquest apartat. Aquestes consistiran en la resolució tant de problemes presentats i discutits individualment amb el professor, com de treballs i qüestions teòrico-pràctiques, que seran discutits posteriorment a l'aula.
2. **Avaluació contínua de les Pràctiques de Laboratori** (25%). En aquest apartat s'avaluarà les habilitats adquirides en les sessions de laboratori, així com la preparació i documentació prèvia a les sessions, i una breu presentació oral del treball realitzat per l'estudiant en una de les pràctiques realitzades. No es requereix el lliurament de memòries de les pràctiques realitzades.
3. **Examen de caràcter teòrico-pràctic** (50%). La comprensió dels aspectes més teòrics i conceptuals es durà a terme mitjançant un examen escrit que comprendrà tant preguntes teòriques, com algunes qüestions conceptuals o numèriques, relacionades directament amb el temari.



## REFERÈNCIES

### Bàsiques

- H. A. Haus, Waves and Fields in Optoelectronics (Prentice-Hall, 1984).
- J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics (Roberts & Co., 2005).
- J. D. Gaskill, Linear Systems, Fourier Transforms, and Optics (Wiley, 1978).
- E. Wolf, Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light (Cambridge, 2007).
- J. N. Damask, Polarization Optics in Telecommunications (Springer, 2005).

### Complementàries

- B. E. A. Saleh y M. C. Teich, Fundamental of Photonics (Wiley, 2007).
- G. R. Fowles, Introduction to Modern Optics (Dover, 1989).
- S. G. Lipson, H. Lipson y D. S. Tannhauser, Optical Physics (Cambridge, 1995).
- L. Mandel y E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics (Cambridge, 1995).