

## Òptica

Codi: 100156

Crèdits: 9

**2024/2025**

Titulació	Tipus	Curs
2500097 Física	OB	3

### Professor/a de contacte

Nom: Angel Lizana Tutusaus

Correu electrònic: angel.lizana@uab.cat

### Equip docent

Juan Ignacio Pedro Campos Coloma

Irene Estevez Caride

Ivan Montes Gonzalez

### Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

### Prerequisits

No s'imposa cap requisit previ, però seria convenient que l'estudiant hagi cursat l'assignatura d'Electromagnetisme, la d'Ones i Òptica, i les de matemàtiques de cursos anteriors.

### Objectius

L'objectiu general de l'assignatura és el de presentar a l'estudiant una panoràmica general del camp de l'òptica clàssica, que compren des dels instruments òptics fins als fenòmens d'interferència i difracció. L'òptica quàntica serà objecte d'una altra assignatura del Grau en Física. L'assignatura d'Òptica, a més de proporcionar uns coneixements bàsics del camp, serveix per il·lustrar a l'alumne com es poden descriure diferents fenòmens utilitzant diferents models: Model electromagnètic, model ondulatori, model geomètric, etc. Aquesta visió ajuda a l'objectiu transversal de saber identificar un problema, i plantejar la metodologia més adequada per resoldre'l.

Aquesta assignatura està molt interrelacionada amb el Laboratori d'Òptica que s'imparteix al mateix curs, conformant ambdues juntes un conjunt temàtic.

Mitjançant el model geomètric s'introduiran els conceptes necessaris per entendre els instruments òptics bàsics: L'ull humà, la càmera fotogràfica, el telescopi i el microscopi.

Mitjançant la teoria electromagnètica de la llum s'estudiaran els diferents tipus de materials, prestant especial atenció als medis isòtrops i als anisòtrops homogenis i lineals. Respecte als medis dielèctrics s'introduirà el model clàssic de Lorentz per explicar la dispersió.

Finalment, mitjançant el model ondulatori s'estudiaran els fenòmens d'interferència i difracció de la llum.

## Competències

- Conèixer els fonaments de les principals àrees de la física i comprendre'ls
- Desenvolupar estratègies d'anàlisi, síntesi i comunicació que permetin transmetre els conceptes de la física en entorns educatius i divulgatius
- 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
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, fer servir correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics
- 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. Aplicar la transformada de Fourier per descriure ones policromàtiques i per descriure el fenomen de la difracció.
2. Avaluat la resolució de sistemes òptics tenint en compte les seves dimensions.
3. Calcular l'energia transportada per un feix.
4. Calcular la direcció de propagació de les ones transmeses en mitjans anisòtrops.
5. Calcular la figura d'interferència produïda en diferents interferòmetres i determinar els canvis en la figura en variar alguns paràmetres del sistema.
6. Calcular la figura de difracció produïda per diferents obertures, aplicant-hi les aproximacions convenients.
7. Calcular la refracció d'una ona plana en un medi anisòtrop i els desfasaments produïts.
8. Calcular les ones transmeses i reflectides en una superfície de separació entre dos medis isòtrops i avaluar l'estat de polarització d'aquestes.
9. Descriure el fenomen de difracció de la llum.
10. Descriure el funcionament de les làmines retardadores.
11. Descriure el model clàssic de Lorentz de la interacció llum-matèria.
12. Descriure els diferents dispositius per produir interferències.
13. Descriure els efectes que modifiquen l'el·lipsoide d'índexs d'un material.
14. Descriure els estats de polarització de la llum.
15. Descriure els fenòmens de refracció i reflexió en medis isòtrops.
16. Descriure els mètodes per avaluar la difracció produïda per diferents obertures.
17. Descriure els principals tipus de fronts d'ona i la solució harmònica de l'equació d'ones.
18. Descriure la polarització induïda en un medi dielèctric i l'índex de refracció complex.
19. Descriure les condicions de propagació d'una ona en un medi anisòtrop (ona ordinària i extraordinària).
20. Descriure les condicions perquè es produeixin interferències estables.
21. Descriure les equacions de Maxwell i l'obtenció, a partir d'aquestes, de l'equació d'ones electromagnètiques.
22. Determinar l'estat de polarització d'un feix abans i després de travessar una làmina retardadora.
23. Identificar fenòmens òptics en observar la naturalesa i explicar-los amb claredat en entorns no especialitzats.
24. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
25. Utilitzar de la representació complexa de les ones harmòniques.
26. Utilitzar l'equació d'ones i les solucions generals d'aquesta.

## Continguts

1. Ones:
  1. Equació del moviment ondulatori. Ones planes, ones esfèriques.
  2. Solució harmònica de l'equació d'ones. Anàlisi de Fourier.
  3. Superposició d'ones de la mateixa freqüència.
  4. Superposició d'ones de diferent freqüència. Velocitat de fase i velocitat de grup.
  5. Superposició d'ones amb els vectors elèctrics perpendiculars.
2. Teoria electromagnètica de la llum. Ones Electromagnètiques:
  1. Equacions de Maxwell macroscòpiques. Resposta del material. Relacions energètiques.
  2. Ones electromagnètiques. Medi lineal homogeni i isòtrop. Transversalitat de les ones planes. Transport d'energia.
3. Medis isòtrops:
  1. Reflexió i refracció en dielèctrics. Fórmules de Fresnel.
  2. Medis dielèctrics. Polarització induïda. Model del dipol clàssic de Lorentz.
  3. Propagació i difusió d'un feix lluminós.
4. Òptica Geomètrica. Aproximació paraxial:
  1. Principi de Fermat. Equació de la trajectòria del raig. Propagació en medis no uniformes.
  2. Formació d'imatge en òptica geomètrica.
  3. Òptica paraxial. Invariant d'Abbe. Augments.
  4. Sistemes centrats. Focus i plans focals. Plans i punts principals. Lents primes. Acoblament de sistemes.
5. Instruments Òptics:
  1. L'ull humà.
  2. Instruments fotogràfics i de projecció.
  3. Telescopis.
  4. Instruments de visió propera: Lupa, microscopi compost.
6. Medis anisòtrops. Polarització:
  1. Susceptibilitat elèctrica. El·lipsoide d'índex.
  2. Equació d'ones en medis anisòtrops. Condicions de propagació.
  3. Refracció en un medi anisòtrop. Construcció de Fresnel. Construcció amb l'el·lipsoide d'índex
  4. Retardadors.
  5. Medis anisòtrops absorbents.
7. Interferència:
  1. Principis generals. Condicions d'interferència.
  2. Interferència per divisió del front d'ones: Franges de Young, Dispositius pràctics.
  3. Interferències per divisió d'amplitud. Interferòmetre de Michelson.
  4. Interferències de múltiples feixos obtinguts per divisió d'amplitud. Interferòmetre de Fabry-Perot.
8. Difracció:
  1. Principi de Huygens-Fresnel.
  2. Difracció de Fresnel i de Fraunhofer.
  3. Difracció de Fraunhofer per una obertura: Escletxa simple, obertura rectangular, obertura circular. Limitació del poder resolutiu dels instruments.
  4. Difracció de Fraunhofer per varies obertures: Doble escletxa, xarxa de difracció.
  5. Introducció a la teoria escalar de Kirchhoff.

## Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
-------	-------	------	--------------------------

Tipus: Dirigides

Classes de problemes	25	1	1, 2, 4, 3, 6, 5, 7, 8, 18, 16, 21, 11, 19, 20, 13, 10, 17, 15, 9, 14, 12, 22, 24, 25, 26
Classes de teoria	50	2	1, 2, 4, 3, 6, 5, 7, 8, 18, 16, 21, 11, 19, 20, 13, 10, 17, 15, 9, 14, 12, 22, 24, 25, 26
Tipus: Supervisades			
Fotografies de fenòmens òptics a la natura	5	0,2	23, 24
Tutories	4,5	0,18	24
Tipus: Autònomes			
Estudi personal	80	3,2	18, 16, 21, 11, 19, 20, 13, 10, 17, 15, 9, 14, 12, 24
Realització de problemes	51	2,04	1, 2, 4, 3, 6, 5, 7, 8, 22, 24, 25, 26

## CLASSES TEÒRIQUES

En aquest tipus d'activitat s'impartiran els conceptes de l'assignatura. Les transparències que s'utilitzaran es pujaran al campus virtual.

Es fomentarà la participació dels estudiants a través del forum de l'assignatura, animant-los a fer preguntes sobre els dubtes que se'ls puguin plantejar, i fent-los preguntes per poder estimar la seva comprensió dels conceptes exposats.

## CLASSES DE PROBLEMES

S'utilitzaran per posar en pràctica els conceptes desenvolupats a teoria, amb la finalitat d'identificar el tipus de problema, i la metodologia més adequada per a la seva resolució. Els enunciats dels mateixos es penjaran al campus virtual amb antelació suficient com per a què l'alumne intenti resoldre'ls i pugui plantejar dubtes a classe.

## REALITZACIÓ DE FOTOGRAFIES

Amb aquest tipus d'activitat es pretén desenvolupar la capacitat d'observació de l'estudiant i relacionar els fenòmens de la natura amb els conceptes estudiats a l'assignatura

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.

## Avaluació

### Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
1er Examen parcial	40	2,25	0,09	1, 2, 3, 8, 18, 21, 11, 17, 15, 14, 24, 25, 26
2on Examen parcial	40	2,25	0,09	4, 6, 5, 7, 16, 19, 20, 13, 10, 9, 12, 22, 24
Examen de recuperació dels	80	3,5	0,14	1, 2, 4, 3, 6, 5, 7, 8, 18, 16, 21, 11, 19, 20, 13, 10, 17, 15, 9,

L'avaluació de l'assignatura es realitzarà segons la ponderació següent:

- Proves escrites (80%)
  - Primer parcial o recuperació (40%)
  - Segon parcial o recuperació (40%)
- Activitats relacionades amb fenòmens Òptics (fotografies, applet, presentació, ...) (20%)

#### PROVES ESCRITES

Amb aquestes proves avaluarem els continguts adquirits per l'alumne, així com la seva capacitat d'anàlisi, síntesis, i de raonament.

#### PROVES ESCRITES PARCIALS

Es realitzaran dues proves parcials. La matèria avaluada serà la corresponent als temes donats durant els corresponents períodes, i que s'anunciaran amb una antelació suficient.

L'alumne que aprovi els parcials no tindrà l'obligació de presentar-se a l'examen final. Cadascuna d'aquestes proves conta el 40% de la nota final.

Per fer la mitjana entre els dos parcials, serà necessari que es tingui com a mínim un 4 sobre 10 en cada parcial.

#### PROVA ESCRITA FINAL

Constarà de dues parts, cadascuna d'elles corresponents als parcials anteriors.

A cadascuna de les parts es tindran que presentar aquells alumnes que no hagin superat el parcial corresponent, o que no s'hagin presentat.

Un estudiant que ha aprovat un parcial, pot tornar a presentar-se a la part corresponent al final. En aquest cas, la nota que contarà serà la del final.

#### ACTIVITATS RELACIONADES AMB FENÒMENS ÒPTICS

En aquest apartat s'avaluarà la capacitat d'observació de l'alumne, així com la seva capacitat de relacionar els conceptes estudiats amb els fenòmens de la natura.

Cada estudiant haurà de presentar 6 fotografies originals (realitzades per ells mateixos) de fenòmens naturals relacionats amb els conceptes estudiats en l'assignatura. No valen fotos obtingudes al laboratori, ni baixades d'internet (en aquest cas la nota corresponent a les fotos serà de 0). A més, haurà de donar una breu explicació (al voltant d'un full) del fenomen analitzat.

Cadascuna de les 6 fotografies ha de dedicar-se a un fenomen diferent. Es presentaran per internet 3 fotos al final de cada semestre (abans del corresponent examen parcial) en format pdf o word.

El nom dels fitxers serà: Nom\_Cognom\_n ...

n serà igual a 1 ò 2 segons sigui el lliurament del primer semestre o la del segon

Aquesta entrega es complementarà amb un conjunt d'activitats, com presentacions orals, simulacions per ordinador de fenòmens, etc. que es comentaran el primer dia de classe.

#### AVALUACIÓ ÚNICA

L'alumnat que s'hagi acollit a la modalitat d'avaluació única haurà de realitzar una prova final que consistirà en un examen de teoria on haurà de respondre a una sèrie de qüestions relacionades amb el temari de curs. Seguidament haurà de fer una prova de problemes on haurà de resoldre una sèrie d'exercicis semblants als

que s'han treballat a les sessions de Pràctiques d'Aula. Quan hagi finalitzat, lliurarà un informe amb sis fotografies de fenòmens òptics fetes per ell/ella mateix/a (i la seva corresponent descripció), amb un màxim de 6 fulls d'extensió, i haurà de fer una breu exposició oral per comentar els fenòmens. Aquestes proves es duran a terme al mateix dia, hora i lloc que les proves del segon parcial de la modalitat d'avaluació continuada.

La qualificació de l'estudiant serà la mitjana ponderada de les tres activitats anteriors, on l'examen de teoria suposarà el 30% de la nota, l'examen de problemes el 40% i l'entrega/defensa de fenòmens òptics el 10%.

Si la nota final no arriba a 5, l'estudiant té una altra oportunitat de superar l'assignatura mitjançant l'examen de recuperació que es celebrarà en la data que fixi la coordinació de la titulació. La nota final de l'assignatura serà la nota de l'examen de recuperació.

## Bibliografia

### LLIBRES DE TEORIA

- J. Casas. Óptica. Universidad de Zaragoza
- E. Hecht. Optics. Addison-Wesley Publishing Company.
- M.V. Klein, T. E. Furtak. Optics. John Wiley & Sons
- Keigo Iizuka, Elements of Photonics Volume 1. John Wiley & Sons, Inc. ISBNs: 0-471-83938-8 (Hardback); 0-471-22107-4 (Electronic)
- R. Guenter. Modern Optics. John Wiley & Sons
- B.E.A. Saleh, M.C. Teich, Fundamentals of Photonics, second edition. John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-471-35832-9
- F.G. Smith, J.H. Thomson, Optics, John Wiley & Sons Ltd. ISBN 0 471 91534 3

### LLIBRES DE PROBLEMAS

- E. Hecht. Teoría y Problemas de Óptica. MacGraw-Hill
- M. López, J.L. Díaz, J.M. Jiménez. Problemas de Física volumen V. Óptica. Editorial Romo.
- M. Fogiel, THE OPTICS PROBLEM SOLVER, Research and Education Association. ISBN: 0-87891-526-5
- Lim Yung-kuo, Problems and Solutions on Optics. World Scientific. ISBN: 981-02-0438-8

### RECURSOS ELECTRÒNICS

Applets en Matlab d'Òptica: <http://sedoptica.es/appletsmatlab>

Applets en java d'Òptica: <http://www.ub.es/javaoptics/index-en.html>

Applets en java de Física: <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>

Campus virtual: Applets en LabView i Vídeos sobre alguns fenòmens

## Programari

Applets de fenòmens òptics en Matlab

## Llista d'idiomes

Nom	Grup	Idioma	Semestre	Torn
-----	------	--------	----------	------

---

(PAUL) Pràctiques d'aula	1	Espanyol	anual	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	2	Espanyol	anual	matí-mixt
(TE) Teoria	1	Espanyol	anual	matí-mixt
(TE) Teoria	2	Català	anual	matí-mixt

---