

# Guia docent

## 320031 - FOAE - Fotònica. Òptica Aplicada a l'Enginyeria

Última modificació: 19/04/2023

**Unitat responsable:** Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa  
**Unitat que imparteix:** 748 - FIS - Departament de Física.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES AUDIOVISUALS (Pla 2009). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA DE TECNOLOGIA I DISSENY TÈXTIL (Pla 2009). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).  
GRAU EN ENGINYERIA DE DISSENY INDUSTRIAL I DESENVOLUPAMENT DEL PRODUCTE (Pla 2010). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2023      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Anglès

### PROFESSORAT

**Professorat responsable:** Ramon Herrero

**Altres:** Ramon Herrero

### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

#### Transversals:

1. APRENENTATGE AUTÒNOM: Detectar mancances en el propi coneixement i superar-les mitjançant la reflexió crítica i l'elecció de la millor actuació per ampliar aquest coneixement.
2. COMUNICACIÓ EFICAC ORAL I ESCRITA: Comunicar-se de forma oral i escrita amb altres persones sobre els resultats de l'aprenentatge, de l'elaboració del pensament i de la presa de decisions; participar en debats sobre temes de la pròpia especialitat.
3. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, que serà preferentment l'anglès, amb un nivell adequat de forma oral i per escrit i amb consonància amb les necessitats que tindran les titulades i els titulats en cada ensenyament.
4. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com un membre més, o realitzant tasques de direcció amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.
5. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

### METODOLOGIES DOCENTS

- Sessions teòriques i exercicis d'aplicació
- Sessions de laboratori
- Treballs en grup de temes específics i presentacions
- Estudi autònom.

A les sessions teòriques s'introduiran les bases de la matèria, conceptes, mètodes i resultats il·lustrant-los amb exemples convenients per facilitar-ne la seva comprensió.

Al laboratori s'observen les propietats de la llum i les seves aplicacions

Els temes dels treballs en grup o individuals s'escullen segons l'interès de cada estudiant



## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

-La fotònica és la ciència i la tecnologia dels fotons i ones electromagnètiques des dels raigs gamma fins a les ones de radio, inclosos els raigs X, els UV, la llum visible i infraroja.

-La fotònica sustenta les tecnologies de la vida diària, des de les telecomunicacions (fibres òptiques, Internet) fins a la tecnologia d'il·luminació (bombetes, LED, làser) passant per l'electrònica de consum (telèfons intel·ligents, ordinadors portàtils, escàners de codis de barres, reproductors de CD, DVD, controls remots) fins a la salut (cirurgia ocular, microscòpia, tomografia, instrumental mèdic) a la indústria (tall, soldadura i mecanitzat amb làser) a defensa i seguretat (càmera infraroja, teledetecció) a entreteniment (holografia, espectacles làser) a explorar l'univers, etc.... El segle XXI dependrà tant de la fotònica com el segle XX de l'electrònica.

-Els objectius de l'assignatura són per una banda conèixer les propietats bàsiques de la llum i la seva aplicació a les diferents branques de l'enginyeria i per altra banda conèixer les tecnologies fotòniques actuals.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup mitjà	15,0	10.00
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00
Hores grup petit	15,0	10.00
Hores grup gran	30,0	20.00

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### 1: Naturalesa i propagació de la llum

#### Descripció:

- 1.1. Ones electromagnètiques.
- 1.2. Generació de radiació i espectre electromagnètic
- 1.3. Propagació en materials dielèctrics, reflexió i refracció
- 1.4. Propagació en medis no homogenis
- 1.5. Aplicacions: Telemetria làser, detecció d'objectes, alineament, lectors de dades, perfilòmetres, detectors de posició, velocitat i rotació

#### Activitats vinculades:

Teoria  
Exercicis d'aplicació  
Pràctiques de laboratori: propagació en medis i inhomogenis

#### Dedicació: 24h 30m

Grup gran/Teoria: 5h  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m  
Grup petit/Laboratori: 2h  
Aprenentatge autònom: 15h



## 2: Òptica geomètrica i instruments òptics

### Descripció:

- 2.1. Sistemes òptics i formació d'imatges
- 2.2. Instrumentació òptica: Càmera fotogràfica, telescopi, microscopi, microscopi confocal, ...
- 2.3. Prismes i espectroscòpia

### Activitats vinculades:

Teoria  
Exercicis d'aplicació  
Pràctiques de laboratori: Instrumentació òptica

### Dedicació: 24h 30m

Grup gran/Teoria: 5h  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m  
Grup petit/Laboratori: 2h  
Aprenentatge autònom: 15h

## 3: Interferències i difracció

### Descripció:

- 3.1. Interferències d'ones electromagnètiques
- 3.2. Aplicacions: Interferòmetres, mesura precisa de distàncies, sensors interferomètrics, filtres òptics, ...
- 3.3. Difracció de Fraunhofer i límits de resolució en imatges òptiques
- 3.4. Aplicacions: Xarxes de difracció i espectroscòpia, mesura micromètrica, microscòpia interferomètrica, difracció de raig X i anàlisi de cristalls, ...
- 3.5. Difracció de Fresnel i holografia
- 3.6. Aplicacions: Emmagatzematge hologràfic, interferometria hologràfica, correlació òptica i reconeixement d'imatges

### Activitats vinculades:

Teoria  
Exercicis d'aplicació  
Pràctiques de laboratori: Interferometria i mesures per difracció

### Dedicació: 24h 30m

Grup gran/Teoria: 5h  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m  
Grup petit/Laboratori: 2h  
Aprenentatge autònom: 15h

## 4: Polaritzadors i medis anisòtrops

### Descripció:

- 4.1. Polarització, dicroïsmes, birrefringència i activitat òptica,
- 4.2. Aplicacions: Làmines de retard, polarimetria, fotoelasticitat, microscòpia de contrast de fase, òptica cristal·lina, ...
- 4.3. Moduladors òptics. Electro-òptics, acusto-òptics, magneto-òptics

### Activitats vinculades:

Teoria  
Exercicis d'aplicació  
Pràctiques de laboratori: Polarimetria, birrefringència i dicroïsmes

### Dedicació: 24h 30m

Grup gran/Teoria: 5h  
Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m  
Grup petit/Laboratori: 2h  
Aprenentatge autònom: 15h

## 5: Làsers i fonts de llum

### Descripció:

5.1. Emissors de llum.

5.2. Emissió espontània: Radiació del cos negre, làmpades d'incandescència i de descàrrega, fluorescents, diodes LED, radiació sincrotró, ...

5.3. Emissió estimulada: El làser. Principis de funcionament, bombeig, cavitat òptica, característiques de la llum làser

5.4. Tipus de làsers: Làsers d'estat sòlid, de gas, de gasos moleculars, d'excimer, químics, de colorant, làsers de semiconductor (EELs, VCSELs), ...

### Activitats vinculades:

Teoria

Exercicis d'aplicació

Pràctiques de laboratori: Espectrometria

**Dedicació:** 13h 15m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 15m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 7h 30m

## 6: Tecnologia làser

### Descripció:

6.1. Aplicacions industrials del làser: Perforat, tall, soldadura, polit i marcatge.

6.2. Dades: Lectura, escriptura, transmissió

6.3. Mesures (distàncies, perfils, ...) i imatges amb làser (LIDAR)

6.4. Caracterització de materials: espectroscòpia làser, fotoquímica, separació isotòpica, ...

6.5. Aplicacions mèdiques: Cirurgia, fototeràpia, odontologia, tractament del càncer, ...

6.6. Altres aplicacions: Telemetria, litografia, fusió nuclear

### Activitats vinculades:

Teoria

**Dedicació:** 11h 15m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 15m

Aprenentatge autònom: 7h 30m

## 7: Fotodetectors i imatge

### Descripció:

7.1. Fotodetectors tèrmics

7.2. Fotodetectors de semiconductors: Fotoconductors, fotodiodes, fotodiodes d'avalantxa, fototransistors, ...

7.3. Altres fotodetectors: Fotomultiplicadors (visió nocturna), fotoquímics (pel·lícula fotogràfica), cel·lules fotoelèctriques i cel·lules fotovoltàiques (cel·lules solars).

7.4. Matrius de detectors. Càmeres CCD i CMOS.

7.5. Detecció d'imatges: Microscopia (òptica, de fluorescència, a dos fotons, electrònica, OCT, ... ). Microscopia de super resolució (NORM, STED, SIM, ... )

7.6. Radiometria, fotometria i colorimetria

### Activitats vinculades:

Teoria

Pràctiques de laboratori

Treball específic

**Dedicació:** 13h 45m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 15m

Grup petit/Laboratori: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 7h 30m

## 8: Guies d'ona, fibres òptiques i metamaterials òptics

### Descripció:

8.1. Guies d'ona i fibres òptiques

8.2. Transport d'informació i d'imatges

8.3. Metamaterials òptics: Imatges perfectes, invisibilitat, ...

### Activitats vinculades:

Teoria

Treball específic

**Dedicació:** 13h 45m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 1h 15m

Grup petit/Laboratori: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 7h 30m

## ACTIVITATS

### 1: Teoria

#### Descripció:

1.- Naturalesa i propagació de la llum:

- 1.1. Ones electromagnètiques.
- 1.2. Generació de radiació i espectre electromagnètic
- 1.3. Propagació en materials dielèctrics, reflexió i refracció
- 1.4. Propagació en medis no homogenis
- 1.5. Aplicacions: Telemetria làser, detecció d'objectes, alineament, lectors de dades, perfilòmetres, detectors de posició, velocitat i rotació

2.- Òptica geomètrica i instruments òptics

- 2.1. Sistemes òptics i formació d'imatges
- 2.2. Instrumentació òptica: Càmera fotogràfica, telescopi, microscopi, microscopi confocal, ...
- 2.3. Prismes i espectroscòpia

3.- Interferències i difracció:

- 3.1. Interferències d'ones electromagnètiques
- 3.2. Aplicacions: Interferòmetres, mesura precisa de distàncies, sensors interferomètrics, filtres òptics, ...
- 3.3. Difracció de Fraunhofer i límits de resolució en imatges òptiques
- 3.4. Aplicacions: Xarxes de difracció i espectroscòpia, mesura micromètrica, microscòpia interferomètrica, difracció de raig X i anàlisi de cristalls, ...
- 3.5. Difracció de Fresnel i holografia
- 3.6. Aplicacions: Emmagatzematge hologràfic, interferometria hologràfica, correlació òptica i reconeixement d'imatges

4.- Polaritzadors i medis anisòtrops

- 4.1. Polarització, dicroïsmes, birrefringència i activitat òptica,
- 4.2. Aplicacions: Làmines de retard, polarimetria, fotoelasticitat, microscòpia de contrast de fase, òptica cristal·lina, ...
- 4.3. Moduladors òptics. Electro-òptics, acusto-òptics, magneto-òptics

5.- Làsers i fonts de llum:

- 5.1. Emissors de llum.
- 5.2. Emissió espontània: Radiació del cos negre, làmpades d'incandescència i de descàrrega, fluorescents, diodes LED, radiació sincrotró, ...
- 5.3. Emissió estimulada: El làser. Principis de funcionament, bombeig, cavitat òptica, característiques de la llum làser
- 5.4. Tipus de làsers: Làsers d'estat sòlid, de gas, de gasos moleculars, d'excimer, químics, de colorant, làsers de semiconductor (EELs, VCSELs), ...

6.- Tecnologia làser

- 6.1. Aplicacions industrials del làser: Perforat, tall, soldadura, polit i marcatge.
- 6.2. Dades: Lectura, escriptura, transmissió
- 6.3. Mesures (distàncies, perfils, ...) i imatges amb làser (LIDAR)
- 6.4. Caracterització de materials: espectroscòpia làser, fotoquímica, separació isotòpica, ...
- 6.5. Aplicacions mèdiques: Cirurgia, fototeràpia, odontologia, tractament del càncer, ...
- 6.6. Altres aplicacions: Telemetria, litografia, fusió nuclear

7.- Fotodetectors i imatge

- 7.1. Fotodetectors tèrmics
- 7.2. Fotodetectors de semiconductors: Fotoconductors, fotodiodes, fotodiodes d'avalantxa, fototransistors, ...
- 7.3. Altres fotodetectors: Fotomultiplicadors (visió nocturna), fotoquímics (pel·lícula fotogràfica), cel·lules fotoelèctriques i cel·lules fotovoltaïques (cel·lules solars).
- 7.4. Matrius de detectors. Càmeres CCD i CMOS.
- 7.5. Detecció d'imatges: Microscopia (òptica, de fluorescència, a dos fotons, electrònica, OCT, ...). Microscopia de super resolució (NORM, STED, SIM, ...)
- 7.6. Radiometria, fotometria i colorimetria

8.- Guies d'ona, fibres òptiques i metamaterials òptics

- 8.1. Guies d'ona i fibres òptiques



- 8.2. Transport d'informació i d'imatges
- 8.3. Metamaterials òptics: Imatges perfectes, invisibilitat, ...

**Dedicació:** 30h  
Grup gran/Teoria: 30h

## 2: Problemes d'aplicació

**Descripció:**  
Exercicis d'aplicació dels diferents temes.

**Dedicació:** 15h  
Grup mitjà/Pràctiques: 15h

## 3: LABORATORI

**Descripció:**  
Les pràctiques seran dedicades a aplicar els coneixements assolits a les classes de teoria i problemes. Pràctiques de caràcter conceptual però també quantitatiu, mesures i tractament dels resultats.  
Les pràctiques inclouen els següents temes: Propagació de llum, construcció de sistemes òptics, polarització i birefringència, interferències, difracció, espectrometria, làser.  
Les sessions de laboratori són de dues hores i es fan en equips de dues o més persones. El format de les pràctiques és rotatori, de manera que cada equip farà una pràctica diferent. Explicacions i ajuda del professor durant la pràctica. Cada grup entrega d'un informe de pràctiques.

**Objectius específics:**  
Observació i verificació al laboratori dels efectes òptics explicats a l'assignatura.  
Mesura de les propietats de la llum (polarització, longitud d'ona, ...) i els seus efectes (propagació, interferències, difracció, ...).  
Sistemes òptics de mesura (espectrometria, polarimetria, interferometria, microscopia, ...).  
Coneixement dels dispositius òptics.

**Material:**  
Guions de pràctiques

**Lliurament:**  
Cada grup de treball lliura un informe de pràctiques.

**Dedicació:** 10h  
Grup petit/Laboratori: 10h

## 4: Treball sobre un tema específic 1

**Descripció:**  
Realització d'un treball sobre les aplicacions actuals de la fòtica en l'enginyeria i en les noves tecnologies en el camp de la fòtica. El treball servirà per aprofundir en un tema escollit per l'alumne (d'entre els proposats o per interès propi) relacionat amb el temari de l'assignatura. Es realitzarà en grups de 2 o 3 persones.  
Presentació oral del treball i resposta de preguntes. Fer preguntes en les presentacions d'altres alumnes.

**Material:**  
Material i bibliografia proporcionats pel professor

**Lliurament:**  
Estudi d'un tema concret d'interès per a l'estudiant  
Presentació oral del treball. Resposta de preguntes. Fer preguntes en les presentacions d'altres alumnes.

**Dedicació:** 2h 30m  
Grup petit/Laboratori: 2h 30m



### 5: Treball sobre un tema específic 2

**Descripció:**

Realització d'un treball sobre les aplicacions actuals de la fotònica en l'enginyeria i en les noves tecnologies en el camp de la fotònica. El treball servirà per aprofundir en un tema escollit per l'alumne (d'entre els proposats o per interès propi) relacionat amb el temari de l'assignatura. Es realitzarà en grups de 2 o 3 persones.

Presentació oral del treball i resposta de preguntes. Fer preguntes en les presentacions d'altres alumnes.

**Material:**

Material i bibliografia proporcionats pel professor

**Lliurament:**

Estudi d'un tema concret d'interès per a l'estudiant

Presentació oral del treball. Resposta de preguntes. Fer preguntes en les presentacions d'altres alumnes.

**Dedicació:** 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h 30m

### Aprenentatge autònom

**Dedicació:** 90h

Aprenentatge autònom: 90h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- Laboratori: 35%
- Exercicis d'aplicació: 25%
- 1er Treball en un tema específic: 20%
- 2on Treball en un tema específic: 20%

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Laboratori: Visualització i aplicació de les propietats de la llum. Treball en grup. Guió i explicacions del professor durant la pràctica. Cada equip entregarà un informe.

Treballs d'aprofundiment: Treballs en grups de 2 o 3 persones. Tema escollit pels alumnes (temes proposats pel professor o d'interès propi). Exposició oral.

## BIBLIOGRAFIA

**Bàsica:**

- Smith, F.G.; King, T.A. Optics and photonics: an introduction. Chichester: John Wiley & Sons, 2000. ISBN 0471489255.
- Saleh, B.E.A.; Teich, M.C. Fundamentals of photonics. New York: Wiley-Interscience, 1991. ISBN 0471839655.
- Hecht, Eugene. Óptica [en línia]. 5ª ed. Madrid: Pearson, cop. 2017 [Consulta: 11/05/2022]. Disponible a: [https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=6557](https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=6557). ISBN 9788490354926.
- Pedrotti, F.L.; Pedrotti, L.S. Introduction to optics. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1993. ISBN 0135015456.

**Complementària:**

- Smith, Warren J. Modern optical engineering: the design of optical systems. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2000. ISBN 0071363602.
- Lizuka, Keigo. Engineering optics. 3rd ed. New York: Springer, 2008. ISBN 9780387757230.
- Bachs, L.; Cuesta, J.; Nogués, C. Aplicaciones industriales del láser. Barcelona: Marcombo, 1988. ISBN 842670719X.
- Uiga, Endel. Optoelectronics. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. ISBN 0024221708.
- Dereniak, E.L.; Crowe, D.G. Optical radiation detectors. New York: Wiley, 1984. ISBN 0471897973.





- Pinson, L.J. Electro-optics. New York: Wiley, 1985. ISBN 0471881422.
- Judd, D.B.; Wyszecki, G. Color in business, science and industry. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1975. ISBN 0471452122.