

Guia docent

230551 - LAB - Laboratori de Fotònica

Última modificació: 19/06/2024

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN FOTÒNICA (Pla 2013). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2024

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE FRANCISCO TRULL SILVESTRE

Altres:

Primer quadrimestre:

ORIOI ARTEAGA BARRIEL - 15

JUAN CAMPOS COLOMA - 14

CRINA MARIA COJOCARU - 11

DANIEL ALBERTO GUBERMAN - 15

OCTAVI LOPEZ CORONADO - 14

ANTONIO MARISCAL CASTILLA - 15

MARIO MONTES USATEGUI - 15

ELISABET PEREZ CABRE - 12

JOSEP JOAN PRAT GOMA - 13

JOSE FRANCISCO TRULL SILVESTRE - 11

ADAM VALLES MARI - 14

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CE5. Saber realitzar i comprendre experiments bàsics que demostren els principals fenòmens d'òptica i fotònica.

CE6. Haver realitzat un conjunt de pràctiques de laboratori de nivell avançat, similar al de futurs treballs experimentals d'investigació.

Genèriques:

CG2. Capacitat per a la modelització, càlcul, simulació, desenvolupament i implantació en centres de recerca, centres tecnològics i empreses, particularment en tasques d'investigació, desenvolupament i innovació en tots els àmbits relacionats amb la Fotònica.

CG3. Capacitat per a la direcció tècnica i direcció de projectes de recerca, desenvolupament i innovació, en centres de recerca, empreses i centres tecnològics, en l'àmbit de la Fotònica.

Transversals:

1. 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.

2. EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ: Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que en regeixen l'activitat; tenir capacitat per comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici.

3. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.

4. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL: Conèixer i comprendre la complexitat dels fenòmens econòmics i socials típics de la societat del benestar; tenir capacitat per relacionar el benestar amb la globalització i la sostenibilitat; assolir habilitats per usar de forma equilibrada i compatible la tècnica, la tecnologia, l'economia i la sostenibilitat.

5. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme 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.

Bàsiques:

CB7. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relatius al seu camp d'estudi.

CB6. Tenir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i/o aplicació de idees, sovint en un context de recerca.

METODOLOGIES DOCENTS

- Sessions de laboratori

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

"Laboratori de Fotònica" té com a objectiu proporcionar una visió general de forma experimental dels diferents fenòmens i aspectes de la fotònica que s'estudien teòricament en els cursos d'aquest Master. El curs consta de 4 laboratoris de 8 hores cadascun (dues sessions de 4 hores), dedicades a diferents temes de la fotònica bàsica i aplicada. S'ofereix una llista de 14 pràctiques de laboratori diferents. Cada estudiant ha d'escollir quatre laboratoris d'aquesta llista, tenint en compte les seves preferències i la disponibilitat dels laboratoris.

El guió de cada pràctica (disponibles a ATENEA) té com a objectiu proporcionar una visió general sobre cada tema: un estudi fenomenològic, descripció i interpretació dels fenòmens que l'estudiant se suposa d'observar al laboratori, la consolidació dels conceptes teòrics bàsics, la manipulació de diferents aparells experimentals, la definició dels objectius experimentals, etc. Un cop finalitzada la pràctica, s'haurà de presentar un informe escrit.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	93,0	74.40
Hores grup petit	32,0	25.60

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1. Polarització i materials polaritzants

Descripció:

L'objectiu d'aquesta pràctica de laboratori és obtenir una visió més profunda en la descripció i mesura de la llum polaritzada i el seu canvi quan el feix de llum incideix sobre diferents materials. S'introduirà l'estudiant en el fenomen de la polarització per difracció, l'obtenció de llum polaritzada per angle de Brewster i difusió de Rayleigh, la birrefringència, la naturalesa de les làmines retardadores i el seu ús per obtenir diferents estats de polarització. S'utilitzarà el formalisme de Stokes per descriure la llum polaritzada i les matrius de Müller per descriure la interacció amb els materials que modifiquen l'estat de polarització. L'estudiant treballarà amb làmines retardadores motoritzades controlades per ordinador per tal de calibrar un polarímetre, generar diferents estats de polarització, mesurar-los i obtenir la matriu Müller de dispositius òptics

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

2. Els fenòmens d'interacció llum-matèria. L'efecte Zeeman

Descripció:

Els fenòmens d'interacció llum-matèria es refereixen essencialment a l'emissió i absorció de llum i les influències del medi material a la propagació de la llum. Aquests últims inclouen la reflexió, refracció, difracció, dispersió, i els fenòmens de polarització de llum. A la primera sessió de laboratori l'estudiant s'enfronta a una varietat de fenòmens a nivell fenomenològic, tractant d'observar i interpretar-los. La segona sessió està dedicada a la realització d'un experiment sobre l'efecte Zeeman en cadmi, caracteritzant les característiques d'emissió de la llum (freqüència, polarització i la direcció d'emissió) i fent mesuraments que condueixen a l'avaluació de magnetró del Bohr. Es consideren dos efectes Zeeman: normals i anòmals.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

3. Espectroscòpia atòmica. Bombeig òptic

Descripció:

La primera sessió proporciona una visió general de les tècniques espectroscòpiques clàssiques (amb prisma, amb franges, amb un Fabry-Perot) per a l'estudi dels detalls de l'estructura atòmica (línies d'espectre, fina, hiperfina i Zeeman) i introdueix una connexió amb les tècniques d'alta resolució de l'espectroscòpia amb llum. La segona sessió consta d'un experiment de bombeig òptic en un vapor d'àtoms 87Rb amb un làser de díode, en què s'utilitza el moment angular de la llum per excitar àtoms a estats atòmics que no ja absorbeixen la llum a causa de la llei de conservació del moment angular. La llum crea fortes diferències de població entre els subnivells de l'estat fonamental i, al mateix temps, és capaç de detectar amb alta sensibilitat qualsevol pertorbació en tals diferències de població: ressonàncies de RF, camps magnètics o col·lisions.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

4. Generació d'elements òptics difractius amb un modulador òptic espacial de cristall líquid

Descripció:

En aquest laboratori l'estudiant utilitzarà un modulador PALCSLM de llum espacial de cristall líquid alineat en paral·lel que treballa en mode de fase per generar diferents elements òptics difractius DOE i hologrames CGH generats per ordinador i produir la distribució de la llum desitjada.

Primer es trobarà que la direcció de l'eix òptic del LC funciona en règim de fase. Opcionalment, si l'estudiant està molt interessat, es mesurarà la corba de la modulació de fase versus el nivell de grisos.

Per a la generació de les DOE s'utilitzaran diversos mètodes: 1.- Modificacions bàsiques d'una funció analítica, per exemple, la fase produïda per una lent. 2.- Tècniques de CGH mitjançant l'ús de diversos píxels per codificar la modulació complexa desitjada. 3.- Implementació de l'algorisme de la Transformada de Fourier iterativa per considerar les restriccions de modulació en ambdós espais: domini de Fourier i domini espacial.

L'estudiant tindrà l'oportunitat d'escriure el codi a MATLAB per generar la imatge que s'enviarà a l'SLM, i registrar el resultat amb una càmera CCD.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

5. Atrapament òptic: compresió de les forces òptiques.

Descripció:

El atrapament òptic és una aplicació de la llum que utilitza l'impuls dels fotons per accelerar o atrapar a una posició fixa en l'espai petites partícules dielèctriques de mida de microns, incloent-hi material biològic com cèl·lules petites o òrgans interns de la cèl·lula. Les trapes òptiques o "pinces" òptiques són capaçes de generar forces en la gamma de pN, comparable a les necessàries per deformar una cèl·lula o parar el moviment de les bacteris o cèl·lules d'esperma, per exemple.

En aquest laboratori l'estudiant es familiaritzarà amb aquests conceptes a través d'un programari de simulació (primera sessió de 4h.) i acabarà utilitzant una configuració d'atrapament òptic real amb la qual es capturaran petites partícules de plàstic i avaluar les forces òptiques aplicades. (segona sessió de 4h.)

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

6. Atrapament òptic: construcció d'un sistema òptic de captura desde zero

Descripció:

Aquest laboratori comença amb una petita introducció teòrica a la física de l'atrapament òptic on s'explicaran els fonaments d'aquesta tecnologia. A continuació, l'alumne aprendrà els diferents elements òptics necessaris per construir una configuració d'atrapament òptic des de zero, aprendrà a muntar-les i a alinear-la en una configuració funcional i finalment l'utilitzarà per visualitzar i atrapar petites partícules dielèctriques (Poliestirè, 3 μm) suspès en aigua.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

7. Estudi de la fase geomètrica amb lents de fase geomètrica i xarxes de difracció de polarització

Descripció:

Aquesta practica proposa introduir el concepte de fase geomètrica d'una forma experimental senzilla, utilitzant a les possibilitats que ofereixen les noves lents de fase geomètrica i les xarxes de difracció de polarització. Els estudiants estudiaran primer d'una forma qualitativa com una lent de fase geomètrica fa convergir la llum polaritzada circularment en un cert sentit i fa divergir la llum polaritzada circularment en sentit contrari. En el cas d'una xarxa de difracció de polarització, la llum incident es separa en les seves components circulars. En una segona part de la pràctica els estudiants podran examinar i fer mesures quantitatives de la fase geomètrica amb un microscopi de matriu de Mueller tot observant amb resolució micromètrica les diferents orientacions de l'eix òptic en la superfície de les lents i les xarxes de difracció.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

8. Detecció de fotons individuals per aplicacions de fast-timing

Descripció:

En aquest laboratori, els estudiants aprendran els conceptes bàsics dels fotomultiplicadors de silici (SiPM), que són fotosensors compactes i ràpids sensibles a fluxos de fotons baixos amb una àmplia gamma d'aplicacions (per exemple, física d'alta energia, imatges mèdiques, comunicació quàntica, aplicacions industrials ...). Utilitzant làsers pulsats o LED, els estudiants muntaran una configuració per a visualitzar la discretització dels polsos de sortida dels SiPM i podran identificar fotons individuals. Calibraran els SiPM, estudiaran la seva resolució temporal i mesuraran els fluxos de fotons detectats.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

9. Mitjans òptics actius i no lineal: construcció d'un làser de Nd:YAG i generació d'harmònics

Descripció:

Aquest laboratori dóna l'oportunitat de construir un dispositiu versàtil per a l'estudi experimental de l'operació làser. L'estudiant pot estudiar diferents aspectes dels elements individuals del conjunt de làser. El treball s'organitza en quatre experiments principals, estretament relacionades entre si: (1) estudi del comportament i les característiques d'un làser de díode sintonitzable; (2) la longitud d'ona sintonitzable del díode s'utilitzarà per mesurar l'espectre d'absorció d'un làser de Nd: YAG de vidre; (3) la configuració, l'alineació i l'estudi d'un làser de Nd: YAG en els règims d'emissió contínua i polsada; (4) Estudi de la generació del segon harmònic no lineal intra-cavitat.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

10. Fotoemissors i fotodetectors.

Descripció:

La primera part d'aquest treball de laboratori es centra en l'estudi experimental de les principals característiques dels diferents tipus d'emissors de fotons, utilitzats generalment en la fotònica: llums tèrmiques i halògenes, làmpades de descàrrega i fluorescents, LEDs i làsers. Una visió general sobre les bases teòriques d'aquests dispositius es dóna en el curs bàsic "Introducció a la Fotònica". A la segona part s'ensenya la resposta de diversos fotodetectors (sensibilitat i resposta espectral, resposta temporal, modulació, linealitat, etc.). Aquesta experiència serveix per evidenciar les característiques físiques d'aquests dispositius i ajuda l'estudiant a adquirir pràctica en el seu ús. Finalment, l'estudiant operarà diversos dispositius fotònics que combinen fotoemissors i fotodetectors i la seva aplicació per als mesuraments de distància: telèmetre làser, el mesurament de gruixos sensibles, mesurador de distàncies per làser.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

11. Processament òptic d'imatge

Descripció:

Aquest experiment de laboratori és molt recomanable per als estudiants que fan el curs 'Beam Propagation and Fourier Optics' del Màster i aquells que busquen coneixements experimentals en l'anàlisi de Fourier. Els estudiants tenen l'oportunitat d'utilitzar un muntatge òptic per a obtenir transformades de Fourier (TF). Les propietats de la TF, així com diferents configuracions del muntatge s'analitzaran in situ. La interpretació d'objectes periòdics i no periòdics es durà a terme mitjançant l'anàlisi en el pla de Fourier. També es realitzarà el mesurament directe de la freqüència de les franges d'una xarxa. La segona part de la sessió de laboratori es centra en dos experiments diferents: En primer lloc, la demostració òptica del teorema de convolució i en segon lloc, el filtrat de la imatge i la seva recuperació. Els estudiants analitzaran els efectes del filtrat d'algunes freqüències seleccionades en la recuperació d'objectes complexos.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

12. Pràctica amb sensors d'imatge

Descripció:

En aquesta sessió de laboratori s'ofereix la possibilitat de gestionar diferents sensors d'imatge. Des de sensors CCD matricials a sensors lineals; de càmeres monocromàtiques a càmeres a color i càmeres NIR; de sensors d'alta resolució espacial, a sensors d'alt rang dinàmic i alta velocitat dels sensors de captura d'imatges. Tots aquests sensors d'imatge s'utilitzen àmpliament en aplicacions de visió, on l'adquisició d'imatges és un pas crucial per a l'anàlisi i la interpretació imatge corresponent. Els estudiants avaluessin i compararan les característiques més habituals de la càmera com ara la seva resposta espectral, la seva capacitat de resposta, i el seu rang dinàmic. La importància de la il·luminació i l'òptica d'imatge es mostraran en la sessió experimental. La qualitat òptica del sistema d'imatge s'analitzarà en termes de la seva funció de transferència de modulació (MTF) i s'identificaran possibles fonts de soroll.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

13. Fibres òptiques: pràctica i caracterització

Descripció:

Aquest treball de laboratori ofereix a l'estudiant l'oportunitat de tenir una primera experiència en el maneig de fibres òptiques per a telecomunicacions. Els objectius d'aquest treball de laboratori són que, després de la realització d'aquesta pràctica, els estudiants siguin capaços de: realitzar un empalmament de fusió entre dues fibres per a una connexió duradora i estable entre les fibres; muntar un connector òptic per a la connexió temporal; caracteritzar els paràmetres bàsics de les fibres òptiques per a telecomunicacions, ja que mesuren el diàmetre del nucli de la fibra, mesuren l'obertura numèrica de la fibra; Comprovació mitjançant mesura experimental de les especificacions dels acobladors òptics com, per exemple, la relació de separació de l'acoblador òptic i les pèrdues de retorn.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

14. Fibra òptica de transmissió

Descripció:

La primera part d'aquest treball de laboratori proporciona a l'estudiant les habilitats i l'experiència necessàries per a la comprovació de fibra òptica, mitjançant l'aprenentatge i formació utilitzant un reflectòmetre de domini temporal, analitzant així la longitud, la qualitat i les possibles fallades de la fibra. La segona part d'aquest treball de laboratori proporciona a l'estudiant les habilitats i l'experiència per provar un sistema bàsic de fibra òptica i els seus dispositius com els transmissors òptics (LED i LASER) i els receptors (PIN), mitjançant la caracterització de l'espectre òptic dels dos principals transmissors òptics, la seva dependència de la linealitat, l'amplada de banda i el rendiment de la temperatura.

Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- Informes corresponents als treballs de laboratori realitzats per l'estudiant. (70%). Els informes han de ser lliurats dues setmanes després de la sessió de laboratori
- Avaluació de l'activitat individual de l'estudiant al laboratori i preparació prèvia de les directrius (30%)