

## 230551 - LAB - Laboratorio de Fotónica

Unidad responsable: 230 - ETSETB - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona  
Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física  
Curso: 2019  
Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN FOTÓNICA (Plan 2013). (Unidad docente Obligatoria)  
Créditos ECTS: 5 Idiomas docencia: Inglés

### Profesorado

Responsable: Cojocarú, Crina Maria (UPC)  
Otros: Cojocarú, Crina Maria (UPC)  
Trull Silvestre, Jose Francisco (UPC)  
Perez Cabre, Elisabet (UPC)  
Lazaro Villa, Jose Antonio (UPC)  
Prat Goma, Josep Joan (UPC)  
Orriols Tubella, Gaspar (UAB)  
Pi Vila, Francesc (UAB)  
Mompert Penina, Jordi (UAB)  
Montes Usategui, Mario (UB)  
López Coronado, Octavi (UAB)

### Competencias de la titulación a las cuales contribuye la asignatura

#### Básicas:

CB7. (CAST) Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB6. (CAST) Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

#### Específicas:

CE5. (CAST) Màster en Fotònica:

Saber realizar y comprender experimentos básicos que demuestren los principales fenómenos de óptica y fotónica.

CE6. (CAST) Màster en Fotònica:

Haber realizado un conjunto de prácticas de laboratorio de nivel avanzado, similar al de futuros trabajos experimentales de investigación

#### Genéricas:

CG2. (CAST) Màster en Fotònica:

Capacidad para la modelización, cálculo, simulación, desarrollo e implantación en centros de investigación, centros tecnológicos y empresas, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Fotónica.

CG3. (CAST) Màster en Fotònica:

Capacidad para la dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en centros de investigación, empresas y centros tecnológicos, en el ámbito de la Fotónica

#### Transversales:

1. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

2. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender la organización de una empresa y las ciencias que rigen su actividad; tener capacidad para entender las normas laborales y las relaciones entre la planificación, las estrategias industriales y comerciales, la calidad y el beneficio.

## 230551 - LAB - Laboratorio de Fotónica

3. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.
4. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; tener capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; lograr habilidades para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.
5. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

### Metodologías docentes

- Sesiones de laboratorio

### Objetivos de aprendizaje de la asignatura

"Laboratorio de fotónica" tiene como objetivo proporcionar una visión general de manera experimental sobre diferentes fenómenos y aspectos de la fotónica que se estudian teóricamente en los cursos de este Master. El curso consta de 4 prácticas de laboratorio de 8 horas cada una (2 sesiones de 4 horas), dedicadas a diferentes temas de la fotónica básica y aplicada. Se ofrece una lista de 14 prácticas diferentes de laboratorio. Cada estudiante tiene que elegir cuatro prácticas de laboratorio de esta lista, teniendo en cuenta sus preferencias y la disponibilidad de los laboratorios.

El guion de cada práctica (disponibles en ATENEA) tiene como objetivo proporcionar una visión general sobre cada tema: un estudio fenomenológico, descripción e interpretación de los fenómenos que el estudiante se supone debe observar en el laboratorio, la consolidación de los conceptos teóricos básicos, la manipulación de diferentes aparatos experimentales, la definición de los objetivos experimentales, etc. Una vez finalizada la práctica, se deberá presentar un informe escrito.

### Horas totales de dedicación del estudiantado

Dedicación total: 125h	Horas grupo pequeño:	32h	25.60%
	Horas aprendizaje autónomo:	93h	74.40%

## 230551 - LAB - Laboratorio de Fotónica

### Contenidos

<p>1- Interferencia en dispositivos de división de amplitud. Efectos no lineales en un interferómetro de Michelson</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: La primera sesión ofrece una visión general de los interferómetros de división de amplitud mediante el análisis de sus varias configuraciones y con énfasis en los dispositivos de Michelson y Fabry-Perot. En la segunda sesión, el comportamiento relativo de las dos salidas de un interferómetro de Michelson se caracterizará según el tipo de divisor de haz empleado y, en el caso de un divisor de absorbente produciendo el comportamiento en fase de las dos salidas y los efectos no lineales como saltos de conmutación y la histéresis se observaran y analizaran. El experimento es una introducción a la biestabilidad óptica.</p>	
<p>2. Polarización y materiales polarizantes</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: El objetivo de esta práctica de laboratorio es obtener una visión más profunda en la descripción y medida de la luz polarizada, y su cambio cuando el haz de luz incide sobre diferentes materiales. Se utilizará el formalismo de Stokes para describir la luz totalmente polarizada y luz parcialmente polarizada. La interacción con el material se describirá con las matrices de Mueller. El estudiante trabajará con placas de onda con rotación Stokes / Mueller. Las placas de onda son motorizadas y el dispositivo está controlado por un programa LabView que podría ser modificado por el estudiante, o usarse tal como es. En primer lugar se realizará la calibración de un polarímetro. A continuación, el estudiante generará diferentes estados de polarización y medirlos. Finalmente, se medirá la matriz Mueller de diferentes dispositivos ópticos: Wave-placas, cinta adhesiva, plásticos, y una célula de cristal líquido.</p>	
<p>3. Los fenómenos de interacción luz-materia. El efecto Zeeman</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: Los fenómenos de interacción luz-materia se refieren esencialmente a la emisión y absorción de luz y las influencias del medio material en la propagación de la luz. Estos últimos incluyen la reflexión, refracción, difracción, dispersión, y los fenómenos de polarización de luz. En la primera sesión de laboratorio el estudiante se enfrentara a una variedad de fenómenos a nivel fenomenológico, tratando de observar e interpretarlos. La segunda sesión está dedicada a la realización de un experimento sobre el efecto Zeeman en cadmio, caracterizando las características de emisión de la luz (frecuencia, polarización y la dirección de emisión) y haciendo mediciones que conducen a la evaluación de magnetrón del Bohr. Se considerarán ambos efectos Zeeman: normales y anómalos.</p>	

## 230551 - LAB - Laboratorio de Fotónica

<p>4. Espectroscopia atómica. Bombeo óptico</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: La primera sesión proporciona una visión general de las técnicas espectroscópicas clásicas (con prisma, con franjas, con un Fabry-Perot) para el estudio de los detalles de la estructura atómica (líneas de espectro, fina, hiperfina y Zeeman) e introduce una conexión con las técnicas de alta resolución de la espectroscopia con luz. La segunda sesión consta de un experimento de bombeo óptico en un vapor de átomos <math>^{87}\text{Rb}</math> con un láser de diodo, en el que se utiliza el momento angular de la luz para excitar átomos a estados atómicos que no ya absorben la luz debido a la ley de conservación del momento angular. La luz crea fuertes diferencias de población entre los subniveles del estado fundamental y, al mismo tiempo, es capaz de detectar con alta sensibilidad cualquier perturbación en tales diferencias de población: resonancias de RF, campos magnéticos o colisiones.</p>	
<p>5. Atrapamiento óptico: comprender las fuerzas ópticas.</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: El atrapamiento óptico es una aplicación de la luz que utiliza el impulso de los fotones para acelerar o atrapar en una posición fija en el espacio pequeñas partículas dieléctricas de tamaño del orden de las micras, incluyendo material biológico como células pequeñas o orgánulos internos de la célula. Las trampas ópticas o "pinzas" ópticas son capaces de generar fuerzas en el rango de pN, por lo tanto comparables a las necesarias para deformar una célula o para parar el movimiento de las bacterias o espermatozoides. En este laboratorio el estudiante se familiarizará con estos conceptos a través de un software de simulación (primera sesión de 4h.) y terminará usando una configuración de captura óptica real con la que atraparán pequeñas partículas de plástico y evaluarán las fuerzas ópticas aplicadas en ello (segunda sesión de 4h.)</p>	
<p>6. Atrapamiento óptico: construcción de un sistema de reventado óptico desde cero</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: Esta sesión comienza con una pequeña introducción teórica a la física de la captura óptica donde se explicarán los fundamentos de esta tecnología. A continuación, el estudiante estudiará los diferentes elementos ópticos necesarios para construir una configuración de atrapamiento óptico desde cero, aprenderá a montarlos y alinearlos en una configuración funcional y finalmente lo utilizará para visualizar y atrapar pequeñas partículas dieléctricas ( poliestireno, <math>3\ \mu\text{m}</math>) suspendido en agua.</p>	

## 230551 - LAB - Laboratorio de Fotónica

<p>7. Medios ópticos activos y no lineales: construcción de un láser de Nd:YAG y generación de armónicos</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: Este laboratorio da la oportunidad de construir un dispositivo versátil para el estudio experimental de la operación láser. El estudiante puede estudiar diferentes aspectos de los elementos individuales del conjunto de láser. El trabajo se organiza en cuatro experimentos principales, estrechamente relacionadas entre sí: (1) estudio del comportamiento y las características de un láser de diodo sintonizable; (2) la longitud de onda sintonizable del diodo se utilizará para medir el espectro de absorción de un láser de Nd: YAG de cristal; (3) la configuración, la alineación y el estudio de un láser de Nd: YAG en los regímenes de emisión continua y pulsada; (4) Estudio de la generación del segundo armónico no lineal intra-cavidad.</p>	
<p>8. Fotoemisores y Fotodetectores.</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: Este experimento de laboratorio es muy recomendable para los estudiantes que hacen el curso ?Beam Propagation and Fourier Optics? del Master y aquellos que buscan conocimientos experimentales en el análisis de Fourier. Los estudiantes tienen la oportunidad de manejar un dispositivo puesto a punto para obtener transformadas de Fourier. Las propiedades de la FT, así como diferentes configuraciones de instalación se analizarán in situ. La interpretación de los objetos periódicos y no periódicos se llevará a cabo mediante el análisis en el plano de Fourier. También se realizará la medición directa de la frecuencia de las franjas de una red. La segunda parte de la sesión de laboratorio se centra en dos experimentos diferentes: En primer lugar, la demostración óptica del teorema de convolución y en segundo lugar, el filtrado de la imagen y su recuperación. Los estudiantes analizarán los efectos de la filtración de algunas frecuencias seleccionadas en la recuperación de objetos complejos.</p>	
<p>9. Procesamiento óptico de imagen</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: Este experimento de laboratorio es muy recomendable para los estudiantes que hacen el curso ?Beam Propagation and Fourier Optics? del Master y aquellos que buscan conocimientos experimentales en el análisis de Fourier. Los estudiantes tienen la oportunidad de manejar un dispositivo puesto a punto para obtener transformadas de Fourier. Las propiedades de la FT, así como diferentes configuraciones de instalación se analizarán in situ. La interpretación de los objetos periódicos y no periódicos se llevará a cabo mediante el análisis en el plano de Fourier. También se realizará la medición directa de la frecuencia de las franjas de una red. La segunda parte de la sesión de laboratorio se centra en dos experimentos diferentes: En primer lugar, la demostración óptica del teorema de convolución y en segundo lugar, el filtrado de la imagen y su recuperación. Los estudiantes analizarán los efectos de la filtración de algunas frecuencias seleccionadas en la recuperación de objetos complejos.</p>	

## 230551 - LAB - Laboratorio de Fotónica

10. Práctica con sensores de imagen	Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h
<p>Descripción:</p> <p>La posibilidad de manejar diferentes sensores de imagen se ofrece en este experimento de laboratorio. A partir de las matrices de área CCD a matrices lineales; de cámaras monocromáticas a cámaras a color y cámaras NIR; de alta resolución espacial de alto rango dinámico y alta velocidad de los sensores de captura de imágenes. Todos estos sensores de imagen se utilizan ampliamente en aplicaciones de visión, donde la adquisición de imágenes es un paso crucial para el análisis y la interpretación imagen correspondiente. Los estudiantes evaluarán y compararán las características comunes de la cámara tales como su respuesta espectral, su capacidad de respuesta, y su rango dinámico. La importancia de la iluminación y la óptica de imagen se mostrarán en la sesión experimental. La calidad óptica del sistema de imagen se analizará en términos de su función de transferencia de modulación (MTF) y se identificarán posibles fuentes de ruido.</p>	
11. Fibras ópticas: práctica y caracterización	Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h
<p>Descripción:</p> <p>Este trabajo de laboratorio ofrece al estudiante la oportunidad de tener una primera experiencia en el manejo de fibras ópticas para telecomunicaciones. Los objetivos de este trabajo de laboratorio son que, tras la realización de esta práctica, los estudiantes sean capaces de: (1) fabricar un conector óptico para la conexión temporal entre las fibras; (2) hacer un empalme de la fusión entre dos fibras para una conexión duradera y estable entre las fibras; (3) caracterizar los parámetros básicos de las fibras ópticas para telecomunicaciones, como (3-a) medir el diámetro del núcleo de la fibra, (3-b) medir la apertura numérica de la fibra; (4) el control mediante la medición experimental de las especificaciones de los acopladores ópticos tales como la relación de acoplamiento por división óptica y las pérdidas de retorno.</p>	
12. Fibra óptica de transmisión: la red y los dispositivos	Dedicación: 8h Grupo grande/Teoría: 8h
<p>Descripción:</p> <p>La primera parte de este laboratorio ofrece al estudiante los conocimientos y la experiencia necesarios para la comprobación de fibra óptica de vínculos y redes, mediante el aprendizaje y la formación mediante un reflectómetro de dominio de tiempo, para analizar la longitud, la calidad y los posibles fallos de fibra en enlaces de fibra óptica y redes. La segunda parte de este trabajo de laboratorio proporciona al alumno las habilidades y experiencia para testear un dispositivo básicos del sistema de fibra óptica como los transmisores ópticos más básicos (LED) y receptores (PIN), también extensible a los transmisores ópticos de mayor eficiencia (semiconductor- LASER), y caracterizar el espectro óptico de los dos principales emisores de luz (LED y láser), su linealidad y la dependencia del rendimiento a la temperatura.</p>	

## 230551 - LAB - Laboratorio de Fotónica

<p>13. Sistemas de comunicación de fibra óptica (amplificadores de fibra dopada con erbio)</p>	<p>Dedicación: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 8h</p>
<p>Descripción: Este trabajo de laboratorio proporciona al estudiante, por una lado, un primer contacto experimental con amplificadores ópticos basados en fibras dopadas con erbio, ambos mostrando las propiedades físicas de la amplificadores de fibra dopada con erbio (EDFA) provenientes de las transiciones entre los estados de energía cuantificados de los iones de erbio, y que muestra también cómo esas propiedades físicas del EDFA afectan al rendimiento en fibras ópticas WDM, donde el EDFA se utiliza para todas regeneración óptica de forma transparente. Por otro lado, este trabajo de laboratorio trata la caracterización de los sistemas de fibra óptica con los cuales analizar el ancho de banda de transmisión / recepción de: emisor, receptor, fibra, y toda la capacidad de transmisión del sistema integrado de fibra óptica, utilizando un analizador de redes.</p>	

### Sistema de calificación

- Informes correspondientes a los trabajos de laboratorio realizados por el estudiante. (70%). Los informes deben ser entregados dos semanas después de la sesión de laboratorio
- Evaluación de la actividad individual del estudiante en el laboratorio y preparación previa de las directrices (30%)

### Bibliografía