

**FICHA IDENTIFICATIVA****Datos de la Asignatura**

<b>Código</b>	36542
<b>Nombre</b>	Fotónica: Difracción y Coherencia
<b>Ciclo</b>	Grado
<b>Créditos ECTS</b>	6.0
<b>Curso académico</b>	2023 - 2024

**Titulación(es)**

Titulación	Centro	Curso	Periodo
1105 - Grado en Física	Facultad de Física	4	Segundo cuatrimestre

**Materias**

Titulación	Materia	Caracter
1105 - Grado en Física	16 - Complementos de Física	Optativa

**Coordinación**

Nombre	Departamento
SAAVEDRA TORTOSA, GENARO	280 - Óptica y Optometría y Ciencias de la Visión
SILVESTRE MORA, ENRIQUE	280 - Óptica y Optometría y Ciencias de la Visión

**RESUMEN**

La asignatura «Fotónica: Difracción y Coherencia» es una optativa cuatrimestral de cuarto curso del Grado en Física, y tiene asignados 6 créditos (45 horas presenciales de clases teórico-prácticas y 15 de laboratorio). La asignatura es una introducción al estudio de la propagación de la luz en el espacio libre y en sistemas formadores de imágenes y está organizada en dos bloques:

En un primer bloque se reformulan las nociones de los fenómenos de difracción estudiadas en cursos anteriores utilizando una base de ondas planas, lo que constituye la denominada Óptica de Fourier. Esta nueva formulación permite abordar de forma sencilla la propagación libre de haces de luz, la formación de imágenes difraccional, la holografía y el procesado óptico de información. Con esta formalización se puede ver, por ejemplo, cómo reducir los efectos difractivos en haces luminosos utilizados en modernos interferómetros kilométricos o mejorar el poder de resolución espacial de microscopios o telescopios.



En los temas incluidos en el primer bloque se presupone que la luz tiene un comportamiento determinista o *coherente*, con una dependencia temporal y espacial completamente predecible. Sin embargo, en gran parte de situaciones reales, esto puede no ser cierto. La aleatoriedad de la luz puede deberse a su dispersión en medios con múltiples núcleos aspersores, en fluidos turbulentos o, simplemente, por la naturaleza aleatoria de la emisión espontánea de la luz. El estudio de las fluctuaciones de la luz se conoce como Teoría de la Coherencia Óptica y requiere un tratamiento estadístico de los procesos elementales descritos en el primer bloque de temas.

Por ello, en el segundo bloque se presenta una introducción a estos problemas, centrándose en el estudio de tres situaciones características sencillas: cuando las fluctuaciones del campo en un punto, pero en instantes diferentes, no están completamente correlacionadas —coherencia temporal parcial—, cuando no lo están en puntos diferentes del frente de ondas en el mismo instante —coherencia espacial parcial—, y cuando las fluctuaciones afectan independientemente a las diferentes componentes vectoriales del campo electromagnético —polarización parcial—. El estudio de estas situaciones permite entender, por ejemplo, el funcionamiento del interferómetro estelar de Michelson para la medida de diámetros de objetos astronómicos, la formación de imágenes con luz blanca, o ganar comprensión en los conceptos de estado puro y de estado mezcla en sistemas físicos y la aparición, o no, de fenómenos interferenciales cuando se superponen.

## CONOCIMIENTOS PREVIOS

### Relación con otras asignaturas de la misma titulación

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

### Otros tipos de requisitos

Es muy conveniente que los estudiantes hayan cursado previamente las materias de formación básica Matemáticas y Física General, y las materias obligatorias Mecánica, Métodos Matemáticos, Electromagnetismo y Óptica.

## COMPETENCIAS

### 1105 - Grado en Física

- Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.
- Ser capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.
- Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.



- Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la Física y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la Física, así como relaciones de la Física con otras ciencias.
- Investigación básica y aplicada: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación Física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes, por ejemplo la ingeniería; habilidad para diseñar procedimientos experimentales y/o teóricos para: (i) resolver los problemas corrientes en la investigación académica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes
- Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.
- Búsqueda de bibliografía: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.
- Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.
- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.



## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Emplear el potencial vector para explicar la propagación libre de haces vectoriales.
- Utilizar la teoría del espectro angular de ondas planas.
- Obtener los patrones de difracción de pantallas difractantes comunes.
- Manejar con fluidez el concepto de coherencia temporal.
- Manejar con fluidez el concepto de coherencia espacial.
- Saber el funcionamiento de los sistemas formadores de imágenes bajo iluminación espacialmente coherente e incoherente.
- Describir los estados de luz de polarización no definida.
- Representar matemáticamente estados de luz parcialmente polarizados.
- Analizar las interferencias de haces luminosos parcialmente polarizados.
- Identificar la acción de polarizadores y retardadores sobre luces parcialmente polarizadas y sus interferencias.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

### 1. Difracción vectorial

Ecuación de ondas para el potencial vector. Función de transferencia y respuesta unidad escalares. Espectro angular. Propagación de campos vectoriales.

### 2. Difracción de haces paraxiales

Función de transferencia y respuesta unidad paraxiales. Aproximación de Fraunhofer frente a difracción de Fresnel. Patrones de difracción de una pantalla difractante. Efecto de la iluminación esférica. Haces gaussianos vectoriales. Holografía.

### 3. Acción de las lentes y espejos en haces paraxiales

Acción de las lentes y espejos. Colimación y focalización óptimas de un haz láser. Procesado óptico de información.

### 4. Formación de imágenes difraccional

La lente como sistema formador de imágenes. Sistemas ópticos formadores de imágenes limitados por la difracción. Introducción a la formación de imágenes 3D. Diseño de la respuesta impulsional: filtros apodizantes y superresolventes.



### 5. Luz espectralmente incoherente

Luz aleatoria y campos estacionarios. Coherencia del campo luminoso. Fuentes espectralmente incoherentes. Espectro de potencia. Franjas interferenciales y grado de coherencia temporal. Tiempo de coherencia y anchura espectral. Espectroscopía por transformada de Fourier.

### 6. Luz espacialmente incoherente

Fuentes espacialmente incoherentes cuasimonocromáticas. Propagación de un campo espacialmente incoherente a través de un sistema lineal. Teorema de Van Cittert-Zernike. Difracción con fuente espacialmente incoherente: procesado óptico sin lentes. Interferómetro estelar de Michelson. Sistemas formadores de imágenes con iluminación espacialmente incoherente.

### 7. Luz parcialmente polarizada

Estados de polarización no definida y luz natural: Matriz de polarización. Parámetros de Stokes, esfera de Poincaré y grado de polarización. Superposición coherente e incoherente de estados de polarización. Acción de polarizadores y retardadores. Interferencias con luz parcialmente polarizada. Elementos despolarizantes.

### 8. Prácticas

Práctica 1.- Franjas de Young con luz polarizada. Prisma de Wollaston

Obtener franjas interferenciales de Young con orientación, visibilidad, brillo y modulación variables utilizando las propiedades de polarización que exhibe un prisma de Wollaston.

Práctica 2.- Franjas de Young con fuente extensa cuasimonocromática

Análisis del dispositivo clásico de doble rendija de Young cuando se ilumina con una fuente extensa cuasimonocromática. En particular, se estudia el efecto del ancho de una rendija fuente sobre la visibilidad del patrón interferencial observado.

Práctica 3.- Estructura del volumen focal: Influencia del diafragma de apertura

Análisis de la estructura correspondiente a la distribución tridimensional de irradiancia en las proximidades del foco de un sistema focalizador. Específicamente, se estudia la influencia tanto del tamaño del diafragma de apertura, como de su posición axial.

Práctica 4.- Estabilidad y estructura de modos transversales de un resonador láser

El objetivo de esta práctica es el estudio de algunas propiedades de un resonador láser. En concreto, se determinan las zonas de estabilidad del láser para diversas cavidades formadas con espejos de diferentes radios de curvatura. Se mide también la anchura mínima del modo gaussiano fundamental de la cavidad y su posición. Además, mediante una técnica de filtrado intracavidad, se generan diferentes modos transversales de Hermite-Gauss del resonador.

Práctica 5.- Análisis espectral de un haz láser: Modos longitudinales de un resonador

El objetivo de esta práctica es el estudio de la estructura frecuencial del haz de luz emitido por un



resonador láser. El uso de un analizador óptico de espectros permite la visualización y el análisis cuantitativo de los modos longitudinales emitidos por el láser. Se determinan las frecuencias de resonancia del láser y la separación en frecuencia entre modos longitudinales adyacentes.

## VOLUMEN DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Horas	% Presencial
Clases de teoría	45,00	100
Prácticas en laboratorio	15,00	100
Estudio y trabajo autónomo	55,00	0
Preparación de actividades de evaluación	5,00	0
Preparación de clases prácticas y de problemas	15,00	0
Resolución de casos prácticos	15,00	0
<b>TOTAL</b>	<b>150,00</b>	

## METODOLOGÍA DOCENTE

Esta asignatura consta de varios tipos de clases con metodologías diferenciadas:

1. **Clases teóricas y de problemas** (24+12=36 horas). En estas clases se abordan los aspectos conceptuales y formales de la materia, así como ejemplos prácticos, cuestiones que ilustren la teoría y la resolución de problemas.
2. **Sesiones prácticas de pizarra participativas** (9 horas). Estas clases se dedicarán a la aclaración de dudas surgidas durante el estudio de los conceptos teóricos, al refuerzo de los aspectos teórico-prácticos de mayor dificultad, a la verificación del progreso del estudiante en la materia y a la resolución de los problemas propuestos a los estudiantes.
3. **Sesiones prácticas de laboratorio** (15 horas). En estas clases se realizarán en parejas experimentos en el laboratorio de acuerdo con el procedimiento propuesto en el guion de la práctica.

## EVALUACIÓN

La evaluación de los conocimientos adquiridos por el/la estudiante en esta asignatura consta de tres partes:

1. **Evaluación continua del trabajo del/a estudiante** (25%). A lo largo del semestre, el profesor propondrá diversas tareas a resolver por los estudiantes cuya valoración supondrá la calificación de este apartado. Éstas consistirán en la resolución tanto de problemas presentados y discutidos individualmente con el profesor, como de trabajos y cuestiones teórico-prácticas, que serán discutidos posteriormente en el aula.
2. **Evaluación continua de las Prácticas de Laboratorio** (25%). En este apartado se evaluará las habilidades adquiridas en las sesiones de laboratorio, así como la preparación y documentación



previa a las sesiones, y una breve presentación oral del trabajo llevado a cabo por el/la estudiante en una de las prácticas realizadas. No se requiere la entrega de memorias de las prácticas realizadas.

3. **Examen de carácter teórico-práctico (50%).** La comprensión de los aspectos más teóricos y conceptuales se llevará a cabo mediante un examen escrito que comprenderá tanto preguntas teóricas, como algunas cuestiones conceptuales o numéricas, relacionadas directamente con el temario.

## REFERENCIAS

### Básicas

- 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).

### Complementarias

- 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).