



GUÍA DOCENTE

ÓPTICA ELECTROMAGNÉTICA

Grado en Física

Cuarto Curso

I.- DATOS INICIALES DE IDENTIFICACIÓN

Nombre de la asignatura	Óptica Electromagnética
Nombre de la materia	Complementos de Física
Créditos ECTS	6
Carácter	Optativo
Titulación	GRADUADO/A EN FÍSICA
Departamento	Óptica
Profesores Responsables	P. Andrés/E. Silvestre para el curso 2010-11 (parte teórico-práctica). G. Saavedra/J. C. Barreiro para el curso 2010-11 (parte de laboratorio).

II.- INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA

Carácter de la asignatura, créditos ECTS asignados, duración temporal (cuatrimestral, anual, etc.), objetivos, ubicación en la titulación y relación con otras materias previas, simultáneas y futuras, etc.

La asignatura Óptica Electromagnética aborda el estudio, desde los puntos de vista teórico y práctico, de los aspectos vectoriales de la propagación de la luz y compara, en los casos pertinentes, los resultados alcanzados con los proporcionados por una teoría escalar. Para cursar esta asignatura es importante haber seguido un curso de óptica y electromagnetismo básico que incluya las ecuaciones de Maxwell y su solución en ondas planas, estados puros de polarización y conceptos elementales de interferencias y difracción de ondas luminosas.

La asignatura tiene 6 créditos ECTS asignados, 4,5 teórico-prácticos y 1,5 de laboratorio, y su docencia está prevista en el segundo semestre de cuarto curso. En el apartado siguiente se detalla el desarrollo de estos créditos.

La asignatura comienza con el estudio de luces parcialmente polarizadas enfatizando sus diferencias frente a los campos totalmente polarizados, lo que en cierto modo supone visualizar, desde otra perspectiva, estados puros frente a estados mezcla en sistemas físicos. La misma falta de sincronía entre las componentes del campo eléctrico se aplica posteriormente para estudiar las interferencias con luz parcialmente coherente, tanto temporal, como espacial. Más tarde, se analiza cómo abordar la propagación de haces vectoriales con una formulación equivalente a la de la difracción escalar, y finalmente se describen los haces gaussianos, las redes de difracción, la formación de imágenes, la holografía y el procesado óptico.

III.- VOLUMEN DE TRABAJO

Semanas de trabajo: 15 semanas.

Horas de trabajo del alumno: 25 horas por cada crédito ECTS.

Horas Totales : 6 créditos ECTS x 25 = 150 horas, distribuidas como aparece en la tabla.

Aparte del laboratorio, esta asignatura tiene asignadas 3h/semana presenciales en el horario correspondiente al 4º curso del grado, segundo semestre. Las dos primeras filas de la tabla siguiente completan 2h/semana del horario, mientras que la restante 1h/semana se ocupará con las actividades recogidas en la tercera y cuarta fila. Las filas quinta y sexta corresponden a las 15h de laboratorio. El resto de filas recoge el trabajo a desarrollar más directamente por el/la estudiante.

TIPO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS
Asistencia a clases teórico-prácticas	Clases magistrales dialogadas y resolución de cuestiones sencillas	24 h
Asistencia a seminarios	Seminarios teóricos complementarios a la formación adquirida	6 h
Asistencia a clases de prácticas	Resolución de problemas por parte del profesor	8 h
Asistencia a sesiones de trabajos tutelados	Clases de problemas participativas y sesiones de tutorías grupales	7 h
Asistencia a clases de laboratorio	Realización de experimentos en sesiones de laboratorio. Trabajo por parejas tutelado por el profesor/a. Se llevarán a cabo 3 sesiones de 4 horas	12 h
Realización de exposición oral del trabajo de laboratorio	Exposición oral, junto con el resto de compañeros, de los resultados de una práctica realizada en el laboratorio	3 h
Estudio de los contenidos teórico-prácticos	Fundamentos teóricos: 35 h Resolución de problemas: 20 h	55 h
Preparación de trabajos	Resolución de tareas y ejercicios propuestos	15 h
Estudio de los contenidos de laboratorio	Preparación de las sesiones de laboratorio y tratamiento de los resultados experimentales	15 h
Asistencia a tutorías individualizadas	Resolución individualizada de los problemas propuestos y consultas puntuales	3 h
Realización de exámenes		2 h
TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO		150 h

IV.- OBJETIVOS GENERALES

Se recomienda consultar el libro blanco de la ANECA sobre el Grado en física para cada materia (<http://www.uv.es/piefisic>)

Las teorías sobre la luz se engloban unas a otras según niveles progresivos de complejidad. Así, la luz fue primero descrita mediante rayos, luego como ondas escalares, más tarde como ondas electromagnéticas y finalmente como fotones. Cada una de estas descripciones tiene su propio dominio de aplicabilidad. Usualmente, se entiende por Óptica Electromagnética el estudio de la luz y de la radiación electromagnética próxima al espectro visible mediante la electrodinámica clásica basada en las ecuaciones de Maxwell. Estas ecuaciones son el punto de partida, a modo de postulado, para el estudio de la luz según la Óptica Electromagnética. Conviene recordar, sin embargo, que hay relevantes fenómenos de interacción entre radiación y materia que no se pueden explicar con rigor dentro de una teoría clásica. Para entender estos fenómenos se precisa un modelo

cuántico de la materia, en el que el concepto de fotón aparece de forma natural. La asignatura Óptica Cuántica, compañera de esta asignatura en la materia Complementos de Física, se dedica al estudio de estos últimos aspectos.

La Óptica Electromagnética se concentra, pues, en los aspectos vectoriales de la propagación del campo electromagnético, los cuales son inherentes a las ecuaciones de Maxwell. Así, constituye la base para el estudio detallado de los fenómenos de polarización, interferencias y difracción. Tal y como ya se ha comentado, la asignatura comienza con el estudio de luces parcialmente polarizadas enfatizando sus diferencias frente a los campos totalmente polarizados, lo que en cierto modo supone visualizar, desde otra perspectiva, estados puros frente a estados mezcla en sistemas físicos. La misma falta de sincronía entre las componentes del campo eléctrico se aplica posteriormente para estudiar las interferencias con luz parcialmente coherente, tanto temporal, como espacial. Más tarde, se analiza cómo abordar la propagación de haces vectoriales con una formulación equivalente a la de la difracción escalar, y finalmente se describen los haces gaussianos, las redes de difracción, la formación de imágenes, la holografía y el procesamiento óptico.

V.- CONTENIDOS MÍNIMOS

Contenido de la materia, desglosado por temas o comentado.

- Descripción de la luz parcialmente polarizada (tema 1).
- Interferencias con luz parcialmente polarizada (tema 2).
- Interferencias con luz parcialmente coherente (tema 3).
- Propagación vectorial/escalar del campo electromagnético en el espacio libre (tema 4).
- Difracción de haces paraxiales (tema 5).
- Teoría difraccional de la formación de imágenes, holografía y procesamiento óptico (tema 6).

VI.- DESTREZAS A ADQUIRIR

Se recomienda consultar el libro blanco de la ANECA sobre el Grado en física (<http://www.uv.es/piefisic>)

- 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.
- Manejar con fluidez el concepto de coherencia temporal.
- Manejar con fluidez el concepto de coherencia espacial.
- 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.
- Saber el funcionamiento de los sistemas formadores de imágenes bajo iluminación espacialmente coherente e incoherente.
- Conocer los conceptos básicos para el registro completo de frentes de onda u holografía.
- Diseñar filtros elementales para procesamiento óptico de señales.

VII.- HABILIDADES SOCIALES O TRASVERSALES

Se recomienda consultar las guías docentes de primer curso 2006-07 (<http://www.uv.es/piefisic>). Posibles: capacidad de argumentación y comunicación oral y escrita en ámbito científico, trabajo en equipo, etc.

- Desarrollar la capacidad de idear estrategias para la resolución de problemas científicos.
- Desarrollar la capacidad de planificar y organizar el propio aprendizaje, basándose en el trabajo individual, a partir de la bibliografía y otras fuentes de información.
- Evaluar la importancia relativa de las diferentes causas que intervienen en un fenómeno.
- Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias para construir modelos simplificados que lo describan y poder así entender su comportamiento en otras situaciones.
- Ser capaz de efectuar una puesta al día de la información existente sobre un problema concreto, ordenarla y analizarla críticamente.
- Fomentar la capacidad para trabajar en grupo.
- Argumentar y explicar de forma razonada tanto por escrito, como oralmente.
- Impulsar actitudes y valores para un buen comportamiento ético en el desarrollo de la actividad profesional.

VIII.- TEMARIO Y PLANIFICACIÓN TEMPORAL

La planificación que se muestra a continuación es lógicamente orientativa ya que, dependiendo del ritmo de adquisición de competencias de los alumnos y del grado de madurez de sus conocimientos previos, puede resultar conveniente (o necesario) reajustar el cronograma siguiente.

Las horas que se indican en cada lección corresponden a la previsión de tiempo empleado en las clases teórico-prácticas.

Tema 1.- Luz parcialmente polarizada. Descripción

4 horas

Revisión. Motivación. Estados de polarización no definida. Matriz de polarización. Parámetros de Stokes. Luz natural. Grado de polarización. Esfera de Poincaré. Descripción de luces parcialmente polarizadas. Definición operacional. Acción de polarizadores y retardadores sobre luces parcialmente polarizadas. Casos prácticos.

Tema 2.- Luz parcialmente polarizada. Interferencias

3 horas

Franjas de Young con luz natural. Acción de polarizadores y retardadores sobre las interferencias con luz parcialmente polarizada. Ejemplos.

Tema 3.- Interferencias con luz parcialmente coherente

4 horas

Campos estacionarios. Coherencia temporal. Tiempo de coherencia y anchura espectral: teorema de Wiener-Khinchin. Franjas interferenciales y grado de coherencia temporal. Fuentes espectralmente incoherentes. Coherencia espacial y función de coherencia mutua. Visibilidad de las franjas de Young. Teorema de Van Cittert-Zernike. Interferómetro estelar de Michelson.

Tema 4.- Difracción vectorial

4 horas

Ecuación de ondas para el potencial vector. Difracción vectorial frente a difracción escalar. La ecuación de ondas reducida: espectro angular. La ecuación de ondas paraxial. Espectro angular de ondas paraxiales. Haces gaussianos. Haces gaussianos vectoriales.

Tema 5.- Difracción de haces paraxiales

3 horas

Aproximación de Fresnel frente a la difracción de Fraunhofer. Acción de las lentes. Redes de difracción 2D. Difracción con fuente espacialmente incoherente.

Tema 6.- Teoría difraccional de la formación de imágenes

6 horas

Sistema óptico de formación de imágenes limitado por la difracción. Iluminación coherente frente a iluminación incoherente: Función de transferencia coherente (CTF) y función de transferencia óptica (OTF). Filtros apodizantes y superresolventes. Holografía. Procesado óptico.

Además, se dedicarán 15 horas, en total, a la resolución de problemas y a sesiones de tutorías grupales para reforzar los contenidos teóricos de los 6 temas anteriores.

Seminario 1.- Moduladores espaciales de luz	1 hora
Seminario 2.- Óptica de pulsos	1 hora
Seminario 3.- Elementos difractivos fractales	1 hora
Seminario 4.- Microscopía confocal	1 hora
Seminario 5.- Difracción “fantasma”	1 hora
Seminario 6.- Óptica acromática de femtosegundo	1 hora

Adicionalmente, cada sesión de laboratorio tendrá una duración de 4 horas y en total se realizarán 3 sesiones más otra de exposición oral por parte de los estudiantes de uno de los trabajos prácticos realizados. En el laboratorio se desarrollará en pareja tres prácticas de entre las siguientes.

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

El objetivo de esta práctica es 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

El objetivo de esta práctica es el 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

El objetivo de esta práctica es el 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 cintura —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 espectro 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 medida de la separación en frecuencia entre modos longitudinales adyacentes.

IX.- BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- a) Bibliografía básica: libros y páginas web
- b) Bibliografía complementaria: libros y páginas web
- c) Otro Material complementario, guías de estudio, ejercicios resueltos y propuestos en la página web del profesor etc.

- L. Mandel y E. Wolf, *Optical Coherence and Quantum Optics* (Cambridge University Press, 1995).
- H. A. Haus, *Waves and Fields in Optoelectronics* (Prentice-Hall, 1984).
- J. W. Goodman, *Statistical Optics* (Wiley, 1985).
- A. E. Siegman, *Lasers* (University Science Books, 1986).
- J. D. Gaskill, *Linear Systems, Fourier Transforms, and Optics* (Wiley, 1978).
- B. E. A. Saleh y M. C. Teich, *Fundamental of Photonics* (Wiley, 2007).
- M. Gu, *Advanced Optical Imaging Theory* (Springer, 2000).
- J. M. Cabrera, F. J. López y F. Agulló-López, *Óptica Electromagnética: Fundamentos* (Addison-Wesley, 1998).

Los estudiantes dispondrán además de material complementario elaborado por el profesor, especialmente para los seminarios y para algunos temas. Por otra parte, los Guiones de prácticas son material bibliográfico esencial para la parte experimental de la asignatura.

X.- CONOCIMIENTOS PREVIOS

Adquiridos en asignaturas de cursos anteriores de la carrera o el bachillerato

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”.

XI.- METODOLOGÍA

Describir con detalle los tipos de clase de la asignatura:

- (i) Clases teóricas o teórico-prácticas de pizarra
- (ii) Clases prácticas de pizarra participativas.
- (iii) Sesiones de trabajos tutelados

Tal y como se ha comentado anteriormente, esta asignatura consta de varios tipos de clases con metodología diferenciada:

1) Clases teóricas y de problemas (24+8=32 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. Se basan principalmente en la lección magistral dialogada y se emplearán herramientas audiovisuales como la proyección de tablas, gráficas y esquemas.

2) Seminarios (6 horas).

En estas clases se presentarán de forma intuitiva temas modernos en los que actualmente se está produciendo un avance del conocimiento, los cuales se apoyan en conceptos desarrollados en las clases teórico-prácticas. Se pretende que el/la estudiante identifique la materia de esta asignatura

como un proceso del saber en constante desarrollo y que relacione algunas cuestiones que se presentan en ellos con los conceptos adquiridos en esta disciplina.

3) Sesiones prácticas de pizarra participativas (7 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.

4) 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 guión de la práctica, el cual siempre tendrá cuestiones abiertas para una realización flexible del trabajo experimental que se adapte a las iniciativas del estudiante. Los experimentos tendrán aspectos cuantitativos que deberán contrastarse con los cálculos teóricos que predicen los modelos desarrollados en la teoría.

XII.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Descripción de los conceptos de evaluación (número de exámenes, eliminación de materia por examen, peso de los mismos y de la evaluación continua desarrollada en las sesiones de trabajos tutelados). Plazos para la entrega de éstos, notas mínimas de compensación entre ambos y toda la información que se considere pertinente.

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.

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. Este apartado proporcionará el 25% de la calificación de esta asignatura.

2) Evaluación continua de las Prácticas de Laboratorio.

En este apartado se evaluará la asistencia, actitud y habilidades adquiridas en las sesiones de laboratorio, así como la preparación y documentación previa a las sesiones de laboratorio, el cuaderno de prácticas que recogerá el trabajo experimental llevado a cabo en el laboratorio y muy especialmente se considerará la comunicación oral en la que se efectuará una breve presentación del trabajo llevado a cabo por el/la estudiante en una de las prácticas realizadas que el profesor designará anticipadamente. No se requiere la entrega de memorias de las prácticas realizadas. Este apartado proporcionará el 25% de la calificación de esta asignatura.

3) Examen de carácter teórico-práctico.

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. Este apartado proporcionará el 50% de la calificación de esta asignatura.