



Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

## 1. ASIGNATURA / COURSE

Óptica / Optics

### 1.1. Código / Course Number

16404

### 1.2. Materia / Content Area

Óptica

### 1.3. Tipo / Course type

Formación obligatoria / Compulsory subject

### 1.4. Nivel / Level of course

Grado / Bachelor (first cycle)

### 1.5. Curso / Year of course

3º / 3rd

### 1.6. Semestre / Semester

1º / 1<sup>st</sup> (Fall semester)

### 1.7. Número de créditos / Number of Credits Allocated

6

### 1.8. Requisitos Previos / Prerequisites

Nociones de electromagnetismo y generación de ondas electromagnéticas.  
Nociones de óptica geométrica / Basics of electromagnetism and generation  
of electromagnetic waves. Basics of ray optics.



Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

## 1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

Asistencia obligatoria a las clases teóricas y al menos 80% de las clases de prácticas en aula/ **Assistance is compulsory to theory lectures and to at least 80% of practical activities.**

## 1.10. Datos del equipo docente / **Faculty Data**

Coordinadora:

Docente(s) / **Lecturer(s)** Mercedes Carrascosa Rico

Departamento de Física de Materiales / **Department of Physics of Materials**

Facultad de Ciencias/ **Faculty of Sciences**

Despacho – Módulo: C-04-505 / **Office – Module C-04-505**

Teléfono: 34 91 4973814 / **Phone: +34 91 4973814**

Correo electrónico: m.carrascosa@uam.es / **E-mail: m.carrascosa@uam.es**

Página web/**Website:**

Horario de atención al alumnado: Se establecerá a principio de curso / **Office hours: They will be set at the beginning of the course**

## 1.11. Objetivos del curso / **Course Objectives**

- Conocer la ecuación de ondas electromagnéticas y entender la propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío.
- Conocer el concepto de polarización y las propiedades de la luz polarizada.
- Entender el concepto de coherencia.
- Conocer el comportamiento de la luz en medios materiales, incluyendo la propagación de la luz en cristales.
- Conocer y entender el comportamiento de las ondas electromagnéticas en la frontera entre dos medios.
- Conocer los procesos de interferencia y difracción y el fundamento de los distintos tipos de interferómetros y de las redes de difracción.
- Entender los principios de la emisión láser y adquirir nociones básicas de holografía, comunicaciones ópticas y óptica no lineal.

En la consecución de estos objetivos se adquirirán las siguientes *competencias* específicas y generales correspondientes al Módulo 3 (Mecánica y Electromagnetismo) de la memoria de Verificación del Grado en Física:



Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

### *Competencias específicas*

- A1. Conocer y comprender las leyes y principios fundamentales de la óptica, y ser capaz de aplicar estos principios a diversas áreas de la óptica.
- A2. Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la óptica, y reconocer los enfoques comunes a muchas áreas en física.
- A5. Ser capaz de resolver problemas de óptica identificando los principios físicos relevantes.
- A6. Ser capaz de extraer lo esencial de un proceso o situación y establecer un modelo matemático del mismo, realizando las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir el problema hasta un nivel manejable.
- A8. Desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, permitiendo el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- A13. Ser capaz de presentar resultados propios o resultados de búsquedas bibliográficas, a público en general.
- A15. Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en óptica y otra bibliografía técnica, así como cualquier otra fuente de información relevante.
- A16. Ser capaz de utilizar las tecnologías de la información para obtener información, analizar resultados.
- A19. Ser capaz de comprender textos técnicos en inglés.

### *Competencias generales*

- B1. Capacidad de análisis y síntesis.
- B3. Capacidad de comunicación.
- B4. Conocimiento del inglés.
- B5. Habilidades informáticas básicas.
- B6. Habilidades de búsqueda y gestión de información.
- B7. Resolución de problemas.
- B13. Habilidad para trabajar de forma autónoma.
- B14. Capacidad de aprendizaje autónomo



Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

## 1.12. Contenidos del Programa / Course Contents

### Contenido teórico:

#### 1. INTRODUCCIÓN: ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN EL VACÍO

Ecuación de ondas electromagnéticas en el vacío. Soluciones. Energía transportada por una onda. Intensidad. Ondas monocromáticas. Espectro electromagnético. Fotones. Paquetes de ondas. El concepto de coherencia. Polarización. Polarizadores y láminas retardadoras.

#### 2. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN MEDIOS MATERIALES

Ecuaciones macroscópicas de Maxwell. Relaciones de constitución. Regiones dispersivas. Índice de refracción complejo y su dispersión. Propagación de ondas monocromáticas y planas. Propagación de ondas cuasi-monocromáticas: Velocidad de grupo.

#### 3. ONDAS EN LA FRONTERA ENTRE DOS MEDIOS

Condiciones generales en la frontera. Leyes de reflexión y refracción. Frontera entre dos dieléctricos: Relaciones entre amplitudes y entre intensidades, fórmulas de Fresnel. Ley de Brewster y cambios de polarización. Reflexión total interna. Frontera dieléctrico-metal: Relaciones entre intensidades. Repaso de nociones básicas de óptica geométrica.

#### 4. PRINCIPIOS GENERALES DE LAS INTERFERENCIAS

Interferencia de dos ondas monocromáticas. Experimento de Young. Franjas con luz no monocromática: visibilidad. Métodos para observar interferencias. Uso de rendijas: coherencia longitudinal y transversal.

#### 5. INTERFERENCIAS DE DOS O MÁS ONDAS

Interferencias por reflexiones en láminas de caras plano-paralelas. Interferencia en láminas de espesor variable. Interferómetro de Michelson. Otros interferómetros de dos ondas. Interferencia en láminas delgadas. Recubrimientos antirreflectantes. Interferómetro Fabry-Perot y sus aplicaciones. Filtros interferenciales.

#### 6. TEORÍA ESCALAR DE LA DIFRACCIÓN

El principio de Huygens-Fresnel. Teoría escalar de la difracción: Zonas de Fresnel. Teorema de Kirchoff. Aproximaciones de Fresnel y de Fraunhofer. Difracción de Fraunhofer por aberturas: rectangular, circular. Poder de resolución de los instrumentos ópticos.

#### 7. DIFRACCIÓN DE FRAUNHOFER POR VARIAS RENDIJAS



Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

Difracción por dos o más rendijas. Redes de difracción: características y tipos de redes. Aplicaciones.

## 8. TEORÍA DIFRACCIONAL DE LA FORMACIÓN DE IMÁGENES

Métodos de iluminación en el microscopio. Transformada de Fourier óptica. Teoría de Abbe de la formación de las imágenes. Descomposición de imágenes en frecuencias espaciales. Función de transmisión. Procesado óptico de imágenes. Función del punto extendido.

## 9. FUNDAMENTOS DEL LASER

Introducción. Emisión estimulada de radiación. Amplificación óptica. Métodos para invertir la población. La cavidad láser: modos de oscilación, pérdidas, ganancia umbral. Tipos de láseres. Aplicaciones generales.

## 10. APLICACIONES DEL LASER

- Fundamentos de la holografía. Hologramas, tipos y aplicaciones.
- Comunicaciones ópticas: Fundamentos, dispositivos, sistemas y aplicaciones.
- Principios de la óptica no lineal y aplicaciones.

### Contenido práctico:

Resolución de problemas y prácticas en aula adaptadas al desarrollo del programa.

### Theoretical contents

#### 1. INTRODUCTION: ELECTROMAGNETIC WAVES IN VACUUM.

Electromagnetic wave equation in vacuum. Energy and intensity of a wave. Monochromatic waves. Electromagnetic spectrum. Photons. Wave packets. The concept of coherence. Polarization and polarizers

#### 2. ELECTROMAGNETIC WAVES IN MATTER

Macroscopic Maxwell equations. Constitution relations. Dispersion. The complex refractive index. Propagation of plane monochromatic waves. Propagation of quasi-monochromatic waves. Group velocity.

#### 3. WAVES AT THE BOUNDARY BETWEEN TWO MEDIA

General boundary conditions. Reflection and refraction laws. Boundary between two dielectrics. Fresnel equations. Brewster law and polarization changes. Total internal reflection. Boundary between a dielectric and a metal. Basic relations of geometrical optics.



Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

#### 4. GENERAL PRINCIPLES OF INTERFERENCE

Interference of two monochromatic waves. Young experiment. Fringes with non-monochromatic light: interference pattern visibility. Experimental methods. Interference using slits. Longitudinal and transversal coherence.

#### 5. TWO AND MULTIPLE WAVE INTERFERENCE

Interferences in parallel-plane layers. Fringes of equal thickness. Michelson interferometer. Other two-wave interferometers. Thin film interferences. Antireflection coatings. Fabry-Perot interferometer and its applications. Interference filters.

#### 6. SCALAR DIFFRACTION THEORY.

The Huygens-Fresnel principle. Scalar diffraction theory. Fresnel zone plates. Kirchhoff theorem. Fresnel and Fraunhofer approximations. Fraunhofer diffraction by a rectangular and a circular aperture. Resolving power of optical instruments.

#### 7. FRAUNHOFER DIFFRACTION BY MULTIPLE SLITS

Diffraction by two slits. Diffraction gratings: properties and grating types. Applications.

#### 8. DIFFRACTIONAL THEORY OF IMAGE FORMATION.

Illumination methods for the microscope. Optical Fourier transform. Abbe theory of image formation. Spatial spectrum of an image. Transfer function. Image optical processing and filtering. Impulse-response function.

#### 9. FUNDAMENTALS OF THE LASER

Introduction. Stimulated emission radiation. Optical amplification. Methods for population inversion. The laser cavity. Oscillating modes, losses, threshold gain. Laser types. Applications.

#### 10. APPLICATIONS OF THE LASER

- a) Fundamentals of holography. Holograms: types and applications
- b) Optical communications. Fundamentals, devices and applications
- c) Fundamentals of nonlinear optics and applications



Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

### Practical contents

Solving problems and development of practical work related to the theoretical contents in the classroom.

## 1.13. Referencias de Consulta / Course Bibliography

En cada tema se indicará en clase la bibliografía específica, que en la mayoría de los casos se refiere a secciones de los siguientes libros:

### LIBROS BÁSICOS:

- *Óptica*, E. Hecht. Pearson, 5ª edición, 2017.
- *Óptica electromagnética*, volumen I: fundamentos, J.M. Cabrera, F.J. López, F. Agulló. Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid, 2ª edición 1998.
- *Óptica*, J. Casas. Departamento de Óptica, Universidad de Zaragoza, 1980.
- *Physics of waves*, W.C. Elmore and M.A. Heald. McGraw-Hill, New York, 1969.
- *Basics of holography*, P. Hariharan, Cambridge University Press, 2002
- *Óptica Física (Problemas y ejercicios resueltos)*, F. Carreño y M.A. Antón. Pearson Educación S.A. Madrid 2001.

### LIBROS DE AMPLIACIÓN Y CONSULTA:

- *Modern Optics*, R. D. Guenther. John Wiley & Sons, New York 1990.
- *Fundamentals of Photonics*, B. E. A. Saleh and M. C. Teich. John Wiley & Sons, New York 1991.
- *The Light Fantastic: A Modern Introduction to Classical and Quantum Optics*, Ian R. Kenyon. Oxford 2010.
- *Principles of Optics*, M. Born and E. Wolf. Pergamon Press. 1980.
- *Laser Fundamentals*, W.T. Silfvast, 2nd. Ed., Cambridge University Press.
- *Teoría Clásica de los Campos*, (Vol II, 1970) y *Electrodinámica de los Medios Continuos*, (Vol III, 1957), L. D. Landau y E. M. Lifshitz. Editorial Reverté, Barcelona.

## 2. Métodos Docentes / Teaching methods

La docencia presencial incluye clases teóricas, resolución de problemas,



Asignatura: Óptica  
Código: 16404  
Centro: Facultad de Ciencias  
Grupo: 531, 536  
Titulación: Física  
Curso Académico: 2017 - 2018  
Tipo: Obligatoria  
Nº de Créditos: 6

prácticas en aula y tutorías.

**Clases teóricas:** En forma de “lección magistral”, de 50 minutos de duración.

**Clases de Problemas:** Se distribuirán periódicamente hojas de problemas, que serán parcialmente resueltos por el profesor.

**Prácticas en aula:** Exposición de aplicaciones prácticas de la teoría, y resolución de ejercicios por los alumnos.

**Tutorías:** Atención personalizada, para resolución de dudas sobre los contenidos de las clases presenciales.

### 3. Tiempo de Trabajo del Estudiante / Student workload

TIPO DE ACTIVIDAD DOCENTE y TIEMPO DE TRABAJO DEL ALUMNO EN HORAS		Nº de horas	%
Presencial	Clases teóricas (14 semanas x 2.5h/semana)	35	45.3
	Clases prácticas (resolución /corrección de problemas) (14 semanas x 1.5h/semana)	21	
	Evaluaciones de teoría	4	
	Evaluaciones de problemas	5	
	Tutorías	3	
No presencial	Estudio de teoría (15 semanas x 3.4h/semana)	51	54.7
	Resolución de problemas (15 semanas x 2.1 h/semana)	31	
<b>Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS</b>		150	

### 4. Métodos de Evaluación y Porcentaje en la Calificación Final / Assessment Methods and Percentage in the Final marks

Convocatoria ordinaria:





Asignatura:	Óptica
Código:	16404
Centro:	Facultad de Ciencias
Grupo:	531, 536
Titulación:	Física
Curso Académico:	2017 - 2018
Tipo:	Obligatoria
Nº de Créditos:	6

Se considerarán tres apartados

a) Resolución de problemas durante el curso: Se entregarán a los alumnos enunciados de problemas para resolver en casa. Se pedirá a los alumnos que entreguen o que hagan en la clase algunos de estos problemas escogidos. En principio, la nota media de la corrección de estos problemas constituirá el 30% de la calificación final. (Competencias involucradas: A1, A2, A5, A8, A13, A16, B1, B3, B5, B6, B7, B13, B14, B18)

b) Pruebas de Teoría: Se realizarán 2 controles cortos de teoría a lo largo del curso. En principio, la nota media de estos controles constituirá un 40% de la calificación. (Competencias involucradas: A1, A2, A6, A15, A19, B1, B4, B6, B13, B14, B18)

c) Pruebas de Problemas: Se realizará 1 control de problemas final que, en principio, constituirá el 30% de la calificación final. (Competencias involucradas: A1, A2, A5, A8, B1, B7 B13, B14, B18).

Será requisito imprescindible para poder aprobar la asignatura tener una nota superior a 2 sobre 10 en cada uno de los apartados de evaluación a), b), y c) antes indicados. Si se cumple el requisito anterior, la calificación se obtendrá aplicando los porcentajes ya especificados para dichos apartados.

El estudiante que se presente a más de 1 prueba será evaluado. En caso contrario será calificado en la convocatoria ordinaria como "No evaluado". Para poder superar la asignatura la media ponderada de calificaciones de las distintas pruebas deberá ser igual o mayor de 5/10.

Convocatoria extraordinaria:

Se consideraran tres apartados.

a) Nota obtenida con la resolución de problemas durante el curso evaluados en la convocatoria ordinaria que supone un 30% de la calificación. (Competencias involucradas: A1, A2, A5, A8, A13, A16, B1, B3, B5, B6, B7, B13, B14, B18)

Examen final que evalúa dos apartados:

b) teoría (en principio 35% de la nota), y c) problemas (en principio 35% de la nota). (Competencias involucradas: A1, A2, A5, A6, A8, A15, A19, B1, B4, B6, B7 B13, B14, B18)

Será requisito imprescindible para poder aprobar la asignatura tener una nota superior a 2 sobre 10 en los dos últimos apartados de evaluación b) y c) antes indicados. Si se cumple el requisito anterior, la calificación se obtendrá aplicando los porcentajes ya especificados para a), b) y c).



Asignatura: Óptica  
Código: 16404  
Centro: Facultad de Ciencias  
Grupo: 531, 536  
Titulación: Física  
Curso Académico: 2017 - 2018  
Tipo: Obligatoria  
Nº de Créditos: 6

El estudiante que no haya realizado el examen de la convocatoria extraordinaria será calificado como “No evaluado”. Para superar la asignatura en esta convocatoria deberá obtenerse al menos una calificación media entre las pruebas de teoría y problemas de 5/10.

## 5. Cronograma\* / Course calendar

Tema	Tipología	Horas Presenciales Contact hours	Horas Controles (% nota)
1	Clases Teóricas	4	
	Prácticas	3	
2	Clases Teóricas	2.5	
	Prácticas	2.5	
3	Clases Teóricas	2.5	1(10%)
	Prácticas	2.5	1(10%)
4	Clases Teóricas	4	
	Prácticas	2	
5	Clases Teóricas	2.5	1(10%)
	Prácticas	2.5	1(10%)
6	Clases Teóricas	3	
	Prácticas	3	
7	Clases Teóricas	2.5	
	Prácticas	1.5	
8	Clases Teóricas	4	
	Prácticas	2	1(10%)
9	Clases Teóricas	4	
	Prácticas	1	
10	Clases Teóricas	6	2(20%)
	Prácticas	1	2(30%)

\* Este cronograma es orientativo