

## 39119 - Ondas electromagnéticas

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2022/23

**Asignatura:** 39119 - Ondas electromagnéticas

**Centro académico:** 100 - Facultad de Ciencias

**Titulación:** 577 - Programa conjunto en Física-Matemáticas (FisMat)

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 2

**Periodo de impartición:** Segundo semestre

**Clase de asignatura:** Obligatoria

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

Se plantea, partiendo de las ecuaciones de Maxwell y la ecuación de propagación vistas en el estudio del Electromagnetismo, describir la fenomenología básica de propagación de la radiación electromagnética en distintos medios y con condiciones de contorno, así como los métodos de caracterización y algunas de las aplicaciones relacionadas.

El objetivo de esta asignatura es proporcionar al alumno un conocimiento de la naturaleza de las ondas electromagnéticas y de los fenómenos asociados a su propagación, así como proporcionar al alumno la información necesaria para que comprenda y sea capaz de describir y cuantificar dichos fenómenos de forma que, posteriormente, pueda seguir aprendiendo de forma autónoma en dicho campo.

En el laboratorio tendrá ocasión de reproducir algunos fenómenos descritos y comprobar algunas leyes enunciadas en las clases de teoría así como aprender algunas técnicas de medida.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>), de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia para contribuir en cierta medida a su logro:

- Objetivo 4: Educación de calidad. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos

4.3 De aquí a 2030, asegurar el acceso igualitario de todos los hombres y las mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria

4.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Esta asignatura se enmarca en el grado en Física dentro del módulo de Física Clásica y complementa los conocimientos adquiridos en Electromagnetismo, sirviendo de introducción a la asignatura Óptica y otras relacionadas.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Se recomienda haber cursado la asignatura de Electromagnetismo.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

**Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

Avanzar en el estudio del Electromagnetismo y entender los fenómenos asociados a la radiación electromagnética y su

propagación

Caracterizar la radiación electromagnética

Entender el funcionamiento de dispositivos basados en la fenomenología estudiada: reflexión, refracción, interferencias o difracción

Caracterizar distintos materiales basándose en su comportamiento frente a la radiación electromagnética incidente

Aplicar el uso y caracterización de la luz polarizada a otros campos de estudio

Hacer medidas básicas en guías de onda

## 2.2. Resultados de aprendizaje

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

Conocer la naturaleza de las ondas electromagnéticas: espectro, transversalidad, intensidad

Identificar qué magnitudes describen una onda electromagnética: amplitud, frecuencia, velocidad de propagación, polarización

Entender los fenómenos presentes en la propagación de dichas ondas: reflexión, refracción, difracción.

Describir el resultado de la superposición de ondas electromagnéticas: interferencias, grupos de ondas, polarización

Saber caracterizar la propagación en medios materiales dieléctricos y conductores: dispersión, absorción

Comprender los fenómenos presentes cuando en la propagación hay un cambio de medio: ángulo de Brewster, reflexión total

Conocer las características de la propagación guiada: modos de propagación, frecuencia de corte, atenuación, dispersión

Tener información sobre las características de las antenas y otras fuentes de ondas electromagnéticas

## 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Proporciona una base teórico-práctica para otras asignaturas que estudian fenómenos en los que interviene la radiación electromagnética y capacita al alumno para la caracterización elemental de dichos fenómenos y el manejo de aparatos a un nivel básico.

# 3. Evaluación

## 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

Las prácticas de laboratorio, que son obligatorias, se realizarán en grupos, si es posible de dos estudiantes. Se evaluará de forma continua el interés y destreza en su realización y se valorará la precisión y exactitud de los resultados que se presentarán en informes breves. La calificación correspondiente, que necesariamente debe alcanzar un nivel de aprobado, supondrá un 20% de la calificación global.

Los estudiantes matriculados en la asignatura que no hayan realizado todas las prácticas, o no hayan alcanzado el nivel mínimo, serán convocados a un examen práctico, donde deberán demostrar individualmente sus conocimientos y habilidad.

Un 10 % de la calificación final de la asignatura podrá corresponder a la evaluación continua de la colaboración voluntaria de los estudiantes en la entrega de problemas previamente propuestos. Se valorará tanto la participación activa como la calidad de estos trabajos. Este apartado no es de carácter obligatorio por lo que los estudiantes decidirán si quieren o no realizarlo.

El resto de la evaluación se llevará a cabo mediante un examen escrito, u oral en casos excepcionales, que constará de dos ejercicios, uno de teoría y otro de problemas. El primero consistirá en responder breve y razonadamente a cuestiones sobre conceptos y fenómenos, descripción de ejemplos, pequeñas demostraciones o casos de aplicación práctica de resolución matemática inmediata. En el examen de problemas se plantearán supuestos prácticos del tipo de los resueltos en clase durante el curso. La calificación del examen será el promedio de las obtenidas en estos dos ejercicios, siendo necesario para aprobar la asignatura que ambas sean mayores o iguales que 3, sobre 10, y que el promedio sea mayor o igual que 5.

La nota final del estudiante corresponderá a la mayor calificación entre las dos posibles teniendo o no en cuenta el apartado de evaluación continua.

### Superación de la asignatura mediante una prueba global única

- Los estudiantes realizarán un examen escrito. El resultado obtenido en este examen supondrá el 80% de la calificación global de la asignatura.
- Una vez superado el examen escrito, los estudiantes matriculados en la asignatura que no hayan realizado todas las prácticas, serán convocados a un examen práctico individual para demostrar su habilidad para usar el instrumental y su competencia para medir con la precisión y exactitud debidas.

# 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

## 4.1. Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se plantean para conseguir los objetivos planteados y adquirir las competencias son las siguientes:

- Clases de teoría: Desarrollo y discusión progresiva de los contenidos del programa de la asignatura en docencia presencial, con base en los apuntes escritos suministrados por el profesor.
- Clases de problemas: Resolución de casos prácticos en el aula, con participación activa de los estudiantes.
- Sesiones de laboratorio: Explicación en el aula del manejo del equipamiento y de los métodos de medida. Realización experimental de las prácticas de laboratorio, en 3 sesiones y con el apoyo de un guión explicativo complementario, y elaboración por los alumnos en horas de estudio de un informe breve.

## 4.2. Actividades de aprendizaje

**Las actividades docentes y de evaluación se llevarán a cabo de modo presencial salvo que, debido a la situación sanitaria, las disposiciones emitidas por las autoridades competentes y por la Universidad de Zaragoza dispongan realizarlas de forma telemática o semi-telemática con aforos reducidos rotatorios.**

El curso incluye 6 ECTS organizados de la siguiente forma:

- Clases de teoría (3.5ECTS): 35 horas
- Clases de problemas (1.5 ECTS): 15 horas
- Prácticas de laboratorio (1 ECTS): 10 horas

## 4.3. Programa

### 0. Introducción

Espectro de las ondas electromagnéticas

Transformada de Fourier

### 1. Ondas electromagnéticas; fundamentos

Ecuaciones de Maxwell - Ecuación de propagación

Ecuación escalar de Helmholtz y soluciones

Onda plana - onda localmente plana

Onda esférica

Transversalidad de las ondas electromagnéticas

Intensidad - Vector de Poynting

Momento lineal - Presión de radiación

### 2. Haces de radiación

Aproximación paraxial – haz gaussiano

Superposición de ondas de frecuencias diferentes

Grupo de ondas

Velocidad de propagación. Dispersión

### 3. Polarización

La elipse de polarización

Intensidad de la onda resultante

Formalismo de Jones

Polarizadores y retardadores; representación matricial

### 4. Interferencias. Difracción

Coherencia

Superposición de ondas de igual frecuencia y polarización

Interferencias con varios emisores

Ondas estacionarias

Difracción – teoría escalar

Aproximación de Fraunhofer

Difracción de rayos X por cristales

### 5. Interacción radiación-materia

Radiación de una carga acelerada

Energía radiada por una carga acelerada  
Radiación de un dipolo oscilante  
Polarizabilidad  
Onda electromagnéticas en medios dieléctricos  
Difusión Thomson y difusión Rayleigh  
Polarización de la onda difundida  
Ondas electromagnéticas en medios conductores  
Propagación en medios dieléctricos o conductores  
Conductores “perfectos”; condiciones de frontera  
Dispersión en medios conductores

#### **6. Cambio de medio**

Leyes de la reflexión y refracción  
Fórmulas de Fresnel, ángulo de Brewster y ángulo límite  
Reflexión total  
Factores de reflexión y transmisión  
Refracción y reflexión en medios absorbentes

#### **7. Ondas guiadas.**

Guías de ondas; propiedades generales  
Campos en una guía de ondas  
Guía de ondas conductora rectangular – Modos TE y TM  
Líneas de transmisión - Modos TEM  
Cavidades resonantes  
Fibras ópticas  
Dispersión en guías de onda

#### **8. Generación de radiación electromagnética.**

Antena de media onda – dipolo eléctrico  
Agrupaciones de antenas  
Antenas con reflector  
Reflectores curvos y lentes  
Otros emisores de radiación electromagnética

### **4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave**

#### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

La distribución, en función de los créditos, de las distintas actividades programadas es la siguiente:

- Clases teórico-prácticas: 3,5 créditos teóricos y 1,5 créditos de resolución de problemas. Los días, horas y aula serán asignados por la Facultad de Ciencias.
- Prácticas de laboratorio: 1 crédito. Las fechas se fijarán al comienzo del semestre atendiendo al número de matriculados y disponibilidad de laboratorios e instrumentación.
- Exámenes: El examen escrito se realizará al finalizar el semestre, en la fecha asignada por la Facultad de Ciencias. Para el examen práctico de laboratorio, se convocará con la antelación debida a los alumnos que deban realizarlo.

### **4.5. Bibliografía y recursos recomendados**

<http://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=39119>