

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

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| <b>Código</b>          | 43306                      |
| <b>Nombre</b>          | Óptica no lineal y láseres |
| <b>Ciclo</b>           | Máster                     |
| <b>Créditos ECTS</b>   | 6.0                        |
| <b>Curso académico</b> | 2021 - 2022                |

**Titulación(es)**

| <b>Titulación</b>                     | <b>Centro</b>      | <b>Curso</b> | <b>Periodo</b>      |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| 2150 - M.U. en Física Avanzada 12-V.2 | Facultad de Física | 1            | Primer cuatrimestre |

**Materias**

| <b>Titulación</b>                     | <b>Materia</b>                   | <b>Caracter</b> |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 2150 - M.U. en Física Avanzada 12-V.2 | 6 - Elementos de óptica avanzada | Optativa        |

**Coordinación**

| <b>Nombre</b>                      | <b>Departamento</b>                               |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|
| ROLDAN SERRANO, EUGENIO            | 280 - Óptica y Optometría y Ciencias de la Visión |
| VALCARCEL GONZALVO, GERMAN JOSE DE | 280 - Óptica y Optometría y Ciencias de la Visión |

**RESUMEN**

Bajo campos electromagnéticos intensos los materiales dieléctricos dejan de tener una respuesta lineal con la amplitud del campo eléctrico. En el dominio óptico, este hecho define lo que conocemos como óptica no lineal, la cual es una de las bases de la moderna fotónica y de la óptica cuántica. La respuesta no lineal de los medios materiales es la responsable de numerosos fenómenos que permiten, por ejemplo, generar radiación en regiones del espectro electromagnético donde los láseres no son efectivos, realizar medidas no destructivas de sustancias químicas, modular la radiación óptica a elevadas frecuencias, o generar solitones ópticos. Generalmente los fenómenos ópticos no lineales requieren del uso de láseres intensos, muchas veces pulsados. A su vez, estos últimos encuentran numerosas aplicaciones en el procesado de materiales, en transmisión de la información o en metrología, por citar algunos ejemplos. La asignatura pretende dar una introducción a las bases físicas de la óptica no lineal y a algunos de sus fenómenos, así como a la física de los láseres.



## 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

## COMPETENCIAS

### 2150 - M.U. en Física Avanzada 12-V.2

- Que los/las estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
- 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.
- Ser capaz de gestionar información de distintas fuentes bibliográficas especializadas utilizando principalmente bases de datos y publicaciones internacionales en lengua inglesa.
- Estar en disposición para seguir los estudios de doctorado y la realización de un proyecto de tesis doctoral.
- Comprender de una forma sistemática el campo de estudio de la Física y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.
- Concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.
- Realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el área de la Física.
- Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
- Evaluar la validez de un modelo o teoría propuesto por otros miembros de la comunidad científica.
- Saber modelizar matemáticamente los problemas físicos sencillos nuevos, conectados con problemas conocidos. Ser capaz de expresar en términos matemáticos nuevas ideas.
- Elaborar una memoria clara y concisa de los resultados de su trabajo y de las conclusiones obtenidas en el área de la Física.
- Exponer y defender públicamente el desarrollo, resultados y conclusiones de su trabajo en el área de la Física.
- Comprender los fundamentos físicos de la interacción de la luz con la materia.
- Asimilar las bases físicas de la emisión láser y las características fundamentales de los láseres de mayor interés para la fotónica.



## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje el estudiante habrá aprendido:

1. Comprender y utilizar las propiedades ópticas lineales y no lineales de los medios materiales para fundamentar el diseño y fabricación de dispositivos fotónicos.
2. Comprender los fundamentos físicos de la interacción de la luz con la materia, en particular de la emisión láser, así como el estudio de las características fundamentales de los láseres de mayor interés para la fotónica.
3. Comprender los elementos de las teorías de la señal y de la información que fundamentan el diseño de sistemas fotónicos de transmisión, procesamiento y almacenamiento.
4. Conocer las técnicas modernas de instrumentación óptica, tanto en sistemas de inspección como en dispositivos de procesamiento de imágenes.
5. Conocer los avances recientes en dispositivos y tecnologías emergentes de interés para la instrumentación óptica en diferentes campos de la ciencia y la tecnología.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

### 1. Introducción a la óptica no lineal. El modelo de Lorentz generalizado

Qué entendemos por óptica no lineal. El modelo de Lorentz lineal: soluciones; aplicación al efecto Faraday. Generalización del modelo. Influencia de las simetrías espaciales sobre el tipo de no linealidad. Caso de no linealidad cuadrática: generación de segundo armónico, rectificación óptica, generación de frecuencia suma y resta. Caso de no linealidad cúbica: el efecto Kerr y la generación de tercer armónico.

### 2. Relación constitutiva y susceptibilidades no lineales

La relación constitutiva en medios con respuesta causal e invariancia temporal. Susceptibilidades no lineales. Simetrías. Sistematización del cálculo de polarizaciones no lineales.

### 3. Propagación de la luz en medios ópticos no lineales

La ecuación de ondas no lineal independiente del tiempo. La ecuación de ondas no lineal dependiente del tiempo: velocidad de grupo y su dispersión.

### 4. Óptica no lineal de segundo orden

Generación de segundo armónico. Generación de frecuencias suma y resta. Phase matching. Amplificación y oscilación óptica paramétrica.

**5. Óptica no lineal de tercer orden**

El efecto Kerr. Automodulación de fase, modulación cruzada de fase y mezcla de cuatro ondas. Propagación no lineal de pulsos en fibras. Solitones ópticos. Dispersión no lineal.

**6. Interacción de luz con átomos de dos y más niveles**

Ecuaciones de balance de Einstein. El problema de la inversión de población. Esquemas de bombeo en medios de tres y cuatro niveles. Ejemplos de medios láser.

**7. Amplificación y emisión láser**

Amplificación de la radiación en un medio con inversión de población. Cavidades ópticas. Emisión láser: umbral. Oscilaciones de relajación. Tipos de láseres. Aplicaciones.

**8. Láseres pulsados**

Tipos de modulación láser: características básicas de los pulsos láser. Aplicaciones. Q-switching. Mode-locking activo: principios y modelización. Mode-locking pasivo.

**VOLUMEN DE TRABAJO**

| ACTIVIDAD                        | Horas         | % Presencial |
|----------------------------------|---------------|--------------|
| Clases de teoría                 | 40,00         | 100          |
| Otras actividades                | 4,00          | 100          |
| Seminarios                       | 3,00          | 100          |
| Elaboración de trabajos en grupo | 30,00         | 0            |
| Estudio y trabajo autónomo       | 58,00         | 0            |
| Resolución de casos prácticos    | 15,00         | 0            |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>150,00</b> |              |

**METODOLOGÍA DOCENTE**

MD1 - Clases teóricas con lección magistral participativa.

MD3 – Resolución de problemas.

MD4 – Problemas.



MD5 – Seminarios.

## EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura “Óptica No Lineal y Láseres” tendrá en cuenta los siguientes apartados: - Asistencia: la asistencia regular y una participación activa en las mismas. (25%)- Ejercicios: la resolución de una serie de ejercicios (del orden de cinco) propuestos a lo largo del curso. (35%)- Elaboración y presentación de una memoria que cubrirá aspectos no desarrollados en el curso. Se realizará por parejas. (40%)- Examen: para los estudiantes que deseen mejorar la calificación obtenida con los criterios anteriores. En este caso la nota del examen será la calificación de la asignatura.

## REFERENCIAS

### Básicas

- P.N. Butcher and D. Cotter, The Elements of Nonlinear Optics (Cambridge University Press, 1990)
- R.W. Boyd, Nonlinear Optics (Academic Press, 1992)
- G.P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics (Academic Press, 1995)
- A. Siegman, Lasers (University Science Dooks, 1986)
- O. Svelto, Principles of Lasers (Plenum Press, 1989)

## ADENDA COVID-19

**Esta adenda solo se activará si la situación sanitaria lo requiere y previo acuerdo del Consejo de Gobierno**