



# DOBLE GRADO EN FÍSICA Y EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

## GUÍA PARA EL ESTUDIANTADO DE 3<sup>er</sup> CURSO

### CURSO ACADÉMICO 2025-26

## Tabla de contenido

<b>1.- Información del doble grado en Física y en Ingeniería Electrónica.....</b>	<b>3</b>
Presentación .....	3
Competencias de la titulación .....	3
Estructura de los estudios de grado .....	4
Carga de ECTS por cursos .....	6
Las asignaturas del tercer curso en el contexto del grado .....	6
Tipos de actividades a realizar.....	6
Trabajo de Fin de Grado (TFG).....	6
Programa de movilidad .....	6
Prácticas académicas externas .....	7
Tutorías académicas .....	7
Plan de Acción Tutorial (PAT) .....	7
Coordinación.....	7
Otra información de interés.....	8
<b>2.- Otra información de interés .....</b>	<b>8</b>
Asignación de estudiantes a grupos docentes .....	8
Calendario, horario y exámenes.....	8
Profesorado .....	9
<b>3.- Información sobre las asignaturas de tercer curso .....</b>	<b>9</b>

---

# 1.- Información del doble grado en Física y en Ingeniería Electrónica

---

## Presentación

---

**Nº de plazas de nuevo ingreso ofertadas:** 20

**Créditos ECTS<sup>1</sup> del título:** 300

**Lenguas utilizadas a lo largo del proceso formativo:** Castellano/Euskera e inglés puntualmente

El Doble Grado en Física y en Ingeniería Electrónica contiene una organización académica de las respectivas enseñanzas diseñada para posibilitar al estudiantado matriculado en el doble grado, y que supere los estudios contenidos en su correspondiente programación, la obtención simultánea de los títulos oficiales de Grado en Física y de Grado en Ingeniería Electrónica, con validez en todo el territorio nacional.

La Física es un máximo exponente de lo que hoy llamamos Ciencia y uno de los pilares de la tecnología. Sus aportaciones han revolucionado nuestra comprensión de la realidad y han contribuido de manera importante al desarrollo de la sociedad del bienestar. El progreso de la Física es imprescindible para el sistema de ciencia y tecnología de cualquier país moderno, por lo que cuenta con una fuerte implantación en todos los sistemas universitarios europeos.

El diseño del Grado en Física permite al estudiantado adquirir los conocimientos esenciales de Física y desarrollar destrezas relacionadas con el análisis y modelización de situaciones complejas, utilización de técnicas matemáticas avanzadas y de herramientas informáticas.

La Ingeniería Electrónica (Electrical and Computer Engineering) es una disciplina que abarca un conjunto diverso de tecnologías electrónicas y de la información en constante proceso de evolución: Microelectrónica, Materiales semiconductores, Radiocomunicaciones, Desarrollo software, Tratamiento de señal, Instrumentación, Sensores, etc.

El Grado en Ingeniería Electrónica (IE) mantiene un equilibrio formativo entre ciencia y tecnología con el objetivo principal de proporcionar una formación sólida en el análisis y diseño de dispositivos y sistemas electrónicos en todas sus posibles aplicaciones, así como de aquellos aspectos relacionados con la investigación, desarrollo e innovación en dicho ámbito.

## Competencias de la titulación

---

Las principales competencias que se desarrollan en los estudios de grado en Física son las siguientes:

- Capacidad de plantear y resolver problemas.
- Capacidad de construir modelos físicos a partir de datos experimentales.
- Comprensión teórica de los fenómenos físicos.
- Destreza en el ámbito experimental.

De forma sintética las competencias que adquiere el estudiantado que estudie IE son:

- Capacidad de resolución de problemas con especial proyección actual y futura en la Ingeniería Electrónica (IE).
- Manejo de herramientas computacionales propias de la IE orientadas a la simulación de dispositivos, circuitos y sistemas.
- Habilidad para el análisis y diseño de sistemas electrónicos en campos relacionados con la IE que posibiliten una preparación de calidad para estudios posteriores y una mejor integración profesional del estudiantado.
- Conocer, describir, analizar, diseñar, validar y optimizar dispositivos, circuitos y sistemas electrónicos, así como prototipos, en diversas áreas de aplicación (tecnologías de la información y las comunicaciones, adquisición y tratamiento de datos, instrumentación, control, etc.).

---

<sup>1</sup> 1 ECTS = 1 crédito europeo = 25 horas de trabajo del estudiantado, tanto presencial (en aula, seminarios, laboratorios, ...) como no presencial (trabajo por su cuenta sin presencia del profesorado)

Por otro lado, el estudiantado adquirirá otra serie de competencias transversales o genéricas, tales como:

- Capacidad de organizar, planificar y aprender de manera autónoma.
- Capacidad de analizar, sintetizar y razonar críticamente.
- Capacidad de gestionar un trabajo en grupo.
- Capacidad de exponer ideas y resultados científicos de forma oral y escrita, y de realizar estudios de prospectiva en campos afines.
- Poseer capacidad de crítica y creatividad, de toma de decisiones, de asunción de responsabilidades, de liderazgo y de compromiso con la calidad.

## Estructura de los estudios de grado

### Normativa

Algunos elementos relevantes relativos a la normativa que rige el doble grado:

- El estudiantado admitido en el Doble Grado se matriculará en cada curso única y exclusivamente en las asignaturas de su programación docente específica que se ha detallado sobre estas líneas.
- En el primer curso, el estudiantado deberá matricularse en todos los créditos correspondientes al curso completo. En los siguientes cursos, deberán matricularse al menos de 60 créditos ECTS, salvo que le resten menos de esa cantidad para la finalización del programa docente específico del Doble Grado.
- El estudiantado sólo podrá matricularse de créditos de tercer curso en adelante si tienen aprobados al menos 60 créditos de primero, todos ellos de carácter básico.
- A la finalización de cada curso, el estudiantado deberá haber superado al menos 36 de los créditos de los que se hayan matriculado. En todo caso, deberán finalizar el programa en un máximo de siete cursos académicos.
- El estudiantado que incumplan alguno de estos requisitos deberán abandonar el Doble Grado, pudiendo continuar los estudios en la titulación oficial de Grado en Física o Grado en Ingeniería Electrónica, a su elección. Para ello, deberán realizar la solicitud en el Decanato. La matrícula de este estudiantado se realizará dentro de los plazos y de acuerdo con los criterios que la Facultad establezca.
- Igualmente, si un/una estudiante decide abandonar voluntariamente el Doble Grado, se le aplicará el procedimiento señalado en el párrafo anterior a los efectos de poderse incorporar a la titulación de Grado en Física o a la titulación de Grado en Ingeniería Electrónica.
- Los reconocimientos de créditos para la obtención de los títulos de Graduado en Física y Graduado Ingeniería Electrónica se realizarán una vez superadas las asignaturas de la programación docente específica del Doble Grado, incluidos los trabajos fin de grado de ambas titulaciones.

### Programación docente del Grado en Física y en Ingeniería Electrónica

Curso 1º (66 créditos)	
Cuatrimestre 1º	Cuatrimestre 2º
Algebra Lineal y Geometría I (12 ECTS)	
Cálculo Diferencial e Integral I (12 ECTS)	
Física General (12 ECTS)	
Química I (6 ECTS)	Técnicas Experimentales I (6 ECTS)
Introducción a la Computación (6 ECTS)	Química II (6 ECTS)
	Fundamentos de Programación (6 ECTS)

Curso 2º (60 créditos)	
Cuatrimestre 1º	Cuatrimestre 2º
Análisis Vectorial y Complejo (9 ECTS)	
Métodos Matemáticos (12 ECTS)	
Mecánica y Ondas (15 ECTS)	
Electromagnetismo I (6 ECTS)	Técnicas experimentales II (6 ECTS)
Electrónica (6 ECTS)	Física Moderna (6 ECTS)

<b>Curso 3º (60 créditos)</b>	
<b>Cuatrimestre 1º</b>	<b>Cuatrimestre 2º</b>
Física Cuántica (12 ECTS)	
Termodinámica y Física Estadística (12 ECTS)	
Métodos Computacionales (9 ECTS)	
Técnicas experimentales III (9 ECTS)	
Electromagnetismo II (6 ECTS)	Instrumentación I (6 ECTS)
Óptica (6 ECTS)	

<b>Curso 4º (60 créditos)</b>	
<b>Cuatrimestre 1º</b>	<b>Cuatrimestre 2º</b>
Física del Estado Sólido (6 ECTS)	Física Nuclear y de Partículas (6 ECTS)
Señales y Sistemas (6 ECTS)	Control Automático I (6 ECTS)
Técnicas Actuales de Programación (6 ECTS)	Electrónica Analógica (6 ECTS)
Electrónica Digital (6 ECTS)	Arquitectura de Computadores (6 ECTS)
Dispositivos Electrónicos y Optoelectrónicos (6 ECTS)	Circuitos Lineales y no Lineales (6 ECTS)

<b>Curso 5º (54 créditos)</b>	
<b>Cuatrimestre 1º</b>	<b>Cuatrimestre 2º</b>
Trabajo Fin de Grado en Física (12 ECTS)	
Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Electrónica (10,5 ECTS)	
12 créditos optativos (2 asignaturas) del listado A (Física)*	
6 créditos optativos (1 asignatura) del listado B (Ingeniería Electrónica)*	
Empresa y Proyectos (7,5 ECTS)	
Sensores y Actuadores (6 ECTS)	

#### Listados de optativas:

<b>Listado A (Física)</b>
<input type="checkbox"/> Mecánica Cuántica (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Propiedades Estructurales de los Sólidos (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Física de Estado Sólido II (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Técnicas Experimentales IV (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Física de los Medios Continuos (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Electrodinámica (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Gravitación y Cosmología (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Astrofísica (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Temas de Física (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Idatzizko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Ahozko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz (6 ECTS)
<b>Listado B (Ingeniería Electrónica)</b>
<input type="checkbox"/> Control Automático II (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Instrumentación II (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Microelectrónica y Microsistemas (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Electrónica de Comunicaciones (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Sistemas de Alta Frecuencia (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Diseño de Sistemas Digitales (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Idatzizko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz (6 ECTS)
<input type="checkbox"/> Ahozko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz (6 ECTS)

(\*) Las dos asignaturas del Plan director de euskera (Comunicación escrita científico-técnica en euskera y Comunicación oral científico-técnica en euskera) forman parte de ambos listados.

## Carga de ECTS por cursos

Curso	Formación Básica	Formación Obligatoria	Formación Optativa	Trabajo Fin de Grado	Total
1º	66				66
2º		60			60
3º		60			60
4º		60			60
5º		13,5	18	22,5	54
<b>Total</b>	66	193,5	18	22,5	300

### Las asignaturas del tercer curso en el contexto del grado

En el primer curso se trabajan las bases científico-técnicas necesarias para conseguir los objetivos marcados en ambos grados, Física e Ingeniería Electrónica. Este curso es crucial en el proceso de aprendizaje y adaptación al medio universitario.

En el segundo curso se profundiza en las materias estudiadas en el primer curso con el fin de obtener una formación científica sólida en física y matemáticas. Así mismo, se adquieren las bases en electrónica, necesarias para el resto del grado.

El tercer curso del grado supone una profundización en algunos de los conceptos adquiridos durante el primer y segundo cursos. Los conceptos y destrezas adquiridos durante este tercer año deben consolidarse y el estudiantado debe adquirir la madurez necesaria para desarrollar las competencias correspondientes a este curso.

### Tipos de actividades a realizar

Atendiendo a la metodología que se va a utilizar en las asignaturas del segundo curso, éstas se pueden clasificar en tres grupos:

- Asignaturas "teóricas": no tienen prácticas de laboratorio (Física Cuántica, Termodinámica y Física Estadística, Óptica, Electromagnetismo II).
- Asignatura "experimental": se desarrolla prácticamente en su totalidad en el laboratorio (Técnicas Experimentales III). Son las prácticas de las asignaturas Termodinámica y Física Estadística y de Óptica.
- Asignaturas "con prácticas": Métodos Computacionales e Instrumentación I.
- En general, en todas las asignaturas habrá clases magistrales en las que se trabajarán los conceptos teóricos, así como prácticas de aula orientadas a la realización de problemas. Se utilizarán los seminarios para la profundización de conceptos teórico/prácticos de diversos aspectos de la asignatura en grupos reducidos de estudiantes. Y subrayar que en la mayoría de las asignaturas las "clases de problemas" se basarán en la participación activa del estudiantado, quienes expondrán sus propuestas de resolución a ejercicios planteados por el profesorado, surgidos en el aula, etc.

En las asignaturas que tengan prácticas, en algunos casos el estudiantado deberá seguir las directrices marcadas para realizar el trabajo encomendado, y en otras, buscar soluciones de forma autónoma.

### Trabajo de Fin de Grado (TFG)

El Trabajo Fin de Grado (TFG) supone la realización por parte de cada estudiante y de forma individual de un proyecto, memoria o estudio original bajo la supervisión de uno/a o más directores o directoras, en el que se integren y desarrollen los contenidos formativos recibidos, capacidades, competencias y habilidades adquiridas durante el periodo de docencia del Grado.

El estudiantado de doble grado debe realizar dos TFGs, el correspondiente al grado en Física y el correspondiente al grado de IE. Cada trabajo se rige según la normativa que se establece en el Grado correspondiente.

**Más información sobre el TFG:** <https://www.ehu.es/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

### Programa de movilidad

La Facultad de Ciencia y Tecnología participa en los programas de Intercambio Académico Erasmus, Sicue-Seneca, América Latina y otros destinos. La labor de coordinación académica la realiza el Vicedecano de Intercambio Académico con la ayuda de los/as coordinadores/as de intercambio de cada titulación. Los/as coordinadores/as aconsejan al estudiantado con respecto a la realización del acuerdo académico previo teniendo en cuenta los criterios de la Comisión de Convalidaciones para el reconocimiento de créditos y le asisten durante la duración de la estancia del estudiantado en la Universidad de destino.

<https://www.ehu.es/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/programas-intercambio>

## Prácticas académicas externas

La realización de prácticas en entidades externas facilita la incorporación del estudiantado al mundo laboral, proporcionando, además de conocimientos y competencias de contenido práctico, experiencia profesional. En el Doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica es posible realizar prácticas académicas externas extracurriculares y, por lo tanto, son de carácter voluntario, con la posibilidad de reconocer hasta 6 ECTS de carácter optativo. Para poder realizarlas, se deberán haber superado 120 ECTS. Más información en: <https://www.ehu.es/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/insercion-laboral>

## Tutorías académicas

La tutoría académica es un proceso que consiste básicamente en brindar asesoría y orientación académica al estudiantado a través del profesorado. Esta asesoría está encaminada a apoyar al estudiantado en las materias que están cursando. A comienzo de cada cuatrimestre cada docente dará a conocer su horario de tutorías.

## Plan de Acción Tutorial (PAT)

El Plan de Acción Tutorial (PAT) ofrece al estudiantado la oportunidad de disponer de un profesor tutor o de una profesora tutora que favorecerá su integración en la vida universitaria y les orientará durante toda su trayectoria académica.

Las profesoras tutoras y los profesores tutores pretenden:

- apoyar y orientar al estudiantado en su proceso de formación integral, en su aspecto tanto académico como personal y profesional
- favorecer la integración del estudiantado en la actividad académica de la Facultad
- informar al estudiantado sobre los servicios y actividades que tienen a su disposición en el ámbito universitario
- identificar las dificultades que pueden aparecer durante el desarrollo de los estudios y facilitar el desarrollo de habilidades y estrategias de aprendizaje
- asesorar en la toma de decisiones, especialmente en la elección del itinerario curricular
- transmitir información que pueda resultar de interés para el desarrollo académico y profesional del estudiantado

La asignación de tutores o tutoras a cada estudiante del Doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica se realizará al inicio del primer curso. Esa asignación permanecerá vigente hasta la obtención del Grado.

## Coordinación

La coordinación del Doble Grado recae en la Comisión Académica del Doble Grado. Esta realiza funciones de apoyo al desarrollo curricular, seguimiento, revisión y mejora. A la hora de redactar esta guía, la Comisión Académica del Doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica está formada por:

Tipo	Coordinador/a	Datos de contacto
Presidente	<b>Ibon Sagastabeitia Buruaga</b> Dpto. Electricidad y Electrónica	<a href="mailto:ibon.sagastabeitia@ehu.es">ibon.sagastabeitia@ehu.es</a> 946012539 CD3.P1.2
Coordinador	<b>Irene Urcelay Olabarria</b> Dpto. Física	<a href="mailto:irene.urcelay@ehu.es">irene.urcelay@ehu.es</a> 946012662 CD4.P2.15
Representante	<b>Idoia Garcia de Gurtubay Galligo</b> Dpto. Física	<a href="mailto:idoia.gurtubay@ehu.es">idoia.gurtubay@ehu.es</a> 946012490 CD3.P2.2
Representante	<b>María Rosario de la Fuente Lavin</b> Dpto. Física	<a href="mailto:rosario.delafuente@ehu.es">rosario.delafuente@ehu.es</a> 946015339 CD3.P2.18
Representante	<b>David Brizuela Cieza</b> Dpto. Física	<a href="mailto:david.brizuela@ehu.es">david.brizuela@ehu.es</a> 946012593 F3.S2.24
Representante	<b>Juan María Collantes Metola</b> Dpto. Electricidad y Electrónica	<a href="mailto:juanmari.collantes@ehu.es">juanmari.collantes@ehu.es</a> 946012464 CD4.P1.17

Se puede consultar información actualizada de la CEG del Doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica en el siguiente enlace:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/comisiones-grado#ComisionesdeEstudios10>

Además, para cada asignatura del Doble Grado se ha nombrado un/a coordinador/a de asignatura que se encarga de coordinar el equipo docente que la imparte. La relación de coordinadores/as de asignaturas del Doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica puede consultarse en el siguiente enlace:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/coordinacion-asignaturas-fie>

## Otra información de interés

---

En algunas asignaturas del Doble Grado, el equipo docente utiliza un aula virtual de apoyo a la docencia presencial. Estas aulas están en eGela (<https://egela.ehu.eus>). Para acceder a eGela hay que introducir el usuario LDAP, que se asigna a cada estudiante al realizar la matrícula como estudiantado de nuevo ingreso. También se utiliza el usuario LDAP para acceder a GAUR, herramienta informática para la realización de trámites administrativos y la consulta de datos relativos a la vida académica del estudiantado.

Cada estudiante matriculado/a en el Doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica dispone de una cuenta de correo electrónico corporativa, cuya dirección y contraseña le fueron entregadas al realizar la matrícula como estudiantado de nuevo ingreso. A esta cuenta de correo es donde se remiten todos los mensajes del profesorado, de eGela, del equipo decanal u otros estamentos universitarios. Es posible redirigir los mensajes que llegan a esta cuenta al correo personal. Más información en: [https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/bbc\\_alumnado](https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/bbc_alumnado) También dispone de un servicio de albergue de disco (<https://www.ehu.eus/es/group/ikt-tic/bildu>).

Ante cualquier duda o problema en la utilización del correo corporativo o en general de los servicios informáticos de la UPV/EHU, se recomienda contactar con CAU vía web <https://lagun.ehu.eus> utilizando el usuario LDAP. Para más información sobre el CAU visitar: <http://www.ehu.eus/cau>

El Servicio de Asesoramiento del Estudiantado de la Facultad de Ciencia y Tecnología (SAECYT) asesora al estudiantado y realiza los trámites necesarios para poder realizar prácticas en empresa o participar en un programa de intercambio. Se encuentra ubicado en la Secretaría de la Facultad. Más información sobre el SAECYT en: <https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/atencion-estudiantes>

### Más Información sobre el Doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/doble-grado-fie>

### Página web de la Facultad:

<https://www.ehu.eus/zientzia-teknologia-fakultatea>

---

## 2.- Otra información de interés

---

### Asignación de estudiantes a grupos docentes

---

Durante las primeras semanas de clase se informará de la asignación de cada estudiante a los grupos docentes en las diferentes modalidades docentes para las que haya más de un grupo programado.

### Calendario, horario y exámenes

---

El calendario lectivo del Centro puede consultarse en la página web:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/calendario>

El horario, con la correspondiente información sobre las aulas donde se impartirá cada actividad, así como el calendario oficial de exámenes, se publica y actualiza en la web de la Facultad. Pueden consultarse en:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/egutegia-ordutegiak>

Además, en el enlace anterior también pueden consultarse los tribunales de 5ª y 6ª convocatoria nombrados para las asignaturas del Grado.

## **Profesorado**

---

La información sobre el profesorado (datos de contacto, horas de tutoría) que imparte las asignaturas de este grupo puede consultarse en la web institucional del doble grado:

<https://www.ehu.eus/es/web/graduak/doble-grado-en-fisica-y-en-ingenieria-electronica/profesorado>

Para acceder a la información de un profesor/a en el enlace anterior, basta con pinchar en el nombre del profesor/a.

---

## **3.- Información sobre las asignaturas de tercer curso**

---

Las asignaturas vienen ordenadas por orden alfabético.

**GUÍA DOCENTE** 2025/26

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

**Ciclo** Indiferente

**Plan** GDFIIE30 - Doble Grado en Física + Ingeniería Electrónica

**Curso** 3er curso

### ASIGNATURA

26643 - Electromagnetismo II

**Créditos ECTS :** 6

### DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

Se trata de familiarizar al alumno con las aplicaciones más comunes de las ecuaciones de Maxwell en los siguientes campos: problemas en campos estáticos, propagación de ondas electromagnéticas, generación de radiación electromagnética, teoría microscópica de los efectos electromagnéticos en la material y transformación del campo electromagnético entre sistemas inerciales (relatividad restringida). Esta asignatura es obligatoria en el 3er curso tanto para los estudiantes del Grado en Física, Grado en Ingeniería Electrónica y doble grado de Física e Ingeniería Electrónica.

Para seguir este curso es necesario contar con los siguientes conocimientos previos: conocer los fenómenos electromagnéticos que están recogidos en las ecuaciones de Maxwell, ecuaciones diferenciales, resolución de problemas de frontera, propagación de ondas mecánicas y conocimientos de la estructura atómica de la materia. Estos conocimientos se han adquirido durante el segundo curso de los grados de Física, Ingeniería Electrónica y Doble grado de Física e Ingeniería Electrónica en las asignaturas de Electromagnetismo I, Mecánica I y Estructura de la Materia.

### COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Las **COMPETENCIAS** que deberá adquirir el alumno en este curso son:

-Adquirir los conocimientos necesarios para comprender con claridad los principios básicos del Electromagnetismo y sus aplicaciones.

-Saber plantear correctamente y aplicar las técnicas adecuadas para resolver problemas que involucren los principales conceptos del Electromagnetismo y sus aplicaciones.

-Saber exponer por escrito y oralmente problemas y cuestiones sobre Electromagnetismo para desarrollar destrezas en la comunicación científica.

Los **RESULTADOS** de aprendizaje de esta asignatura, es decir, los conocimientos y capacidades concretas que los alumnos deben adquirir a lo largo del curso son los siguientes:

- Resolución de problemas electrostáticos y magnetostáticos en dos dimensiones mediante separación de variables y mediante el método de las imágenes.

- Conocimiento de las leyes de propagación del campo electromagnético en dieléctricos y conductores y en la superficie de separación entre ellos.

- Resolución de problemas de propagación del campo EM en problemas sencillos de guías de onda rectangulares. Conocimiento de las propiedades de las cavidades resonantes rectangulares y obtención de las condiciones de resonancia.

- Conocimiento de los fundamentos de la radiación de ondas EM por cargas en movimiento, y en particular la radiación dipolar. Aplicación a la radiación por antenas y por átomos.

- Conocimiento de los mecanismos microscópicos de la polarización, la conducción eléctrica y la imanación en la materia, y de las ecuaciones macroscópicas que la describen. Resolución de problemas sencillos de propiedades eléctricas y magnéticas de la materia.

- Conocimiento de las propiedades de transformación de las cargas y corrientes, potenciales y campos en un cambio de sistema de referencia (formulación relativista del EM) y resolución de problemas sencillos de transformación de campos y potenciales

### CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1.- Problemas de contorno en campos estáticos: las ecuaciones de Maxwell en el vacío y en medios continuos. Las ecuaciones de Poisson y Laplace. Soluciones de la ecuación de Laplace en dos dimensiones. El método de las imágenes. Problemas de contorno en magnetostática. Introducción a los métodos numéricos.

2.- Ondas electromagnéticas en medios ilimitados: Ondas planas monocromáticas en dieléctricos. Polarización. Energía y momento de las ondas EM. Ondas en conductores: índice de refracción complejo, efecto pelicular.

3.- Ondas electromagnéticas en medios limitados: Reflexión y refracción de las ondas EM. Fórmulas de Fresnel. Propagación de ondas guiadas: guías de onda rectangulares, frecuencia de corte. Cavidades resonantes.

4.- Radiación de las ondas electromagnéticas: Potenciales retardados: regímenes cuasiestacionario y de radiación. Radiación dipolar eléctrica. Radiación dipolar magnética. Antenas.

5.- Teoría Electromagnética de la materia: Teoría microscópica de dieléctricos. Dependencia de la permitividad con la frecuencia, dispersión. Teoría microscópica del Magnetismo. Conducción en sólidos, superconductores.

6.- Relatividad y Electromagnetismo: La transformación de Lorentz, cuadvectores y tensores. El tensor campo electromagnético y las ecuaciones de Maxwell en forma covariante. Transformación del campo electromagnético.

## METODOLOGÍA

Se utiliza una combinación de métodos docentes que incluye:

- Para el desarrollo de los contenidos teóricos, clases magistrales que se complementan con clases de aula dedicadas a la resolución de problemas
- Para el desarrollo de la evaluación continua, se propondrán test de auto-evaluación a lo largo del curso.

Créditos ECTS: 6 (150 horas: 60 horas de aula y 90 horas de trabajo del alumno)

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	3	21						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	4,5	31,5						

**Leyenda:** M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula  
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas  
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

## SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

## HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Prueba escrita a desarrollar 100%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

### EVALUACIÓN CONTINUA

La semana siguiente a la finalización de cada tema, se propondrá una prueba voluntaria (test de auto-evaluación) en eGela, de 3 horas de duración. El contenido de esta prueba serán conceptos y problemas relacionados con dicho tema, y serán de nivel similar al que los alumnos encontrarán en el examen de evaluación final de la asignatura.

Mediante la realización de estas pruebas, el alumno podrá conseguir hasta 1,5 puntos a añadir directamente a la nota del examen de evaluación final.

\*\*\*\*\*

### EVALUACIÓN FINAL

La calificación de la asignatura se hace mediante calificación del Examen Final (que se realiza en Enero).

-NOTA: para aprobar la asignatura, es necesaria una nota en este Examen Final Ordinario  $\geq 5$  (igual o superior a 5)

Nota final de la asignatura EM-II:

Nota del Examen Final (convocatoria ORDINARIA) + puntuación obtenida en los test de autoevaluación

-----  
RENUNCIA

Si un alumno no se presenta al examen final, su calificación será de "No presentado".

#### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Se mantiene el mismo criterio de la EVALUACIÓN FINAL en la convocatoria extraordinaria (examen que se realiza en Junio), es decir la calificación de la asignatura será:

Nota final de la asignatura EM-II: Nota del Examen Final (convocatoria EXTRAORDINARIA) + puntuación obtenida en los test de autoevaluación

- NOTA: para aprobar la asignatura, es necesaria una nota en este Examen Final Extraordinario  $\geq 5$  (igual o superior a 5)

-----  
RENUNCIA

Si un alumno no se presenta al examen final, su calificación será de "No presentado".

#### MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Apuntes y problemas de la asignatura (página eGela del curso: <https://egela.ehu.es>)

#### BIBLIOGRAFÍA

##### Bibliografía básica

- 1) J.R. Reitz y, F.J. Milford y R.W. Christy, FUNDAMENTOS DE LA TEORIA ELECTROMAGNETICA, Addison-Wesley Iberoamericana, Delaware (1996)
- 2) P. Lorrain y D.R. Corson, CAMPOS Y ONDAS ELECTROMAGNETICOS, Selecciones Científicas, Madrid (1979)
- 3) D.J. Griffiths, INTRODUCTION TO ELECTRODYNAMICS, prentice-hall Inc. USA-1999
- 4) R.K. Wagness, CAMPOS ELECTROMAGNETICOS, Limusa, México DF (1983).
- 5) M.A. Plonus, ELECTROMAGNETISMO APLICADO, Reverté, Barcelona (1982).

##### Bibliografía de profundización

- 6.- ELECTRODINAMICA CLASICA, J.D. Jackson, ed. Alhambra Universidad, Madrid (1980).

Bibliografía de apoyo:

- 7.- MANUAL DE MATEMATICAS, I. Bronshtein y K. Semendiaev, Ed. Rubiños, Madrid (1993).

##### Revistas

Revista Española de Física

##### Direcciones de internet de interés

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/ocw-fisica/elecsmagnet/elecsmagnet.xhtml>

<http://academicearth.org/courses/physics-ii-electricity-and-magnetism>

<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/8-02Electricity-and-MagnetismSpring2002/CourseHome/>

#### OBSERVACIONES

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

Ciclo Indiferente

Plan GDFIIE30 - Doble Grado en Física + Ingeniería Electrónica

Curso 3er curso

**ASIGNATURA**

26635 - Física Cuántica

Créditos ECTS : 12

**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

Prerrequisitos:

Es altamente recomendable tener aprobadas previamente la Mecánica y Ondas, la Física Moderna y el Álgebra.

**COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**

CM01 - Poseer los conocimientos necesarios para llegar a una comprensión global de los principios teóricos básicos de las asignaturas que componen el módulo

CM02 - Documentarse y plantear de manera organizada temas relacionados con las materias del Módulo para afianzar o ampliar conocimientos y para discernir entre lo importante y lo accesorio

CM03 - Ser capaz de exponer por escrito y oralmente problemas y cuestiones sobre Física, mostrando destrezas en la comunicación científica

Como lo anterior es de una ambigüedad palmaria (está indicado únicamente por imperativo legal), a continuación indicamos de forma abreviada los objetivos reales de la asignatura. Se trata de aprender nociones básicas sobre los siguientes puntos:

Formalismo cuántico. Potenciales unidimensionales. Potenciales centrales. Métodos de aproximación. Spin. Sistemas de varias partículas. Moléculas.

**CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS**

Tema 1: INTRODUCCION.

-Postulado de de Broglie. Funciones de onda. Interpretación. Principio de incertidumbre. La partícula libre unidimensional.

- Argumentos de plausibilidad para la ecuación de Schrödinger.

- Revisión de leyes estadísticas elementales. Distribución de probabilidad, Valores esperados. Variancias.

- El operador momento. Observables y operadores. Operadores hermíticos. Ejemplos.

- Resolución formal de la ecuación de Schrödinger. La ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Autovalores y autofunciones. Estados estacionarios y no estacionarios.

TEMA 2 : FORMALISMO

-Postulados de la Mecánica Cuántica I. La función de onda. Requisitos. Funciones de cuadrado sumable. Producto escalar de funciones de onda. Espacios de Hilbert.

-Postulados II. La densidad de probabilidad

-Postulados III. La ecuación de Schrödinger.

-Postulados IV. Cantidades observables y operadores.

-Postulados V. Resultados de una medida.

-Postulados VI. Probabilidades de los diferentes resultados. Casos discreto y continuo. Casos no degenerados y degenerados.

-Postulados VII. Estado cuántico después de una medida. Interpretación. Caso degenerado.

-Conmutadores. Observables compatibles. Conjunto completo de observables que conmutan.

-Ecuación de evolución de los observables. Constantes del movimiento. Teoremas de Ehrenfest.

-El principio de incertidumbre dentro del formalismo. Principio de incertidumbre tiempo-energía.

-Representación matricial

-Cuantización y condiciones de contorno. Visualización de la resolución de la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Estados ligados y no ligados. Funciones de onda normalizables y no normalizables.

- Vector densidad de corriente de probabilidad.

TEMA 3 : POTENCIALES UNIDIMENSIONALES

-La partícula libre. Evolución del paquete gaussiano. Paquetes de onda generales

-El potencial escalón. Coeficientes de transmisión y de reflexión. Evolución del paquete de ondas.

-La barrera de potencial. El efecto túnel. Ejemplos. Desintegración alfa. Emisión de campo. Microscopio de efecto túnel.

-La caja de potencial unidimensional. El potencial delta de Dirac. El pozo cuadrado finito.

-El oscilador armónico simple. Operadores de creación y aniquilación. Oscilador armónico sometido a un campo.

-Potenciales tridimensionales separables. La partícula libre en 3D. La caja de potencial 3D. El oscilador armónico en 3D.

TEMA 4 : POTENCIALES CENTRALES. EL ATOMO HIDROGENOIDE.

-El átomo de hidrógeno. El problema de dos cuerpos.

-La ecuación de Schrödinger para una partícula en un potencial central.

-Operadores de momento angular. Armónicos esféricos. Propiedades.

-Niveles de energía y funciones de onda del hidrógeno. Notación espectroscópica. Densidad de carga. Discusión.

Orbitales.

-Otros potenciales centrales. La caja esférica. El pozo esférico. El oscilador armónico isótropo en 3D. El rotor rígido en 3D.

5- Notación de Dirac

Representaciones y transformaciones. El espacio de los estados, bras y kets. Ejemplos

TEMA 6: SPIN - MOMENTO ANGULAR

-Experimento de Stern-Gerlach. El spin. Discusión.

-Formalización matemática del spin. Postulados de Pauli. Spinors. Operadores  $S_+$  y  $S_-$ . Spin fijo en un campo magnético constante. Resonancia de spin electrónico.

TEMA 7: METODOS DE APROXIMACION

-Perturbaciones independientes del tiempo. Caso no degenerado. Caso degenerado. Fórmulas generales.

-Aplicaciones. Oscilador armónico perturbado. Fuerzas de Van der Waals. Efecto Stark. Estructura fina del átomo de hidrógeno. Efecto Zeeman en el átomo de hidrógeno.

-El método variacional. Ejemplos. Energía del estado fundamental del helio.

TEMA 8: SISTEMAS DE VARIAS PARTICULAS. PARTICULAS IDENTICAS.

ATOMOS MULTIELECTRONICOS

-Varias partículas. Partículas idénticas.

Indistinguibilidad en Mecánica Cuántica. Casos límites.

-Funciones simétricas y antisimétricas. Bosones. Fermiones. Aproximación de orden cero. Principio de exclusión de Pauli.

-Dos partículas interactuantes en una dimensión. Aproximación de primer orden. Integrales directa y de intercambio. Ejemplos. El átomo de helio: singletes y tripletes.

-Átomos multielectrónicos. Método de Hartree. Campo autoconsistente. Tabla periódica. Modelo de capas.

-El método de Hartree en un modelo resoluble exactamente. Helio unidimensional

-Interacción residual de Coulomb. Acoplamiento Russell-Saunders. Términos espectroscópicos. Reglas de Hund.

TEMA 9: MOLECULAS

-Moléculas. Ecuación de Schrödinger para una molécula.

-La aproximación de Born-Oppenheimer.

-Resolución de la ecuación electrónica. El método LCAO-MO.

-La molécula  $H_2^+$

-La molécula  $H_2$ . La molécula  $HLi$ . Grado de polaridad y covalencia. La molécula  $NaCl$ .

-Moléculas multielectrónicas. Campo autoconsistente.

-Introducción a las bandas (aproximación tight-binding).

-Movimiento nuclear. Excitaciones rotacionales y vibracionales. Espectros moleculares.

## METODOLOGÍA

Clases magistrales y ejercicios centrados en el entendimiento conceptual de los contenidos de acuerdo con una metodología clásica socrática y aristotélica.

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	72	6	42						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	108	9	63						

**Leyenda:** M: Magistral

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

## SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación final

## HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Actitud en clase, participación, ejercicios y exámenes 100%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Exámenes: 80-100%

Actitud en clase, participación y problemas: 0-20%

La nota mínima para superar cada cuatrimestre es 5.0.

## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Examen: 100%

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

No hay ningún material obligatorio.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía básica

Bibliografía básica

- \* C. Cohen-Tannoudji, B Diu & F. Laloe, "Mecanique Quantique" Hermann 1977 (vol. 1 y 2) o "Quantum Mechanics", J. Wiley & Sons.
- \* C. Sánchez del Río (coord.) "Física Cuántica" (vol. 1 y 2). Eudema Universidad 1991.
- \* R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands "The Feynman Lectures on Physics" vol. 3, Fondo Educativo Interamericano 1965.
- \* R. Fernández Alvarez-Estrada, J.L. Sánchez Gómez "Cien Problemas de Física Cuántica", Alianza 1996.
- \* P. Pereyra Padilla ¿Fundamentos de Física Cuántica¿, Reverté 2011

### Bibliografía de profundización

Bibliografía de profundización

- \* M.A. Morrison, T.L. Estle & N.F. Lane. "Quantum States of Atoms, Molecules and Solids" Prentice Hall 1976.
- \* J. P. Dahl, ¿Introduction to the Quantum World of Atom and Molecules¿, World Scientific 2001.
- \* B. H. Bransden y C.J. Joachain "Introduction to Quantum Mechanics" Longman Scientific & Technical 1990
- \* R. Shankar ¿Principles of Quantum Mechanics¿ Plenum Press 1994
- \* S. Gasiorowicz, ¿Quantum Physics¿, Wiley 1996.

### Revistas

### Direcciones de internet de interés

<http://www.ehu.eus/aitor/irakas/kuan/main.html>

## OBSERVACIONES

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

Ciclo Indiferente

Plan GDFIIE30 - Doble Grado en Física + Ingeniería Electrónica

Curso 3er curso

**ASIGNATURA**

26631 - Instrumentación I

Créditos ECTS : 6

**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

El objeto de la asignatura es introducir conceptos generales sobre los sistemas de instrumentación electrónica, independientemente de su ámbito de aplicación. Se tratan los principios de la caracterización experimental de magnitudes físicas, incluyendo una introducción a los sensores, ruido e interferencias electromagnéticas y técnicas básicas de adquisición y acondicionamiento de señal. Así mismo, se abordan los temas de generación y modulación de señal y una introducción a los sistemas de adquisición.

Contexto: Instrumentación I es una asignatura obligatoria de tercer curso tanto del Grado de Ingeniería Electrónica como del doble Grado en Física e Ingeniería Electrónica. Los estudiantes que la cursan tienen unos conocimientos básicos de circuitos electrónicos adquiridos en las asignaturas de Electrónica y Técnicas experimentales II (ambas de segundo curso). Así mismo, el alumnado de los citados grados, disponen de la asignatura optativa de Instrumentación II (cuarto curso) que profundiza en la instrumentación virtual a partir de una introducción básica adquirida en esta asignatura. Por otro lado, Instrumentación I también es una asignatura optativa del Grado de Física (cursos tercero o cuarto). Está especialmente indicada para las áreas experimentales de la Física, ya que proporciona las bases del procesamiento analógico de las señales físicas provenientes de sensores y transductores.

Las competencias adquiridas en la asignatura de Instrumentación I son aplicables en cualquier actividad profesional que incluya el uso de equipos electrónicos. Por ejemplo en aplicaciones de medida o control en entornos industriales, o en entornos de investigación científico/tecnológicos que incluyan experimentación y medidas.

**COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**

Las competencias de se trabajan en esta asignatura son:

- Describir los principios básicos sobre sistemas de medida, incluyendo la calibración y el error.
- Conocer los principios de funcionamiento de sensores de distinta naturaleza para la medida de diversas magnitudes físicas así como los problemas prácticos asociados.
- Identificar el efecto del ruido y las interferencias electromagnéticas sobre el funcionamiento de sistemas para la instrumentación electrónica, conocer las limitaciones asociadas y ser capaz de aplicar estrategias para minimizarlas.
- Analizar y diseñar circuitos y sistemas electrónicos básicos para la síntesis de señal, la adquisición de datos y el acondicionamiento de señal.
- Utilizar con destreza herramientas informáticas para el análisis y diseño de circuitos y sistemas electrónicos de instrumentación, así como para la instrumentación virtual y control de instrumentos de medida.
- Comunicar, tanto de forma oral como escrita, conocimientos, resultados e ideas relacionadas con la instrumentación electrónica básica.

Estas competencias son una concreción de las capacidades que se trabajan en las competencias definidas a nivel de módulo y/o de asignatura en los planes de estudios del Grado de Ingeniería Electrónica y del Grado de Física.

**CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS**

## 1.Introducción

## 1.1 Introducción a la instrumentación electrónica

Definiciones y conceptos básicos. Funciones y bloques fundamentales de un sistema de medida electrónico.

## Variables y señales

## 1.2 Características de un sistema de medida

Características estáticas: Curva de calibración. Características dinámicas. Errores y Calibración

## 1.3 Conceptos fundamentales

Amplificación. Transferencia de potencia. Amplificador operacional. Diodos

## 2.Sensores

## 2.1 Introducción

Transductores y sensores. Fenómenos básicos de transducción. Sensores inteligentes y MEMS

## 2.2 Clasificación de sensores

Criterios de clasificación. Sensores para magnitudes típicas.

## 2.3 Ejemplos de sensores básicos

Sensores resistivos: Potenciómetros, RTDs, galgas extensométricas, termistores. Sensores capacitivos e inductivos.

Termopares. Sensores optoelectrónicos: Fotodiodos y fototransistores.

## 2.4 Sensores para medida de magnitudes eléctricas.

Detector de potencia a diodo

## 3.Acondicionamiento de señal



- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas) 10%
- Exposición de trabajos, lecturas... 10%

### **CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA**

#### **SISTEMA DE EVALUACIÓN CONTINUA:**

A lo largo del periodo lectivo, el alumnado realizará diversas pruebas o actividades como parte de la evaluación. La ponderación será la siguiente:

- Prueba de clase (15% de la nota final)\*
- Trabajos y ejercicios entregables y/o exposiciones públicas (10% de la nota final)\*
- Prácticas e informes (10% de la nota final)\*\*

En la fecha oficial establecida en el periodo de exámenes se realizará:

- Examen final escrito (65% de la nota final)\*\*\*

\* La no realización de estas pruebas/actividades implica la pérdida de la nota correspondiente.

\*\* Las prácticas son obligatorias en el sistema de evaluación continua.

\*\*\* Para aprobar la asignatura es preciso obtener como mínimo una nota de 4 sobre 10 en el examen escrito. De no llegar a esos 4 puntos, la nota de la asignatura será la del examen escrito.

A lo largo del curso se darán las orientaciones para guiar al alumnado en la mejora de sus trabajos.

#### **RENUNCIA A LA EVALUACIÓN CONTINUA:**

Se podrá renunciar a la evaluación continua dentro del plazo indicado en la normativa reguladora de evaluación: 9 semanas a contar desde el comienzo del cuatrimestre de acuerdo con el calendario académico del centro. La renuncia se realizará por escrito, mediante documento de renuncia que se deberá entregar al profesor debidamente cumplimentado y firmado.

En este caso la evaluación se realizará mediante SISTEMA DE EVALUACIÓN FINAL, que se calificará de la siguiente forma:

- Examen escrito (90% de la nota final) en la fecha oficial establecida en el periodo de exámenes. Esta prueba no será necesariamente la misma que la prueba a realizar en el periodo oficial de exámenes en el sistema de la evaluación continua.
- Prueba específica de prácticas (10% de la nota final). Si se ha obtenido al menos un 4.5 sobre 10 en el examen escrito, se deberá realizar y superar satisfactoriamente una prueba específica de prácticas.

#### **RENUNCIA A LA CONVOCATORIA ORDINARIA:**

Para renunciar a la convocatoria ordinaria será suficiente con no presentarse al examen final escrito en el periodo de exámenes, independientemente del sistema de evaluación.

### **CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA**

La convocatoria extraordinaria se evaluará mediante SISTEMA DE EVALUACIÓN FINAL, de la siguiente forma:

-Examen escrito (90% de la nota final) en la fecha oficial establecida a tal fin. El alumnado que haya sido evaluado mediante evaluación continua en la convocatoria ordinaria podrá conservar los resultados positivos de la prueba de clase (%15 de la nota final) y/o de los trabajos y ejercicios entregables y exposiciones públicas (10% de la nota final), restándose el porcentaje correspondiente al examen escrito, si esto resulta en su beneficio.

Para aprobar la asignatura es preciso obtener como mínimo una nota de 4 sobre 10 en el examen escrito. De no llegar a esos 4 puntos, la nota de la asignatura será la del examen escrito.

- Prueba específica de prácticas (10% de la nota final). Si se ha obtenido al menos un 4.5 sobre 10 en el examen escrito, se deberá realizar y superar satisfactoriamente una prueba específica de prácticas. La prueba de prácticas es obligatoria para aquellos alumnos que no hayan superado satisfactoriamente dicha parte en la convocatoria ordinaria. El alumnado que haya sido evaluado mediante evaluación continua en la convocatoria ordinaria, o en su defecto, haya superado la prueba específica de prácticas en la convocatoria ordinaria, podrá guardar los resultados positivos de la misma para esta evaluación final.

## **MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

- Página de eGELA de la asignatura

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Bibliografía básica**

- M. A. Pérez y otros, "Instrumentación Electrónica". Thomson, 2004.

### **Bibliografía de profundización**

- D. Christiansen, Electronics Engineers, Handbook, McGraw-Hill, 1989.
- G. Meijer, Smart Sensor Systems, John Wiley & Sons, 2008.
- C. R. Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, John Wiley & Sons, 1992.
- A.S. Sedra, K.C. Smith, Microelectronic Circuits, Oxford University Press, New York, 2010.
- S. Franco, Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos, McGraw-Hill, 2005.
- M. Sierra et al., Electrónica de Comunicaciones, Pearson Educación, 2003.
- W.F. Egan, Phase-Lock Basics, John Wiley & Sons, 1998.
- G. Nash, Phase Locked Loops Design Fundamentals, AN 535, Motorola Semiconductor Application Note, 1994.

### **Revistas**

### **Direcciones de internet de interés**

- <http://www.egr.msu.edu/em/research/goali/notes/>
- <http://www.design-reuse.com/>
- <http://www.national.com/analog>
- <http://www.educylopedia.be/electronics/>
- <http://www.ni.com/labview/>

## **OBSERVACIONES**

**ASIGNATURA**

26647 - Métodos Computacionales

Créditos ECTS : 9

**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

La Física es una disciplina clásica que ha estado presente en todos los sistemas de ciencia y tecnología de los países industrializados. El método de trabajo en Física consiste -en general- en la interacción de métodos experimentales y modelos teóricos que hacen frecuentemente un uso extensivo de herramientas matemáticas y computacionales avanzadas. La formación que reciben los alumnos del grado de Física incide en el manejo de dichas herramientas. La titulación de Física se ha diseñado para propiciar la capacidad de aprendizaje autónomo, lo que capacita a los alumnos como futuros profesionales capaces de resolver problemas de diversa naturaleza, acostumbrados al análisis y modelización de situaciones complejas. Hoy los graduados en Física acceden a un amplio abanico de empleos: investigación, industria, informática, telecomunicaciones, docencia, finanzas etc.

En esta asignatura se introduce al alumno a los conceptos más básicos del cálculo numérico, con la programación en lenguaje Fortran como vehículo de aplicación. Es una asignatura con un gran componente práctico, ocupando una posición intermedia entre una asignatura clásica de matemática aplicada y las de pura programación y desarrollo de proyectos.

De hecho, el grado de Física de la UPV/EHU se ha articulado en torno a 10 módulos distintos. La computación y el cálculo y análisis numérico pueden jugar un papel destacable en al menos seis de ellos. Durante el primer curso del grado se imparte la asignatura de "Introducción a la Computación", donde ya se apuntan los primeros conceptos elementales de análisis numérico y programación, y esta asignatura constituye junto con la asignatura de "Métodos Computacionales" el módulo de Herramientas computacionales del grado de Física. Además de en este último, los conocimientos de computación pueden tener relevancia en los siguientes módulos: Técnicas experimentales, Estructura de la materia, Física Fundamental, Física del Estado Sólido, e Instrumentación y Medida.

Los primeros cursos del grado resultan esenciales, ya que en ellos se introducen los distintos conceptos matemáticos necesarios para un impacto óptimo de la asignatura de "Métodos Computacionales". Durante el primer curso del grado, el alumno cursa las asignaturas de "Álgebra lineal" y "Cálculo Infinitesimal e Integral", durante el segundo curso se imparten las asignaturas de "Análisis Vectorial y Complejo" y "Métodos Matemáticos", donde se introducen los métodos analíticos de resolución de ecuaciones diferenciales. Las asignaturas del segundo curso "Mecánica y Ondas" y "Física Moderna" suponen la primera aproximación a las ecuaciones de onda o de calor, y también un primer contacto con la mecánica cuántica y la ecuación de Schrödinger.

La asignatura de "Métodos Computacionales" se encuentra en una posición inmejorable dentro del grado de Física. Por un lado, el alumno ha tenido la oportunidad de adquirir las competencias matemáticas necesarias, y por otro lado, es muy interesante la docencia en paralelo junto con las asignaturas obligatorias del tercer curso "Física Cuántica" y "Termodinámica y Física Estadística" (\*y las opcionales como "Física de los Medios Continuos").

Por otra parte, en cuarto curso encontramos algunas asignaturas en las que la programación y el cálculo numérico puede ser interesante con el objetivo de obtener resultados prácticos o con vistas al trabajo fin de grado. Destacamos las asignaturas de "Física del Estado Sólido I" y "Física del Estado Sólido II" donde los temas sobre la estructura electrónica, modelos vibracionales o problemas de "scattering", requieren generalmente de un tratamiento numérico aproximado. De igual manera, la aplicación numérica puede ser relevante en la asignatura de "Mecánica Cuántica", especialmente en los temas relacionados con métodos de aproximación, método WKB, perturbaciones dependientes del tiempo, regla de oro de Fermi-Dirac, interacción electromagnéticas, teoría de colisiones etc.

**\*\*Prerrequisitos\*\***

Es muy recomendable tener aprobadas las asignaturas de 2º curso "Métodos Matemáticos", "Análisis Vectorial y Complejo" y "Mecánica y Ondas".

**COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**

1. Adquirir competencias básicas sobre programación.
2. Conocer y saber utilizar los métodos numéricos más elementales (y saber de la existencia de otros métodos más avanzados).
3. Ser capaces de plantear y resolver un problema de Física utilizando los métodos numéricos aprendidos.
4. Fomentar una actitud crítica e independiente y de las habilidades necesarias para diseñar y ejecutar un proyecto a largo plazo.

5. Conseguir destreza en la obtención de información/bibliografía de calidad.

## CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

Tema 1. Sistemas operativos y conceptos básicos de programación.

Sistemas operativos. Bash. Comandos básicos de Bash. Gnuplot. Representación numérica en un ordenador.

Tema 2. Programación estructurada en un lenguaje de alto nivel.

Introducción al lenguaje Fortran F, un subconjunto más rígido del lenguaje Fortran 95. Estructura general de un código Fortran. Declaración de variables, arrays, asignación de valores. Estructuras básicas: if y do. Procedimientos: Funciones y subrutinas. Módulos. Programación modular.

Tema 3. Raíces de ecuaciones no-lineales.

Método de la bisección. Método de Newton-Raphson. Método de la secante.

Tema 4. Aproximación de funciones: Interpolación y extrapolación

Polinomios de Lagrange. Interpolación mediante splines cúbicas.

Tema 5. Integración y derivación numérica.

Formulas de Newton-Côtes. Punto medio y trapecio como aproximaciones de orden 0 y 1, respectivamente. Propiedades de los polinomios de Lagrange y su utilidad para obtener formulas de integración de orden superior. Cuadratura de Gauss. Método de Romberg. Formulas para derivadas numéricas.

Tema 6. Resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

Eliminación de Gauss y descomposición LU.

Tema 7. Resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias.

Problemas de valores iniciales: Método de Euler. Métodos de Taylor de orden superior. Métodos de Runge-Kuta; RK2 y RK4. Diferencias finitas. Generalización a ecuaciones diferenciales ordinarias de orden superior y a sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias.

Problemas con condiciones de contorno: Método del disparo. Diferencias finitas.

Tema 8. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

Ecuación de difusión. Ecuaciones de Laplace y Poisson. Ecuación de ondas. 1D y 2D. Ecuación de Schrödinger. Método explícito y método implícito (Crank Nicolson). Método espectral.

Tema 9. Métodos estocásticos

Problema del conde Buffon. Números (pseudo)aleatorios. Método Monte Carlo. Algoritmo de Metrópolis. Modelo de Ising. Cálculo la energía fundamental del átomo de Helio.

## METODOLOGÍA

Un curso del grado de Física consiste en 60 créditos, y aproximadamente 30 semanas por curso.

La asignatura de Métodos Computacionales tiene asignados 9 créditos ECTS a impartir durante todo el curso.

La naturaleza de esta asignatura reduce las modalidades docentes de aplicación posible a solamente tres: las clases magistrales, seminarios y las prácticas de aula. En realidad, la distinción entre clases prácticas y magistrales es -a veces- virtual, ya que una exposición teórica, requiere a menudo de una respuesta "in situ" por parte del alumno en forma de realización de un ejercicio de programación.

El cualquier caso "Métodos Computacionales" es una asignatura eminentemente práctica, al tener asignados 49 créditos ECTS a prácticas de ordenador, 36 a clases magistrales y 5 créditos para seminarios.

Las clases magistrales consisten en clases expositivas de conceptos teóricos y/o ejemplos que clarifiquen el contenido del temario. Contamos con la asistencia de presentaciones en ordenador, pizarra, y material adicional --apuntes-- en la plataforma eGela. De esta forma, el alumno dispondrá de todo el material básico, con la intención de maximizar la

atención del estudiante en clase.

Finalmente, las clases prácticas consistirían en la exposición, por parte del profesor, de ejemplos o ejercicios prácticos y/o la realización por parte del alumno de ejercicios de computación con la orientación del profesor.

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	5			49				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	7,5			73,5				

**Leyenda:** M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula  
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas  
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

## SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

## HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Prueba escrita a desarrollar 95%
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas) 5%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

== EVALUACION CONTINUA ==

Para poder continuar en la evaluación continua son condiciones imprescindibles llevar la asignatura al día y aprobar el examen parcial de enero. Si alguna de esas condiciones no se cumplen no se podrá optar por la evaluación continua y la evaluación será final en la convocatoria ordinaria y/o extraordinaria.

Examen parcial de enero (teoría y prácticas de ordenador) 25%. Examen parcial de mayo (teoría y prácticas de ordenador) 70%. Trabajo continuado 5%

Para renunciar a la evaluación continua se aplicará el artículo 8.3 de la Normativa Reguladora de la Evaluación del Alumnado en las titulaciones oficiales de Grado.

== EVALUACION FINAL ==

Examen (teoría y prácticas de ordenador) 100%

## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Examen (teoría y prácticas de ordenador) 100%

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía básica

(\*) R. L. Burden y J. D. Faires. Análisis Numérico. Thomson Editores.

(\*) A. L. Garcia. Numerical Methods for Physics. Prentice Hall.

(\*) W. H. Press, B. P. Flannery, S. A. Teukolsky y W.T. Vetterling. Numerical Recipes: The art of scientific computing. Cambridge University Press.

(\*) H. Gould y J. Tobochnik. An introduction to computer simulation methods, (2 vols.). Addison-Wesley.

### Bibliografía de profundización

### Revistas

**Direcciones de internet de interés**

**OBSERVACIONES**

**GUÍA DOCENTE** 2025/26

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

**Ciclo** Indiferente

**Plan** GDFIIE30 - Doble Grado en Física + Ingeniería Electrónica

**Curso** 3er curso

## ASIGNATURA

26634 - Óptica

**Créditos ECTS :** 6

## DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

La Óptica es una disciplina de la Física que trata los fenómenos asociados a la Luz. Estos fenómenos tienen que ver con la interacción de la luz con las sustancias ópticas y las modificaciones que estas le producen, además de la habilidad que presentan de adecuar su trayectoria para la formación de imágenes y otros procesos. Dado el carácter ondulatorio y electromagnético de la luz, la asignatura debe desarrollarse con posterioridad a la de mecánica y ondas y de electromagnetismo, donde se tratan los conceptos básicos de la radiación electromagnética.

## COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Adquirir conocimientos, habilidades y destrezas en: Óptica Geométrica e instrumentos ópticos. Óptica ondulatoria: Difracción e Interferencias, dispositivos interferenciales. Óptica Electromagnética y Aplicada: polarizadores, desfases, láminas, materiales anisótropos, láseres y fibras ópticas.

## CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

Óptica (6 ECTS, obligatoria, 3er curso)

### 1- Introducción

Introducción histórica y perspectiva actual de la Óptica.

### 2- Óptica Geométrica

Fundamentos de la Óptica Geométrica. Principio de Fermat. Formación de imágenes. Óptica de Gauss o paraxial. Sistemas centrados. Sistemas dióptricos con focales. Acoplamiento de sistemas centrados. Limitación de haces: apertura y campo. El ojo. Instrumentos ópticos (sistemas fotográficos, telescopio y microscopio). Aberraciones cromáticas y geométricas (estudio conceptual). Fibras ópticas.

### 3- Óptica ondulatoria: modelo clásico

Introducción. Ondas escalares. Interferencias. Coherencia. Teoría escalar de la difracción. Difracción de Fresnel (principio de Huygens-Fresnel). Difracción de Fraunhofer por distintas aberturas. Redes de difracción. Poder de resolución. Resolución de instrumentos ópticos. Métodos de la Óptica de Fourier. Teoría difraccional de la formación de imágenes. Aplicaciones.

### 4- Óptica ondulatoria: modelo electromagnético

Introducción. Ondas electromagnéticas. Propagación en medios dispersivos. Velocidad de fase y de grupo. Polarización I. Vectores de Jones. Parámetros de Stokes. Polarizadores y desfases. Polarización II. Luz natural y parcialmente polarizada. Refracción y reflexión en dieléctricos homogéneos e isotrópicos. Reflexión metálica. Láminas. Propagación en medios anisótropos. Cristales uniaxiales y biaxiales. Métodos y dispositivos para la obtención y análisis de la luz polarizada (Polarizadores birrefringentes y láminas desfasadoras).

## METODOLOGÍA

1. Desarrollo teórico de los capítulos correspondientes al temario.
2. Desarrollo y resolución de ejercicios prácticos tras cada tema teórico
3. Seminarios complementarios

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	3	21						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	4,5	31,5						

**Leyenda:** M: Magistral

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

## SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación final

## HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Prueba escrita a desarrollar 100%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Examen escrito presencial 100%

El calendario de exámenes puede consultarse en el siguiente enlace

<http://www.ehu.eus/es/web/ztf-fct/horarios-examenes>

En el caso de que la situación sanitaria obligue a tomar medidas que impidan la realización de una evaluación presencial, se activará una evaluación no presencial de la que será informado puntualmente el alumnado.

#### **CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA**

Examen escrito presencial 100%

En el caso de que la situación sanitaria obligue a tomar medidas que impidan la realización de una evaluación presencial, se activará una evaluación no presencial de la que será informado puntualmente el alumnado.

#### **MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

Además de la bibliografía básica reseñada, el alumno dispondrá de un ejemplar de los contenidos de la asignatura en transparencias y otros formatos digitales. Estos, serán repartidos en clase o se pondrán a su disposición en la correspondiente aula virtual. Su contenido corresponderá a la materia necesaria, a desarrollar, para cada uno de los capítulos de la asignatura y contendrán tanto la parte teórica como la parte práctica.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

##### **Bibliografía básica**

J. Casas, Óptica, Librería Pons, Zaragoza 1994.

Hecht-Zajac, Óptica, Addison-Wesley 1986.

##### **Bibliografía de profundización**

M. Born and E. Wolf, Principles of Optics, 7th Ed. Pergamon Press 1999.

##### **Revistas**

##### **Direcciones de internet de interés**

<https://egela.ehu.es/login/index.php>

<http://www.ub.edu/javaoptics/index-en.html>

#### **OBSERVACIONES**

According to general UPV/EHU policy, a level of B2 or higher is recommended for attending courses taught in English

**GUÍA DOCENTE** 2025/26

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

**Ciclo** Indiferente

**Plan** GDFIIE30 - Doble Grado en Física + Ingeniería Electrónica

**Curso** 3er curso

### ASIGNATURA

26646 - Técnicas Experimentales III

**Créditos ECTS :** 9

### DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

Las técnicas experimentales aportan una perspectiva complementaria a los fenómenos descritos en las materias teóricas de Óptica y Termodinámica. Se trabajarán las técnicas de medida, las tecnologías propias y el tratamiento de datos asociados a estas disciplinas. Debido a las características de las prácticas, es fundamental que los conceptos trabajados en las asignaturas "Óptica" y "Termodinámica y Física Estadística" hayan sido correctamente interiorizados. Los conocimientos sobre estas materias serán evaluables también en Técnicas Experimentales III.

### COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- M03CM01: Realizar experimentos físicos de forma autónoma.
- M03CM02: Analizar críticamente los resultados y extraer conclusiones. Evaluar la indeterminación de los resultados y comparar con lo esperado de forma teórica.
- M03CM03: Trabajar el tratamiento de datos y expresar tanto oralmente como por escrito los conocimientos, resultados e ideas adquiridos.
- M03CM04: Utilizar la bibliografía para la investigación y diseño de proyectos.
- M03CM05: Familiarizarse con técnicas experimentales básicas.

### CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. Introducción al laboratorio de termodinámica
2. Prácticas de laboratorio de termodinámica:
  - 1 Medida del coeficiente adiabático de gases ideales.
  - 2 Coeficientes de dilatación de sólidos.
  - 3 Calor específico de sólidos.
  - 4 Estudio termodinámico de gases reales.
  - 5 Presión de vapor y calor de vaporización del agua.
  - 6 Motor de Stirling.
3. Introducción a la instrumentación óptica
4. Prácticas de laboratorio de óptica (se elegirán cada año 4 prácticas de entre las siguientes):
  1. Estudio de lentes
  2. Medida de las características de un vidrio óptico (espectrómetro de prisma).
  3. Interferometría por división de frente (biprisma de Fresnel).
  4. Interferometría por división de onda (interferómetro de Michelson).
  5. Medida de la constante de Rydberg (red de difracción).
  6. Interferencias en láminas delgadas.
  7. Análisis de la polarización de la luz.
  8. Difracción de Fraunhofer.
5. Proyecto  
Exposición del desarrollo de una práctica de laboratorio relacionada con la temática del curso.

### METODOLOGÍA

1. Introducción teórica y explicación de las prácticas.
2. Realización de las prácticas.
3. Exposición de un proyecto de práctica.

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial		6		84					
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a		9		126					

**Leyenda:** M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula  
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas  
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

## SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

## HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas) 65%
- Exposición de trabajos, lecturas... 35%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

La modalidad de evaluación por defecto en la convocatoria ordinaria será la evaluación continua, con los siguientes porcentajes de calificación:

- Realización de las prácticas + presentación de los informes: 60-70%
- Proyecto + exposición: 30-40%

De acuerdo con la normativa, el alumnado podrá solicitar ser evaluado por medio de un sistema de evaluación final, con los siguientes criterios y porcentajes:

- Realización o exposición de una práctica en el laboratorio: 50%.
- Examen tipo test: 50%.

Los y las estudiantes podrán presentar su renuncia al sistema de evaluación continua mediante un escrito dirigido al profesorado en un plazo de 18 semanas desde el inicio del curso.

## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Realización o exposición de una práctica en el laboratorio 50%  
Examen tipo test 50%

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

El material disponible en los laboratorios docentes de Termodinámica y Óptica

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía básica

- Santiago Velasco, José Manuel Faro (Editores), Manual de Técnicas Experimentales en Termodinámica, Ediciones Universidad de Salamanca
- Zemansky-Dittman, Calor y Termodinámica.
- H.B. Callen, Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics
- Stephen G. Lipson, Optics Experiments and Demonstrations for Student Laboratories, Institute of Physics Publishing, 2020
- J. Casas, Optica, Librería Pons, Zaragoza 1994.
- Hecht-Zajac, Optica, Addison-Wesley 1986.

### Bibliografía de profundización

### Revistas

### Direcciones de internet de interés

<https://egela.ehu.eus/>  
<http://www.ub.edu/javaoptics/>

## OBSERVACIONES

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GDFIIE30 - Doble Grado en Física + Ingeniería Electrónica**Curso** 3er curso**ASIGNATURA**

26636 - Termodinámica y Física Estadística

**Créditos ECTS :** 12**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

La asignatura Termodinámica y Física Estadística (TFE) es una asignatura de curso completo, correspondiente a 12 créditos ECTS. Es obligatoria para el Grado de Física y el doble Grado de Física e Ingeniería Electrónica, mientras que en el Grado de Ingeniería Electrónica se oferta como asignatura optativa.

La Termodinámica y Física Estadística se enmarca en el módulo de "Conceptos Básicos", que constituye el núcleo fundamental de conocimientos de física que necesitarás para acceder a cualquiera de las posibles profesiones relacionadas con la física. El objetivo de este módulo es por tanto garantizar que adquieras una adecuada comprensión de la física más fundamental, y una sólida base para que puedas abordar las materias más avanzadas del Grado.

¿Qué vas a ver en Termodinámica y Física Estadística?

La asignatura de Termodinámica y Física Estadística se divide en dos partes: en el primer cuatrimestre se desarrolla la Termodinámica y en el segundo la Física Estadística. Las dos partes son dos caras de la misma moneda, y tienen el mismo objetivo: predecir los estados de equilibrio de los sistemas físicos, haciendo uso de las características de los mismos (a través de las ecuaciones de estado, de los coeficientes experimentales, de las ecuaciones fundamentales, etc) y haciendo uso de las condiciones experimentales. La diferencia es como aborda ese objetivo cada una de las partes de la asignatura:

• La Termodinámica utiliza el criterio macroscópico. Para predecir el estado de equilibrio de un sistema físico es suficiente con conocer los valores de un número de parámetros macroscópicos denominados magnitudes termodinámicas, como por ejemplo la presión, el volumen, la temperatura, el número de moles, etc. Empleando relaciones teóricas entre varias magnitudes, tales como ecuaciones de estado o ecuaciones fundamentales) se pueden calcular el estado de equilibrio del sistema, el cual define el resto de magnitudes.

• La Física Estadística utiliza el criterio microscópico. Para predecir el estado de equilibrio de un sistema hay que conocer el comportamiento de las partículas fundamentales que componen el sistema (normalmente hablamos de átomos). El número de partículas es tan extraordinariamente grande, no se puede tratar cada partícula de manera independiente y se hace necesario estudiar el comportamiento colectivo. A partir de ese comportamiento colectivo o estadístico, se pueden calcular las magnitudes termodinámicas macroscópicas del sistema.

Dentro del grado que estás cursando, la Termodinámica y Física Estadística se relaciona a un nivel u otro con todas las asignaturas, ya que trata de predecir propiedades de cualquier sistema físico, desde un sistema mecánico como un motor a un sistema astronómico como una enana blanca, pasando por gases o sólidos en general. Por eso es una asignatura del módulo "Conceptos Básicos".

¿Qué necesitas para cursar Termodinámica y Física Estadística?

Los procesos termodinámicos se describen mediante ecuaciones diferenciales, y por tanto es necesario un buen dominio de "Cálculo diferencial e Integral" de 1º. Las ecuaciones de estado, por ejemplo, son las primeras derivadas de las ecuaciones fundamentales de los sistemas, y los coeficientes experimentales, las derivadas segundas. En el caso de la Física Estadística, la competencia matemática es algo más especial. Aparte de lo mencionado anteriormente, hay que tener nociones de probabilidad, de distribuciones y de integrales de funciones especiales, cómo se calculan y qué valores tiene. Por tanto se hace imprescindible la asignatura "Métodos Matemáticos" de 2º.

¿Para qué te servirá la la Termodinámica y Física Estadística?

Primeramente, hay una relación directa con la asignatura de "Técnicas Experimentales III" de su mismo curso. En Técnicas Experimentales III realizarás experimentos sobre magnitudes termodinámicas de diversos sistemas, y para entender los procesos físicos que están teniendo lugar, así como su justificación teórica, necesitas cursar Termodinámica y Física Estadística.

A partir de aquí, los conocimientos te serán útiles para abordar cualquier asignatura avanzada de 4º curso u optativas, cursar Másteres, o realizar Doctorados, así como realizar trabajos fuera del mundo académico. La Termodinámica y Física Estadística será especialmente relevante en campos como Física de Materiales, diversas Ingenierías (Mecánica, Aeroespacial, de fluidos, etc), Econofísica y Finanzas, Biofísica, Big Data y Machine Learning, etc.

**COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**

La metodología que emplearemos en esta asignatura está encaminada a que adquieras una serie de destrezas o competencias que te permitan desenvolverte en cualquier ámbito que requiera conocimientos de Termodinámica y Física Estadística. Puedes ver esas competencias que adquirirás en la siguiente tabla:

#### Competencias Generales y Transversales del Grado

G001 - Aprender a plantear y resolver correctamente problemas

G003 - Comprender teóricamente los fenómenos físicos

G005 - Ser capaz de organizar, planificar y aprender autónomamente

G006 - Ser capaz de analizar, sintetizar y razonar críticamente

#### Competencias Específicas del Módulo 2

CM01 - Adquirir los conocimientos necesarios para comprender con claridad los principios básicos de la Termodinámica y Física Estadística y sus aplicaciones

CM02 - Plantear correctamente y resolver problemas que involucren los principales conceptos de la Termodinámica y Física Estadística

CM03 - Documentarse correctamente y plantear de manera organizada trabajos relacionados con la Termodinámica y Física Estadística para afianzar o ampliar conocimientos y para discernir entre lo importante y lo accesorio

CM04 - Exponer por escrito y oralmente problemas y cuestiones sobre Termodinámica y Física Estadística, para desarrollar destrezas en la comunicación científica

Se considerará que has adquirido esas competencias siempre y cuando al terminar la asignatura seas capaz de:

#### Resultados de aprendizaje

RA1 - Explicar por escrito de forma ordenada y rigurosa los conceptos de la Termodinámica y Física Estadística incluidos en el temario (G003, G006, CM01, CM04)

RA2 - Resolver de forma ordenada matemáticamente problemas básicos de la Termodinámica y Física Estadística (G001, CM02, CM04)

RA3 - Exponer oralmente con soltura y rigurosidad conceptos teóricos y desarrollos matemáticos de Termodinámica y Física Estadística incluidos en el temario (G006, CM04)

RA4 - Justificar razonadamente procesos físicos de Termodinámica y Física Estadística a partir de los resultados puramente numéricos que los describen (G003, G006, CM01)

RA5 - Elaborar textos y modelos teóricos sencillos sobre temas de Termodinámica y Física Estadística a partir de información recopilada de forma autónoma (G005, CM03)

### CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

#### 1. Introducción

Conceptos y definiciones: sistemas termodinámicos, variables termodinámicas, interacciones, procesos, equilibrio.

#### 2. Principio cero (Temperatura) Equilibrio térmico.

Principio cero de la termodinámica. Concepto de temperatura. Escala de temperatura, medida de la temperatura. (Temperatura microscópicamente).

#### 3. Sistema simple Sistema simple.

Equilibrio termodinámico. Ecuación de estado.

#### 4. Primer Principio (Energía interna)

Trabajo: concepto de trabajo, trabajo mecánico, sistemas compuestos. Calor: sistema/entorno, definición calorimétrica de calor, trabajo adiabático, energía interna. Primer principio de la termodinámica. Calores específicos. Fuentes de calor. (Trabajo microscópicamente).

#### 5. Gas ideal

Desarrollo del Virial: ecuación de estado. Expansión libre. Gas ideal. Procesos adiabáticos. Procesos politrópicos. (Gas ideal microscópicamente).

#### 6. Segundo Principio (Entropía) Asimetría natural.

Enunciados del segundo principio. Reversibilidad/irreversibilidad. Consecuencias del segundo principio. Teorema de Clausius. Principio de aumento de la entropía. Trabajo máximo/mínimo. Energía utilizable. (Entropía microscópicamente)

#### 7. Sistemas especiales

Sistema eléctrico. Sistema magnético. Sistema elástico. Sistema general: X, Y. Ecuaciones de estado, trabajo, cálculo de variaciones de entropía

#### 8. Tercer Principio (Procesos de enfriamiento)

Procesos de enfriamiento. Enunciados del tercer principio. Consecuencias fisicoquímicas del tercer principio. Sistema

magnético. Temperaturas negativas.

#### 9. Ecuación fundamental (Potenciales termodinámicos)

Postulados de la termodinámica. Ecuación fundamental, ecuaciones de estado, principios extremales, formulaciones alternativas: potenciales termodinámicos, relaciones de Maxwell.

#### 10. Aplicación de la teoría (Transiciones de fase) Condiciones de estabilidad.

Principio de Le'Chatelier, principio de Le'Chatelier/Braun. Trasiciones de primer orden: fluido de van der Waals. Ecuación de Clausius/Clapeyron.

### FÍSICA ESTADÍSTICA

#### 11. Conceptos previos

Introducción. Microestados y macroestados. Conexión entre Mecánica Estadística y Termodinámica. Probabilidades. Ejemplos de sistemas físicos: gas ideal monoatómico, sustancia paramagnética perfecta, sistema de dos niveles. Espacio de las fases. Teorema de Liouville.

#### 12. Colectividades de Gibbs. Conjunto microcanónico

Introducción. Conjunto microcanónico. Cálculos en el conjunto microcanónico. Teoremas de equipartición y del virial. Ejemplos de aplicación del conjunto microcanónico.

#### 13. Colectividades de Gibbs. Conjunto canónico

Introducción. Función de partición. Conexión con la termodinámica. Fluctuaciones. Ejemplos: gas ideal clásico, sistemas de osciladores clásicos y cuánticos, paramagnetismo perfecto. Formulación cuántica del conjunto canónico: matriz densidad.

#### 14. Colectividades de Gibbs. Conjunto macrocanónico

Introducción. Función de partición. Conexión con la termodinámica. Fluctuaciones. Ejemplos: gas ideal clásico, moléculas adsorbidas en una superficie.

#### 15. Estadísticas cuánticas de gases ideales

Introducción. Función de partición. Gas de bosones: radiación, condensación de Bose, superfluidos. Gas de Fermi: metales, enanas blancas.

#### 16. Sistemas interaccionantes

Gases reales. Desarrollo del virial. Aproximación del campo medio. Ferromagnetismo. Funciones de distribución en líquidos.

#### 17. Transiciones de fase

Conceptos fundamentales: parámetro de orden, susceptibilidad y fluctuaciones. Modelo de Ising. El método de Monte Carlo.

#### 18. Fenómenos de transporte

Teoría elemental. Ecuación de Boltzmann. Aproximación del tiempo de relajación.

### **METODOLOGÍA**

En el primer parcial se estudia Termodinámica, la primera parte de la asignatura y en el segundo parcial se estudia Física Estadística, la segunda parte de la asignatura. Cada parcial se evaluará de manera independiente, con 2 tipos de evaluación:

#### Evaluación Continua

La evaluación continua podrá constar de controles intermedios y actividades a realizar tales como problemas o trabajos. El % de cada actividad será acordado por el profesor de cada parcial con los alumnos al comienzo del parcial

#### Evaluación Final

Prueba escrita a desarrollar (%): 100

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	72	6	42						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	108	9	63						

**Leyenda:** M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula  
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas  
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

## SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

## HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Prueba escrita a desarrollar 100%
- En lo que respecta a la Evaluación Continua esta la propondrá el/la profesor/a al principio de cada cuatrimestre 0%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

En la convocatoria ORDINARIA

• Se han de superar las dos partes de la asignatura con una nota nota >= 5.0

• La asignatura se puede aprobar por parciales. En caso de suspender un solo parcial, el alumno podrá presentarse solo a ese parcial en la convocatoria ORDINARIA. La nota del parcial aprobado se conservará.

• La nota final será la media de ambos parciales

Renuncias

• Se considerará que el alumno renuncia a la evaluación continua si no se presenta a cualquier control o no realiza las actividades acordadas.

• En todo caso el alumnado tendrá derecho a ser evaluado mediante el sistema de evaluación final, independientemente de que haya comenzado el sistema de evaluación continua, presentando por escrito al profesorado responsable de la asignatura la renuncia a la evaluación continua con al menos 3 semanas de antelación a la convocatoria de examen.

• En caso de que el alumno eligiese el método de evaluación final, la renuncia a la convocatoria ordinaria será automática con tan solo no presentarse a la prueba fijada en la fecha oficial.

En el caso de que las condiciones sanitarias impidan la realización de una evaluación presencial, se activará una evaluación no presencial de la que será informado el alumnado puntualmente

## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

En la convocatoria EXTRAORDINARIA

• Hay que obtener una nota >= 5.0 en ambas partes para aprobar la asignatura.

• En la convocatoria EXTRAORDINARIA, siempre hay que examinarse de las dos partes de la asignatura, a pesar de haber superado alguna de ellas en los exámenes parciales correspondientes.

• La nota final será la del examen en convocatoria extraordinaria

Renuncias

• La no presentación a la prueba fijada en la fecha oficial de exámenes supondrá la renuncia automática a la convocatoria correspondiente.

En el caso de que las condiciones sanitarias impidan la realización de una evaluación presencial, se activará una evaluación no presencial de la que será informado el alumnado puntualmente

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía básica

Termodinámica, primer parte:

Calor y Termodinámica, M.W. Zemansky y R. H. Dittman, 6 edición, agotada no disponible

Temas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics, H.B. Callen, 2nd Edition, ISBN-13: 978-0471862567

Temas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11

Física Estadística, segunda parte:

Statistical Mechanics, R.K. Pathria, , Pergamon Press, 1996

Temas: 1, 2, 3, 4, 6, 7 (parte) eta 8 (parte)

Thermal Physics, C. Kittel and H. Kroemer, ISBN: 978-0716710882, Second Edition

Temas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Concepts in Thermal Physics, STEPHEN J. BLUNDELL AND KATHERINE M. BLUNDELL, Oxford University Press,

ISBN-13: 08211;198211;8567698211;3 9788211;08211;198211;8567698211;1

Temas: 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

### Bibliografía de profundización

D.A. McQuarrie, Statistical Mechanics, Harper and Row, 1976

F. Reif, Física Estadística y Térmica, Ediciones del Castillo, 1968

F. Reif, Física Estadística, Reverte, 1996

### Revistas

### Direcciones de internet de interés

## OBSERVACIONES