



# DOBLE GRADO EN FÍSICA Y EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Facultad de Ciencia y Tecnología

Guía del Estudiante de 3º Curso

Curso Académico 2019-2020

## 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
Normativa.....	4
Programación docente del Grado en Física y en Ingeniería Electrónica.....	5
Carga de ECTS por cursos .....	6
Las asignaturas del tercer curso en el contexto del grado.....	6
Tipos de actividades a realizar .....	7
Plan de acción tutorial .....	7
<b>2.- Otra información de interés .....</b>	<b>8</b>
Calendario y horario.....	8
Profesorado .....	8
Programa de movilidad .....	8
<b>3.- Información sobre las asignaturas de tercer curso.....</b>	<b>8</b>

**Guía elaborada por la Comisión de Estudios del Doble Grado de Física y de Ingeniería Electrónica (CEGFIE)**

---

# 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 alumnado 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 alumno 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

---

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

De forma sintética las competencias que adquiere un alumno 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 estudiante
- 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.)

Por otro lado, el alumno 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:

- Los/las estudiantes admitidos/as en el Doble Grado se matricularán 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 alumnado 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.
- Los alumnos y las alumnas sólo podrán 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 alumnado 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.
- Las/Los estudiantes 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 alumnado 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 1	Cuatrimestre 2
Algebra Lineal y Geometría I (12)	
Cálculo Diferencial e Integral I (12)	
Física General (12)	
Química I (6)	Técnicas Experimentales I (6)
Introducción a la Computación (6)	Química II (6)
	Fundamentos de Programación (6)

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

Curso 3º (60 créditos)	
Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2
Física Cuántica (12)	
Termodinámica y Física Estadística (12)	
Métodos Computacionales (9)	
Técnicas Experimentales III (9)	
Electromagnetismo II (6)	Instrumentación I (6)
Óptica (6)	

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

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

Listados de optativas:

<b>Listado A (Física)</b>
Mecánica Cuántica (6) Propiedades Estructurales de los Sólidos (6) Física de Estado Sólido II (6) Técnicas Experimentales IV (6) Física de los Medios Continuos (6) Electrodinámica (6) Gravitación y Cosmología (6) Astrofísica (6) Temas de Física (6) Komunikazioa Euskaraz: Zientzia eta Teknologia (6) Euskararen Arauak eta Erabilerak (6)
<b>Listado B (Ingeniería Electrónica)</b>
Control Automático II (6) Instrumentación II (6) Microelectrónica y Microsistemas (6) Electrónica de Comunicaciones (6) Sistemas de Alta Frecuencia (6) Diseño de Sistemas Digitales (6) Komunikazioa Euskaraz: Zientzia eta Teknologia (6) Euskararen Arauak eta Erabilerak (6)

Las dos asignaturas del Plan director de euskera (Norma y Uso de la Lengua Vasca y Comunicación en euskera: Ciencia y Tecnología) 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
Total	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 alumno debe adquirir la madurez necesaria para desarrollar las competencias correspondientes a este curso.

Competencias desarrolladas en el tercer curso:

- Ser capaz de organizar un discurso lógico con apoyo matemático
- Adquirir algunos de los conocimientos necesarios para comprender con claridad los principios importantes de las principales ramas de la física y sus aplicaciones
- Plantear correctamente y resolver problemas que involucren los principales conceptos de Física
- Exponer por escrito y oralmente problemas y cuestiones sobre Física y sus aplicaciones, para desarrollar destrezas en la comunicación científica.

- Ser capaz de realizar experimentos de forma independiente (sin supervisión), individualmente y/o en grupo.
- Ser capaz de analizar críticamente los resultados y de extraer conclusiones válidas, evaluando el nivel de incertidumbre de los resultados y comparándolos con los resultados esperados, predicciones teóricas o datos publicados, y así como evaluar su relevancia.
- Familiarizarse con el tratamiento numérico de datos y ser capaz de presentar e interpretar la información gráficamente y de presentar resultados científicos propios.
- Ser capaz de programar en un lenguaje relevante para el cálculo científico.
- Adquirir destrezas en el análisis numérico de datos y en la interpretación gráfica de los resultados.
- Plantear correctamente y resolver problemas que involucren los principales conceptos de Física y Mecánica Cuántica con el fin de adquirir los conocimientos básicos de esta rama de la Física.
- 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
- Tener conciencia de que falsificar y/o representar datos fraudulentamente y/o plagiar resultados constituye un comportamiento científico no ético.

## **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).
- Asignaturas "de laboratorio": 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.
- Asignatura "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 alumnado, 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 los estudiantes deberán seguir las directrices marcadas para realizar el trabajo encomendado, y en otras, buscar soluciones de forma autónoma.

## **Plan de acción tutorial**

---

La Facultad de Ciencia y Tecnología tiene un plan de tutorización del alumnado desde el 2001, cuando se creó la figura del profesor tutor. La función del tutor consiste básicamente en guiar al estudiante durante su periplo universitario. El alumnado de primero de grado en su totalidad tendrá asignado al comienzo del curso un profesor tutor que imparte clases en el grado y al que podrán recurrir, según sus necesidades, para que les oriente y asesore en el ámbito académico, personal y profesional. Durante la primera quincena del curso se explicará la dinámica prevista dentro del plan de tutorización.

---

## 2.- Otra información de interés

---

### Calendario y horario

---

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

<https://www.ehu.eus/es/web/ztf-fct/calendario>

La versión oficial de los horarios, con la correspondiente información sobre las aulas donde se impartirá cada actividad, así como el calendario oficial de exámenes, se publicará y actualizará en la web de la Facultad:

<https://www.ehu.eus/es/web/ztf-fct/ordutegiak-azterketak-eta-tribunalak>

### 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 grado:

<https://www.ehu.eus/es/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.

### 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 coordinadores de intercambio de cada titulación. Los coordinadores aconsejan al alumno 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 alumnado en la Universidad de destino.

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

---

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

---

Las asignaturas vienen ordenadas por tipo (anual, cuatrimestral), cuatrimestre de impartición y orden alfabético.



**GUÍA DOCENTE**

2019/20

**Centro**

310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

**Ciclo**

Indiferente

**Plan**

GFISIC30 - Grado en Física

**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 de contorno estáticos, propagación de ondas, generación de radiación electromagnética, teoría microscópica de los efectos electromagnéticos en la material y transformación del campo electromagnético entre sistemas inerciales (relatividad restringida). Este curso es obligatorio 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, Mecánica 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 TEORICO-PRACTICOS**

1.- Problemas de contorno en campos estáticos: 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 seminarios dedicados a la resolución de problemas

• Para el desarrollo de los contenidos prácticos, se proponen 2 problemas por tema para resolver en grupo. Se presentan los resultados por alguno de los grupos en clase en prácticas de aula.

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	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 70%

- Trabajos en equipo (resolución de problemas, diseño de proyectos) 30%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

### EVALUACION

A) Exámenes (tanto parciales como final en convocatoria ordinaria o extraordinaria): 70% de la nota de la asignatura

B) Ejercicios para casa: 30% de la nota de la asignatura

### EVALUACIÓN CONTINUA

Se realizarán 2 exámenes parciales (3 temas en cada uno)

- Se harán en horario lectivo

- Hay que aprobar el primer examen con nota  $\geq 4$  para poder presentarse al segundo examen parcial

Nota de la asignatura EM-II:

Nota =  $0,7 \times \text{Nota promedio exámenes parciales} + 0,3 \times \text{Nota promedio ejercicios}$

\*\*\*\*\*

## EVALUACIÓN FINAL

Si el alumno/a no aprueba o no se presenta a los exámenes parciales, la calificación de la asignatura se hace mediante calificación del Examen final (convocatoria ordinaria o extraordinaria) mas la nota promedio de los ejercicios para casa, usando la siguiente ponderación 70% examen final \*30% nota promedio de los ejercicios para casa

Nota final de la asignatura EM-II:

$\text{Nota} = 0,7 \times \text{Nota examen final} + 0,3 \times \text{Nota promedio ejercicios}$

-----

## 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 convocatoria ordinaria, es decir, la calificación de la asignatura se hace mediante calificación del Examen final (convocatoria ordinaria o extraordinaria) mas la nota promedio de los ejercicios para casa, usando la siguiente ponderación 70% examen final \*30% nota promedio de los ejercicios para casa

## 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>)

### BIBLIOGRAFIA

#### 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).
- 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/elecmagnet/elecmagnet.xhtml>  
<http://academicearth.org/courses/physics-ii-electricity-and-magnetism>  
<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/8-02Electricity-and-MagnetismSpring2002/CourseHome/>

### OBSERVACIONES

**GUÍA DOCENTE**

2019/20

**Centro**

310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

**Ciclo**

Indiferente

**Plan**

GFISIC30 - Grado en Física

**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 TEORICO-PRACTICOS**

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

Se sigue una metodología clásica: socrática y aristotélica, especialmente la primera.

## 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	108	9	63						

**Leyenda:**

M: Maestría

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 (hasta el 80%).

Seguimiento en clase incluyendo clases de problemas y actitud ante la asignatura (hasta el 80%).

La no asistencia al examen final supondrá un no presentado únicamente en aquellos casos en que el alumno no se haya presentado a ninguno de los dos exámenes parciales de enero y mayo.

Renuncia mediante escrito dirigido al profesor en fecha anterior a 1 mes antes de fin de curso de acuerdo con el

calendario oficial.

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

Examen (hasta el 100%)

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

No hay ningún material obligatorio.

#### **BIBLIOGRAFIA**

##### **Bibliografía básica**

Bibliografía básica

- \* C. Cohen-Tannoudji, B. Diu & F. Laloe, "Mécanique 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 Álvarez-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**

**GUÍA DOCENTE**

2019/20

**Centro**

310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

**Ciclo**

Indiferente

**Plan**

GFISIC30 - Grado en Física

**Curso**

3er curso

**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, por otro lado, y de cara al diseño del proyecto computacional (\*que el alumno debe desarrollar durante la segunda mitad del curso, 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"). Los profesores de la asignatura hemos podido comprobar durante el quinquenio 2010/2015 que una gran parte de los proyectos computacionales realizados por los alumnos ha tenido relación directa con problemas prácticos relacionados con estas asignaturas.

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.

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

1. Competencias básicas sobre programación.
2. Conocer y saber utilizar los métodos numéricos más elementales (y consciencia sobre la existencia de otros métodos más avanzados).
3. Fomento de una actitud crítica e independiente y de las habilidades necesarias para diseñar y ejecutar un proyecto a largo plazo.



#### 4. Destreza en la obtención de información/bibliografía de calidad.

Dada la naturaleza práctica de la asignatura de Métodos Computacionales su adaptación al ámbito de la docencia universitaria resulta relativamente sencillo. Nos acercamos al objetivo de la evaluación continua mediante el trabajo regular con las distintas hojas de problemas computacionales, así como por la producción durante el desarrollo del proyecto computacional, que el alumno ha de presentar en dos tandas, entorno a las vacaciones de invierno y al finalizar el curso. Una premisa del plan de estudios es la de fomentar la interacción entre alumnos. Si bien la evaluación de los ejercicios es individual, no cabe duda que la colaboración entre alumnos es muy positiva, acelerando el proceso de aprendizaje. La ejecución del proyecto y la realización de ejercicios pueden suponer un buen espacio de colaboración dentro del grupo.

Se reservan cerca de un mes para clases prácticas con el fin de apoyar y supervisar el desarrollo del proyecto computacional por parte del profesor durante la última recta del curso, de esta forma reforzamos el papel del docente como orientador o supervisor en el proceso de aprendizaje.

La realización exitosa de los ejercicios en examen (60%) y un proyecto computacional (40%) de acuerdo con el nivel del curso, son suficientes para obtener una evaluación positiva. Se considera el examen computacional con un peso del 100% únicamente para las convocatorias extraordinarias.

### CONTENIDOS TEORICO-PRACTICOS

#### Tema 1. Sistemas operativos y conceptos básicos de programación.

Este tema comienza con una breve introducción histórica del análisis numérico y la computación. Seguidamente, introducimos el concepto de sistema operativo, describiendo algunas de sus funciones y mencionando, de paso, algunos de los sistemas operativos más conocidos: Windows, Mac, Unix y Linux.

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

Introducción al lenguaje Fortran F, un subconjunto (más rígido) del lenguaje Fortran 95. Tras una breve descripción de la estructura general de un código Fortran, definimos la declaración de variables en Fortran, los arrays, asignación de valores y bucles y estructuras básicas. Programación modular.

#### Tema 3. Raíces de ecuaciones no-lineales.

El tema comienza con una breve descripción del método del punto medio y el método de Newton para la obtención de ceros de ecuaciones no lineales.

#### Tema 4. Aproximación de funciones: Interpolación y extrapolación

En este tema introducimos el método de interpolación de Lagrange y spline.

#### Tema 5. Integración y derivación numérica.

En este tema se introducen las formulas de Newton-Côtes, que ofrece un contexto en el cual los métodos elementales del rectángulo y del trapecio aparecen simplemente como aproximaciones de orden 0 y 1 respectivamente. Continuamos recordando las propiedades de los polinomios de Lagrange y su utilidad para obtener formulas de integración de orden superior. Pasamos a los siguientes métodos de integración, el método de Gauss-Legendre y de Romberg respectivamente. Finalizamos este tema exponiendo brevemente las formulas para derivadas numéricas.

#### Tema 6. Resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

Tema importante en cuanto a aplicaciones. Eliminación de Gauss y descomposición LU.

#### Tema 7. Resolución de ecuaciones diferenciales.

Este tema comienza con la definición matemática de los problemas de valores iniciales y de problemas con condiciones de contorno para las ecuaciones diferenciales ordinarias.

Comenzamos con el cálculo de la trayectoria de un proyectil con rozamiento. Este ejemplo sirve como vehículo para introducir el método de integración más básico, el método de Euler. Tras explorar el significado geométrico del método de Euler, pasamos a justificar rápidamente el método de Runge-Kutta, como una corrección --en varios pasos-- del método de Euler. Terminamos esta sección subrayando que los métodos utilizados pueden generalizarse de forma fácil y



compacta, entendiendo que la solución puede expresarse de forma vectorial.

Llegados a este punto, se introducen las ecuaciones diferenciales de difusión y de ondas en forma de diferencias finitas. El método explícito se desarrolla de forma obvia al hacer una conexión directa con el método de Euler. Seguidamente, exponemos el método de Crank-Nicholson, o método implícito, incidiendo en que es simplemente una forma mejorada del método explícito, al incrementar el orden de aproximación de la derivada temporal. La ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo (1D) se introduce de forma exactamente igual a como se ha hecho con las ecuaciones de difusión y de ondas.

#### Tema 8. Métodos estocásticos

Tras una breve introducción histórica, el tema comienza planteando el problema del conde Buffon, con el objetivo de estimar el valor del número  $\pi$  mediante sucesivos lanzamientos de una aguja a una hilera de rectas paralelas, en las que contamos el número de agujas que cruza alguno de los segmentos. Este ejemplo nos acerca a la esencia del método de Monte Carlo. El objetivo es comprender que la solución no es determinista.

Este tema continua con una breve exposición de varios ejemplos de algoritmos diseñados para obtener números (pseudo)aleatorios mediante el ordenador.

A continuación, introducimos un problema esencial en cualquier método de integración de tipo Monte Carlo: La generación, a partir de una densidad probabilidad uniforme, de muestras de números aleatorios con una población que sigue a una función de densidad de probabilidad genérica. Recordamos --una vez más-- que las soluciones analíticas son muy excepcionales y pasamos a introducir el método de Metrópolis, un algoritmo extremadamente sencillo que permite reproducir/popular cualquier densidad de probabilidad. Con esta herramienta, estamos preparados para discutir varios ejemplos de generación de muestras, y su aplicación al cálculo de integrales.

Finalizamos este tema planteando la solución a algunos problemas clásicos de física estadística y mecánica cuántica: el modelo de Ising, el cálculo de la distribución radial en un gas de esferas rígidas y el cálculo la energía fundamental del átomo de Helio.

### METODOLOGÍA

Un curso del grado de Física consiste en 60 créditos, y aproximadamente 40 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 moodle. De esta forma, el alumno dispondrá de todo el material básico, con la intención de maximizar la atención del estudiante en clase.

Las clases de seminario se organizarán de forma que el alumno pueda exponer el proyecto computacional. En una primera sesión de seminarios, entorno a las vacaciones de invierno, los alumnos expondrían un boceto de proyecto, un plan, para realizar un proyecto computacional. En una segunda tanda, al final del curso, el alumno deberá exponer los resultados obtenidos.

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	54	7,5			73,5				

### Leyenda:

M: Maistral

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 65%
- Exposición de trabajos, lecturas... 35%

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Proyecto 35%

Examen(s) 65%

## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Con caracter general, el resultado del examen representará el 100% de la nota final. No obstante, los alumnos que hayan presentado el proyecto (en la convocatoria ordinaria) podrán ser evaluados con el mismo porcentaje (proyecto 35% examen 65%) si les resulta favorable en comparación con la nota del examen.

\*\*El examen tiene carácter eliminatorio en todas las convocatorias.

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía básica

1. R. L. Burden y J. D. Faires; Numerical Analysis. Brooks Cole, 2002.

Este texto es una referencia magnífica por el rigor matemático, la extensión con la que trata los temas y los ejemplos y tablas numéricas que aporta. Este texto abarca la mayor parte del temario, a excepción solamente del tema correspondiente a los métodos estocásticos. Además, aporta un buen número de ejemplos de aplicación. Este libro puede representar un complemento muy eficaz del material aportado por el docente.

2. B. P. Flannery, S. A. Teukolsky y W.T. Vetterling; Numerical Recipes: The art of scientific computing. Cambridge University Press, 1986.

Un texto clásico que abarca la mayor parte de los métodos numéricos más conocidos. De forma directa, este texto introduce a los contenidos y dificultades de distintos algoritmos y aportando además, el código fuente en lenguaje Fortran 77/90.

Especialmente recomendable como material de consulta durante la realización del proyecto computacional.

3. Alejandro L. Garcia; Numerical Methods for Physics. Prentice Hall, 1994.

Un texto didáctico, ameno y directo. Introduce los distintos métodos numéricos mediante problemas clásicos en Física. Especialmente recomendable para el tema de ecuaciones diferenciales, no es un libro con especial énfasis en el tratamiento y las demostraciones matemáticas, más bien, las "cuestiones" matemáticas se tratan, de paso, durante el desarrollo de cierto ejemplo Físico.

4. Donald Greenspan ; Discrete Numerical Methods in Physics and Engineering. Academic Press, 1974.

Es un texto muy directo y riguroso, especialmente recomendable para el tema relativo a la resolución de ecuaciones diferenciales. Contiene una gran cantidad de ejemplos y tablas numéricas que pueden servir como ejercicios adicionales durante la segunda mitad del curso.

5. Mervin H. Kalos, Paula A. Whitlock ; Monte Carlo Methods. Wiley, 2004.

Es un texto muy didáctico que comienza con dos capítulos muy recomendables sobre elementos básicos de teoría de probabilidad y generación de muestras aleatorias mediante distintos Métodos. Se incluye al método de Metropolis en un contexto muy general.

El libro termina con algunos ejemplos avanzados de mecánica estadística, transporte de radiación y el método de Monte Carlo mediante funciones de Green. Estos últimos capítulos podrían ser útiles para el desarrollo del proyecto computacional o simplemente para profundizar en el tema.

6. Ivan T. Dimov ; Monte Carlo Methods for Applied Scientists. World Scientific, 2008.

Es un texto con una fuerte orientación matemática, con aplicaciones muy interesantes y menos conocidas del método de Monte Carlo: Solución de ecuaciones lineales de gran dimensión, integrales multidimensionales, resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales etc.

El primer y extenso capítulo puede servir para complementar lo expuesto en las clases magistrales, con un lenguaje matemático más formal, aunque las aplicaciones de resolución ecuaciones diferenciales que se tratan en el libro, podrían ser muy interesantes de cara al desarrollo de distintos proyectos computacionales.

### **Bibliografía de profundización**

#### **Revistas**

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

### **OBSERVACIONES**

**GUÍA DOCENTE**

2019/20

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GFISIC30 - Grado en Física**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, desfasadores, láminas, materiales anisótropos, lentes y fibras ópticas.

**CONTENIDOS TEORICO-PRACTICOS**

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 desfasadores. 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	54	4,5	31,5						

**Legenda:**

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 100%

El calendario de exámenes puede consultarse en el siguiente enlace

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

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

Examen escrito 100%

#### **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.

#### **BIBLIOGRAFIA**

##### **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**

**GUÍA DOCENTE**

2019/20

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GFISIC30 - Grado en Física**Curso** 3er curso**ASIGNATURA**

26646 - Técnicas Experimentales III

**Créditos ECTS :** 9**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

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.

**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 TEORICO-PRACTICOS**

1. Introducción al laboratorio de termodinámica

2. Prácticas de laboratorio

Se realizarán las siguientes:

- 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

Se elegirán cada año 6 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

Diseño y/o desarrollo de una práctica de laboratorio

**METODOLOGÍA**

1. Introducción teórica y explicación de las prácticas.
2. Realización de las prácticas.
3. Diseño y/o 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		9		126					

### Leyenda:

M: Maestría

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

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

## CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Realización de las prácticas + presentación de los informes: 60-70%

Proyecto + exposición: 30-40%

El alumnado tendrá derecho a ser evaluado mediante la siguiente evaluación final:

Realización o exposición de una práctica en el laboratorio 50%

Examen tipo test 50%

## 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

- Manual de Técnicas Experimentales en Termodinámica  
Santiago Velasco, José Manule Faro (Editores)  
Ediciones Universidad de Salamanca

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

- Hecht-Zajac, Óptica, Addison-Wesley 1986.

### Bibliografía de profundización

### Revistas

### Direcciones de internet de interés

<https://egela.ehu.eus/>

<http://www.ub.edu/javaoptics/>

## OBSERVACIONES

**GUÍA DOCENTE**

2019/20

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GFISIC30 - Grado en Física**Curso** 3er curso**ASIGNATURA**

26636 - Termodinámica y Física Estadística

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

La asignatura Termodinámica y Física Estadística es una asignatura obligatoria de curso completo, de 12 ECTS en el Grado de Física y también en el doble Grado de Física e Ingeniería Electrónica. Para el Grado de Ingeniería Electrónica es una asignatura optativa. Pertece al Módulo de Conceptos Básicos.

Formalmente se divide en dos partes, a pesar de que conceptualmente sea una sola asignatura. Como se verá, en el primer cuatrimestre se desarrolla la Termodinámica y en el segundo, la Física Estadística. Las dos partes 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, por ejemplo, y haciendo uso de las condiciones experimentales, al menos en alguna medida. Sin embargo, a pesar de compartir objetivo, cada una de las partes de la asignatura lo aborda de manera distinta, cada una de ellas hace uso de un criterio diferente: la Termodinámica utiliza el criterio macroscópico y la Física Estadística por su lado, el microscópico. Para la primera no tiene importancia si la materia está constituida por partículas o no; al contrario que para la segunda, que considera las partículas como entes fundamentales, debe admitir que existen y que constituyen los sistemas. Además, que existen en un número muy grande. Para la Termodinámica es suficiente con conocer los valores de un número pequeño magnitudes termodinámicas, como por ejemplo la presión, el volumen, la temperatura, el número de moles... En Física Estadística el número de partículas es del orden del número de Avogadro, de tal manera que, al ser un número tan extraordinariamente grande, hay que cambiar completamente la manera de describir los sistemas.

Existe otra diferencia fundamental entre ambas partes: el nivel técnico. Para dominar la Termodinámica hay que saber derivar e integrar, lo mismo que las ecuaciones diferenciales. Los procesos, que como se verá aparecen constantemente, se describen mediante ecuaciones diferenciales. Las ecuaciones de estado, por ejemplo, son las primeras derivadas de las ecuaciones fundamentales de los sistemas, y los coeficientes experimentales, las derivadas segundas, o lo que es lo mismo, las derivadas primeras de las ecuaciones de estado. Las Ecuaciones de Maxwell son relaciones entre derivadas parciales pero que tienen un significado físico muy concreto, a pesar de ser relaciones puramente matemáticas. Hay que dominar, también, el cálculo de una y de varias variables. Se supone, por tanto, que para enfrentarse a la asignatura, hay que tener esas habilidades. En el caso de la Física Estadística, la competencia matemática, si cabe, es más especial, convirtiendo a esta parte en más técnica. Aparte de lo mencionado anteriormente, hay que saber de probabilidad, de distribuciones y de integrales especiales, cómo se calculan y qué valores tienen.

De acuerdo con el plan de estudio, no hay que cumplir ninguna condición específica para matricularse de la asignatura. Siendo una asignatura de tercer curso, habrá que tener superados todos los créditos de primer curso.

Se trata de una asignatura que se encuentra en la base de la Física, en lo que se refiere a los conceptos que se desarrollan, lo mismo que en lo referente a su campo de aplicación. Por lo que es muy importante haber superado las asignaturas de los cursos precedentes.

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

Adquirir los conocimientos necesarios para entender precisamente los conceptos básicos de la Termodinámica y de la Física Estadística así como de sus aplicaciones.

Plantear y resolver adecuadamente problemas en los que estén involucrados los conceptos fundamentales de la Termodinámica y de la Física Estadística.

Documentarse sobre los temas relativos a las asignaturas pertenecientes al módulo y plantear de manera ordenada los conocimientos para discernir lo importante y lo no importante.

Presentar de manera escrita y oral los problemas y cuestiones de la Termodinámica y de la Física Estadística, para desarrollar las competencias científicas.

**CONTENIDOS TEORICO-PRACTICOS**

TERMODINÁMICA Y FÍSICA ESTADÍSTICA (12ECTS, Obligatoria, 3º curso)

**TERMODINÁMICA****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. Transiciones 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

## 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	108	9	63						

### Legenda:

M: Maestral

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

En el primer parcial se estudia Termodinámica, la primera parte de la asignatura

En el segundo parcial se estudia Física Estadística, la segunda parte de la asignatura

CO lo que respecta a las notas:

1 - En la convocatoria ORDINARIA se han de superar las dos partes de la asignatura (nota &#8805; 5.0)

2 - La asignatura se puede aprobar por parciales. Quien supere la primera parte, solo tendrá que hacer la segunda en la convocatoria ORDINARIA.

3 - 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.

Por ejemplo: se ha superado la primera parte y la segunda no. En la ORDINARIA no se supera la segunda parte; entonces, en la EXTRAORDINARIA hay que examinarse de las dos partes.

4 - Finalmente, tanto en la ORDINARIA como en la EXTRAORDINARIA hay que obtener una nota &#8805; 5.0 en ambas partes para aprobar la asignatura.

5 - En lo que respecta a la Evaluación Continua esta la propondrá el/la profesor/a al principio de cada cuatrimestre

## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Ver apartado anterior

## MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

## BIBLIOGRAFIA

### 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 and KATHERINE M. BLUNDELL, Oxford University Press,

ISBN-13: 0-19-856769-3 978-0-19-856769-1

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**

**GUÍA DOCENTE**

2019/20

**Centro** 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GFISIC30 - Grado en Física**Curso** Indiferente**ASIGNATURA**

26631 - Instrumentación I

**Créditos ECTS :** 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

Descripción: 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). Asimismo, los alumnos 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.

**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 TEORICO-PRACTICOS**

## 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

## 3.1 Introducción

## 3.2 Amplificación

Amplificador diferencial. Amplificador de transimpedancia. Amplificador logarítmico. Amplificador de instrumentación.

Amplificador de puente transductor

### 3.3 Filtrado

Filtros pasivos RC. Filtros activos

### 3.4 Limitaciones prácticas en la utilización del amplificador operacional

Limitaciones estáticas (impedancias, saturación, desvío de entrada, corrientes de polarización, rechazo del modo común...) . Limitaciones dinámicas (ancho de banda, slew rate)

## 4. Ruido e interferencias electromagnéticas

### 4.1 Introducción

### 4.2 Ruido

Aspectos matemáticos. Ruido térmico. Ruido 1/f. Ruido en el OPAMP. Efecto del ruido sobre circuitos y sistemas.

Figura de ruido. Ruido de fase.

### 4.3 Interferencias electromagnéticas

Contexto y definiciones. Acoplamiento conducido. Acoplamiento capacitivo e inductivo

Acoplamiento por radiación

### 4.4 Medidas en presencia de ruido

Amplificador de lock-in. Analizador de espectro

## 5. Generación y síntesis de señal

### 5.1 Circuitos multivibradores

Multivibradores astables y monoestables. Temporizador integrado 555. Astable con circuito integrado 555.

Monoestable con circuito integrado 555.

### 5.2 Osciladores armónicos

Condiciones de oscilación. Osciladores con red RC y Amplificador Operacional. Osciladores sintonizados LC.

Osciladores controlados por tensión (VCO). Parámetros característicos de un oscilador. Osciladores a cristal.

### 5.3 Lazos de enganche de fase (PLL)

## 6. Adquisición de datos y control de instrumentos

### 6.1 Sistemas de adquisición de datos

### 6.2 Software para instrumentación

## METODOLOGÍA

La materia se desarrolla en clases magistrales, prácticas y seminarios. Además de las prácticas de aula, la asignatura tiene también prácticas de laboratorio y prácticas de ordenador.

En las clases magistrales se explicarán los conceptos teóricos relativos a la asignatura, ilustrándolos con ejemplos sencillos. En las prácticas de aula se desarrollarán ejemplos prácticos y se corregirán y discutirán los problemas propuestos fomentando la participación activa de los alumnos. Finalmente, con objeto de impulsar el aprendizaje colaborativo, se realizarán seminarios teórico/prácticos de profundización de algunos de los temas tratados. Como metodologías activas se utilizarán por ejemplo el aprendizaje basado en problemas, el trabajo en grupo y la evaluación entre pares en actividades concretas.

En las prácticas de ordenador y especialmente en las de laboratorio se trabajará la parte práctica de la asignatura. Estas prácticas complementan los conceptos teóricos y están enfocadas a casos prácticos de interés, a los que el alumnado debe dar respuesta mediante el diseño, montaje y verificación de los sistemas de medida adecuados.

Además, se utilizará el aula virtual de la asignatura como medio de comunicación con el alumnado, como plataforma de difusión de material y recursos docentes y para la realización de actividades docentes.

## TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	5	5	10	10				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno	45	7,5	7,5	15	15				

### Legenda:

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 80%
- 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 y actividades para valorar su progreso, con la siguiente ponderación:

- 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)\*\*

\* 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.

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

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

El alumno 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 el alumno será evaluado 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 que los alumnos evaluados mediante el sistema de la evaluación continua realizarán en el periodo oficial de exámenes.
- 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. Aquellos alumnos que hayan sido evaluados mediante evaluación continua en la convocatoria ordinaria podrán 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.

- 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. Los alumnos que hayan sido evaluados mediante evaluación continua en la convocatoria ordinaria, o en su defecto, hayan superado la prueba específica de prácticas en la convocatoria ordinaria, podrán guardar los resultados positivos de la misma para esta evaluación final.

## **MATERIALES DE USO OBLIGATORIO**

- Página de eGELA de la asignatura

## BIBLIOGRAFIA

### 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.educyclopedia.be/electronics/>
- <http://www.ni.com/labview/>

## OBSERVACIONES