

Fecha de aprobación: 26/06/2024

Guía docente de la asignatura

## Electrónica Física (2671144)

<b>Grado</b>	Grado en Física	<b>Rama</b>	Ciencias				
<b>Módulo</b>	Estructura de la Materia	<b>Materia</b>	Electrónica Física				
<b>Curso</b>	4 <sup>o</sup>	<b>Semestre</b>	2 <sup>o</sup>	<b>Créditos</b>	6	<b>Tipo</b>	Obligatoria

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Se recomienda tener cursadas las asignaturas Electromagnetismo, Física Estadística, Física Cuántica y Física del Estado Sólido.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Grado)

En esta asignatura se explicarán los principios básicos de los semiconductores y dispositivos electrónicos.

### COMPETENCIAS ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA

#### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Capacidad de análisis y síntesis
- CG02 - Capacidad de organización y planificación
- CG05 - Capacidad de gestión de la información
- CG06 - Resolución de problemas
- CG08 - Razonamiento crítico
- CG09 - Aprendizaje autónomo
- CG11 - Iniciativa y espíritu emprendedor

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- CE02 - Estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos.
- CE04 - Medir, interpretar y diseñar experiencias en el laboratorio o en el entorno
- CE05 - Modelar fenómenos complejos, trasladando un problema físico al lenguaje matemático.
- CE07 - Transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.



- CE09 - Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

- El concepto de hueco en un semiconductor y su utilización para evaluar el transporte de carga.
- Cómo obtener las concentraciones de huecos y electrones en un semiconductor y su concentración intrínseca.
- El uso de impurezas en los semiconductores para determinar su tipo y comportamiento.
- El cálculo y determinación de la densidad de huecos y electrones en un semiconductor extrínseco.
- El concepto de neutralidad eléctrica aplicado a semiconductores.
- La movilidad de los electrones y huecos y su dependencia de la temperatura, de las concentraciones de impurezas y de los campos eléctricos.
- La física de los mecanismos de generación y recombinación de portadores en semiconductores, el concepto de bajo nivel de inyección y el de pseudo-nivel de Fermi para electrones y huecos, así como su uso para la determinación de concentraciones de portadores estáticas y transitorias.
- Las ecuaciones de Difusión-Deriva (o Arrastre) y las de continuidad en semiconductores. Su resolución en algunos casos simples.
- El funcionamiento de la unión P-N en equilibrio y bajo polarización: Constitución real y modelos prácticos. Los modelos sencillos para resolución analítica. El campo y el potencial eléctrico "auto-constituido" (Built-in). El concepto de Zona de Carga Espacial. Las relaciones de equilibrio entre las corrientes de difusión y de arrastre. La corriente inversa de saturación y su dependencia con la temperatura. El concepto de polarización en directo y en inverso. Ecuación y forma de la curva I-V característica de una unión P-N. Una aplicación simple de la unión P-N como diodo: la rectificación de señales alternas. La unión P-N como parte integrante de fotodiodos, células solares y ledes.
- Las nociones básicas de las heteroestructuras (unión metal-semiconductor y estructura MOS) y gases de huecos y electrones bidimensionales (2D).
- El principio de funcionamiento de un transistor (BJT y MOSFET)

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Tema 1. Revisión de los resultados de la teoría de bandas en los sólidos. Características de las bandas de los semiconductores. Corriente de los electrones en una banda. Modelo semiclásico. Modelo de la masa efectiva. Matriz de la masa efectiva. Concepto de hueco.
- Tema 2. Concentración de electrones y huecos en los semiconductores. Semiconductores intrínsecos. Densidad de estados. Función de ocupación. Concentración intrínseca  $n_i$ . Dopado de los semiconductores: impurezas aceptadoras y donantes. Factores de ocupación de los niveles de energía creados por las impurezas. Ecuación de neutralidad eléctrica.
- Tema 3. Generación y recombinación de portadores: Conceptos básicos. Tiempo de vida media de los portadores. Tipos de recombinación: banda a banda, banda a centro (Recombinación SRH) y Auger: Modelos elementales y expresión de la vida media de los portadores. Pseudo-niveles de Fermi.



- Tema 4. Transporte de carga en los semiconductores: Ecuación de transporte de Boltzmann. Movilidad de los portadores. Dependencia con la temperatura y con la concentración de impurezas. Efectos de campos eléctricos altos. Procesos de difusión en semiconductores. Corrientes de difusión y deriva: Consecuencias en equilibrio termodinámico. Ecuaciones de continuidad.
- Tema 5. La unión P-N: Esquema de fabricación de una unión P-N real. Esquema teórico. La unión P-N en equilibrio termodinámico: Descripción cualitativa. Modelo de la unión abrupta e hipótesis de vaciamiento: Cálculo del campo y potencial eléctrico en la estructura. Heterouniones y heteroestructuras: Gases 2D. La unión P-N en régimen estático: Descripción cualitativa. Hipótesis de baja inyección. Curva I-V. Zona de deplexión: Capacidad de transición. Aplicaciones de la unión pn: rectificación de una señal alterna, célula solar y led.
- Tema 6. Principios del funcionamiento de los transistores (BJT y MOSFET): Física de las heteroestructuras (estructura metal-semiconductor y metal-aislante-semiconductor).

## PRÁCTICO

- Prácticas de simulación de estructuras con semiconductores utilizando la plataforma Nanohub.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- “Semiconductor Physical Electronics”, Sheng S. Li, 2nd ed., Springer, 2006.
- “The Physics of Semiconductors”, Marius Grundmann, 4th ed., Springer, 2021
- “Quantum Physics of Semiconductor Materials and Devices” D. Jena. 1st Ed. Oxford 2022
- “Física del Estado Sólido y de los semiconductores”. J. P. Mckelvey. Ed. Limusa, 1976.
- “Solid State Electronic Devices”, 6th Edition. B. G. Streetman, S. K Banerjee Pearson Prentice Hall, 2006. USA. (ISBN: 0-13-149726-X)
- “Semiconductor Devices: Physics and Technology”. 2nd Edition. S. M. Sze. John Wiley and Sons, 2002. (ISBN: 0-471-33372-7)

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- “Fundamentals of Solid State Electronics”. C. T. Sah World Scientific, 1993 (ISBN: 9810206380)
- “Fundamentals of Semiconductor Theory and Device Physics”. S. Wang. Prentice Hall, 1989. (ISBN: 0-13-344409-0)
- “Photonic Devices”. J. M. Liu. Cambridge University Press, 2005. (ISBN: 978-0-521-55195-3)
- “Fundamentals of Photonics” B. E. A. Saleh, M. C. Teich. 2nd. Edition. John Wiley and Sons, Inc., 2007. (ISBN: 978-0-471-35832-9). Capítulos 16, 17 y 18)



- D. Jena, "Quantum Physics of Semiconductor Materials and Devices", Oxford University Press (2022) (ISBN : 9780198856849 (hbk); ISBN : 9780198856856 (pbk))  
La bibliografía básica de las asignaturas "Física Estadística" y "Física del Estado Sólido".

## ENLACES RECOMENDADOS

Algunos vídeos realizados por miembros del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores sobre distintos aspectos de la física de los semiconductores y dispositivos electrónicos relacionados con el temario de la asignatura:

Densidad de Estados: <http://www.youtube.com/watch?v=cqUCYramcFA>

Unión P-N: [http://www.youtube.com/watch?v=hsJGw\\_c-Nn4](http://www.youtube.com/watch?v=hsJGw_c-Nn4)

MOSFET: <http://www.youtube.com/watch?v=9JKj-wlEPMY>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral/expositiva

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Para la evaluación de esta asignatura se realizarán tres tipos de pruebas:

- Prueba tipo I: Examen de problemas dentro del periodo lectivo (evaluación continua). El peso de la nota del examen de evaluación continua sobre la calificación final será, en principio, del 15%.
- Prueba tipo II: Práctica de simulación: 30% de la calificación final.
- Prueba tipo III: Examen final de problemas. Este examen tendrá un peso del 55% sobre la calificación final, sumando, así, 100% entre las tres pruebas de evaluación. Sin embargo, el estudiante podrá desestimar su calificación de la prueba de tipo I y optar por realizar un examen más extenso que tendrá un peso del 70%, de forma que el 100% de la calificación se obtendrá entre las pruebas de tipo II y III.
- Para hacer la media ponderada a la que se refieren los apartados anteriores habrá que obtener al menos un 5 sobre 10 en las pruebas de tipo II y III. En caso de que no se alcancen estas calificaciones, la nota final será un 40% de la nota más alta obtenida en las pruebas de tipo II y III.
- La superación de la asignatura requiere una nota final igual o superior a 5 sobre 10.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

- Aquellos alumnos que se presenten a la convocatoria extraordinaria, podrán, si lo desean, mantener la nota obtenida en las pruebas realizadas a lo largo del curso.
- Para los estudiantes que lo desean se planteará una nueva prueba de tipo II que supondrá



un 30% de la nota final.

- Para los estudiantes que lo deseen se planteará un examen final que supondrá un 55% de la nota final, manteniendo la calificación de la prueba de tipo I realizada durante el curso.
- Para los estudiantes que lo deseen se planteará un examen final que supondrá un 70% de la nota final.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

- El examen final único incluirá una parte práctica y otra escrita y con uso de ordenador (o equivalente). La parte práctica consistirá en la realización de una práctica de simulación y explicación de sus resultados en una memoria. Su peso en la nota final será del 30%. La parte escrita será un examen de problemas que supondrá un 70% de la nota final. Para aprobar la asignatura, se deberá obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10 en cada parte.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos \(https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad\)](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

