



# GUÍA DOCENTE

## **Física de Semiconductores**

### **Grado en Física**

Cuarto Curso



### I.- DATOS INICIALES DE IDENTIFICACIÓN

<b>Nombre de la asignatura:</b>	FÍSICA DE SEMICONDUCTORES
<b>Nombre de la materia:</b>	COMPLEMENTOS DE FÍSICA
<b>Créditos ECTS</b>	6
<b>Caràcter:</b>	OPTATIVA
<b>Titulació:</b>	GRADUADA/O EN FÍSICA
<b>Departamento:</b>	Física Aplicada y Electromagnetismo

### II.- INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA

La Física de Semiconductores es una asignatura de carácter optativo que se imparte en el segundo cuatrimestre de cuarto curso de los estudios del Grado en Física y consta de 6 créditos ECTS, de los cuales 4,5 son teóricos y 1.5 son de laboratorio.

El objetivo de esta materia es proporcionar a los estudiantes una introducción a las propiedades básicas de los semiconductores (estructura electrónica, estadística de electrones y huecos, dispersión de portadores, generación y recombinación de portadores fuera de equilibrio, propiedades ópticas) y mostrar cómo esas propiedades determinan las características, eficiencia y limitaciones de algunos dispositivos electrónicos y optoelectrónicos básicos.

### III.- VOLUMEN DE TRABAJO

TIPO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS
<b>Asistencia a clases teóricas</b>	Magistrales teórico-prácticas:	<b>30</b>
<b>Asistencia a clases de prácticas</b>	Clases de problemas participativas	<b>15</b>
<b>Asistencia a clases de laboratorio</b>	<b>Realización</b> de experimentos en sesiones de laboratorio, incluyendo un análisis preliminar de los resultados. 3 h/ sesión x 5 sesiones	<b>15</b>
<b>Preparación de trabajos y resolución de problemas para su evaluación</b>	<b>Problemas y ejercicios: 15 h</b>	<b>15</b>
	<b>contenidos experimentales:</b> 3 horas/sesión/semana x 5 sesiones=15	
<b>Estudio-preparación contenidos teórico- prácticos</b>	3.5 h/sem x 15 semanas	<b>52.5</b>
<b>Estudio para preparación de exámenes:</b>	16 h/examen x 1 examen	<b>16</b>
Tutorías individuales (despacho)	<b>1 h/10 de clase =4,5 h</b>	<b>4</b>
<b>Realización de exámenes:</b>	4 h/examen x 1 examen	<b>2.5</b>
<b>TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO</b>		<b>150</b>

### IV.- OBJETIVOS GENERALES



- Adquirir una visión general de las propiedades básicas de los semiconductores.
- Ser capaz de relacionar las propiedades básicas con las posibles aplicaciones.
- Ser capaz de relacionar la eficiencia y características de varios dispositivos electrónicos básicos con la estructura electrónica de los semiconductores.

## V.- CONTINIDOS MÍNIMOS

### **Tema 1. Estructuras cristalina y estructura electrónica de los semiconductores.**

Partiendo de los conceptos estudiados en el Estado Sólido se introducirán las estructuras de bandas de los semiconductores más utilizados en la industria electrónica y los parámetros básicos que son necesarios para describirlas (banda prohibida y masas efectivas).

### **Tema 2. Estadística de electrones y huecos.**

Se introducirá el concepto de densidad de estados y, partiendo de la estadística de Fermi-Dirac en un semiconductor intrínseco, se verá como la concentración de electrones y huecos está determinada por la temperatura, el gap y las masas efectivas. Se estudiarán las modificaciones que aporta el dopado con impurezas dadoras y aceptoras, que permiten controlar el nivel de Fermi y hacen posibles los dispositivos electrónicos.

### **Tema 3. Propiedades de transporte.**

Partiendo primero de un modelo muy simple, como el modelo de Drude, se introducirán los parámetros de transporte para, en un segundo paso, dar una versión sencilla de la ecuación de Boltzmann y mostrar como permite abordar problemas de transporte más complejos, como la difusión o el efecto termoeléctrico.

### **Tema 4. Dispersión de los portadores.**

A partir de la teoría elemental de la dispersión se mostrará como la movilidad de los portadores está determinada por mecanismos básicos como la dispersión por fonones acústicos e impurezas ionizadas.

### **Tema 5. Portadores fuera de equilibrio.**

Se introducen los conceptos de generación y recombinación y los parámetros que los describen y se muestra cómo las inhomogeneidades de concentración evolucionan según la ecuación de difusión, cuya solución permite definir parámetros importantes para el estudio de los dispositivos electrónicos.

### **Tema 6. Propiedades ópticas.**

Se introducirán los parámetros ópticos y un modelo sencillo de absorción resonante para, posteriormente, mostrar cómo la estructura electrónica en torno al gap determina la forma del umbral de absorción óptica y cómo este determina las aplicaciones optoelectrónica de un semiconductor, en combinación con las propiedades de transporte.

### **Tema 7. Uniones p-n.**

Se introducirá la física básica del diodo p-n, mostrando que es la base de numerosos dispositivos rectificadores, detectores y emisores.

### **Tema 8. Heterouniones. Uniones metal-semiconductor y metal-óxido-semiconductor.**



Se introducirán diferentes tipos de uniones semiconductoras, por analogía con la unión p-n mostrando las nuevas posibilidades que abren de diseñar dispositivos para el control de cargas y corrientes.

### **Tema 9. Fotodetectores y células solares.**

El diodo p-n bajo iluminación será la base para introducir la física del efectos fotovoltaico, base de la fotodetección y la conversión solar fotovoltaica.

### **Tema 10. Dispositivos emisores de luz.**

A partir de las relaciones de Einstein se introducirán los conceptos de emisión espontánea y estimulada. Se mostrará como se produce emisión espontánea en un diodo p-n, por inyección de portadores minoritarios y qué condiciones deben cumplirse para transformarlo en un diodo láser.

## **VI.- DESTREZAS QUE ADQUIRIR**

- Conocimiento de los parámetros básicos de la estructura electrónica de un semiconductor.
- Conocimientos de la estadística de electrones y huecos y el papel de las impurezas aceptoras y dadoras.
- Conocimiento de los fenómenos básicos de transporte en semiconductores intrínsecos y extrínsecos.
- Comprensión del comportamiento de portadores fuera de equilibrio y del papel que juegan en los dispositivos electrónicos.
- Comprensión de la relación entre la estructura electrónica y las propiedades ópticas de un semiconductor.
- Comprensión de la física básica de la unión p-n y de la relación entre su estructura electrónica y sus características y aplicaciones.
- Comprensión de los esquemas de bandas de los diferentes tipos de heterouniones y del uso de esos esquemas para determinan las características y aplicaciones.
- Comprensión básica de las bases físicas de la detección de luz por los dispositivos semiconductores
- Comprensión básica de la emisión de luz por LEDs y láseres semiconductores.

## **VII.- HABILIDADES SOCIALES O TRANSVERSALES**

- Desarrollar la capacidad de identificar problemas e idear estrategias para su resolución.
- Desarrollar la capacidad de planificar y organizar el propio aprendizaje, basándose en el trabajo individual a partir de la bibliografía y otras fuentes de información.
- Evaluar la importancia relativa de las diferentes causas que intervienen en un fenómeno físico.
- Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias para construir modelos simplificados que lo describan y poder así entender su comportamiento en otras situaciones.
- Ser capaz de efectuar una puesta al día de la información existente sobre un problema concreto, ordenarla y analizarla críticamente.
- Fomentar la capacidad para trabajar en grupo.

## **VIII.- TEMARIO Y PLANIFICACIÓN TEMPORAL**



La planificación que se muestra a continuación es lógicamente orientativa ya que, dependiendo del ritmo de adquisición de competencias de los alumnos y del grado de madurez de sus conocimientos previos, puede resultar conveniente (o necesario) reajustar el cronograma siguiente.

#### TEMARIO DE TEORÍA

		horas
1	Estructuras cristalina y electrónica	5
2	Estadística de electrones y huecos	4
3	Fenómenos de transporte	5
4	Dispersión de portadores	3
5	Portadores fuera de equilibrio	5
6	Propiedades ópticas	5
7	Uniones p-n	4
8	Heterouniones y uniones MOS	5
9	Fotodetectores y células solares	4
10	Emisores de luz	5

#### TEMARIO DE PRÁCTICAS

1	Efecto Hall	4 horas
2	Característica I(V)	4 horas
3	Propiedades ópticas	4 horas
4	Fotodetectores y células solares	3 horas

#### IX.- BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

##### Bibliografía básica:

- "Fundamentos de electrónica física y microelectrónica", J.M. Albella, J.M. Martínez-Duart, Ed. Addison-Wesley/U.A. Madrid, 1996.
- "Physique des semiconducteurs et des composants électroniques", H. Mathieu, Masson, Paris, 1998.

##### Bibliografía complementaria:

- "Basic semiconductor Physics", C. Hamaguchi, Springer-Verlag, Berlín 2001
- "Semiconductor physics", K. Seeger, Ed. Springer-Verlag, Berlín, 1982.
- "Física del estado sólido y de semiconductores", J.P. McKelvey, Ed. Limusa, Méjico, 1976.

#### X.- CONOCIMIENTOS PREVIOS



Mecánica y Ondas, Electromagnetismo, Óptica, Física Cuántica, Mecánica Cuántica, Estado Sólido, Física Estadística.

## XI.- METODOLOGÍA

### Clases teóricas:

Se establecerán las bases de la Física de Semiconductores, introduciendo los aspectos fundamentales y derivando sus propiedades eléctricas y ópticas de los semiconductores de cara a comprender como determinan su uso en dispositivos electrónicos.

### Clases de problemas:

Se realizan ejercicios complementarios orientados fundamentalmente a entender los órdenes de magnitud de los diferentes parámetros físicos de un semiconductor y las diferentes figuras de mérito de los dispositivos electrónicos.

### Sesiones de laboratorio:

Las prácticas de laboratorio se realizarán en grupos reducidos. Los estudiantes trabajan en grupo en la toma de datos y discusión de los resultados, en un análisis preliminar.

## XII.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

### Parte teórico-práctica:

- Exámenes escritos: en la parte de teoría se evaluará fundamentalmente la comprensión de las propiedades y procesos físicos en los semiconductores y dispositivos.
- Trabajo bibliográfico sobre un semiconductor concreto, describiendo sus propiedades y como estas determinan aplicaciones preferentes.
- Evaluación continua: se evaluará la realización de problemas propuestos durante el curso.

### Parte experimental:

- Evaluación continua: Control individual del trabajo en el laboratorio y de la elaboración de datos, resultados y conclusiones de cada práctica mediante un cuestionario.
- Evaluación final: exposición de las bases físicas, metodología y resultados de una práctica.

Al menos el 30% de la nota de la asignatura corresponderá a una evaluación continua.