



FICHA IDENTIFICATIVA

DATOS DE LA ASIGNATURA

Código: 36543

Nombre: Física y Nanotecnología de Semiconductores

Ciclo: Grado

Créditos ECTS: 6

Curso académico: 2025-26

TITULACIONES

Titulación	Centro	Curso	Periodo
1105 - Grado en Física	Facultat de Física	4	Segundo cuatrimestre

MATERIAS

Titulación	Materia	Carácter
1105 - Grado en Física	Complementos de Física	OPTATIVA

COORDINACIÓN

MARTINEZ PASTOR JUAN PASCUAL

MOLINA SANCHEZ ALEJANDRO

RESUMEN

La «Física y Nanotecnología 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 ETCS, 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, mecanismos de dispersión, generación y recombinación de portadores fuera de equilibrio, propiedades ópticas) y mostrar cómo estas propiedades se modifican en estructuras semiconductoras de baja dimensionalidad (pozos, hilos y puntos cuánticos). Se estudiarán las uniones y heterouniones semiconductoras, como base de los dispositivos electrónicos y optoelectrónicos actuales, cuyo funcionamiento básico también se estudiará en esta asignatura.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

RELACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS DE LA MISMA TITULACIÓN



No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

OTROS TIPOS DE REQUISITOS

Se recomiendan los siguientes conocimientos previos:

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

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE

-

Búsqueda de bibliografía: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.

Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.

Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.

Cultura General en Física: Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la Física y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la Física, así como relaciones de la Física con otras ciencias.

Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.

Investigación básica y aplicada: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación Física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes, por ejemplo la ingeniería; habilidad para diseñar procedimientos experimentales y/o teóricos para: (i) resolver los problemas corrientes en la investigación académica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes

Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.

Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.

Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en



libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.

Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.

Ser capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1. Estructuras cristalina y estructura electrónica de los semiconductores

Estructura cristalina de algunos semiconductores. Estructuras de bandas de los semiconductores IV, III-V e II-VI. Parámetros básicos de la estructura electrónica: banda prohibida y masas efectivas. Semiconductores directos e indirectos.

2. Estadística de electrones y huecos y propiedades de transporte

Se introducirá el concepto de densidad de estados y, partiendo de la estadística de Fermi-Dirac en un semiconductor intrínseco, se verá cómo la concentración de electrones y huecos está determinada por la temperatura, el gap de energía y las masas efectivas. Se estudiarán las modificaciones introducidas en el semiconductor dopado con impurezas dadoras yceptoras: control del nivel de Fermi. Partiendo primero del modelo simple de Drude, se introducirán los parámetros de transporte para, en un segundo paso, dar una versión sencilla de la ecuación de Boltzmann y mostrar cómo permite abordar problemas de transporte más complejos, como la conductividad eléctrica o el poder termoeléctrico.



3. Dispersión de portadores y portadores fuera de equilibrio

Se introduce el concepto de probabilidad de dispersión y tiempo de relajación y se estudia la dispersión de los portadores por impurezas ionizadas y vibraciones de la red. Se discute la dependencia de la movilidad con la temperatura. Se introducen los conceptos de generación y recombinación de portadores y la diferencia entre difusión y arrastre de portadores, llegando a la relación de Einstein y la ecuación de difusión.

4. Propiedades ópticas de los semiconductores

Se introducen los parámetros ópticos y su relación con la función dieléctrica a partir de un modelo sencillo de absorción resonante. Se estudia la absorción fundamental en torno al gap de energía del semiconductor, distinguiendo entre los umbrales de absorción para semiconductores directos e indirectos. Se introduce el concepto de excitón y las relaciones de Einstein para la emisión espontánea y estimulada.

5. Sistemas electrónicos de baja dimensionalidad

Estados electrónicos en un sistema 2D. Densidad de estados en sistemas de baja dimensionalidad. Nivel de Fermi en un sistema 2D. Pozos de potencial triangulares y cuadrados. Pozos acoplados y superredes. Hilos y puntos cuánticos.

6. Tecnología de semiconductores, dispositivos y nanoestructuras

Síntesis y crecimiento cristalino de semiconductores. Crecimiento epitaxial por haz molecular y metalorgánico. Fabricación de dispositivos: epitaxia y fotolitografía. Técnicas de capa delgada. Crecimiento de nanoestructuras semiconductoras.

7. Uniones p-n, heterouniones, diodos Schottky y dispositivos MOS

Esquema de bandas y características $I(V)$ y $C(V)$ de la unión p-n. Unión entre semiconductores degenerados: el diodo túnel. Heterouniones: esquemas de bandas. Unión metal-semiconductor (diodo Schottky). Estructura del diodo MOS: inversión y acumulación, características $C(V)$.

8. Sistemas electrónicos de baja dimensionalidad: propiedades ópticas y de transporte

Propiedades ópticas de sistemas de baja dimensionalidad: excitones en pozos, hilos y puntos cuánticos. Transporte en sistemas de baja dimensionalidad. Dispositivos de efecto túnel resonante.



9. Fotodetectores y células solares: de la primera a la tercera generación

La unión p-n bajo iluminación. Fotodetectores. Espectro fotovoltaico. Células solares: parámetros de rendimiento. Rendimiento máximo y valor óptimo del gap. Limitaciones del rendimiento: pérdidas por reflexión, recombinación superficial, efecto de resistencia serie y paralelo. Células solares de alto rendimiento y nanoestructuradas.

10. Dispositivos emisores basados en semiconductores de diferente dimensionalidad

Emisión de luz en semiconductores de diferente dimensionalidad. Diodo electroluminiscente (LED). Bases físicas del láser semiconductor. Inversión de población, ganancia y modos. Láseres de unión: corriente umbral. Láseres y emisores de luz cuántica basados en nanoestructuras semiconductoras.

VOLUMEN DE TRABAJO (HORAS)

ACTIVIDADES PRESENCIALES

Actividad	Horas
Teoría	45,00
Laboratorio	15,00
Total horas	60,00

ACTIVIDADES NO PRESENCIALES

Actividad	Horas
Asistencia a otras actividades	0,00
Elaboración de trabajos individuales o en grupo	0,00
Estudio y trabajo autónomo	5,00
Preparación de clases	55,00
Preparación de actividades de evaluación	15,00
Resolución de casos prácticos	15,00
Total horas	90,00

METODOLOGÍA DOCENTE

Clases teóricas:

Se establecerán las bases de la Física y Nanotecnología de Semiconductores, introduciendo los aspectos fundamentales y derivando las propiedades eléctricas y ópticas de los semiconductores (masivos y de baja dimensionalidad) 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.

EVALUACIÓN

Parte teórico-práctica (75 % de la nota final):

- Exámenes escritos: se evaluará fundamentalmente la comprensión de las propiedades y procesos físicos en los semiconductores y dispositivos a través de cuestiones teórico-prácticas.
- Evaluación continua: se evaluará la realización de problemas propuestos durante el curso. Esta evaluación supondrá al menos un 30 % de la nota de la parte teórico-práctica.

Parte experimental (laboratorio, 25 % de la nota final):

- Control individual del trabajo en el laboratorio y de la elaboración de datos, resultados y conclusiones de cada práctica mediante un cuestionario.

Estos criterios de evaluación son comunes a la primera y segunda convocatorias.

BIBLIOGRAFÍA

- «Física del estado sólido y de semiconductores», J.P. McKelvey, Ed. Limusa, Méjico, 1976.
- «Fundamentals of semiconductors», P.Y. Yu y M. Cardona, Springer-Verlag, 1996.
- «Basic semiconductor Physics», C. Hamaguchi, Springer-Verlag, 2001.
- «The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction», J. H. Davies, Cambridge U. Press, 1997.
- «Physics of Semiconductor devices», 3rd Edition, S. M. Sze and K. K. Ng, John Wiley & Sons, 2007.



- «Semiconductor physics», K. Seeger, Ed. Springer-Verlag, Berlín, 1982.
- «Optoélectronique», E. Rosencher, B. Vinter, Ed. Masson, Paris, 1998.
- «The Physics of Semiconductors: An Introduction Including Devices and Nanophysics», M. Grundmann, Springer, 2006.