

Guía docente de la asignatura

Nanoelectrónica

Fecha última actualización: 21/06/2021

Fecha de aprobación: 21/06/2021

Grado	Grado en Física	Rama	Ciencias				
Módulo	Electrodinámica y Nanoelectrónica	Materia	Nanoelectrónica				
Curso	4 ^o	Semestre	2 ^o	Créditos	6	Tipo	Optativa

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Para poder cursar esta asignatura, se recomienda que el alumno haya superado las materias: Electromagnetismo, Física Cuántica, Física Estadística y Física del Estado Sólido.

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

- Estados electrónicos en nanoestructuras semiconductoras: métodos de masa efectiva y de ligaduras fuertes.
- Sistemas electrónicos de dimensionalidad reducida: pozos cuánticos, hilos cuánticos y puntos cuánticos.
- Transporte de carga en sistemas basados en nanoestructuras.
- Mecanismos de dispersión de portadores de carga.
- Dispositivos electrónicos relevantes basados en nanoestructuras: transistores de hilo cuántico, memorias de punto cuántico.
- Aplicaciones principales de los dispositivos basados en nanoestructuras.

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

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:

- Las bases físicas que rigen la electrostática y el transporte de carga en nanodispositivos electrónicos.
- Las escalas y órdenes de magnitud propios de la nanoelectrónica.
- Las diferencias entre transporte balístico y difusivo.
- Las características de los sistemas electrónicos confinados en una, dos o tres dimensiones.

El alumno será capaz de:

- Comparar datos experimentales con modelos físicos disponibles para revisar su validez y sugerir cambios con objeto de mejorar la concordancia de los modelos con los datos.
- Iniciarse en nuevos campos y materias de la nanoelectrónica a través de su trabajo independiente.
- Realizar las aproximaciones requeridas con objeto de reducir la complejidad del problema hasta un nivel manejable.
- Desarrollar sus propios modelos numéricos para la simulación de nanodispositivos electrónicos.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Tema 1. The quantum particle

1. The motivation for nanoelectronics, device scaling
2. Review of waves, phase and interference, wavefunctions
3. Wavepackets and operators
4. Momentum, energy and the uncertainty principle
5. Schrödinger equation, particle in a box
6. Piecewise potentials, tunneling

Tema 2. The Quantum Particle

1. Fermi statistics, current, metals and insulators
2. Density of states, periodic boundary conditions
3. Density of states in 0-d to 3-d structures



Tema 3. Two Terminal Quantum Dot Devices

1. Equilibrium in two terminal molecular devices
2. Capacitance models of electrostatics
3. Current flow under bias in two terminal molecular devices
4. Charging

Tema 4. Two Terminal Quantum Wire Devices

1. Current flow in quantum wires, the quantum limit of conductance
2. Landauer theory
3. Ohm's law and the Drude model

Tema 5. Field Effect Transistors

1. Field effect transistors (FETs)
2. Ballistic quantum wire FETs
3. Ballistic quantum well FETs
4. Conventional MOSFETs

Tema 6. The Electronic Structure of Materials Devices

1. Hybrid orbitals, introduction to tight binding
2. Examples of tight binding calculations
3. Periodic materials, Bloch functions
4. Semiconductors and insulators
5. Tight binding in periodic materials
6. Carbon nanotubes

Tema 7. Semiconductor memories

1. Flash – Non Volatile Memories
2. Dynamic Random Access Memory (DRAM)
3. Static Random Access Memory (SRAM)
4. Resistive RAM (RRAM)

Tema 8. Thermoelectricity

1. Introduction to thermoelectricity
2. Seebeck coefficient
3. Peltier coefficient
4. Thermoelectric coefficients

PRÁCTICO

- Capacitors. Small signal models of metal-molecule junctions.
- Numerical methods for self-consistent I-V calculations.
- Different numerical tools (software) are required to solve the problems of this subject.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL



BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Marc Baldo. “Introduction to Nanoelectronics”, https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-701-introduction-to-nanoelectronics-spring-2010/readings/MIT6_701S10_textbook.pdf
- Electronics from the Bottom Up: A New Approach to Nanoelectronic Devices and Materials <http://nanohub.org/topics/ElectronicsFromTheBottomUp>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Supriyo Datta. “Quantum Transport: Atom to Transistor”, Cambridge University Press, 2005.
- Supriyo Datta. “Electronic Transport in Mesoscopic Systems”, Cambridge University Press, 1995.

ENLACES RECOMENDADOS

- <http://www.nanohub.org/>
- <http://www.edx.org/>

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD03 Resolución de problemas
- MD04 Prácticas de laboratorio
- MD07 Seminarios y/o exposición de trabajos
- MD09 Análisis de fuentes y documentos

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

EVALUACIÓN ORDINARIA

- Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará un sistema de evaluación diversificado, seleccionando las técnicas de evaluación más adecuadas en cada momento, que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el alumnado al cursar la asignatura. De entre las siguientes técnicas evaluativas se utilizarán las siguientes, cuyos porcentajes serán concretados al inicio del curso:
 1. - Para la parte teórica se realizarán exámenes finales o parciales, sesiones de evaluación y entregas de ejercicios sobre el desarrollo y los resultados de las actividades propuestas. La ponderación de este bloque será de entre el 60% y el 80%.
 2. - Para la parte práctica se realizarán prácticas de laboratorio, resolución de problemas y desarrollo de proyectos (individuales o en grupo), y se valorarán las entregas de los informes/memorias realizados por los alumnos, o en su caso las entrevistas personales



- con los alumnos y las sesiones de evaluación realizadas en el mismo laboratorio. La ponderación de este bloque será de entre el 0% y el 25%.
3. - En su caso, la parte de trabajo autónomo y los seminarios se evaluarán teniendo en cuenta la asistencia a los seminarios, los problemas propuestos que hayan sido resueltos y entregados por los alumnos, en su caso, las entrevistas efectuadas durante el curso y la presentación oral de los trabajos desarrollados. La ponderación de estos será de entre el 0% y el 15%.
- La calificación global corresponderá a la puntuación ponderada de los diferentes aspectos y actividades que integran el sistema de evaluación. Así, el resultado de la evaluación será una calificación numérica obtenida mediante la suma ponderada de las calificaciones correspondientes a una parte teórica, una parte práctica y, en su caso, una parte relacionada con el trabajo autónomo de los alumnos, los seminarios impartidos y el aprendizaje basado en proyectos.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

- Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará un sistema de evaluación diversificado, seleccionando las técnicas de evaluación más adecuadas en cada momento, que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el alumnado al cursar la asignatura. De entre las siguientes técnicas evaluativas se utilizarán las siguientes:
 1. - Para la parte teórica se realizarán exámenes finales o parciales, sesiones de evaluación y entregas de ejercicios sobre el desarrollo y los resultados de las actividades propuestas. La ponderación de este bloque será del 80%.
 2. - Para la parte práctica se realizarán prácticas de laboratorio, resolución de problemas y desarrollo de proyectos (individuales o en grupo), y se valorarán las entregas de los informes/memorias realizados por los alumnos, o en su caso las entrevistas personales con los alumnos y las sesiones de evaluación realizadas en el mismo laboratorio. La ponderación de este bloque será del 20%.
- El resultado de la evaluación será una calificación numérica obtenida mediante la suma ponderada de las calificaciones correspondientes a la parte teórica y a la parte práctica.

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Según se contempla en la “Normativa de Evaluación y de Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada” aquellos estudiantes que, en los supuestos contemplados en dicha normativa, no puedan cumplir con el método de evaluación continua, podrán solicitar mediante procedimiento electrónico al Director del Departamento, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de la asignatura, el acogerse a la evaluación única final. En tal caso, se tendrán en cuenta los siguientes apartados:

- El 80% de la calificación final se basará en la valoración obtenida mediante la realización de un examen final en el que se evaluarán los conocimientos y competencias adquiridas, tanto de los contenidos teóricos como de las habilidades para la resolución de problemas. Este examen se realizará de forma escrita e individualizada y coincidirá con la convocatoria ordinaria de la asignatura.
- El 20% de la calificación final se basará en la evaluación de las prácticas mediante un examen. El resultado de la misma supondrá un 20% de la calificación final.

