

Fecha de aprobación: 26/06/2024

Guía docente de la asignatura

Nanoelectrónica (26711A1)

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. Esta asignatura NO guarda relación alguna con " Circuitos Eléctricos: Teoría e instrumentación " impartida en el primer semestre del segundo curso del Grado.

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

- Sistemas electrónicos de dimensionalidad reducida: pozos cuánticos, hilos cuánticos y puntos cuánticos.
- Estados electrónicos en nanoestructuras semiconductoras: Densidad de estados en sistemas 0D, 1D, 2D y 3D.
- Transporte de carga en sistemas basados en nanoestructuras semiconductoras.
- Dispositivos electrónicos relevantes basados en nanoestructuras: transistores moleculares y de hilo cuántico.
- Aplicaciones de los dispositivos basados en nanoestructuras: Memorias semiconductoras (Flash, DRAM, SRAM).
- Descripción de las memorias semiconductoras presentes en ordenadores, teléfonos móviles, etc.

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.
- Los fundamentos físicos que rigen el comportamiento de los diferentes tipos de memorias semiconductoras presentes en portátiles y móviles.
- El procedimiento empleado en el cálculo de la estructura electrónica del grafeno.
- Conceptos básicos de la termoelectricidad.

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 físicos para la simulación numérica de nanodispositivos electrónicos.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Tema 1. Introduction - Motivation - Basics

1. What is nanoelectronics and why it is important nowadays
2. Motivation for the ubiquitous nanoelectronics
3. State-of-the-art of the semiconductor technology. Future challenges
4. Review of waves, phase and interference, wavefunctions
5. Momentum, energy and the uncertainty principle
6. Schrödinger equation: Particle in a box as a simplification
7. Piecewise potentials and tunneling applied in basic nanostructures

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. Tight binding in periodic materials: Semiconductors, semimetals and insulators
5. Graphene and other 2D materials

Tema 7. Semiconductor memories

1. Flash – Non Volatile Memories
2. Dynamic Random Access Memory (DRAM)
3. Static Random Access Memory (SRAM) (Cache)
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>
- Debdeep Jena. "Quantum Physics of Semiconductor Materials and Devices"; Oxford University Press (Mayo 2022) ISBN: 9780198856856

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/>
- <https://djena.engineering.cornell.edu/>
-

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral/expositiva

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 y 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 70%.



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 o en clase. La ponderación de este bloque será del 20%.
3. - Para comprobar el seguimiento de la asignatura por parte del alumnado se realizarán exámenes parciales de tipo test haciendo uso de PRADO. La ponderación de este bloque será del 10% por cada examen parcial que se realice.
4. - 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 y 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.



INFORMACIÓN ADICIONAL

Para poder cursar esta asignatura se necesitan conocimientos básicos de Física Cuántica, Física Estadística y Física del Estado Sólido.
Los contenidos impartidos en Nanoelectrónica NO guardan relación alguna con "Circuitos Eléctricos: Teoría e instrumentación".
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).

SOFTWARE LIBRE

Se recomienda el desarrollo de programas de cálculo numérico basados en Python u otro lenguaje de programación similar.

