

Plan 469 GRADO EN FISICA

Asignatura 45770 FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO

Grupo 1

Tipo de asignatura (básica, obligatoria u optativa)

OBLIGATORIA

Créditos ECTS

6

Competencias que contribuye a desarrollar

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9

E1, E2, E3, E4, E5, E6, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15

Según la memoria verifica del plan de estudios en física de la Universidad de Valladolid.

Objetivos/Resultados de aprendizaje

Objetivos:

La Física del Estado Sólido es principalmente la física de los sólidos cristalinos, sistemas en los que es posible incidir partiendo de conceptos físicos fundamentales en la relación estructura propiedades. Por esta razón, no es habitual incluir en nuestros programas académicos de esta asignatura los materiales amorfos o los líquidos. El principal objetivo de la Física del Estado Sólido (FES) es explicar las propiedades de los sólidos cristalinos en términos de sus constituyentes a nivel atómico y de las interacciones entre ellos. La mayor parte de las propiedades que se estudian pueden ser potencialmente entendidas en términos de la ecuación de Schrödinger enunciada para un sistema de núcleos atómicos y electrones que interactúan a través de fuerzas electrostáticas. Se puede considerar que hay al menos cuatro aspectos generales, fundamentales en Física del Estado Sólido:

1. La aplicación de los principios de la mecánica cuántica en un sistema de muchas partículas.
2. La simetría de translación.
3. El concepto de excitaciones elementales o excitaciones colectivas del cristal: fonones, electrones, excitones, plasmones, etc.
4. La presencia de imperfecciones, impurezas, vacantes, intersticiales, dislocaciones, etc. que definen el paso del estudio del sólido ideal al sólido real.

La mecánica cuántica constituye la base de nuestro conocimiento de los sólidos, de la misma manera que es la base de nuestro conocimiento de los átomos. En cierto sentido, la FES puede considerarse que suministra un excelente terreno de prueba para consolidar y profundizar los principios y métodos de la mecánica cuántica. En la Física del Estado Sólido la interacción entre teoría y experimento ha jugado y sigue jugando un papel fundamental. Los sistemas bajo estudio siempre son demasiado complicados para entenderlos completamente desde el plano teórico. Una vez que la experiencia ha determinado la naturaleza del fenómeno tiene la teoría la posibilidad de explicarlo. Desde otro punto de vista, muchos experimentos no se pueden interpretar sin una base teórica adecuada. En esta asignatura los estudiantes de Física, mediante el uso de gran parte de los conocimientos que han ido adquiriendo a lo largo de su carrera, se enfrentan a un problema real. Interpretar el comportamiento de los materiales cristalinos en términos de sus constituyentes. Es este un objetivo muy interesante y que en cierto modo es una culminación de los estudios en Física al enfrentar al alumno a una situación real y verificable experimentalmente.

Resultados del aprendizaje.

- Dominar la descripción de los sólidos cristalinos en términos de su red y de su base estructural.
- Conocer cómo se determinan las bandas de energía de un sólido cristalino y cual es su importancia.
- Conocer las propiedades de transporte los sólidos y los modelos que las describen.
- Adquirir los conocimientos relativos a las ondas en la red de un sólido cristalino y manejar con soltura el concepto de fonón.
- Introducirse en los conceptos de interacción entre cuasipartículas.
- Conocer y saber describir los modelos básicos para los fenómenos cooperativos en los sólidos.
- Comprobar como el dominio de diversas disciplinas de la física (termodinámica, mecánica, física cuántica, electromagnetismo) y la aplicación del método científico permite desarrollar modelos teóricos para predecir las

Contenidos

1. Introducción a la física del estado sólido.
2. La estructura cristalina
 - 2.1. Concepto de estructura cristalina: red y base estructural
 - 2.2. Celdilla primitiva y unidad. Redes de Bravais. Representación matricial
 - 2.3. Notaciones cristalográficas: Índices de Miller
 - 2.4. La red recíproca. Propiedades y Zonas de Brillouin.
 - 2.5. Difracción de Rayos X
3. Niveles electrónicos en un potencial periódico cristalino: teoría de bandas.
 - 3.1. Modelo de electrones libres. Teoría de Sommerfeld. Fallos de este modelo
 - 3.2. Planteamiento cuántico del problema. Funciones de onda monoeléctricas
 - 3.3. Teorema de Bloch
 - 3.3.1. Reducción a la primera zona de Brillouin
 - 3.3.2. Condiciones de contorno: recuento del número de estados
 - 3.4. Electrones en un potencial periódico débil.
 - 3.5. El método de ligaduras fuertes.
 - 3.6. Carácter metálico, aislante o semiconductor de los sólidos.
4. Modelo Semiclásico en las propiedades dinámicas de los electrones
 - 4.1. Ecuaciones semiclásicas para el movimiento de los electrones de conducción.
 - 4.2. Velocidad y masa efectiva de los electrones.
 - 4.4 Huecos: Concepto y utilidad
 - 4.5 Movimiento semiclásico de un electrón en presencia de un campo magnético.
5. Semiconductores
 - 5.1 Dopado de los semiconductores
 - 5.2 Niveles de energía de los átomos de impurezas en un semiconductor
 - 5.3 Densidad de estados electrónicos en semiconductores
 - 5.4. Concentración de portadores en semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Nivel de Fermi.
6. Propiedades de transporte
 - 6.1. Ecuación de Boltzmann en la teoría semiclásica. Aproximación tiempo de relajación.
 - 6.2. Conductividad eléctrica de los metales
 - 6.3. Conductividad térmica: Ley de Wiedemann-Franz
 - 6.4. Efectos termoeléctricos
 - 6.5. Efectos termomagnetoeléctricos: Efecto Hall
7. Fallos en el modelo estático
 - 7.1. Introducción
 - 7.2. Fallos en las propiedades de equilibrio
 - 7.3. Fallos en las propiedades de transporte
 - 7.4. Fallos en la interacción radiación-materia
8. Ondas en la red
 - 8.1. Introducción
 - 8.2. Teoría clásica de las dinámicas de las redes. Aproximación armónica.
 - 8.3. Vibraciones en modelos simplificados. Modelos unidimensionales
 - 8.4. Modos acústicos y ópticos en redes tridimensionales
 - 8.5. El espectro de la red, densidad de estados
 - 8.6. Propiedades ópticas en el infrarrojo de cristales iónicos
 - 8.7. Cadena monoatómica en mecánica cuántica: el concepto de fonón.
 - 8.8. Determinación experimental de las relaciones de dispersión.
9. Propiedades Térmicas de los aislantes
 - 9.1. Calor específico reticular.

- 9.2. Modelos aproximados de Einstein y Debye.
- 9.3. Fusión de los sólidos. Criterio de Lindemann
- 9.4. Anarmonicidad: dilatación térmica. El parámetro de Grüneisen
- 9.5. Interacción fonón-fonón
- 9.6. Conductividad térmica en aislantes y semiconductores intrínsecos.

10. Fenómenos cooperativos: Magnetismo y Superconductividad.

10.1. Diamagnetismo y Paramagnetismo.

10.2 Descripción clásica de los fenómenos cooperativos. Características de los materiales ferromagnéticos, antiferromagnéticos y ferrimagnéticos.

10.3 Descripción fenomenológica de la superconductividad.

Aspectos experimentales: descubrimiento de la superconductividad. Temperatura crítica, corrientes persistentes, propiedades magnéticas: efecto Meissner. Calor específico. Efecto isotópico. Teoría de London. Generalidades sobre el par de Cooper. Nuevos Materiales Superconductores.

11. Sistemas de baja dimensión.

11.1. Estructuras cristalinas en dos dimensiones.

11.2. Propiedades electrónicas en dos dimensiones. Efecto Hall cuántico

11.3 Magnetismo en una dimensión.

Nota: los apartados 4.3. y 4.4 y el tema 5 se dan en electrónica, temas II y III del programa de electrónica.

Principios Metodológicos/Métodos Docentes

Clases:

Se darán clases teóricas en las que:

- a) Se Explica del temario
- b) Se Resuelven ejercicios

Tutorías:

1) Tutorías conjuntas

Habrá tutorías conjunta al finalizar los temas 6, 9 y 11

2) Los alumnos podrán acudir a tutorías individuales siempre que lo necesiten, para ello deberán ponerse en contacto via email con el profesor responsable. La dirección de email es marrod@fmc.uva.es

Criterios y sistemas de evaluación

Los alumnos realizar dos ejercicios evaluables de 1 hora de duración a lo largo del cuatrimestre.

Además los alumnos deberán realizar un examen final al finalizar la docencia.

La nota final se obtendrá a partir del siguiente baremo:

Examen final (80%)

Ejercicios evaluables (20%)

Recursos de aprendizaje y apoyo tutorial

1) Tutorías conjuntas

Habrá tutorías conjunta al finalizar los temas 6, 9 y 11

2) Los alumnos podrán acudir a tutorías individuales siempre que lo necesiten, para ello deberán ponerse en contacto via email con el profesor responsable. La dirección de email es marrod@fmc.uva.es

Calendario y horario

Horario:

Primer cuatrimestre

De Lunes a Jueves; clases de teoría y práctica de aula

Viernes: se reserva para seminarios y tutorías.

Tabla de Dedicación del Estudiante a la Asignatura/Plan de Trabajo

Actividades presenciales ECTS

Clases de teoría en aula 1.80

Clases de problemas en aula 0.60

Clases en aula de informática 0

Trabajo en laboratorio 0

Tutorías, seminarios y presentación de trabajos 0.40

Trabajo personal del alumno ECTS
Estudio autónomo y resolución de problemas 2.00
Preparación y redacción de trabajos y ejercicios 0.70
Búsquedas bibliográficas 0.3
Redacción de informes de laboratorio 0

Responsable de la docencia (recomendable que se incluya información de contacto y breve CV en el que aparezcan sus líneas de investigación y alguna publicación relevante)

Profesor Responsable. Miguel Angel Rodriguez Perez.
email: marrod@fmc.uva.es
Tel: 983 184035

Breve CV:

Miguel Ángel Rodríguez Pérez es Doctor en Física por la Universidad de Valladolid desde 1999 y en la actualidad ocupa un puesto de Catedrático de Física de la Materia Condensada en dicha Universidad. Su línea principal de investigación está ligada al desarrollo, caracterización y modelización de nuevos materiales celulares poliméricos y metálicos. Es co-fundador y responsable del Laboratorio de Materiales Celulares (CellMat) de la Universidad de Valladolid. Cuenta con más de 170 publicaciones en revistas internacionales y dos libros. Ha dirigido 25 tesis doctorales. Actualmente es revisor de varias revistas internacionales, miembro del comité editorial de la revista Cellular Polymers y de la revista Journal of Cellular Plastics y miembro del comité directivo de la división de espumas en la Sociedad de Plásticos e Ingenieros (SPE) de EEUU. Ha participado/dirigido más de 70 proyectos de investigación con financiación pública o privada relacionados con los materiales celulares; y su grupo de investigación recibió el VI Premio Talgo a la innovación tecnológica y el premio Foro Ibérico del PVC por nuevos desarrollos relacionados con los materiales celulares. Recientemente ha sido nombrado miembro de honor de la prestigiosa sociedad internacional SPE (Sociedad de Plásticos e Ingenieros). Desde el año 2001 compatibiliza sus labores docentes e investigadoras con la Dirección Técnica del Laboratorio de Ensayos Industriales de Castilla y León (LEICAL). Por último es uno de los fundadores de la empresa de base tecnológica, spin-off, de la Universidad de Valladolid; CellMat Technologies.

Más detalles en www.cellmat.es

Idioma en que se imparte

CASTELLANO