

Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia

Nombre de la Materia: Optativa especializada 5: Nanociencias I (Estado sólido)

- Número de créditos: 10
 - Semestre: 7
 - Horas a la semana: (presenciales y de trabajo al estudiante)
 - Teoría: 7
 - Práctica: 3
 - Autoestudio: 4
 - Requisitos: Física avanzada, Fenómenos Cuánticos
 - Clave: AFB-1
 - Asignatura: Estapa Especializada
 - Materia asociada a la Línea de investigación: Nanociencias
-

Descripción de la asignatura: El estudiante se familiarizará con la física de los sólidos, en particular con la red cristalina, la estructura electrónica de los sólidos, las vibraciones de la red (fonones), el magnetismo y la superconductividad. Se hará hincapié en la comprensión de estos efectos en una imagen mecánica cuántica. El estudiante se familiarizará con las diferencias y similitudes entre metales, semiconductores y aislantes. Al final del curso, se espera que el estudiante sea capaz de: Describa las características más importantes en las propiedades estadísticas de los sistemas discutidos en el curso. Aplicar los métodos de la física estadística para calcular las propiedades de sistemas similares en equilibrio térmico. Demuestre una comprensión fundamental de la física estadística a través de un análisis del comportamiento de un sistema a temperaturas altas y bajas. Describir la estructura y las propiedades mecánicas de los sólidos y explicarlos en una imagen microscópica. Evalúe las propiedades térmicas de los sólidos, en particular las vibraciones de los átomos en una imagen mecánica clásica y cuántica, y la descripción de la capacidad térmica. Discutir las características de la densidad electrónica de estados en metales, aislantes y semiconductores.

Contenido:

1. **Redes cristalinas en el espacio real y recíproco:** introducción; redes Cristalinas, espacio real; redes de Bravais; celdas unitarias; celdas en el espacio recíproco (planos cristalinos e índices de Miller, Vectores en la red recíproca); zona de Brillouin (grafeno y nitruro de boro); redes de diamante y zinc-blenda.
2. **Propiedades electrónicas de los sólidos:** introducción; hamiltoniano del sistema; problema electrónico (método de Hartree, el método de Hartree – Fock (HF), teoría funcional de la densidad); ondas planas y conjuntos de bases localizadas; elementos de la matriz hamiltoniana; funciones de Bloch; enfoque de Slater–Koster.
3. **Aproximaciones de amarre fuerte:** introducción; un electrón $E(k)$ en sólidos; modelos de estado sólido; enlace débil o la aproximación de electrones casi libre; aproximación de amarre fuerte; comparación de aproximaciones débiles y de amarre fuerte; aproximación de amarre

Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia

fuerte con 2 átomos / celda unitaria.

4. **Ejemplos de bandas de energía en sólidos:** introducción; metales (Metales alcalinos, por ejemplo, sodio; Metales nobles, metales polivalentes); semiconductores: PbTe, germanio, silicio, semiconductores compuestos III – V, semiconductores de intervalo cero – estaño gris, dicalcogenuros de metales de transición, como MoS₂ y WS₂, semiconductores moleculares – fullerenos; semimetales: Grafeno, Bismuto; aislantes: gases raros y cristales iónicos, nitruro de boro, sensores de ancho de banda.
5. **Teoría de masas efectiva:** introducción; paquetes de ondas en cristales y la velocidad de grupo de electrones en sólidos; teorema de la masas efectiva; aplicación del Teorema de masas efectiva a los donadores; niveles de impureza en un semiconductor; dinámica de electrónica casi clásica; teoría casi clásica de la conductividad eléctrica: la leyenda de Ohm.
6. **Vibraciones de redes:** introducción; osciladores de armónicos cuánticos; sólidos de Phononsin 1D (una cadena monoatómica, una cadena lineal diatómica); fonones en cristales 3D; interacción electrón-fonón.

Bibliografía:

1. Mildred Dresselhaus, Gene Dresselhaus, Stephen B. Cronin, Antonio Gomes Souza Filho; “Solid State Properties From Bulk to Nano”, Springer-Verlag GmbH Germany, 2018.
2. Steven H. Simon, The Oxford Solid State Basics, Oxford University Press, Usa; 1 edition, 2013.
3. John Philip McKelvey, Solid State Physics for Engineering and Materials Science, Krieger Pub Co; Original ed edition (August 1, 1993).

Planeación Educativa

El curso está diseñado para que los estudiantes adquieran los fundamentos de la física del estado sólido. Para tal fin se requiere que los estudiantes cuenten con los fundamentos de la física, incluida la mecánica clásica y cuántica, el electromagnetismo, la termodinámica y la física estadística. Se requieren conocimientos básicos en estas áreas de la física para comprender las principales propiedades eléctricas, magnéticas, térmicas y ópticas de los materiales. Se establecen conexiones desde la mecánica cuántica a las propiedades físicas de la materia; de las relaciones de continuidad al fenómeno del transporte; De las ecuaciones de Maxwell a los observables ópticos.

Competencias a Desarrollar:

Generales:

1. Habilidad y capacidad de adaptación para realizar trabajo colectivo.
2. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis, Capacidad creativa. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas en los

Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia

que esté involucrada la física del estado sólido. Habilidad para trabajar en forma autónoma. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.

Específicas:

1. Identificar, plantear y analizar problemas de estado sólido.
2. Identificar los conceptos del estado sólido involucrados en la solución de problemas en áreas de biología, medicina, ingeniería, química, etc.
3. Identificar los elementos esenciales de situaciones complejas, realizar aproximaciones pertinentes y construir modelos simplificados que la describan para comprender su comportamiento en otras condiciones.
4. Verificar el ajuste de modelos a la realidad e identificar su dominio de validez.
5. Demostrar una comprensión profunda de conceptos de los sólidos.
6. Clasificar la materia en Metales, aislantes y semiconductores e identificar las principales características de cada uno de ellos.
7. Identificar en que situaciones aplicar las diferentes aproximaciones del estado sólido a metales, semiconductores y aislantes.
8. Describir y explicar fenómenos naturales y procesos tecnológicos en términos de conceptos, teorías y principios físicos.

Matriz Educacional			
Resultados del Aprendizaje	Actividades Educativas	Horas	Evaluación
1.- Redes cristalinas en el espacio real y recíproco.	Lecturas, exposiciones orales, planteamiento de problemas, solución de problemas y ejercicios.	10 T=7 P=3 A=6	Tareas, exámenes, exposiciones.
2.- Propiedades electrónicas de los sólidos	Lecturas, exposiciones orales, planteamiento de problemas, solución de problemas y ejercicios.	10 T=7 P=3 A=6	Tareas, exámenes, exposiciones.
3.- Aproximación de amarre fuerte	Lecturas, exposiciones orales, planteamiento de problemas, solución de problemas y ejercicios.	10 T=7 P=3 A=6	Tareas, exámenes, exposiciones.

Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia

4. Ejemplos de bandas de energía en sólidos	Lecturas, exposiciones orales, planteamiento de problemas, solución de problemas y ejercicios.	10 T=7 P=3 A=6	Tareas, exámenes, exposiciones.
5. Teoría de masas efectiva	Lecturas, exposiciones orales, planteamiento de problemas, solución de problemas y ejercicios.	10 T=7 P=3 A=6	Tareas, exámenes, exposiciones.
6.- Vibración de redes	Lecturas, exposiciones orales, planteamiento de problemas, solución de problemas y ejercicios.	10 T=7 P=3 A=6	Tareas, exámenes, exposiciones.

El total de horas de trabajo del estudiante es de **90 horas presenciales, distribuidas en 60.0 hrs teóricas (T), 30.0 hrs prácticas (P) + 60 hrs de autoestudio (A) = 150 hrs.**