
19 FEB 2020

Nombre del curso o unidad curricular: Física del Estado Sólido



Licenciaturas: Física

Frecuencia y semestre de la formación al que pertenece la unidad curricular: Anual, semestre impar.

Créditos asignados: 12 en Física

Nombre del/la docente responsable de la unidad curricular y contacto: Ariel Moreno - moreno@fisica.edu.uy - Sala 329 Instituto de Física

Requisitos previos: 60 créditos en el área de física y 70 créditos en el área de matemáticas.

Conocimientos previos: Electromagnetismo con las ecuaciones de Maxwell formuladas, conocimientos básicos de ondas electromagnéticas y mecánicas, elementos de mecánica estadística y mecánica cuántica básica al nivel del curso de Física Moderna por lo menos.

Ejemplos unidades curriculares de Facultad de Ciencias u otros que aportan dichos conocimientos: Electromagnetismo, Ondas, Termodinámica y Física Moderna.

Conocimientos adicionales sugeridos:

Elementos de Mecánica Estadística y herramientas de Mecánica Cuántica. Ecuaciones diferenciales.

Objetivos de la unidad curricular:

a) Herramientas, conceptos y habilidades que se pretenden desarrollar en la unidad curricular

Se busca introducir a los estudiantes al área temática de la Física del Estado Sólido. Es un curso que permite englobar las técnicas aprendidas en otros cursos (Electromagnetismo, Ondas, Física Moderna, etc) para estudiar un sistema particular que es el sólido cristalino, y determinar sus propiedades estructurales, vibracionales y electrónicas, comparando modelos teóricos con los resultados experimentales correspondientes.



b) En el marco del plan de estudios

En el marco de la formación profesional, ¿qué herramientas aporta esa unidad curricular en la formación profesional de ese estudiante?

Al aprobar la materia, el estudiante quedará preparado para encarar otros cursos regulares u opcionales avanzados, que requieran un conocimiento básicos de la FES, ya sea de la Licenciatura como del posgrado en Física. Habilita a tomar cursos de aplicaciones de la FES, por ejemplo de la ingeniería, etc.

Temario sintético de la unidad curricular:

TEMA 1: Estructura Cristalina. Red Recíproca.

- 1: Estructura Cristalina.
- 2: Difracción de Rayos X. Red Recíproca.
- 3: Fuerzas Interatómicas y Enlaces en los Cristales.
- 4: Vibraciones de la Red. Fonones. Propiedades Térmicas.
- 5: El Modelo de Electrones Libres.
- 6: Bandas de Energía en Sólidos.
- 7: Semiconductores.
- 8: Propiedades Dieléctricas y Magnéticas.

TEMAS ADICIONALES PARA PRESENTACIONES ORALES

Sólidos amorfos.
Defectos puntuales y dislocaciones.
Difusión atómica en cristales

Temario desarrollado:

- 1: ESTRUCTURA CRISTALINA. RED RECÍPROCA: distribución periódica de átomos. Definiciones básicas: red, base, estructura cristalina, celdas. Redes de Bravais y sistemas cristalinos. Direcciones y planos en el cristal. Índices de Miller. Sólidos reales: defectos puntuales, dislocaciones.
- 2: DIFRACCIÓN DE RAYOS X: técnicas experimentales. Dispersión atómica. Vector de dispersión. Dispersión por el cristal. Ley de Bragg. Ecuaciones de Laue. Red recíproca. Zonas

de Brillouin..

3: FUERZAS INTERATÓMICAS Y ENLACES EN LOS CRISTALES: Tipos de enlace. Cristales de gases inertes: propiedades, potencial de Lennard-Jones, constantes de equilibrio, energía de cohesión. Cristales iónicos: propiedades, energía de interacción, constante de Madelung. Cristales covalentes. Metales.

4: VIBRACIONES DE LA RED. PROPIEDADES TÉRMICAS: Ondas elásticas. Enumeración de modos. Densidad de estados de un medio continuo. Fonones. Calor específico. Conductividad térmica en los dieléctricos. Interacción fonón-fonón, procesos N y U. Dispersión inelástica de rayos X, neutrones y luz. Dilatación térmica.

5: EL MODELO DE ELECTRONES LIBRES: hipótesis del modelo. Gas de Fermi de electrones libres. Solución de la ecuación de Schrödinger. Densidad de estados. Distribución de Fermi-Dirac. Energía de Fermi. Superficie de Fermi. Calor específico de los electrones de conducción. Conductividad eléctrica y térmica en los metales.

6: BANDAS DE ENERGÍA EN SÓLIDOS: teorema de Bloch. Bandas de energía. Metales, aislantes y semiconductores. Cálculo de bandas de energía. Modelo de la red vacía. Modelo de electrones casi libres. Modelo de ligaduras fuertes. Densidad de estados. La superficie de Fermi. Velocidad de los electrones de Bloch. Dinámica del electrón en un campo eléctrico. Masa efectiva. Concepto de hueco. Efecto Hall. Conductividad eléctrica. Dinámica del electrón en un campo magnético. Frecuencia ciclotrónica de los electrones de Bloch.

7: SEMICONDUCTORES:

Semiconductores. Estructura de bandas. Banda de conducción, banda de valencia y banda Prohibida. Semiconductor intrínseco. Concentración de portadores y energía de Fermi. Estados de impureza. Aceptores y donores. Semiconductor extrínseco. Concentración de portadores y energía de Fermi. Conductividad eléctrica y movilidad. Difusión.

8: PROPIEDADES DIELECTRICAS Y MAGNÉTICAS:

Dieléctricos y ferroeléctricos. Diamagnetismo, paramagnetismo y ferromagnetismo. Superconductividad.

Bibliografía

a) Básica:

Introducción a la Física del Estado Sólido, Charles Kittel. Ed. Reverté.

Física del Estado Sólido, P. V. Pavlov. Ed. MIR

Solid State Physics, J. R. Hook, H. E. Hall, (2nd edition)

b) Complementaria:

Solid-State Physics: An Introduction to Principles of Materials Science, H. Ibach y H. Lüth. Springer Verlag.

Solid State Physics, N. W. Ashcroft y N. D. Mermin. Ed. Saunders College HRW. (Nivel avanzado)



Modalidad cursada: Presencial

Metodología de enseñanza: Clases de teoría y de ejercicios.

Carga horaria total: 180

Carga horaria detallada:

- a) **Horas aula de clases teóricas:** 4 semanales
 - b) **Horas aulas de clases prácticas:** 2 semanales
 - c) **Horas sugeridas de estudio domiciliario durante el período de clase:** 90
-

Sistema de ganancia de la unidad curricular

Tiene examen final: Si

Se exonera: Si

Nota de exoneración (del 3 al 12): 7

a) Características de las evaluaciones:

Dos pruebas parciales escritas, con tres ejercicios cada una y eventualmente desarrollos teóricos. Un examen final que cuenta de una prueba escrita similar a los parciales y un oral totalizador.

Las pruebas parciales se realizarán con ejercicios similares a los propuestos en el año, que el estudiante deberá resolver sin materiales, excepto fórmulas matemáticas de apoyo que le serán suministradas al inicio de la prueba. El estudiante podrá consultar alguna otra fórmula que entienda necesaria y no recuerde.

Cada parcial el estudiante deberá realizar un ejercicio completo para ganar el curso. En caso de que uno de los parciales sea deficitario, podrá recuperarlo al finalizar el curso (el parcial de recuperación será sobre los temas del parcial que le fue peor al estudiante). Para exonerar el escrito del examen final, deberá realizar dos ejercicios completos en cada parcial, pudiendo recuperar uno de ellos al finalizar el curso.

Además habrá seminarios que deberán preparar los estudiantes (máximo 2 personas por tema) entre el primer y segundo parcial. En situaciones donde la exoneración no se alcance pero esté cercana, el seminario podrá tomarse en cuenta en la nota del estudiante para exonerar el

examen práctico. Para los que exoneren, el seminario podrá sumar 1 o 2 puntos a su nota de exoneración. Los seminarios no son obligatorios, pero se recomienda a los estudiantes realizarlos.

El examen final consistirá en una prueba escrita con ejercicios y eventualmente desarrollos formales, de características similares en la evaluación que las pruebas parciales, y un examen oral globalizador para quienes aprueben la parte escrita.

La prueba escrita consiste de 3 ejercicios y el estudiante deberá resolver 2 completos para aprobar.

En la prueba oral, el estudiante elegirá al azar un tema de una lista que se confeccionará a tales efectos y dispondrá de 15 minutos previos al oral para el armado de una exposición, la que podrá dar lugar a preguntas del tribunal sobre la misma o de otros temas posteriormente.

b) Porcentaje de asistencia requerido para aprobar la unidad curricular: 0

c) Puntaje mínimo individual de cada evaluación y total: 3 en un total de 12

d) Modo de devolución o corrección de pruebas:

Iguá 4225 esq. Matajojo • 11.400 Montevideo – Uruguay
Tel. (598) 2525 0378 • (598) 2522 947 • (598) 2525 8618 al 23 ext. 7 110 y 7 168 • Fax (598) 2525 8617

