



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO DE CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)



Teoría de grupos en la Física del Estado Sólido

Clave	Semestre 2027-1	Créditos 8	Campo de conocimiento	Materia Condensada y Nanociencias	
Modalidad	Curso (x) Taller () Lab () Sem ()			Tipo	T (x) P () T/P ()
Carácter	Obligatorio ()		Optativo (x)		Horas
	Obligatorio E ()		Optativo E ()		
Duración del programa		Semestral		Semana	Semestre
				Teóricas: 4	64
				Prácticas: 0	0
				Total: 4	64

Objetivo general:

Proporcionar al estudiante las herramientas matemáticas y conceptuales de la teoría de grupos aplicadas a la física del estado sólido, con el fin de analizar y predecir las propiedades físicas, vibracionales y electrónicas de los cristales a partir de su simetría estructural, facilitando la resolución de problemas complejos donde la mecánica cuántica y la simetría convergen.

Este curso es fundamental para áreas como la espintrónica y los aislantes topológicos.

Objetivos específicos:

- Identificar las operaciones de simetría en redes periódicas y redes de Bravais, tanto en sistemas bidimensionales como tridimensionales, para determinar la estructura cristalina de un material a partir de su grupo de simetría.
- Aplicar los conceptos de representaciones irreducibles, caracteres y relaciones de compatibilidad para describir el comportamiento de las funciones de onda en la zona de Brillouin y comprender la importancia del subgrupo de traslación.
- Utilizar la teoría de grupos para clasificar los modos vibracionales (fonones) en el centro y fuera del centro de la zona de Brillouin, permitiendo predecir el efecto de esfuerzos externos sobre las vibraciones moleculares y de red.
- Implementar el formalismo de la teoría $k \cdot p$ y el uso de grupos dobles para describir la estructura de bandas de energía, considerando la interacción espín-órbita y las degeneraciones electrónicas en cristales reales.
- Comprender el papel de la simetría de reversión temporal en grupos magnéticos y aplicar la teoría de grupos de permutación para la construcción de funciones base en estados multielectrónicos y sistemas de muchos cuerpos.

Índice temático			
	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Teoría de grupos en redes periódicas	8	0
2	Grupos espaciales y representaciones	8	0
3	Aplicaciones de la teoría de grupos a redes vibracionales	8	0
4	Modelos de estructura de bandas basados en simetrías	8	0
5	Acoplamiento espín-órbita en sólidos y grupos dobles	8	0
6	Grupos dobles a bandas de energía con espín	8	0
7	Simetría de reversión temporal	8	0
8	Grupos de permutación y estados multielectrónicos	8	0
Total		64	0
Suma total de horas		64	
Contenido Temático			
Temas y subtemas			
Unidad 1	Teoría de grupos en redes periódicas		
1.1	Operaciones de simetría en grupos espaciales		
1.2	Grupos espaciales y redes de Bravais		
1.3	Grupos espaciales bidimensionales		
1.4	Determinación de grupo espacial y estructura cristalina		
Unidad 2	Grupos espaciales y representaciones		
2.1	Espacio recíproco y subgrupo de traslación		
2.2	Representaciones en grupos espaciales		
2.3	Caracteres para las representaciones de equivalencia		
2.4	Relaciones de compatibilidad		
Unidad 3	Aplicaciones de la teoría de grupos a redes vibracionales		
3.1	Modos de red y vibraciones moleculares		
3.2	Modos fonónicos en la zona central		
3.3	Modos de redes lejos del centro		
3.4	Efecto del esfuerzo axial en fonones		

Unidad 4	Modelos de estructura de bandas basados en simetrías		
4.1	Teoría k.p		
4.2	Ejemplos de la teoría k.p		
4.3	Modelo de dos bandas		
4.4	Interacción valle-órbita		
Unidad 5	Acoplamiento espín-órbita en sólidos y grupos dobles		
5.1	Grupos dobles de cristales y sus propiedades		
5.2	Acoplamiento espín-órbita en cristales		
5.3	Funciones base para representaciones de los grupos dobles		
5.4	Grupo del vector de onda para grupos dobles		
Unidad 6	Grupos dobles a bandas de energía con espín		
6.1	Bandas de energía incluyendo interacción espín órbita		
6.2	Expansión de Fourier de bandas de energía		
6.3	Bandas de energía degeneradas		
Unidad 7	Simetría de reversión temporal		
7.1	Operador de reversión temporal y sus propiedades		
7.2	El efecto del operador de reversión temporal sobre la estructura de bandas		
7.3	Grupos magnéticos		
7.4	Ejemplos de estructuras magnéticas		
Unidad 8	Grupos de permutación y estados multielectrónicos		
8.1	Clases y representaciones irreducibles del grupo de permutaciones		
8.2	Funciones base		
8.3	Estados dobles electrónicos		
8.4	Estados multielectrónicos		
Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	
Bibliografía básica:			

- M.S. Dresselhaus, Group Theory: Application to the Physics of Condensed Matter: Springer, 2008.
- W. Helgert and R. Geilhufe, Group Theory in Solid State Physics and Photonics: Wiley-VCH, 2018

Bibliografía complementaria:

- M. Lax, Symmetry principles in Solid State and Molecular Physics, Dover Publications, 1974.
- D. Bishop, Group theory and Chemistry, Dover Publications, 1973.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.