



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias
Escuela de Física

Programa de Curso

Nombre del curso: Mecánica Cuántica I	Requisitos: FS-0600 Física Moderna o FS-0635 Física Moderna FS-0616 Métodos Matemáticos de Física III o FS-0633 Métodos Matemáticos de Física III FS-0619 Mecánica Teórica II o FS-0634 Mecánica Teórica II
Sigla: FS-0717	Correquisitos: Ninguno
Horas: 4 por semana, teoría	Ciclo: VII
Créditos: 3	Clasificación: Curso propio

1. DESCRIPCIÓN

Corresponde a la primera parte de una secuencia de dos cursos sobre la mecánica cuántica dirigida al estudiantado de física. Se introduce la formulación moderna de la mecánica cuántica y sus aplicaciones. Además, se estudia el formalismo que permite establecer el concepto de momento angular dentro de la teoría cuántica y se finaliza con los métodos perturbativos para calcular en situaciones donde no se puede obtener una solución exacta al problema.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar los postulados y el marco matemático básico de la mecánica cuántica no-relativista.

Objetivos específicos

Identificar los principios fundamentales en que se sustentan la mecánica cuántica moderna.

Comprender los conceptos fundamentales sobre la mecánica cuántica.

Comprender el formalismo matemático de la Mecánica Cuántica.

Comprender la dinámica cuántica y sistemas de estados discretos.

Comprender cuantitativamente la cantidad de movimiento angular.

Analizar la ecuación de Schrödinger en tres dimensiones.

Comprender la teoría de perturbaciones.

Utilizar herramientas informáticas en la solución y modelado de problemas de la mecánica cuántica.

3. CONTENIDOS DEL CURSO

EL FORMALISMO DE LA MECÁNICA CUÁNTICA

- Álgebra de Dirac: espacio vectorial y propiedades, productos internos, espacio de Hilbert.
- Transformaciones lineales, representaciones matriciales.
- Autovectores y autovalores.
- Transformaciones hermíticas.
- Representaciones en el espacio de estados: espacios discretos y continuos.
- Observables y observables conmutantes: definiciones, relaciones de conmutación, definición de un conjunto completo de observables conmutantes.
- Valores esperados y relaciones de incertidumbre.

DINÁMICA CUÁNTICA

- La función de onda y los postulados de la mecánica cuántica.
- La ecuación de Schrödinger, la evolución temporal de un sistema y el operador de evolución temporal.
- El formalismo de Schrödinger y de Heisenberg.
- Traslaciones espaciales y conservación de momentum.
- El teorema de Ehrenfest.
- La ecuación de Schrödinger independiente del tiempo.
- Soluciones de la ecuación de Schrödinger para potenciales estacionarios unidimensionales.
- La solución del oscilador armónico mediante formalismo de operadores.

MOMENTUM ANGULAR Y SPIN

- Generalidades del momentum angular orbital y operador unitario de rotación.
- Autovalores y autofunciones y operadores de subida y bajada.
- Momentum angular intrínseco o spin, matrices de Pauli y autoestados de spin $\frac{1}{2}$.
- Momentum angular total y adición de momentum angular.

- Coeficientes de Clebsch-Gordan.

LA ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER EN TRES DIMENSIONES

- Solución de la ecuación en coordenadas cartesianas.
- Partícula libre en coordenadas esféricas y expansión en ondas esféricas.
- Partícula en un potencial central y el átomo hidrogenoide: potencial efectivo, solución angular, solución radial, autofunciones.

MÉTODOS DE APROXIMACIÓN

- Teoría de perturbaciones independiente del tiempo: caso no degenerado y caso degenerado.
- El método variacional.
- La aproximación Wentzel-Kramers-Brillouin (WKB).
- Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo: formalismo general.
- Casos de estudio: hamiltoniano independiente del tiempo, perturbación periódica, perturbación adiabática y perturbación súbita.

TEMAS ESPECIALES Y OPCIONALES

- Definidos a criterio de la persona docente

4. METODOLOGÍA

Durante el curso se emplea una metodología participativa. Las clases poseen exposiciones magistrales y realización de ejercicios. En las exposiciones magistrales la persona docente deberá dar definiciones, explicaciones teóricas y aplicaciones, empleando las diferentes herramientas matemáticas y de programación disponibles. Se motiva a la indagación de conceptos y al trabajo en grupo e individual.

5. EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiantado se podrá evaluar por medio de pruebas escritas, cuyos contenidos versarán sobre temas analizados previamente durante las lecciones, análisis de lecturas relacionadas con los contenidos, exámenes cortos, tareas de resolución analítica, tareas programadas (aplicación de métodos numéricos y lenguaje de programación) y exposiciones, etc. La composición nota final incluirá al menos tres tipos de instrumentos de evaluaciones distintos, siendo uno de ellos las tareas programadas.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. B. H. Bransden y C. J. Joachain, **Quantum Mechanics**, 2ª Edición (Pearson Education Ltd., Harlow, Reino Unido, 2000).
2. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu y F. Laloë, **Quantum Mechanics, Vol. 1: Basic Concepts, Tools, and Applications**, 2ª Edición (Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., Weinheim, Alemania, 2019).
3. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu y F. Laloë, **Quantum Mechanics, Vol. 2: Angular Momentum, Spin, and Approximation Methods**, 2ª Edición (Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., Weinheim, Alemania, 2019).
4. D. J. Griffiths y D. F. Schroeter, **Introduction to Quantum Mechanics**, 3ª Edición (Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2018).
5. J. J. Sakurai y J. Napolitano, **Modern Quantum Mechanics**, 3ª Edición (Cambridge University Press, Reino Unido, 2021).
6. K. Konishi y G. Paffuti, **Quantum Mechanics, A New Introduction** (Oxford University Press, Reino Unido, 2009).
7. N. Zettili, **Quantum Mechanics, Concepts and Applications**, 3ª Edición (John Wiley & Sons, Reino Unido, 2022).

Aprobado mediante la resolución de vicerrectoría de docencia VD-12824-2023. Rige a partir del I ciclo 2024.