

II. PROPÓSITO GENERAL DEL CURSO

El curso de *Física Cuántica* es una introducción a la mecánica cuántica no-relativista, en donde se discute el desarrollo de la formulación teórica de la física microscópica, así como sus aplicaciones en sistemas naturales y artificiales. Este curso provee las bases para que el alumno pueda introducirse al estudio teórico y experimental de teorías avanzadas como la Física de la Materia Condensada, y la Física de Nanoestructuras, entre otras. El curso permite que el alumno adquiera una disciplina en la elaboración de modelos y simulación de fenómenos microscópicos, para la solución de problemas en los ámbitos de la investigación, la docencia, la industria y el desarrollo tecnológico.

El curso de *Física Cuántica* es una materia que pertenece a la etapa disciplinaria, y para cursarla son necesarias las materias de También es un requisito para cursar las materia obligatorias de Mecánica Cuántica y Física de la Materia Condensada, así como la materia optativa de Física de Nanoestructuras.

III. COMPETENCIA (S) DEL CURSO

El estudiante será capaz de explicar diversos procesos físicos naturales y artificiales en el contexto de la Física Microscópica, mediante el desarrollo de habilidades para plantear, analizar y resolver problemas típicos de física cuántica. Al contar con un conocimiento amplio de las propiedades microscópicas de la materia, el estudiante podrá proponer modelos que simulen (o describan) los fenómenos de naturaleza cuántica tanto en la física básica como en la aplicada.

IV. EVIDENCIA (S) DE DESEMPEÑO

- Exámenes parciales que permitan evaluar la capacidad para aplicar técnicas de solución de problemas típicos de mecánica cuántica que competen a las distintas unidades del curso. Modalidad: escrita.
- Examen trimestral y semestral de opción múltiple que permitan evaluar el grado de asimilación e integración de conceptos. Modalidad: escrita.
- Tareas semanales y exámenes para evaluar la disposición al trabajo, la responsabilidad y el compromiso con el curso. Modalidad:

escrita.

- Elaboración de resúmenes en forma individual y por equipo, de artículos de divulgación e investigación relacionados con temas de frontera en el área de la física microscópica, para tener un panorama actualizado del estado del arte de la disciplina. Modalidad: oral y escrita.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

Primera Unidad: Orígenes de la mecánica cuántica

Duración: 14 horas

Competencia: Se estudiarán los problemas físicos fundamentales y los experimentos que dieron lugar al desarrollo de una nueva teoría para describir el comportamiento de los microsistemas (átomos, cristales, moléculas): la mecánica cuántica. Se estudiarán nuevos conceptos físicos, como lo son los aspectos corpusculares de la radiación, los aspectos ondulatorios de la materia y la cuantización de la energía. Se analizará la evolución de los primeros modelos atómicos así como los conceptos matemáticos básicos para la descripción de sistemas simples.

Contenido

1. Radiación del cuerpo negro.
2. Teoría de Planck.
3. Comportamiento corpuscular de la radiación: Efecto Fotoeléctrico y Efecto Compton.
4. Comportamiento ondulatorio de la materia: ondas de De Broglie; dualidad onda-partícula; principio de incertidumbre; difracción de electrones.

5. Bohr y la Mecánica Cuántica primitiva: Modelos clásicos del átomo; modelo de Rutherford; leyes de Balmer y de Rydberg; modelo de Bohr; postulados de cuantización de Wilson y Sommerfeld; el principio de correspondencia.

Segunda Unidad: Introducción a la mecánica cuántica

Duración: 20 horas

Competencia: El estudiante analizará el concepto de función de onda y su interpretación probabilística. Estudiar las soluciones de la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo para potenciales unidimensionales típicos que involucran potenciales rectangulares (barreras y pozos). Estudiar las propiedades de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo para la evolución de una partícula libre, y paquetes de onda Gaussianos.

Contenido

1. Ecuación de Schrödinger independiente del tiempo.
2. Interpretación probabilística: Funciones de onda y la interpretación de Born.
3. Estados y observables en mecánica cuántica.
4. Valores esperados.
5. La cuantización como un problema de valores propios: cuantización de la energía.
6. Ortogonalidad de las eigenfunciones de la ecuación de Schrödinger.
7. Pozo de potencial rectangular infinito.

8. Ecuación Schrödinger dependiente del tiempo: solución para la partícula libre; superposición de ondas planas; evolución temporal del paquete Gaussiano.

Tercera Unidad: Sistemas unidimensionales

Duración: 18 horas

Competencia: El alumno será capaz de resolver problemas mediante la solución de la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo para potenciales unidimensionales típicos como el oscilador armónico, la barrera de potencial y sistemas de barrera múltiple. Con base en el conocimiento de las propiedades físicas y matemáticas de las soluciones de la ecuación de Schrödinger, el alumno será capaz de proponer soluciones de problemas que involucren potenciales con geometrías más complejas. Los conocimientos y habilidades adquiridas por el estudiante en la presente unidad, le permitirán explicar el fenómeno de tunelaje cuántico a través de una barrera de potencial, fenómeno que constituye uno de los paradigmas de la física cuántica.

Contenido

1. Propiedades generales de las soluciones de la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Estados ligados y no-ligados.
2. El oscilador armónico: espectro discreto del oscilador armónico; energía del punto cero.
3. Ecuación de continuidad para la densidad de probabilidad: corriente de probabilidad.
4. Coeficientes de reflexión y transmisión.
5. Escalón rectangular.
6. Barrera rectangular: efecto túnel; decaimiento radiactivo.

7. Pozo rectangular: soluciones pares e impares; condición para la existencia de estados ligados; transmisión resonante.
8. Doble pozo simétrico rectangular: descomposición de niveles en pozos múltiples; caso del pozo doble; principio del máser, del láser y de los relojes atómicos.

Cuarta Unidad: El átomo de hidrógeno

Duración: 20 horas

Competencia: El alumno comprenderá que desde el punto de vista histórico la mecánica cuántica fue introducida para explicar las propiedades atómicas (en particular aquellas de átomos simples, como el hidrógeno), en donde las teorías clásicas ya no resultaban apropiadas. Las sorprendentes coincidencias entre las predicciones de la mecánica cuántica y las observaciones experimentales constituyen uno de los más espectaculares hechos en esta área de la física. El alumno estudiará la teoría cuántica del átomo de hidrógeno utilizando el método de separación de variables para resolver la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Analizará la densidad de probabilidad electrónica, así como los números cuánticos, orbital, principal y magnético, y los utilizará para entender los estados atómicos del hidrógeno.

Contenido

1. La ecuación de Schrodinger para el átomo de hidrógeno.

2. Separación de variables.
3. Eigenvalores; números cuánticos principal, orbital y magnético.
4. El efecto Zeeman normal.
5. Eigenfunciones y densidad de probabilidad.
6. Transiciones radiactivas.
7. Reglas de selección.

Quinta Unidad: Moléculas

Duración: 12 horas

Competencia: El estudiante aplicará las herramientas básicas de la mecánica cuántica para estudiar las propiedades básicas de los distintos tipos de enlaces moleculares, así como los niveles de energía vibracionales y rotacionales.

Contenido

1. Moléculas diatómicas.
2. Orbitales moleculares.
3. Estados de rotación y de vibración.
4. Transiciones entre niveles moleculares.

Sexta Unidad: Núcleos

Duración: 12 horas

Competencia: Se estudiarán las propiedades generales de los núcleos atómicos, las energías de enlace y los distintos modelos del núcleo como lo son los modelos de la gota líquida y el modelo de capas. Se estudiarán algunos conceptos básicos acerca de la teoría de desintegración radiactiva.

Contenido

1. Propiedades generales.
2. Fórmulas de masa.
3. Energía de enlace.
4. El deuterón.
5. Los estados de triplete y de singulete.
6. Modelos nucleares: modelo de la gota líquida; modelo de capas.
7. Desintegración radiactiva: desintegración alfa, beta, beta inversa, y gama.
8. Fisión nuclear.

VII. METODOLOGÍA DE TRABAJO

▪ Del maestro:

- Discutirá en clase, a manera de encuadre, el marco histórico, científico y cultural en el que se formularon las teorías y experimentos más representativos de cada unidad, así como de los avances más recientes en la disciplina con la finalidad de brindarle al alumno un panorama actualizado de la mecánica cuántica.
- Explicará, desarrollará y aplicará en clase las técnicas para la resolución de problemas típicos de mecánica cuántica.
- Fomentará la participación activa en el aula, tanto en la resolución de problemas, como en la discusión de conceptos.
- Proporcionará tareas para resolver fuera del salón de clases, que consistirán en un conjunto de problemas cuya solución involucre la aplicación de las técnicas aprendidas en el aula, y reafirmen los conceptos discutidos en clase.
- Fomentará la disciplina, la responsabilidad y la honestidad en el trabajo individual y en equipo.
- Utilizará animaciones computacionales y paquetes de resolución numérica para ilustrar diversos aspectos relacionados con la mecánica cuántica.

○

▪ Del alumno:

- Aplicará, dentro y fuera del aula, los conceptos y las técnicas aprendidas para la resolución de problemas de mecánica cuántica.
- Desarrollará la disciplina, la responsabilidad y la honestidad en el trabajo individual y en equipo.
- El alumno participará activamente, tanto dentro como fuera del aula, en la discusión de los conceptos de mecánica cuántica.
- El alumno desarrollará gradualmente un panorama amplio del estado actual de la disciplina, mediante la lectura y discusión (fuera y dentro del aula) de artículos de divulgación y de investigación científica.
- Utilizará animaciones computacionales y paquetes de resolución numérica para estudiar y resolver problemas relacionados con diversos aspectos de la mecánica cuántica.

VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- **Criterio de acreditación:** Se requiere un mínimo de un 80% de asistencia. La calificación mínima aprobatoria es 6 (seis).
- **Criterio de calificación:**
 - Exámenes parciales: 50%.
 - Exámenes semanales: 20%.
 - Examen trimestral: 10 %.
 - Examen semestral: 10%.
 - Elaboración de resúmenes y presentación oral: 5%.
 - Tareas basadas en animaciones computacionales y paquetes de resolución numérica: 5%.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Básica

Complementaria

- R. Eisberg y Resnick, *Física Cuántica*, Editorial Limusa (1993).
- L. De la Peña, *Introducción a la Mecánica Cuántica*. Editorial Científica Universitaria, UNAM, Fondo de Cultura Económica, 2nda ed. (1991).
- A. Beiser, *Conceptos de Física Moderna*, McGraw-Hill 2nda ed. (1988).
- C.-Tannoudji, B. Din and L. Laöle. *Quantum Mechanics* Vols. 1-2, Wiley & Sons (1992).

TEXTOS CON ANIMACIONES COMPUTACIONALES INTERACTIVAS:

- S. Brandt, H. S. Dahmen y T. Stroh, *Interactive Quantum Mechanics (with CD-ROM)*, Springer-Verlag New York, Inc. (2003).
- B. Thaller, *Visual Quantum Mechanics: Selected Topics with Computer-Generated Animations of Quantum-Mechanical Phenomena (with CD-ROM)*, Springer-Verlag (2002).

- W. Greiner, *Quantum Mechanics, an Introduction*, 4th edition, Springer-Verlag (2000).
- R. L. Liboff, *Introductory Quantum Mechanics*, 2nd edition, Addison Wesley (1992).
- M. A. Morrison, *Understanding Quantum Physics: a user's manual*, Prentice Hall (1990).
- R. Feynman, Leighton, and M. Sands. *The Feynman Lectures of Physics, Vol. III*. Addison-Wesley (1965).