

PROGRAMA DE CURSO MECÁNICA CUÁNTICA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Física (DFI)					
Nombre del curso	Mecánica Cuántica	Código	FI4001	Créditos	9	
Nombre del curso en inglés	<i>Quantum mechanics</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	4,5	Trabajo personal	7,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	FI3002: Métodos matemáticos de la física, FI3102: Física Moderna, FI3111: Mecánica clásica					

B. Propósito del curso:

La descripción de procesos físicos a escala atómica requiere de un marco teórico. En el contexto de la mecánica cuántica, tanto la luz como la materia muestran un comportamiento dual (se comportan como ondas y como partículas). Tales conceptos, contrapuestos a los utilizados en la física clásica, son particularmente relevantes en sistemas físicos de escala energético-temporal comparables con la constante de Planck y forman las bases de nuestra comprensión de una diversidad de fenómenos. La mecánica cuántica es hoy una de las teorías más probadas y también una de las más desafiantes para nuestra intuición.

El curso Mecánica Cuántica tiene como finalidad que los y las estudiantes sean capaces de analizar los postulados de la mecánica cuántica no-relativista, aplicando herramientas formales y conceptuales para el estudio de sistemas cuyo comportamiento es cuántico, en problemas de diversa complejidad.

Se trabaja con una metodología activo – participativa donde el estudiante se acerca a las temáticas de estudios a partir del planteamiento de problemas que son analizados de manera rigurosa, siendo el o la docente un mediador que corrige, discute, socializa con sus estudiantes las reflexiones que surgen de las materias de estudio.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Aplicar los conceptos básicos de la física para la descripción y modelamiento de fenómenos en las diversas áreas de la disciplina.

CE2: Formular y resolver ecuaciones que permiten describir y predecir el comportamiento de sistemas físicos, utilizando herramientas matemáticas y/o numéricas.

CE3: Discriminar límites de aplicabilidad de las distintas teorías de la física.

CE7: Manejar programas que permiten resolver problemas de forma numérica, y visualizar resultados en el contexto experimental y teórico.

CG1: Comunicación académica y profesional

Leer de manera comprensiva, analítica y crítica en español. Asimismo, expresar de forma eficaz, clara, precisa e informada sus ideas, opiniones e indagaciones, adecuándose a diversas situaciones comunicativas académicas y profesionales, tanto en lo oral como en lo escrito.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE3	RA1: Compara la mecánica clásica y cuántica, reconociendo sus diferencias fundamentales y consecuencias conceptuales, valiéndose de estimaciones de magnitudes físicas características, para discriminar la aplicabilidad de la teoría cuántica a fenómenos que involucran electrones, luz, etc.
CE1, CE2, CE3, CE7	RA2: Aplica los principios de la mecánica cuántica e identifica las variables relevantes de un sistema físico, a fin de calcular y visualizar las probabilidades asociadas al resultado de la medición de cantidades físicas.
CE1, CE2, CE7	RA3: Utiliza la notación de Dirac en la representación abstracta de sistemas cuánticos a fin de poder describirlos y cuantificarlos, explotando el uso de simetrías cuando sea posible.
CE1, CE2, CE3	RA4: Utiliza métodos perturbativos y/o variacionales para obtener respuestas aproximadas, en el contexto de análisis de diferentes fenómenos y sistemas donde la mecánica cuántica es aplicable.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Produce párrafos de carácter explicativo-argumentativo que den cuenta de una reflexión lógica acerca de las diferencias entre sus aprendizajes o preconceptos de la física clásica y las predicciones de la mecánica cuántica, considerando precisión en el uso de términos y un razonamiento claro en la transmisión del mensaje.

CG3	RA6: Respeta y acepta las ideas divergentes, considerando como base la honestidad respecto de la propia comprensión de un fenómeno.
-----	---

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Hitos conducentes a la mecánica cuántica	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. El estado de la física hacia fin de 1800 e inicios de 1900. Hitos conducentes a la mecánica cuántica: 1.1.1. Radiación de cuerpo negro e hipótesis de Planck. 1.1.2. Efecto fotoeléctrico y efecto Compton. 1.1.3. Hipótesis de de Broglie.		El/la estudiante: 1. Estima numéricamente magnitudes asociadas a fenómenos o sistemas cuánticos, a partir de problemas de diversa complejidad. 2. Analiza y determina la necesidad de una nueva teoría para explicar en forma escrita diversos experimentos disponibles a finales de 1800 e inicios de 1900, considerando los hitos científicos que permiten el desarrollo de la mecánica cuántica.	
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulo 3. [2] Capítulo 1 y complemento A ₁ . [4] Capítulo I.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3	Mecánica Cuántica 'a la Dirac'	4,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Espacios vectoriales, notación de 'bra' y 'ket' de Dirac. Ecuaciones de valores propios (autovalores y autovectores).</p> <p>2.2. Representaciones de momentum y coordenadas.</p> <p>2.3. Postulados de la Mecánica Cuántica (interpretación de Copenhagen). Observables compatibles e incompatibles. Relaciones de incerteza. Ecuación de Schrödinger. Perspectiva histórica, conexión con la formulación matricial de Heisenberg y la formulación ondulatoria de Schrödinger.</p> <p>2.4. Oscilador armónico: solución en representación de energía. Operadores de subida y bajada. Valores de expectación.</p> <p>2.5. Transformaciones unitarias. Operador de evolución temporal, desplazamiento y 'boost'. Cuadros de Schrödinger y Heisenberg.</p> <p>2.6. Contacto con la mecánica clásica: teorema de Ehrenfest y ecuaciones de Hamilton-Jacobi.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modela sistemas simples mediante el planteamiento de ecuaciones de autovalores, utilizando la notación de Dirac. 2. Analiza la importancia de la notación de Dirac como una formulación independiente de las representaciones. 3. Obtiene autofunciones (bases) asociadas a diferentes operadores hermitianos. 4. Resuelve el oscilador armónico, utilizando operadores de subida y bajada. 5. Resuelve la dinámica de sistemas cuánticos simples. 6. Redacta argumentos lógicos acerca de los postulados de la mecánica cuántica, sus consecuencias y las diferencias con la física clásica, usando un lenguaje formal, claro, y preciso. 	
Bibliografía de la unidad		<p>[1] Capítulos 1 y 4. [2] Capítulos 2 y 3. [3] Capítulos 1 y 2.</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3	Simetrías y sus consecuencias	1,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Simetría de traslación espacial.		El/la estudiante: 1. Utiliza los conceptos de traslación espacial, traslación temporal, y reversión temporal expresados en términos de operadores. 2. Decide si un sistema dado es invariante antes estas operaciones y, de serlo, es capaz de concluir sobre sus consecuencias/leyes de conservación.	
3.2. Simetría de traslación temporal.			
3.3. Paridad.			
3.4. Simetría de reversión temporal.			
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulo 11. [3] Capítulo 4. [4] Capítulo XV.	
Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3	Invariancia de rotación y momentum angular	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Rotaciones en dos dimensiones, problema de autovalores para L_z .		El/la estudiante: 1. Utiliza el álgebra asociada al momentum angular, obtiene sus autovalores y autofunciones. 2. Reconoce la posibilidad de la existencia de valores cuantizados en múltiplos semienteros de \hbar del momento angular asociados a grados de libertad internos. 3. Obtiene autofunciones asociadas al momentum angular orbital y las utiliza en la resolución de problemas con simetría de rotación.	
4.2. Momento angular en tres dimensiones, problema de autovalores para L^2 y L_z . Momento angular total y momento angular orbital.			
4.3. Solución de problemas con simetría de rotación.			
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulo 12. [2] Capítulo 6. [3] Capítulo 3.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA3, RA4	Aplicaciones especiales	3,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. El átomo de hidrógeno. 5.2. Niveles de Landau. 5.3 Principio variacional. 5.4. Teoría de perturbaciones, independiente del tiempo.		El/la estudiante: 1. Obtiene el espectro y las autofunciones del átomo de hidrógeno. 2. Resuelve el problema de una carga sin espín en presencia de un campo magnético. 3. Aplica el método variacional a sistemas simples. 4. Utiliza la teoría de perturbaciones para obtener correcciones a soluciones conocidas.	
Bibliografía de la unidad		[1] Cap. 13, 16 y 17. [2] Capítulo 7 y complemento E-6. [3] Sección 3.7 Capítulo 5.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA1, RA2, RA3	Sistemas compuestos	1,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Sistemas con N grados de libertad. 6.1.1.N partículas en una dimensión. 6.1.2.N partículas en más dimensiones. 6.2.Partículas idénticas: bosones y fermiones. 6.3. Estados entrelazados. 6.4. Desigualdades de Bell.		El/la estudiante: 1. Utiliza abstracciones matemáticas adecuadas para describir sistemas con N grados de libertad. 2. Establece las diferencias entre sistemas de partículas clásicas, y de partículas cuánticas (bosones y fermiones). 3. Comprende las consecuencias del fenómeno del entrelazamiento en la naturaleza de las correlaciones cuánticas y la incompatibilidad con el realismo local.	
Bibliografía de la unidad		[1] capítulo 10. [3] Sección 3.10. [5] Secciones 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3.	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera una serie de estrategias entre las que se pueden mencionar:

- Clase expositiva.
- Resolución de problemas.

F. Estrategias de evaluación:

Al inicio del semestre, el cuerpo docente debe informar sobre las evaluaciones correspondientes, considerando cantidad, tipo, fechas y ponderaciones asociadas.

Para esta propuesta, se considerarán las siguientes instancias de evaluación:

- Controles.
- Tareas.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Principles of Quantum Mechanics, R. Shankar (Springer, 2nd edition, 1994).
- [2] Quantum Mechanics (Vol 1), Claude Cohen-Tannoudji, et al. (Wiley-Interscience, 2nd edition 2019).
- [3] Modern Quantum Mechanics, J. J. Sakurai and J. Napolitano (Cambridge University Press, 3rd edition, 2020).
- [4] Quantum Mechanics (2 Vols), Albert Messiah, (North Holland; 12th edition, 1981).
- [5] Quantum Theory: Concepts and Methods, A. Peres (Kluwer Academic Publishers, 1995).

Bibliografía Complementaria:

- [6] Quantum Physics, Stephen Gasiorowicz, (Wiley; 3 edition, 2003).
- [7] Quantum Mechanics: A Modern Development, Leslie E. Ballentine (World Scientific Publ. Co., 1998).
- [8] Quantum Mechanics, P. J. E. Peebles (Princeton Univ. Press, 1992)
- [9] The Principles of Quantum Mechanics, P. A. M. Dirac (Oxford Univ. Press; 4 Ed., 1982).
- [10] Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory, Vol. 3, E M Lifshitz, L D Landau (Butterworth-Heinemann; 3 edition, 1981).
- [11] The physics of quantum mechanics, J. Binney, D. Skinner (Oxford University Press, 2013).

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2021
Elaborado por:	Luis Foa Torres
Validado por:	Validación académico par: Carla Hermann, Rodrigo Arias, Álvaro Núñez Validación CTD del Departamento de Física
Revisado por:	Área de Gestión Curricular