

IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Unidad académica: Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas.							
Plan de estudios: Licenciatura en Física y Matemáticas							
Unidad de aprendizaje: Mecánica cuántica avanzada				Ciclo de formación: Profesional y Especializado Eje general de formación: Generación y aplicación del conocimiento Semestre: 6° al 9°			
Elaborada por: Dr. Alejandro Ramírez Solís, Dr. Markus Mueller Bender				Fecha de elaboración: Marzo, 2021			
Clave:	Horas teóricas	Horas prácticas:	Horas totales	Créditos:	Tipo de unidad de aprendizaje	Carácter de la unidad de aprendizaje:	Modalidad:
	3	2	5	8	Optativa	Teórica-Práctica	Escolarizada
Programa Educativo en el que se imparte: Licenciatura en Física y Matemáticas del Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas.							

ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

<p>Presentación: Este es una segunda unidad de aprendizaje que cubre los temas que, por la extensión del contenido básico de la Mecánica Cuántica, no fueron cubiertos en la primera unidad de aprendizaje introductoria. Se supone que el alumnado ya maneja adecuadamente los conceptos fundamentales de la mecánica cuántica y que, con el conocimiento de las ideas básicas abordará temas y métodos más avanzados que les servirán para la resolución de problemas reales como, por ejemplo, aquellos relacionados con la estructura electrónica de átomos, moléculas y sólidos. Un tema particularmente importante es el tratamiento cuántico de la interacción radiación-materia, tema que será abordado una vez que se cuente con las herramientas teóricas necesarias adquiridas durante la unidad de aprendizaje. Se introducirá la teoría de dispersión en sus versiones de Born y de ondas parciales. Finalmente se dedica un par de semanas a temas elegidos por el Profesorado en los cuales se aplicarán los conocimientos y métodos expuestos a lo largo de la unidad de aprendizaje.</p>
<p>Propósito: Distinga y aplique los conceptos fundamentales de la teoría de sistemas de partículas idénticas, bosones y fermiones, así como la teoría básica del espín, del acoplamiento de momentos angulares y de los métodos más importantes para la resolución de la ecuación de Schrödinger, al término de la unidad de aprendizaje, mediante el uso del método variacional y la teoría de perturbaciones, tanto en su versión independiente como la dependiente del tiempo, para ser aplicados a la estructura electrónica de moléculas y átomos que le permitirá abordar problemas y encontrar soluciones a fenómenos asociados a la interacción radiación con materia con compromiso con la calidad y ética.</p>
Competencias que contribuyen al perfil de egreso.
Competencias genéricas:
<p>CG4. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. CG11. Habilidades para buscar, procesar y analizar información. CG16. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. CG20. Conocimiento sobre el área de estudio y la profesión. CG32. Compromiso con la calidad. CG33. Compromiso ético.</p>
Competencias específicas:

CE1. Plantea y analiza problemas físicos, tanto teóricos como experimentales, utilizando métodos analíticos, experimentales o numéricos, para encontrar soluciones e interpretarlas en sus contextos originales con eficiencia, funcionalidad y creatividad.

CE 4. Aplica competencias, conocimientos y habilidades en Física y Matemáticas, mediante la solución innovadora a problemas planteados en el sector público, privado o social, con la finalidad de fortalecer el desarrollo científico y tecnológico del país, con actitudes y valores que les permitan ser agentes de cambio.

CE 5. Posee conocimientos, habilidades, valores y actitudes requeridos en investigación inter y multidisciplinaria de las ciencias básicas y aplicadas, mediante el análisis, intercambio y producción de información entre grupos académicos de diferentes campos disciplinares que involucren a la física y la matemática, para contribuir científicamente en equipos de investigación con un sentido de trabajo colaborativo y profesional.

CE 7. Comunica asertivamente conceptos, objetivos, métodos y resultados del lenguaje científico, mediante la comunicación oral y escrita, para presentar propuestas y proyectos de manera eficaz, funcional y aplicable.

CONTENIDOS

Bloques:	Temas:
I. Teoría del espín.	1.1 Experimento de Stern-Gerlach (SG). 1.2 Acoplamiento de varios SG. 1.3 Operadores de espín y su formulación matricial. 1.4 Matrices de Pauli. 1.5 El SG generalizado y sus eigenvectores. 1.6 Momento magnético inducido. 1.7 Polarización de espín.
II. Acoplamiento de momentos angulares.	3.1 Deducción de los coeficientes de Clebsch-Gordan. 3.2 Acoplamiento de momentos angulares orbitales, acoplamiento de dos espines. 3.3 Eigenvalores y eigenvectores acoplados para ejemplos prácticos. 3.4 El acoplamiento Espín-Órbita y aplicaciones a algunos casos atómicos. 3.5 Conceptos básicos del acoplamiento JJ vs. LS
III. Teoría de Perturbaciones independientes del tiempo.	4.1 Formulación de la teoría y los límites de validez. 4.2 Aplicaciones: El oscilador armónico perturbado
IV. Teoría de Perturbaciones dependientes del tiempo.	4.1 Formulación del problema, probabilidades de transición, la regla de oro de Fermi, interacción radiación-materia, aplicaciones a un láser.
V. El método WKB, el límite cuasiclásico.	5.1 El límite $\hbar \rightarrow 0$ 5.2 El método WKB, puntos de regreso clásico 5.3 El método de Langer

	5.4 Cuantización de la integral de fase
VI. Sistemas de Muchas Partículas.	<p>6.1 Espacio de Hilbert para muchas partículas, observables en el espacio producto.</p> <p>6.2 Sistemas de Partículas Idénticas: Operador de permutación, estados observables, espacio de Hilbert de N partículas indistinguibles.</p> <p>6.3 Bosones y fermiones: construcción explícita de soluciones simétricas y antisimétricas, determinante de Slater, representación con el operador del número de ocupación, principio de Pauli.</p> <p>6.4 Segunda Cuantización: Operadores de aniquilación y creación sus conmutadores en el caso de bosones y fermiones, operadores en la segunda cuantización.</p> <p>6.5 Aplicaciones: Teoría de Hartree, teoría de Hartree-Fock, la molécula H₂, el átomo de helio.</p>
VII. El método Variacional.	<p>7.1 Formulación general y el ansatz variacional lineal.</p> <p>7.2 Aplicación al átomo de Helio.</p>
VIII. Teoría de Dispersión.	<p>8.1 Conceptos Básicos: Formulación del problema, densidad de corriente, la forma de la onda dispersada, la sección transversal diferencial.</p> <p>8.2 La aproximación de Born: función de Green, serie de Born.</p> <p>8.3 Método de Ondas Parciales: partición en ondas parciales, fases de dispersión, el teorema óptico.</p> <p>8.4 Aplicaciones: Dispersión por una esfera rígida. Cálculo de la sección transversal, límites $kR \ll 1$ y $kR \gg 1$,</p> <p>8.5 Dispersión de partículas lentas en un pozo de potencial, resonancias, dispersión s en un pozo de potencial. Ejemplos.</p>
IX. Tópicos opcionales.	<p>9.1. Introducción a la Mecánica Cuántica Relativista.</p> <p>9.2. Introducción a la Física de Estado Sólido.</p> <p>9.3. Introducción a la Física Molecular.</p> <p>9.4. Introducción a la Electrodinámica Cuántica u otros tópicos relacionados con la Mecánica Cuántica.</p>

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

Estrategias de aprendizaje sugeridas (Marque X)			
Aprendizaje basado en problemas	(X)	Nemotecnia	()
Estudios de caso	(X)	Análisis de textos	()
Trabajo colaborativo	(X)	Seminarios	()

Plenaria	()	Debate	()
Ensayo	()	Taller	()
Mapas conceptuales	()	Ponencia científica	()
Diseño de proyectos	()	Elaboración de síntesis	()
Mapa mental	()	Monografía	()
Práctica reflexiva	()	Reporte de lectura	()
Trípticos	()	Exposición oral	(X)
Otros			
Estrategias de enseñanza sugeridas (Marque X)			
Presentación oral (conferencia o exposición) por parte del profesorado	(X)	Experimentación (prácticas)	()
Debate o Panel	()	Trabajos de investigación documental	(X)
Lectura comentada	()	Anteproyectos de investigación	()
Seminario de investigación	()	Discusión guiada	()
Estudio de Casos	(X)	Organizadores gráficos (Diagramas, etc.)	()
Foro	()	Actividad focal	()
Demostraciones	(X)	Analogías	()
Ejercicios prácticos (series de problemas)	(X)	Método de proyectos	()
Interacción la realidad (a través de videos, fotografías, dibujos y software especialmente diseñado).	(X)	Actividades generadoras de información previa	()
Organizadores previos	()	Exploración de la web	(X)
Archivo	()	Portafolio de evidencias	()
Ambiente virtual (foros, chat, correos, ligas a otros sitios web, otros)	()	Enunciado de objetivo o intenciones	()
Otra, especifique (lluvia de ideas, mesa redonda, textos programados, cine, teatro, juego de roles, experiencia estructurada, diario reflexivo, entre otras):			

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios sugeridos	Porcentaje
<ul style="list-style-type: none"> • Exámenes parciales • Examen final • Participación en clase • Tareas 	35% 50% 5% 10%
Nota: Algunos de los instrumentos de evaluación que se pueden considerar son: Rúbricas, escalas de cotejo, escala estimativa, entre otros.	
Total	100%

PERFIL DEL PROFESORADO

Preferentemente con nivel Doctorado en Física, Matemáticas o área afín a la disciplina de la unidad de aprendizaje, que asegure un dominio integral de los saberes en su campo, es deseable que cuente con experiencia docente y en la generación y aplicación del conocimiento como ejercicio de su profesión.

REFERENCIAS

Básicas:

- De la Peña, Luis. (2006). Introducción a la Mecánica cuántica. Ed. Fondo de Cultura Económica. México.
- Gasiorowitz, S. (2003). Quantum physics. 3a edición. Ed. John Wiley & Sons. U.S.A.
- Feynman, R., Leighton and Sands, M. (2011). The Feynman lectures on physics Vol. III. Basic Books. U.S.A.

- Bohm, David. (1989). Quantum theory. Ed. Dover. U.S.A.

Complementarias:

- Cohen-Tannoudji, Diu, B. and Lalöe, F. (1992). Quantum mechanics Vol. I. Ed. John Wiley & Sons. U.S.A.
- Landau, L. D. y Lifschitz, E. M. (1981). Quantum mechanics non-relativistic theory. Butterworth-Heinemann. USA.
- Dicke, L. H. y Wittke, J. P. (1975). Introducción a la mecánica cuántica. Ed. Librería General. España.
- K. Kong Wan, Quantum Mechanics. Problems and Solutions, Jenny Stanford Publishing (2020).

Web:

Páginas de consulta y búsqueda de información.

- <https://aapt.scitation.org/journal/ajp>
- <https://iopscience.iop.org/journal/0143-0807>
- <https://rmf.smf.mx/ojs/rmf-e/index>
- <http://physicsworld.com>