



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)**



**Programa de la actividad académica**

<b>Clave</b>	<b>Semestre</b>	<b>Créditos</b> 8	<b>Campo de conocimiento</b> Física Cuántica, Atómica y Molecular	Mecánica Cuántica Avanzada	
<b>Modalidad</b>	<b>Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )</b>		<b>Tipo</b>	<b>T (X) P ( ) T/P ( )</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Obligatorio ( ) Optativo ( )</b>		<b>Horas</b>		
	<b>Obligatorio E (X) Optativo E ( )</b>				
<b>Duración del programa</b>		<b>semestral</b>	<b>Semana</b>	<b>Semestre</b>	
			<b>Teóricas 4</b>	<b>Teóricas 64</b>	
			<b>Prácticas 0</b>	<b>Prácticas 0</b>	
			<b>Total 4</b>	<b>Total 64</b>	

**Seriación**

**Ninguna ( )**

**Obligatoria ( )**

<b>Actividad académica anterior</b>	
<b>Actividad académica subsecuente</b>	
<b>Indicativa (x)</b>	
<b>Actividad académica anterior</b>	Mecánica Cuántica I
<b>Actividad académica subsecuente</b>	

**Objetivo general:**

Proporcionar al estudiante conocimientos avanzados de mecánica cuántica, revisando el formalismo matemático y los conceptos físicos necesarios para abordar problemas de actualidad en diversos subcampos de la mecánica cuántica, equilibrando los aspectos fundamentales, los ejemplos y las aplicaciones.

**Objetivos específicos:**

- Mostrar los conceptos más fundamentales de la dispersión en sistemas cuánticos, esclareciendo la forma integral, la aproximación en ondas parciales y la aproximación de Born.
- Proporcionar las herramientas básicas para describir estados cuánticos generales, en particular de sistemas compuestos, a través del formalismo de matriz densidad.

- Presentar algunos de los conceptos fundamentales detrás de las aplicaciones más modernas de la mecánica cuántica, introduciendo al estudiante al fenómeno de enredamiento y a nociones básicas de información cuántica.
- Identificar conceptos clave de la cuantización canónica e introducir el formalismo de segunda cuantización en sistemas bosónicos y fermiónicos.
- Mostrar los principios básicos de las ecuaciones cuánticas relativistas, así como sus consecuencias físicas en el contexto de los principios fundamentales de la mecánica cuántica.
- Presentar el formalismo de integral de camino como formulación alternativa de mecánica cuántica, así como introducción a formalismos de cuantización.

### Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	<b>Teoría de dispersión</b>	12.5	0
2	<b>Matriz densidad</b>	12.5	0
3	<b>Segunda cuantización</b>	12.5	0
4	<b>Ecuaciones relativistas</b>	12.5	0
5	<b>Integrales de camino</b>	10	0
<b>Total</b>		<b>64</b>	<b>0</b>
<b>Suma total de horas</b>		<b>64</b>	

### Contenido Temático

	Tema y subtemas
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción con dispersión clásica</li> <li>- Dispersión cuántica y corrientes de probabilidad</li> <li>- Función de Green: Forma integral de la ecuación de Schrödinger</li> <li>- Aproximación en ondas parciales y potencial de dispersión</li> <li>- Ecuación de Lippman-Schwinger</li> <li>- Temas relacionados con dispersión cuántica</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción más general de un estado cuántico</li> <li>- Definición y propiedades de la matriz densidad</li> <li>- Estados puros y mezcla</li> <li>- Descomposición espectral y descomposiciones en ensambles</li> <li>- Valores medios y probabilidades a partir de la matriz densidad</li> <li>- Ecuación de Von-Neumann</li> <li>- Matriz densidad de sistemas de dos niveles</li> <li>- Sistemas cuánticos compuestos</li> <li>- Espacio de Hilbert producto</li> <li>- Matrices densidades reducidas</li> <li>- Evolución no unitaria</li> <li>- Enredamiento</li> <li>- Temas de Información cuántica</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de campos clásicos y formulación de paréntesis de Poisson</li> <li>- Cuantización canónica</li> <li>- Cuantización para Bosones y Fermiones: Espacio de Fock</li> <li>- Operadores y variables dinámicas</li> <li>- Teoría de perturbaciones en el esquema de segunda cuantización</li> <li>- Cuantización del campo electromagnético libre</li> <li>- Interacción átomo-campo: Decaimiento espontáneo, Radiación Cherenkov, Dispersión de luz por electrones libres</li> <li>- Cuantización del campo electromagnético con fuentes</li> <li>- Modelo de Jaynes-Cummings</li> </ul>

4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción a relatividad especial: transformaciones de Lorentz y notación tensorial</li> <li>- Ecuaciones relativistas: Klein-Gordon, Dirac, Proca, Rarita-Schwinger, DKP</li> <li>- Solución exacta de potenciales para la ecuación de Klein-Gordon y de Dirac</li> <li>- Interacciones con campos externos y potenciales</li> <li>- La paradoja de Klein y Zitterbewegung</li> <li>- Transformación de Foldy–Wouthuysen</li> <li>- Límite no-relativista y la ecuación de Pauli</li> <li>- Temas relacionados con mecánica cuántica relativista</li> </ul>		
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operador unitario y expansión de Dyson</li> <li>- Relación de Baker-Campbell-Hausdorff y foliados temporales</li> <li>- Kernel y la acción cuántica</li> <li>- Propiedades de la integral de camino: Espacio de configuraciones y momentos</li> <li>- Solución de la partícula libre y el oscilador armónico</li> <li>- Generalización para varias dimensiones</li> <li>- Rotación de Wick, matriz densidad y mecánica estadística</li> <li>- Segunda cuantización con integrales de camino</li> <li>- Cuantización: Electrodinámica escalar, electrodinámica no-relativista, electrodinámica relativista, teorías no-abelianas.</li> </ul>		
Estrategias didácticas	<b>Evaluación del aprendizaje</b>		
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	
<b>Línea de investigación:</b>			
<b>Perfil profesiográfico</b>			
Grado			
Experiencia docente			
Otra característica			
<b>Bibliografía básica:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- M. Le Bellac; <i>Quantum Physics</i>, Cambridge University Press, 2011.</li> <li>- M. O. Scully, M. S. Zubairy; <i>Quantum Optics</i>, Cambridge University Press, 1997.</li> <li>- M. A. Nielsen, I. L. Chuang; <i>Quantum Computation and Quantum Information</i>, Cambridge University Press, 2011.</li> <li>- K. Blum; <i>Density Matrix: Theory and Applications</i>, Springer Berlin Heidelberg, 2012.</li> <li>- R. Dick; <i>Advanced Quantum Mechanics: Materials and Photons</i>, Springer-Verlag, 2016.</li> <li>- W. Greiner; <i>Quantum Mechanics: Special Chapters</i>, Springer Science &amp; Business Media, 2001.</li> <li>- W. Greiner; <i>Relativistic Quantum Mechanics: Wave Equations</i>, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000.</li> <li>- P. Strange; <i>Relativistic Quantum Mechanics: With Applications in Condensed Matter and Atomic Physics</i>, Cambridge University Press, 1998.</li> <li>- H. Kleinert; <i>Path Integrals in Quantum Mechanics, Statistics, Polymer Physics, and Financial Markets</i>, World Scientific, 2009.</li> </ul>			

- H. J. W. Müller-Kirsten; *Introduction to Quantum Mechanics: Schrödinger Equation and Path Integral*, World Scientific, 2012.

**Bibliografia complementaria:**

- J. J. Sakurai, J. Napolitano; *Modern Quantum Mechanics*, Addison-Wesley, 2011.
- J. J. Sakurai; *Advanced Quantum Mechanics*, Pearson Education, Incorporated, 2006.
- L. I. Deych; *Advanced Undergraduate Quantum Mechanics: Methods and Applications*, Springer International Publishing, 2018.
- W. Greiner; *Field Quantization*, Springer Science & Business Media, 1996.
- E. G. Harris; *A Pedestrian Approach to Quantum Field Theory*, Courier Corporation, 2014.
- T. -Y. Wu and W. -Y. P. Hwang; *Relativistic Quantum Mechanics and Quantum Fields*, World Scientific, 1991.
- J. D. Bjorken and S.D. Drell; *Relativistic quantum mechanics*, McGraw-Hill, 1964.
- R. P. Feynman, A. R. Hibbs, D. F. Styer, *Quantum Mechanics and Path Integrals*, Courier Corporation, 2010.