

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
FI7026	Introducción a la óptica cuántica			
Nombre en Inglés				
Introductory quantum optics				
créditos	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
9	10	3	1.5	12
Requisitos			Carácter del Curso	
<p>Haber cursado Mecánica Cuántica de licenciatura en Física FI4001 (o equivalente de otras instituciones). Excepcionalmente se pueden aceptar estudiantes que estén cursando de forma paralela el curso de Mecánica Cuántica, entendiendo que la dificultad para ellos será mayor.</p>			<p>Electivo para licenciatura y para Postgrado.</p>	
Resultados de Aprendizaje				
<p>En este curso la comunidad estudiantil cuantizará y caracterizará el campo electromagnético desde su fundamento cuántico. Analizaremos sus formas de detección y la interacción radiación materia desde un punto de vista semi-clásico y cuántico. Se espera un análisis analítico de diferentes problemas, incluyendo un análisis físico detallado de la física detrás de cada desarrollo matemático, al mismo tiempo que su implementación y análisis numérico. Se espera que la discusión de las evaluaciones se puede hacer en grupo, pero que cada uno de forma individual entregue trabajos autónomos.</p>				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La propuesta metodológica buscará la participación de la comunidad estudiantil a través de las siguientes estrategias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas. • Solución de casos particulares. • Tareas en donde se deberán resolver diferentes problemas teóricos y numéricos, con un importante énfasis en la física detrás de cada uno. • Exposición de temas por parte del alumnado. 	<p>Tareas regulares teóricas y numéricas (50% de la nota total)</p> <p>Proyecto investigación final, incluyendo informe tipo formato artículo y presentación (50% de la nota total)</p> <p><u>Cada ítem de evaluación es de carácter obligatorio y para aprobar el curso se necesita sobre 4.0 en el promedio de cada ítem (promedio de tareas y nota del trabajo).</u></p>

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Trabajo de investigación (exposición e informe).• Clases auxiliares numéricas para aprender programación en óptica cuántica. | |
|---|--|

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Cuantización de campo electromagnético	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Introducción a la óptica cuántica: se hace una introducción formal al curso, se presentan los contenidos que veremos y sus formas de evaluación.</p> <p>2. Ecuación de onda del campo electromagnético: repaso de electrodinámica.</p> <p>3. Ecuación de onda para campo electromagnético libre y expresiones de campos y potencial vectorial.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se llega a la ecuación de onda del campo electromagnético libre, se encuentran las expresiones del campo eléctrico, magnético y del potencial vectorial, y se llega al Hamiltoniano del sistema antes de cuantizar. <p>4. Cuantización del campo electromagnético.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se cuantiza el campo electromagnético libre, se definen los operadores de campo, sus relaciones de conmutación y la expresión del Hamiltoniano del sistema. 	<p>La comunidad estudiantil:</p> <ol style="list-style-type: none"> Obtiene una idea global de los objetivos principales del curso y de lo que se espera que aprenda. Conoce además las formas de evaluación de este. A través de un repaso de Electrodinámica el alumno es capaz de llegar a la ecuación de onda del sistema que se está estudiando. Es capaz de llegar a la ecuación de onda en el espacio libre, así como también a las expresiones de los campos, del potencial vectorial, y del Hamiltoniano. Se prepara así para ver las grandes diferencias que emergen al momento de cuantizar el sistema. Obtiene herramientas para cuantizar el sistema y a través de ellas puede observar las diferencias entre un sistema clásico no cuantizado y uno cuantizado. 	<p>Ref 1. Introducción de libro Scully + capítulo 1 libro Knight + capítulo 1 libro Haroche & Raimond, Ref 2. Capítulo 1 de libro Scully, sección 1.1 y libro Knight, sección 2.1. Ref 3, Capítulo 2 libro Klimov. Ref 4, Capítulo 3, Orszag.</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Estados del campo electromagnético y Modelos de detección	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Estados del campo electromagnético.</p> <p>1.1 Estados de número</p> <p>1.2 Estados coherentes</p> <p>1.3 Estados comprimidos</p>	<p>La comunidad estudiantil:</p> <ol style="list-style-type: none"> Reconoce los diferentes estados del campo electromagnético que acaba de cuantizar. 	<p>Ref 1, Capítulos Scully: 1,2,4</p>

<p>1.4 Matriz densidad y ecuación maestra.</p> <p>2. Detección de fotones y funciones de coherencia cuánticas.</p> <p>3. Descripción cuántica del Beam Splitter.</p> <p>4. Interferómetros</p> <p>5. Modelos de detección de estados comprimidos.</p> <p>4.1 Detección directa</p> <p>4.2 Detección Homodina, normal y balanceada.</p>	<p>2. Se familiariza con las funciones de correlación que más adelante servirán para diferencias fenómenos cuánticos de clásicos.</p> <p>3. Aprende a tratar de forma cuántica uno de los elementos ópticos más ampliamente usados en el laboratorio.</p> <p>4. Con los conocimientos reportados hasta ahora, a cada estudiante se le asigna un tipo de interferómetro a estudiar que deberá ser presentado en clases.</p> <p>5. Aprende los diferentes tipos de detección que pueden tomar a lugar en el laboratorio.</p>	<p>Ref 2, Capitulos Knight 5, 6, 7 Ref 3, Capitulos 3, 4,5 ,6 Ref 4 Capitulo Barnett 3</p>
--	--	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Interacción radiación-materia	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Hamiltoniano de interacción átomo-campo</p> <p>2. Interacción semi-clásica átomo-campo</p> <p>3. Interacción átomo-campo cuantizados.</p> <p>3.1 Modelo de Jaynes & Cummings</p> <p>3.2 Colapsos y resurgimientos de la población atómica</p> <p>4. Modelo de Dicke</p> <p>4.1 Solución exacta para el caso de dos átomos.</p>	<p>La comunidad estudiantil:</p> <p>1. Derivará el Hamiltoniano de interacción de un átomo con un campo electromagnético.</p> <p>2. Estudiará la interacción entre un átomo de dos niveles y un campo de radiación clásico.</p> <p>3. Estudiará la interacción entre un átomo de dos niveles y un campo de radiación cuantizados.</p> <p>4. Estudiará el modelo de Dicke para el caso de dos átomos interactuando con un campo electromagnético clásico.</p> <p>5. Aprenderá el formalismo de Matriz densidad, lo aplicará al ejemplo de un átomo de dos niveles interactuando con un campo de radiación. Además, estudiará la formulación de la ecuación Master.</p>	<p>Ref 1, Capitulos Scully 5,6,7 Ref 2, Capitulo Knight 4 Ref 3, Capitulos Klimov 5 y 6. Ref 4, Capitulos Orszag 2, 8 Ref 5 Capitulo Barnett 2</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Trabajo de investigación	6
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1. Trabajo de investigación en óptica cuántica donde se aplican los contenidos vistos en clases.	La comunidad estudiantil: 1.- deberá ser capaz de estudiar un tema particular relacionado con los contenidos del ramo. Esto puede incluir el estudio de uno o más artículos de investigación, y puede estar relacionado al tema de tesis de postgrado si es que ya cuentan con uno definido. 2.- deberá ser capaz de reproducir cálculos de los artículos que estudie. 3.- deberá ser capaz de generar nuevo conocimiento y proponer temas a seguir con respecto al trabajo de investigación realizado.	Ref. 6

Bibliografía General
<p>(1) "Quantum Optics", Marlan O. Scully and M. Suhail Zubairy (Cambridge University Press, Cambridge, 1997).</p> <p>(2) "Introductory Quantum Optics" 1st Edition by Christopher Gerry and Peter Knight.</p> <p>(3) "Tópicos en óptica cuántica" A. B. Klimov y S.M. Chumakov, Universidad de Guadalajara, edición 2005.</p> <p>(4) "Quantum Optics", Miguel Orszag (Springer, 2016).</p> <p>(5) "Methods in Theoretical Quantum Optics", S.M. Barnett and P.M. Radmore (Oxford Scienza Publications, 2002).</p> <p>(6) The Elements of Style, Fourth Edition 4th Edition. William Strunk Jr., E.B. White, Roger Angell.</p>

Vigencia desde:	Mayo 2023
Elaborado por:	Carla Hermann Avigliano