

**ASIGNATURA DE ÓPTICA NO LINEAL**

<b>PROPÓSITO DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA</b>	El alumno desarrollará los formalismos requeridos para estudiar las interacciones no lineales de la luz y la materia, y familiarizar al estudiante con los efectos no lineales importantes.				
<b>CUATRIMESTRE</b>	CUARTO				
<b>TOTAL DE HORAS</b>	PRESENCIALES	NO PRESENCIALES	<b>HORAS POR SEMANA</b>	PRESENCIALES	NO PRESENCIALES
	75	15		5	1

UNIDADES DE APRENDIZAJE	HORAS DEL SABER		HORAS DEL SABER HACER		HORAS TOTALES	
	P	NP	P	NP	P	NP
I. Óptica lineal.	10	0	15	5	25	5
II. Óptica no lineal.	10	0	15	5	25	5
III. Efectos ópticos no lineales en fibras ópticas.	10	0	15	5	25	5
<b>TOTALES</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>15</b>	<b>75</b>	<b>15</b>

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

## COMPETENCIA A LA QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

De acuerdo con la metodología de diseño curricular de la DGUTyP, las competencias se desagregan en dos niveles de desempeño: Unidades de Competencias y Capacidades.

La presente asignatura contribuye al logro de la competencia y los niveles de desagregación descritos a continuación:

**COMPETENCIA:** Plantear, diseñar y modelar problemas relacionados a la formación de imágenes usando sistemas ópticos con base en los conocimientos básicos de óptica física y óptica geométrica.

UNIDADES DE COMPETENCIA	CAPACIDADES	CRITERIOS DE DESEMPEÑO
Conocer y manejar las bases de la óptica no lineal, en específico, los fenómenos de segundo y tercer orden. Además, controlar a voluntad estos fenómenos en especial en fibras ópticas	Conocer las diferencias entre la óptica lineal y la no lineal. Describir la ecuación de onda en óptica lineal y no lineal Conocer el origen de la susceptibilidad de segundo y tercer orden.	Caracterización de materiales a través de su susceptibilidad ya sea de primer, segundo o tercer orden, índice de refracción (lineal o no lineal).
	Conocer los fundamentos de los siguientes fenómenos ópticos no lineales como, por ejemplo: autoenfocamiento, absorción por dos fotones, automodulación de la fase, absorbedores saturables, mezclado de cuatro ondas.	Aprovechar los fenómenos ópticos no lineales generados por cristales o bien en fibras ópticas en el desarrollo de sistemas de radiación coherente sintonizables, bioimágenes, fuentes de luz blanca semicoherente, limitadores ópticos, materiales fotorrefractivos, generadores de THz, protocolos de análisis basados en efecto Raman, análisis de la estructura de la materia, entre otros.
	Aplicar la óptica no lineal como una herramienta para generar fenómenos ópticos no lineales de segundo y tercer orden y controlarlos a voluntad.	Determinar y analizar los fenómenos ópticos no lineales de tercer orden para su aplicación en fibras ópticas.

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

### UNIDADES DE APRENDIZAJE

<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE</b>	I. Óptica lineal.							
<b>PROPÓSITO ESPERADO</b>	El alumno comprenderá los conceptos básicos de la óptica lineal, las ecuaciones de Maxwell, polarización no lineal y estará familiarizado con la ecuación de onda.							
<b>HORAS TOTALES</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>HORAS DEL SABER</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>HORAS DEL SABER HACER</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>
	25	5		10	0		15	5

<b>TEMAS</b>	<b>SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL</b>	<b>SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA</b>
Introducción	Explicar la óptica lineal Describir las ecuaciones de Maxwell Definir el teorema de Poynting Explicar la intensidad e irradiancia de la luz Describir la polarización no lineal y su representación compleja Explicar el intercambio entre un campo y la polarización Definir las propiedades tensoriales de los materiales	Diferenciar la óptica lineal y la no lineal Comprender cada una de las ecuaciones de Maxwell	Analítico Proactivo Autónomo Responsable Ordenado Observador Disciplinado
Ecuación de onda	Definir las relaciones constitutivas para las amplitudes complejas Describir la ecuación de onda en materiales isotrópicos homogéneos Explicar la dispersión Describir la ecuación de onda en cristales	Obtener la ecuación de onda en medios LIH y en cristales partiendo de las ecuaciones de Maxwell Comprender el origen de la dispersión Obtener las ecuaciones de Fresnel	Analítico Proactivo Autónomo Responsable Ordenado Observador Disciplinado

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

	<p>Explicar las ecuaciones de Fresnel</p> <p>Definir las ondas-e y las ondas-o</p> <p>Definir el vector de Poynting Walk-off</p>		
--	--	--	--

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

PROCESO DE EVALUACIÓN		TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	ESPACIO DE FORMACIÓN			MATERIALES Y EQUIPOS
EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	INSTRUMENTO EVALUACIÓN		AU LA	TAL LER	OT RO	
Programas en software especializado que modelen los fenómenos ópticos estudiados.	Reportes de prácticas de laboratorio. Ejercicios prácticos. Proyecto.	Solución de problemas Modelado de fenómenos ópticos usando software especializado. Exposición Tareas de investigación Prácticas de laboratorio	X	X		Material y equipo de laboratorio. Pizarrón. Plumón. Material impreso. Software especializado. Computadora. Internet.

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE</b>	II. Óptica no lineal.							
<b>PROPÓSITO ESPERADO</b>	El alumno estará familiarizado con la susceptibilidad de segundo y tercer orden, conocerá los efectos ópticos de segundo y tercer orden.							
<b>HORAS TOTALES</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>HORAS DEL SABER</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>HORAS DEL SABER HACER</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>
	25	5		10	0		15	5

<b>TEMAS</b>	<b>SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL</b>	<b>SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA</b>
Introducción a la susceptibilidad no lineal	<p>Explicar la polarización no lineal y propagación de la luz</p> <p>Describir la expresión microscópica para el tensor de susceptibilidad no lineal</p> <p>Definir las permutaciones por simetría de la susceptibilidad</p> <p>Explicar la simetría estructural de la susceptibilidad y la simetría de inversión de la susceptibilidad</p> <p>Describir de la óptica no lineal por acoplamiento de ondas</p>	<p>Comprender cada uno de los conceptos mencionados en la columna anterior</p>	<p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p>
Efectos ópticos no lineales de segundo orden	<p>Explicar la generación de segundo armónico</p> <p>Definir los cristales uniaxiales y biaxiales</p> <p>Describir el empatamiento de fases del tipo I y II</p> <p>Explicar la entonación por temperatura y ángulo.</p>	<p>Comprender la generación del segundo armónico</p> <p>Realizar en el laboratorio la demostración de la generación del segundo armónico.</p> <p>Comprender el mezclado de tres ondas</p>	<p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p>

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

	<p>Describir las aplicaciones de la generación de segundo armónico en la medición de pulsos ultracortos</p> <p>Explicar el mezclado de tres ondas</p> <p>Describir la generación por adición y sustracción de frecuencias</p>		
Efectos Ópticos no lineales de tercer orden	<p>Describir los siguientes efectos no lineales:</p> <p>i) Mecanismos físicos que conducen a índices de refracción dependientes de la intensidad (no linealidades tipo Kerr), ii) Autoenfocamiento, iii) Absorción por dos fotones, iv) Automodulación de la fase, v) Absorbedores saturables, vi) Biestabilidad Óptica, vii) Conjugación de fase óptica, viii) Mezclado de cuatro ondas, ix) Esparcimiento Brillouin estimulado, x) Esparcimiento Raman estimulado y xi) No-reciprocidad óptica</p>	Comprender cada uno de los efectos no lineales de tercer orden mencionados en la columna anterior	<p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p>

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

PROCESO DE EVALUACIÓN		TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	ESPACIO DE FORMACIÓN			MATERIALES Y EQUIPOS
EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	INSTRUMENTO EVALUACIÓN		AU LA	TAL LER	OT RO	
Programas en software especializado que modelen los fenómenos ópticos estudiados.	Reportes de prácticas de laboratorio. Ejercicios prácticos. Proyecto.	Solución de problemas Modelado de fenómenos ópticos usando software especializado. Exposición Tareas de investigación Prácticas de laboratorio	X	X		Material y equipo de laboratorio. Pizarrón. Plumón. Material impreso. Software especializado. Computadora. Internet.

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022



<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE</b>	III. Efectos ópticos no lineales en fibras ópticas.							
<b>PROPÓSITO ESPERADO</b>	El alumno comprenderá los efectos no lineales que se producen en las fibras ópticas y será capaz de resolver problemas cuando estos fenómenos estén presentes.							
<b>HORAS TOTALES</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>HORAS DEL SABER</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>HORAS DEL SABER HACER</b>	<b>P</b>	<b>NP</b>
	25	5		10	0		15	5

<b>TEMAS</b>	<b>SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL</b>	<b>SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA</b>
Efectos no lineales	<p>Explicar la propagación de pulsos en fibras ópticas.</p> <p>Describir la automodulación y modulación mutua de fase en fibras ópticas.</p> <p>Explicar la operación de Switches y moduladores</p> <p>Definir la autodistorsión</p> <p>Describir la generación de solitones.</p> <p>Explicar los efectos paramétricos en fibras ópticas.</p> <p>Explicar los efectos de esparcimiento en fibras ópticas.</p> <p>Describir el esparcimiento Raman estimulado.</p> <p>Definir la polarización Raman.</p> <p>Describir las ecuaciones de propagación</p> <p>Explicar los láseres y amplificadores Raman de fibra óptica.</p> <p>Describir el esparcimiento Brillouin estimulado.</p> <p>Explicar la polarización Brillouin.</p> <p>Explicar los láseres y amplificadores Brillouin de fibra óptica</p>	<p>Comprender los fundamentos de la propagación de la luz en fibra ópticas</p> <p>Diferenciar los diversos tipos de fibras ópticas</p> <p>Comprender cada uno de los efectos que se pueden generar en una fibra óptica</p> <p>Realizar en el laboratorio la demostración de la generación de solitones</p>	<p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Autónomo</p> <p>Responsable</p> <p>Ordenado</p> <p>Observador</p> <p>Disciplinado</p>

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

PROCESO DE EVALUACIÓN		TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	ESPACIO DE FORMACIÓN			MATERIALES Y EQUIPOS
EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	INSTRUMENTO EVALUACIÓN		AU LA	TAL LER	OT RO	
Programas en software especializado que modelen los fenómenos ópticos estudiados.	Reportes de prácticas de laboratorio. Ejercicios prácticos. Proyecto.	Solución de problemas Modelado de fenómenos ópticos usando software especializado. Exposición Tareas de investigación Prácticas de laboratorio	X	X		Material y equipo de laboratorio. Pizarrón. Plumón. Material impreso. Software especializado. Computadora. Internet.

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTOR	AÑO	TÍTULO DEL DOCUMENTO	LUGAR DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
<i>Peter E. Powers, Joseph W. Haus</i>	2017	<i>Fundamentals of Nonlinear Optics (2th Edition)</i>	<i>Estados Unidos de América</i>	<i>CRC Press.</i>	<i>9781498736831</i>
<i>Jerome Moloney, Alan Newell.</i>	2004	<i>Nonlinear Optics</i>	<i>Estados Unidos de América</i>	<i>CRC Press.</i>	<i>978-0-8133-4118-7</i>
<i>Govind P. Agrawal</i>	2013	<i>Nonlinear Fiber Optics (5th Edition)</i>	<i>Estados Unidos de América</i>	<i>Academic Press</i>	<i>978-0-12397-023-7</i>
<i>Robert W. Boyd</i>	2020	<i>Nonlinear Optics (4<sup>th</sup> Edition)</i>	<i>Estados Unidos de América</i>	<i>Academic Press</i>	<i>978-0128110027</i>

<b>ELABORÓ:</b>	Comité del Doctorado en Optomecatrónica de la UPT	<b>REVISÓ:</b>	Dirección de Investigación y Posgrado de la UPT
<b>APROBÓ:</b>	DGUTyP	<b>FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:</b>	Enero 2022