

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
FI6036	Introducción a las aplicaciones topológicas en materiales cuánticos			
Nombre en Inglés				
Introduction to Newtonian Physics				
créditos	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6		3		3
Requisitos			Carácter del Curso	
FI4001: Mecánica cuántica			Electivo licenciatura, solo postgrado	
Resultados de Aprendizaje				
Manejo de las herramientas topológicas en teorías modernas de materia condensada.				

Metodología Docente	Evaluación General
Clases expositivas	Tareas quincenales, exposición final

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Topología y física: una visión histórica	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 Introducción. 1.2 Topología y física 1.2.1 Monopolos de Dirac 1.2.2 Efecto Aharonov-Bohm 1.2.3 Topología en óptica	<p>1. Introducción</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de comprender y explicar los conceptos fundamentales de la topología y su relevancia en la física moderna. <p>2. Topología y física</p> <p>2.1 Monopolos de Dirac</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de describir la teoría de los monopolos de Dirac y su importancia en la física teórica, así como su relación con las cargas magnéticas y los conceptos de simetría. <p>2.2 Efecto Aharonov-Bohm</p> <p>Resultado de</p>	1,4

	<p>aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá explicar el efecto Aharonov–Bohm y su implicación en la mecánica cuántica, incluyendo cómo demuestra la importancia de los potenciales electromagnéticos en la descripción de la dinámica cuántica. <p>2.3 Topología en óptica</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de identificar y analizar las aplicaciones de la topología en el campo de la óptica, incluyendo la propagación de la luz en medios topológicamente no triviales y las propiedades de los cristales fotónicos topológicos. 	
--	---	--

	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Electromagnetismo y óptica	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la

		Bibliografía
<p>2.1 Campos electromagnéticos</p> <p>2.2 Potenciales electromagnéticos e invariancia de gauge</p> <p>2.3 Polarización y la esfera de Poincaré</p>	<p>2.1 Campos electromagnéticos</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de comprender y aplicar las ecuaciones de Maxwell en diversas situaciones físicas, describiendo cómo los campos eléctricos y magnéticos interactúan y se propagan en diferentes medios. <p>2.2 Potenciales electromagnéticos e invariancia de gauge</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá explicar el concepto de potenciales electromagnéticos y su relación con los campos eléctricos y magnéticos, además de describir la importancia de la invariancia de gauge en la teoría electromagnética y la física cuántica. <p>2.3 Polarización y la esfera de Poincaré</p>	1

	<p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de analizar y describir el fenómeno de la polarización de la luz, utilizando la esfera de Poincaré para representar y comprender diferentes estados de polarización. 	
--	---	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Caracterizando espacios	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
3.1 Bucles, agujeros y números de enrollamiento 3.2 Clases de homotopía 3.3 Variedades 3.4 Vectores y formas 3.5 Curvatura 3.5.1 Una dimensión: curvas 3.5.2 Dos dimensiones y más allá 3.6 Conexiones y derivadas covariantes 3.7 Fibrados 3.8 Conexión y curvatura en electromagnetismo y óptica 3.9 El fibrado de Hopf y la polarización	<p>3.1 Bucles, agujeros y números de enrollamiento</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de describir y analizar los conceptos de bucles, agujeros y números de enrollamiento en el contexto de la topología, comprendiendo su relevancia en 	1,4

	<p>diversas aplicaciones físicas.</p> <p>3.2 Clases de homotopía</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá explicar las clases de homotopía y su importancia en la clasificación de espacios topológicos, aplicando estos conceptos en problemas específicos de física y matemáticas. <p>3.3 Variedades</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de identificar y caracterizar variedades, comprendiendo su estructura y propiedades fundamentales, así como su aplicación en contextos físicos y geométricos. <p>3.4 Vectores y formas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá utilizar y manipular	
--	---	--

	<p>campos vectoriales y formas diferenciales en diversos contextos, comprendiendo su importancia en la descripción de fenómenos físicos.</p> <p>3.5 Curvatura</p> <p>3.5.1 Una dimensión: curvas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de analizar la curvatura en una dimensión, aplicando conceptos de geometría diferencial para describir curvas en el espacio. <p>3.5.2 Dos dimensiones y más allá</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá extender los conceptos de curvatura a dos dimensiones y más allá, describiendo superficies y su geometría intrínseca y extrínseca. <p>3.6 Conexiones y</p>	
--	---	--

	<p>derivadas covariantes</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de comprender y aplicar el concepto de conexiones y derivadas covariantes en el análisis de variedades, describiendo cómo estos conceptos son fundamentales en la física moderna. <p>3.7 Fibrados</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá explicar la teoría de los fibrados, identificando su estructura y aplicaciones en física, particularmente en la teoría de campos y geometría diferencial. <p>3.8 Conexión y curvatura en electromagnetismo y óptica</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de describir	
--	--	--

	<p>cómo los conceptos de conexión y curvatura se aplican en el electromagnetismo y la óptica, utilizando estos conceptos para analizar fenómenos físicos específicos.</p> <p>3.9 El fibrado de Hopf y la polarización</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá explicar el concepto del fibrado de Hopf y su relación con la polarización de la luz, aplicando estos conceptos para resolver problemas en óptica y teoría de campos. 	
--	--	--

	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Invariantes topológicos	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
4.1 Característica de Euler 4.2 Número de vueltas 4.3 Índice de puntos cero de campos vectoriales 4.4 Números de Chern	<p>4.1 Característica de Euler</p> <p>Resultado de</p>	1,4

<p>4.5 Índice de Pontrjagin 4.6 Índice de Hopf 4.7 Número de enlace y otros invariantes</p>	<p>aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de explicar y calcular la característica de Euler de diversas superficies y complejos simpliciales, comprendiendo su relevancia en la topología algebraica. <p>4.2 Número de vueltas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá definir y calcular el número de vueltas para curvas en el plano y en espacios de mayor dimensión, aplicando este concepto a problemas topológicos y geométricos. <p>4.3 Índice de puntos cero de campos vectoriales</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de determinar el índice de puntos cero de campos vectoriales en diferentes 	
---	--	--

	<p>superficies y variedades, comprendiendo su importancia en la teoría de campos y sistemas dinámicos.</p> <p>4.4 Números de Chern</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá explicar los números de Chern y su aplicación en la clasificación de fibrados vectoriales, utilizando estos invariantes topológicos en la teoría de campos y la física de partículas. <p>4.5 Índice de Pontrjagin</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de describir el índice de Pontrjagin y su relevancia en la teoría de variedades y la topología diferencial, aplicando estos conceptos en contextos físicos y matemáticos. <p>4.6 Índice de Hopf</p>	
--	--	--

	<p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá calcular el índice de Hopf y entender su significado en la teoría de campos y la topología de fibrados, aplicando este invariante en problemas específicos. <p>4.7 Número de enlace y otros invariantes</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de definir y calcular el número de enlace y otros invariantes topológicos, comprendiendo su importancia en la teoría de nudos y la topología de variedades tridimensionales y de mayor dimensión. 	
--	---	--

	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	Vórtices y dislocaciones: óptica singular	1

Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>5.1 Singularidades ópticas 5.2 Momento angular óptico 5.3 Vórtices y dislocaciones 5.4 Singularidades de polarización 5.5 Líneas de vórtice anudadas 5.6 Creación y caracterización de vórtices anudados 5.7 Variaciones y aplicaciones</p>	<p>5.1 Singularidades ópticas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de identificar y analizar singularidades ópticas, comprendiendo su formación y características en diferentes contextos físicos y aplicaciones tecnológicas. <p>5.2 Momento angular óptico</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá describir el concepto de momento angular óptico y su importancia en la interacción de la luz con la materia, aplicando este conocimiento en la manipulación de partículas y otras aplicaciones ópticas. <p>5.3 Vórtices y dislocaciones</p>	<p>1</p>

	<p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de explicar la formación y propiedades de vórtices y dislocaciones en campos ópticos, utilizando estos conceptos para analizar y diseñar experimentos en óptica avanzada. <p>5.4 Singularidades de polarización</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá identificar y caracterizar singularidades de polarización en campos de luz, comprendiendo su importancia en la óptica moderna y sus aplicaciones en la comunicación y el procesamiento de imágenes. <p>5.5 Líneas de vórtice anudadas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de describir la teoría y formación de líneas	
--	--	--

	<p>de vórtice anudadas, aplicando estos conceptos en la comprensión de fenómenos topológicos en óptica y otros campos relacionados.</p> <p>5.6 Creación y caracterización de vórtices anudados</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá crear y caracterizar vórtices anudados, comprendiendo su relevancia en la investigación actual. <p>5.7 Variaciones y aplicaciones</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de explorar variaciones de los conceptos de singularidades y vórtices en óptica, identificando sus aplicaciones potenciales en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología.	
--	--	--

	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
6	Solitones ópticos	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
6.1 Ondas solitarias 6.2 Ejemplo simple: ecuación Sine-Gordon 6.3 Solitones en óptica	<p>6.1 Ondas solitarias</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de describir y analizar las propiedades de las ondas solitarias, comprendiendo su formación, estabilidad y relevancia en diferentes sistemas físicos. <p>6.2 Ejemplo simple: ecuación Sine-Gordon</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá explicar la ecuación Sine-Gordon y su importancia en la teoría de solitones, resolviendo ejemplos simples y aplicando este 	1

	conocimiento a problemas específicos en física y matemáticas.	
--	---	--

	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
7	Fases geométricas y topológicas	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
7.1 La fase de Pancharatnam 7.2 Fase de Berry en mecánica cuántica 7.3 Fase geométrica en fibras ópticas 7.4 Interpretación de holonomía 7.5 El efecto Hall cuántico 7.6 Ejemplo unidimensional: el modelo SSH 7.7 Fases topológicas y estados de borde localizados 7.8 El papel de las simetrías discretas 7.9 Variedades de aislantes topológicos y sistemas relacionados 10.6 Puntos de Dirac, Majorana y Weyl	<p>7.1 La fase de Pancharatnam</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de explicar el concepto de la fase de Pancharatnam y su aplicación en la óptica, comprendiendo cómo se manifiesta en diferentes contextos físicos. <p>7.2 Fase de Berry en mecánica cuántica</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá describir la fase de 	2,3

	<p>Berry y su importancia en la mecánica cuántica, aplicando este conocimiento para resolver problemas relacionados con el transporte adiabático y la interferencia cuántica.</p> <p>7.3 Fase geométrica en fibras ópticas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de identificar y analizar la fase geométrica en fibras ópticas, comprendiendo su origen y aplicaciones prácticas en tecnologías de comunicación y sensores ópticos. <p>7.4 Interpretación de holonomía</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá interpretar y aplicar el concepto de holonomía en sistemas físicos, especialmente en el contexto de la teoría de campos y la mecánica	
--	--	--

	<p>cuántica.</p> <p>7.5 El efecto Hall cuántico</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El estudiante será capaz de describir el efecto Hall cuántico y su relevancia en la física del estado sólido, comprendiendo su relación con las fases topológicas de la materia. <p>7.6 Ejemplo unidimensional: el modelo SSH</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El estudiante podrá explicar el modelo SSH (Su-Schrieffer-Heeger) y su importancia como ejemplo de fase topológica en sistemas unidimensionales, aplicando este conocimiento en problemas de física de materiales. <p>7.7 Fases topológicas y estados de borde localizados</p> <p>Resultado de</p>	
--	--	--

	<p>aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de identificar y analizar las fases topológicas y los estados de borde localizados, comprendiendo su relevancia en la física de materiales y las aplicaciones tecnológicas. <p>7.8 El papel de las simetrías discretas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá describir el papel de las simetrías discretas en la clasificación de fases topológicas, aplicando este conocimiento en el análisis de sistemas físicos específicos. <p>7.9 Variedades de aislantes topológicos y sistemas relacionados</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de identificar y caracterizar diferentes variedades de aislantes topológicos y sistemas	
--	--	--

	<p>relacionados, comprendiendo su relevancia en la física del estado sólido y las aplicaciones en electrónica y espintrónica.</p> <p>10.6 Puntos de Dirac, Majorana y Weyl</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá explicar los conceptos de puntos de Dirac, Majorana y Weyl, comprendiendo su importancia en la teoría de campos y la física de partículas, así como sus aplicaciones en materiales cuánticos y computación cuántica.	
--	--	--

	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
8	Fotónica topológica	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
8.1 Visión general: efectos topológicos en sistemas fotónicos 8.2 Caminatas fotónicas 8.3 Cristales fotónicos, guías de onda y cavidades resonantes acopladas 8.4 Guías de onda protegidas topológicamente y láseres topológicos	<p>8.1 Visión general: efectos topológicos en sistemas fotónicos</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante será capaz de proporcionar una visión general de los efectos topológicos en sistemas fotónicos, comprendiendo los principios básicos y su importancia en la investigación actual y las aplicaciones tecnológicas. <p>8.2 Caminatas fotónicas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> El estudiante podrá describir el concepto de caminatas fotónicas y su relevancia en la manipulación de la luz, aplicando este conocimiento en el diseño de experimentos y 	1,3

	<p>dispositivos fotónicos.</p> <p>8.3 Cristales fotónicos, guías de onda y cavidades resonantes acopladas</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante será capaz de explicar el funcionamiento de cristales fotónicos, guías de onda y cavidades resonantes acopladas, comprendiendo cómo se pueden utilizar para controlar y manipular la luz en diversas aplicaciones. <p>8.4 Guías de onda protegidas topológicamente y láseres topológicos</p> <p>Resultado de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• El estudiante podrá identificar y analizar guías de onda protegidas topológicamente y láseres topológicos, comprendiendo su diseño y las ventajas que ofrecen en comparación con los	
--	---	--

	<p>dispositivos fotónicos convencionales.</p>	
--	---	--

Bibliografía General	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Simon, D. S. (2021). <i>Topology in Optics (Second Edition)</i> (2nd ed.). London, England: Institute of Physics Publishing. 2. Moessner, R., & Moore, J. E. (2021). <i>Topological phases of matter</i>. doi:10.1017/9781316226308 3. Shapere, A., & Wilczek, F. (Eds.). (1989). <i>Geometric Phases In Physics</i>. Singapore, Singapore: World Scientific Publishing. 4. Mikio Nakahara. (2003, June 4). <i>Geometry, Topology and Physics, Second Edition</i>. doi:10.1201/9781420056945.bmatt 	

Vigencia desde:	20/06/2024
Elaborado por:	ASNunez
Revisado por:	