

PROGRAMA DE CURSO
INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD GENERAL

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Eléctrica					
Nombre del curso	Introducción a la Teoría de la Relatividad General					
Nombre del curso en inglés	<i>Introduction to General Relativity Theory</i>					
Código	EL6033		Créditos	6		
Horas semanales	Docencia	4	Auxiliares		Trabajo personal	4
Carácter del curso	Obligatorio			Electivo	X (electivo de especialidad)	
Requisitos	EL3103 - Electromagnetismo Aplicado					

B. Propósito del curso:

Este curso tiene como propósito contribuir a la formación integral de los estudiantes con conocimientos básicos en las ciencias de la ingeniería, las Teorías de Relatividad Especial y General a un nivel introductorio, las que en su desarrollo actual, se han ido incorporando a distintas especialidades de la ingeniería y en particular en proyectos donde participa de manera relevante la ingeniería eléctrica.

Tiene como propósito además, lograr que los estudiantes resuelvan problemas clásicos asociados a los fundamentos de la Teoría de la Relatividad, utilizando herramientas matemáticas adecuadas para este objeto.

Lo anterior permitirá que el estudiante aplique las herramientas de la física relativista, en las áreas de la ingeniería relacionadas con la investigación en astrofísica, cosmología, instrumentación astronómica y telecomunicaciones, entre otras. En particular destaca la incorporación de un acápite sobre electrodinámica y otro sobre el sistema de posicionamiento global (GPS), herramienta de la geodesia, que sin esta teoría no sería posible.

El curso tributa a la siguiente competencias específica (CE) de la carrera de Ingeniería Civil Eléctrica:

CE5: Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE5	RA1.- Resuelvan problemas asociados a los fundamentos de la Teoría de la Relatividad, utilizando las herramientas matemáticas, a fin de comprender dicha teoría y su implicancia en el campo del electromagnetismo y la cosmología.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA2: Identifica según el grado de dificultad la diversa literatura existente sobre la Teoría de la Relatividad Especial y General, lo que le permite seleccionar según su interés y avanzar a estadios más avanzados de esta teoría de una manera adecuada. También

	le permite exponer y dar opiniones informadas respecto a este tema complejo apoyado en una sólida base teórica.
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1-RA2	Fundamentos de la mecánica de Newton y de la Relatividad Especial	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción y análisis crítico de los conceptos clásicos, tales como: las leyes del movimiento, los conceptos de espacio y tiempo, inercia, el campo y el potencial gravitacional. 2. Introducción al concepto de espacio-tiempo 3. Sistemas de referencia, los dos postulados de la Relatividad Especial. 4. Simultaneidad y causalidad, invariancia del intervalo. 5. Transformación de Lorentz: tiempo propio dilatación del tiempo, contracción de longitudes. 6. Métrica de Minkowski. 7. La mecánica de la Relatividad Especial. <ul style="list-style-type: none"> -Leyes de conservación -4-velocidad -4-momento -4-fuerza -energía cinética relativista -energía total relativista -momento relativista 		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprende los conceptos básicos de la Teoría de la Relatividad Especial, tales como: espacio-tiempo, simultaneidad, causalidad, entre otros. 2. Resuelve problemas de la Teoría de la Relatividad Especial que son teóricamente significativos para la comprensión de la teoría. 3. Lee y comprende literatura para profundizar los conocimientos, a fin de explicar los distintos conceptos con fundamento teórico. 	
Bibliografía de la unidad		[1]: Cap 1 y 2 [2]: Cap 3, 4 y 5	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1 y RA2	Fundamentos matemáticos de la Teoría de la Relatividad	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1. Introducción a las variedades (manifolds): métrica y variedad de Riemann. 2. Transformación de coordenadas, vectores contravariantes, one-forms, tensores. 3. Curvatura: coeficientes de conexión, diferenciación covariante, transporte paralelo, geodésicas, tensor de curvatura de Riemann, tensor y escalar de Ricci.		El estudiante: 1. Comprende las herramientas matemáticas adquiridas. 2. Resuelve problemas de transformación de coordenadas en diferentes tipos de espacios. 3. Resuelve problemas de cálculo tensorial. 4. Lee y comprende literatura para profundizar los conocimientos, a fin de explicar los distintos conceptos con fundamento teórico.	
Bibliografía de la unidad		[1]: Cap 3 [2]: Cap 7, 8, 20	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1-RA2	Elementos de electrodinámica relativista	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1. Invariancia de las ecuaciones de Maxwell bajo transformaciones de Lorentz. 2. Cuadritensor del campo electromagnético. 5. Ecuaciones de Maxwell en su forma covariante. 4. Transformación de los campos E y B entre diferentes sistemas de referencia. 5. El magnetismo como un efecto relativista.		El estudiante: 1. Resuelve problemas fundamentales de la electrodinámica relativista. 2. Lee y comprende literatura para profundizar los conocimientos, a fin de explicar los distintos conceptos con fundamento teórico.	

Bibliografía de la unidad	[1]: Cap 2
---------------------------	------------

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1-RA2	La Relatividad General	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1. Tres principios claves: de equivalencia, de covariancia general, de consistencia. 2. Modelamiento del espacio-tiempo. 3. Geodésicas en el espacio-tiempo. 4. El Tensor energía-momento. 5. Las ecuaciones de campo de Einstein. La constante cosmológica. 6. El límite newtoniano.		El estudiante: 1. Modela el espacio-tiempo de la Teoría de la Relatividad General, con las herramientas matemáticas desarrolladas. 2. Comprende el desarrollo de las ecuaciones de campo de Einstein. 3. Relaciona la geometría del espacio-tiempo con las diferentes manifestaciones de la materia. 4. Lee y comprende literatura para profundizar los conocimientos, a fin de explicar los distintos conceptos con fundamento teórico.	
Bibliografía de la unidad		[1]: Cap 4 [2]: Cap 21, 22	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1-RA2	Relatividad y cosmología	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1. Métrica de Schwarzschild. 2. Los cuatro test de comprobación de la Teoría de la Relatividad General: corrimiento gravitacional hacia el rojo, la precesión del perihelio de Mercurio, desviación gravitacional de la luz, retardo gravitacional del		El estudiante: 1. Utiliza herramientas físicas y matemáticas para derivar e interpretar los modelos cosmológicos clásicos. 2. Desarrolla las correcciones propias de la georreferenciación utilizadas en los sistemas de posicionamiento global (GPS).	

<p>tiempo de señales que pasan cerca del Sol.</p> <p>3. Agujeros negros de Schwarzschild.</p> <p>4. El principio cosmológico.</p> <p>5. Espacio-tiempo de Robertson-Walker.</p> <p>6. Introducción a las ecuaciones de Friedmann y el tensor cósmico energía-momento.</p> <p>7. Modelos cosmológicos: -modelo del universo vacío, -modelo estático de Einstein -modelo de De Sitter -modelo de radiación única -modelo Einstein-De Sitter</p> <p>8. Otros modelos cosmológicos derivados de los modelos de Friedmann, Robertson y Walker.</p>	<p>3. Lee y comprende literatura para profundizar los conocimientos, a fin de explicar los distintos conceptos con fundamento teórico.</p>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>[1]: Cap 5, 6, 7, 8 [2]: Cap 6, 9, 10, 12, 18</p>

E. Estrategias de enseñanza:

El curso se estructura en base a distintas metodologías de enseñanza y aprendizaje que incluyen principalmente:

- Clases expositivas.
- Discusiones y debate a partir de los conceptos y problemas presentados durante las horas de cátedra.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera las siguientes instancias de evaluación:

- 4 Controles,
- Participación en clases (tareas, discusiones)

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía Obligatoria:

- [1] Robert A. Lambourne, "Relativity, Gravitation and Cosmology", Ed. Cambridge University Press, 2010.
- [2] James B. Hartle, "Gravity. An Introduction to Einstein's General Relativity". Ed. Addison Wesley, 2002.

Bibliografía Complementaria:

- [3] Oyvind Gron, Arne Naess, "Einstein's Theory", Ed. Springer, 2011.
- [4] Bernard Schutz, "A First Course in General Relativity", Ed. Cambridge University Press, 2009.
- [5] Peter Collier, "A Most Incomprehensible Thing: Notes towards a very gentle introduction to the mathematics of Relativity", Ed. Incomprehensible Books, 2012.
- [6] E.F. Taylor and J.A. Wheeler, "Exploring Black Holes", Ed. Addison Wesley Longman, 2000.
- [7] D. Fleisch, "Vectors and Tensor", Ed. Cambridge University Press, 2008.
- [8] L.A. Santaló, "Vectores y Tensores con sus Aplicaciones", Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1968.

- [9] David C. Kay, "Tensor Calculus", Schaum's outlines, Ed. McGraw-Hill, 1988.
- [10] Shahen Hacyan, "Relatividad para estudiantes de Física", Fondo de Cultura Económica, 2017.
- [11] David J. Griffiths, "Introduction to Electrodynamics", PHI Learning, Fourth Edition, 2014.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	2019
Elaborado por:	Galo Eidelstein
Validado por:	CTD Eléctrica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular