**PROGRAMA DE CURSO**

**INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD GENERAL**

1. **Antecedentes generales del curso:**

|  |  |
| --- | --- |
| Departamento | Eléctrica |
| Nombre del curso  | Introducción a la Teoría de la Relatividad General |
| Nombre del curso en inglés | *Introduction to General Relativity Theory* |
| Código | EL6033 | Créditos | 6 |
| Horas semanales | Docencia | 4 | Auxiliares | 2 | 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 |
| 1. Introducción y analisis 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.

 -Leyes de conservación  -4-velocidad  -4-momento  -4-fuerza  -energía cinética relativista  -energía total relativista  -momento relativista  | El estudiante: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. 1. Ecuaciones de Maxwell en su

forma covariante. 1. Transformación de los campos E y B entre diferentes sistemas de referencia.
2. 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 tiempo de señales que pasan cerca del Sol.
3. Agujeros negros de Schwarzschild.
4. El principio cosmológico.
5. Espacio-tiempo de Robertson-Walker.
6. Introducción a las ecuaciones de Friedmann y el tensor cósmico energía-momento.
7. Modelos cosmológicos:

 -modelo del universo vacío,  -modelo estático de Einstein -modelo de De Sitter  -modelo de radiación única -modelo Einstein-De Sitter1. Otros modelos cosmológicos derivados de los modelos de Friedmann, Robertson y Walker.
 | 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).
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 5, 6, 7, 8[2]: Cap 6, 9, 10, 12, 18 |

**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 diversas instancias de evaluación:* 2 Controles,
* Nota por participación en clases (tareas, discusiones)
* Examen

El examen incluye toda la materia del curso. |

**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:1. OyvindGron, Arne Naess, “Einstein´s Theory”, Ed. Springer, 2011.
2. Bernard Schutz, “A First Course in General Relativity”, Ed. Cambridge University Press, 2009.
3. Peter Collier, “A Most Incomprehensible Thing: Notes towards a very gentle introduction to the mathematics of Relativity”, Ed. Incomprehensible Books, 2012.
4. E.F. Taylor and J.A. Wheeler, “Exploring Black Holes”, Ed. Addison Wesley Longman, 2000.
5. D. Fleisch, “Vectors and Tensor”, Ed. Cambridge University Press, 2008.
6. L.A. Santaló, “Vectores y Tensores con sus Aplicaciones”, Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1968.
7. David C. Kay, “Tensor Calculus”, Schaum’s outlines, Ed. McGraw-Hill, 1988.
8. Shahen Hacyan, “Relatividad para estudiantes de Física”, Fondo de Cultura Económica, 2017.
9. David J. Griffiths, “Introduction to Electrodinamics”, 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 |