



MATERIA: INTRODUCCIÓN TEORICA A LA RELATIVIDAD NUMÉRICA

DATOS GENERALES:

Descripción:	El curso consiste en una introducción a las herramientas matemáticas necesarias para la relatividad numérica. Se comienza con una revisión de conceptos de Relatividad General, luego se presenta el formalismo ADM, esencial para tratar numéricamente las ecuaciones de Einstein. Posteriormente se da una revisión del método de diferencias finitas, y finalmente se introduce una formulación alternativa a la de ADM, llamada BSSN, que resulta ser más estable numéricamente.
Seriación y Correlación:	Subsecuentes: Haber cursado ____ créditos Consecuentes:
Objetivo:	Entender los fundamentos de la Relatividad Numérica y aprender a plantear problemas que sirvan como precedente al análisis numérico de sistemas de agujeros negros.
Objetivos específicos:	<ul style="list-style-type: none">• Aprender conceptos básicos de Relatividad General a a. un nivel introductorio.• Aprender la descomposición 3+1 del espacio-tiempo 4-dimensional.• Expresar las ecuaciones de Einstein en la formulación ADM, y analizar las ecuaciones resultantes.• Contextualizar las ecuaciones de Einstein en la clasificación de ecuaciones diferenciales parciales y así entender las técnicas numéricas que se pueden utilizar para resolverlas.
Horas totales del curso:	90 horas presenciales + 50 horas de autoestudio = 140 horas totales
Créditos:	9

REVISIONES Y ACTUALIZACIONES:

Academia:	Grupo de Cosmología y Gravitación
Autores o Revisores:	Dr. Javier Fernando Chagoya Saldaña, Dr. Alberto Isaac Diaz Saldaña, Dr. Julio Cesar López Domínguez, Dr. Carlos Alberto Ortiz González.



SOMOS
ARTE, CIENCIA Y
DESARROLLO
CULTURAL



Fecha de actualización por academia:	08 de julio de 2022
Sinopsis de la revisión y/o actualización:	Se discutieron y establecieron los aspectos del curso conducentes a la propuesta planteada en ésta hoja de materia.

PERFIL DESEABLE DEL DOCENTE:

Disciplina profesional:	Doctorado en Física o área afín
Experiencia docente:	Mínima de 2 años a nivel licenciatura

ÍNDICE TEMÁTICO:

TEMA:	SUBTEMA
Elementos de Relatividad General	<ul style="list-style-type: none">• Espacio-tiempo.• Métrica.• Vectores y tensores.• Derivada Covariante.• Curvatura.• Ecuaciones de Einstein.• Radiación gravitacional.• Agujeros negros.
Descomposición 3+1 de las ecuaciones de Einstein	<ul style="list-style-type: none">• Ecuaciones de Maxwell en espacio-tiempo.• Foliaciones del espacio-tiempo.• Curvatura extrínseca.• Las ecuaciones de Gauss, Codazzi y Ricci.• Ecuaciones de constricción y de evolución.• Ecuaciones ADM.
Análisis de las ecuaciones de constricción	<ul style="list-style-type: none">• Valores iniciales.• Transformaciones conformes de la métrica espacial y aplicación a la solución de Schwarzschild.• Descomposición transversal y sin traza.• Masa, momento y momento angular.
Análisis de las ecuaciones de evolución	<ul style="list-style-type: none">• Elección de las funciones lapso y desplazamiento.• Foliación geodésica.• Foliación maximal.• Coordenadas armónicas.



Métodos Numéricos	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de ecuaciones diferenciales parciales. • Métodos de diferencias finitas.
Preparación para resolver numéricamente las ecuaciones de Einstein	<ul style="list-style-type: none"> • El concepto de hiperbolicidad. • La formulación BSSN.

BIBLIOGRAFIA

Principal:	<ul style="list-style-type: none"> • Thomas W. Baumgarte, Stuart L. Shapiro, "Numerical relativity: solving Einstein's equations on the computer", Cambridge University Press; 2010. • Miguel Alcubierre, "Introduction to 3+1 Numerical Relativity", Oxford University Press; 2008. • Éricourgoulhon, "3+1 Formalism in General Relativity: Bases of Numerical Relativity", Springer; 2012.
Enlaces digitales:	https://luth.obspm.fr/~luthier/gourgoulhon/pdf/form3p1.pdf
Complementaria:	1. Carlos Palenzuela, "Introduction to Numerical Relativity", Front. Astron. Space Sci., 10, 2020.

PLANEACIÓN EDUCACIONAL:

Competencias generales:	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad de investigación. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. • Capacidad crítica y autocrítica. • Capacidad para actuar en nuevas situaciones. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Compromiso ético.
Competencias específicas:	<ul style="list-style-type: none"> • Plantear, analizar y resolver problemas matemáticos y físicos • mediante la utilización de métodos analíticos y numéricos. • Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias y



SOMOS
ARTE, CIENCIA Y
DESARROLLO
CULTURAL



	construir modelos simplificados que la describan para comprender su comportamiento en otras condiciones.
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Construir y desarrollar argumentaciones válidas, identificando hipótesis y conclusiones. • Demostrar comprensión de los conceptos fundamentales y principios de la Relatividad General. • Desarrollar una percepción clara de que situaciones aparentemente diversas muestran analogías que permiten la utilización de soluciones conocidas a problemas nuevos. • Actuar con responsabilidad y ética profesional, manifestando conciencia social de solidaridad, justicia y respeto por el medio ambiente. • Demostrar hábitos de trabajo necesarios para el desarrollo de la profesión tales como el trabajo en equipo, el rigor científico, el autoaprendizaje y la persistencia. • Buscar, interpretar y utilizar literatura científica. • Comunicar conceptos y resultados científicos en lenguaje oral y escrito ante sus pares, y en situaciones de enseñanza y divulgación. • Demostrar disposición para enfrentar nuevos problemas en otros campos, utilizando sus habilidades específicas. • Plantear, analizar, y resolver problemas de matemáticas mediante la utilización de métodos analíticos. • Demostrar una comprensión profunda de los conceptos del álgebra.
--	--

CONTRIBUCIÓN AL PERFIL DE EGRESO:

CONOCIMIENTO:	HABILIDADES:	VALORES:
<p>Conocer la descomposición 3+1 del espacio-tiempo y aplicarla para expresar las ecuaciones de Einstein en el formalismo ADM. Conocer las definiciones en este formalismo de la masa, momento y momento angular de un agujero negro. Conocer los tipos de condiciones iniciales que se pueden utilizar para resolver numéricamente las ecuaciones de Einstein.</p>	<p>Construir, desarrollar y redactar argumentaciones válidas, identificando hipótesis y conclusiones. Uso de las tecnologías de la información y la comunicación. Habilidad para trabajar de manera independiente y buscar, interpretar y utilizar información de fuentes bibliográficas.</p>	<p>Capacidad crítica y autocrítica. Compromiso ético. Actuar con responsabilidad y ética profesional, manifestando conciencia social de solidaridad, justicia y respeto por el medio ambiente. Demostrar hábitos de trabajo necesarios para el desarrollo de la profesión tales como el trabajo en equipo, el rigor científico, el autoaprendizaje y la</p>



SOMOS
ARTE, CIENCIA Y
DESARROLLO
CULTURAL



		persistencia
--	--	--------------

ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS:

Estrategias de enseñanza:	Estrategias de aprendizaje:
<ul style="list-style-type: none"> El docente explicará la teoría y presentará ejemplos en las clases presenciales o virtuales. 	<ul style="list-style-type: none"> El alumno asistirá al menos a un 80% de las clases presenciales o virtuales impartidas.

<ul style="list-style-type: none"> Motivará a los estudiantes para trabajar de manera individual y en equipo. El docente fomentará la participación de los estudiantes en la discusión de preguntas y problemas en clase. 	<ul style="list-style-type: none"> El estudiante trabajará en forma individual o por equipo en la comprensión de conceptos y la resolución de problemas. El estudiante adquirirá práctica en la aplicación de los diferentes métodos estudiados en el curso. El estudiante contestará preguntas o resolverá problemas individualmente para exponer en clase y discutir con sus compañeros. Asistirá a asesorías para resolver dudas sobre la teoría o sobre la solución de problemas.
---	---

PROPUESTA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

Criterio de evaluación:	Porcentaje:
Tres exámenes parciales	60%
Tareas	25%
Exposiciones	5%
Participación en clase	10%
Asistencia	0%