

<b>TÍTULO:</b> Ondas Gravitacionales: Teoría y Experimentos			
<b>AÑO:</b> 2022	<b>CUATRIMESTRE:</b> 2°	<b>N° DE CRÉDITOS:</b>	<b>VIGENCIA:</b> 3 años
<b>CARGA HORARIA:</b> 60 horas de teoría y 40 horas de práctica			
<b>CARRERA/S:</b> Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física			

## FUNDAMENTOS

Después de exactamente 100 años de trabajo en la simulación, predicción, detección y análisis de ondas gravitacionales, en 2015 se hizo la (inesperada) primera detección, correspondiendo a la colisión de dos agujeros negros.

La Ciencia de Ondas Gravitacionales es en la actualidad una disciplina en sí misma, habiendo llevado en particular a dos premios Nobel en Física en los últimos cinco años.

La disciplina es altamente interdisciplinaria, involucrando desarrollos innovativos en áreas de física teórica y experimental, astrofísica, ingeniería, matemática y computación.

El enfoque histórico al área ha sido “bottom-up”, empezando en física teórica, luego diseño experimental, y eventualmente extendiéndose a lo largo del tiempo a otras áreas tan diversas como supercomputación, análisis numérico, estadística y aprendizaje. Como consecuencia, por mucho tiempo la disciplina se ha caracterizado por una alta curva de aprendizaje.

Este curso, en contraste, ofrece un enfoque relativamente autocontenido, no histórico.

## OBJETIVOS

El curso está orientado a estudiantes de posgrado y avanzados de Licenciatura (como materia optativa) en física y astronomía, sin necesariamente una formación en Relatividad General.

El objetivo general del curso es incorporar al estudiante al estado del arte de Ciencia de Ondas Gravitacionales. Se hará énfasis en un enfoque integrador, incorporando los elementos necesarios para una comprensión del tema y posibles contribuciones.

## PROGRAMA

### Unidad I: Introducción a Relatividad General

Elementos básicos de geometría diferencial: cálculo tensorial y curvatura. Teoría linealizada para campos gravitatorios débiles. Agujeros negros no rotantes: análisis del horizonte de eventos y campo gravitatorio asintótico. Teorema de no hair.

### Unidad II: Ondas gravitacionales

Interacción con materia. Geodésicas y desviación de geodésicas. Elecciones de gauge. Sistemas locales inerciales y en caída libre. Coordenadas adaptadas a un detector. Radiación de masa cuadrupolar.

### Unidad III: Fuentes astrofísicas

Expansiones post-Newtonianas. El pulsar binario de Hulse Taylor. Perturbaciones de agujeros negros: formalismo de Regge-Wheeler-Zerilli y de Teukolsky. Caída en un agujero negro, disrupción tidal. Agujeros negros supermasivos. Sistemas binarios compactos: inspiral, merger y ringdown.

### Unidad IV: Librerías, Datos Públicos

Uso de software público para ondas gravitacionales: la LIGO Scientific Collaboration Algorithm Library Suite. Uso de datos públicos usando el Gravitational Wave Open Science Center.

### Unidad V: Técnicas de análisis de datos

Series temporales, densidad espectral de ruido. Funciones de probabilidad. Procesos Gaussianos y estacionarios. Enfoques frecuentistas y Bayesianos. Variables intrínsecas y extrínsecas. Filtros, matched filtering, estimación de parámetros. Métodos de Markov chain Monte Carlo.

#### **Unidad VI: Interferómetros**

Detectores de interferometría láser: interferómetros de tipo Michelson y de Fabry-Perot. Interacción con ondas gravitacionales. Funciones de patrones y sensibilidad angular. Fuentes de ruido. Detectores existentes y planeados.

#### **PRÁCTICAS**

Las actividades prácticas consistirán en resolución de problemas en forma de "lápiz y papel", desarrollo de software nuevo y/o uso de ya existente público, experimentación con datos de detecciones recientes de ondas gravitacionales, estudio y presentación de artículos científicos relevantes.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

Gravitational Waves: Volume 1: Theory and Experiments, Michele Maggiore. Oxford University Press (2008). ISBN-13: 978-0198570745. ISBN-10: 0198570740.

Gravitational Waves: Volume 2: Astrophysics and Cosmology, Michele Maggiore. Oxford University Press (2018). ISBN-13: 978-0198570899. ISBN-10: 0198570899.

Spacetime and Geometry, Sean M. Carroll. Addison Wesley (2004). ISBN-13: 978-1108488396. ISBN-10: 1108488390.

Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, James B. Hartle. Addison Wesley (2003). ISBN-13: 978-1316517543. ISBN-10: 1316517543.

Analysis of Gravitational-Wave Data, Piotr Jaranowski. Cambridge University Press (20067). ISBN-13: 978-0521449649. ISBN-10: 9780521864596.

Fundamentals of Interferometric Gravitational Wave Detectors, Peter R. Saulson. World Scientific (1994). ISBN-13: 978-9813143074. ISBN-10: 981314307X.

#### **MODALIDAD DE EVALUACIÓN**

Entrega obligatoria de trabajos prácticos de cada unidad.

El alumno deberá elegir un proyecto integrador de curso a realizar durante el cuatrimestre, presentar un informe al final del curso sobre él, y defenderlo en un examen final oral

#### **REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO**

Conocimientos de mecánica clásica, electricidad y magnetismo, relatividad especial, y probabilidad y estadística a nivel de grado. Es deseable, pero no requerido, que el estudiante

tenga familiaridad con algún lenguaje de programación.