Exploración multi-mensajero del universo

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE PARTÍCULAS Y DEL COSMOS

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENÉNDEZ PELAYO

Másteres Universitarios

Este documento puede utilizarse como documentación de referencia de esta asignatura para la solicitud de reconocimiento de créditos en otros estudios. Para su plena validez debe estar sellado por la Secretaría de Estudiantes UIMP.

DATOS GENERALES

Breve descripción

Esta asignatura, que forma parte del módulo "Física de partículas y cosmología avanzada", tiene como objetivo aproximar al alumno a las posibilidades que ofrecen para el estudio del Universo nuevas fuentes de información que no corresponden al espectro electromagnético.

Se presentará la visión del Cosmos que nos ofrecen las partículas de muy alta energía, los neutrinos y las ondas gravitacionales; el tipo de fenómenos que se pueden estudiar con cada uno de ellos; sus detectores actuales y el desarrollo futuro de cada una de las ramas.

Título asignatura

Exploración multi-mensajero del universo

Código asignatura

102456

Curso académico

2022-23

Planes donde se imparte

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE PARTÍCULAS Y DEL COSMOS

Créditos ECTS

6

Carácter de la asignatura

OPTATIVA

Duración

Cuatrimestral

Idioma

Castellano e Inglés

CONTENIDOS

Contenidos

- Fenomenología del Universo en altas energías: Estrellas de Neutrones, Púlsares, PWN, Agujeros Negros, Binaras de rayos X y de rayos gamma, Galaxias Activas.
- Fenómenos astrofísicos transitorios: Supernovas, TDEs, GRBs etc.
- Procesos radiativos de alta energía en astrofísica: Ciclotrón, sincrotrón, bremsstrahlung, scattering Compton, creación/aniquilación de pares, procesos hadrónicos.
- Mecanismos de aceleración de partículas en entorno astrofísico.
- Acreción y eyección en fuentes de alta energía.
- Telescopios gamma en el espacio: telescopios Compton, telescopios de pares e-e+ (Fermi).
- Telescopios Cherenkov atmosféricos, cascadas electromagnéticas y hadrónicas. MAGIC, HESS, VERITAS y CTA.
- Producción y propagación de neutrinos. Neutrinos solares.
- Detección de neutrinos: AMANDA, ICECube, km3Net.
- Fundamentos de Relatividad General, principio de equivalencia fuerte.
- Ecuaciones de Einstein. Gravedad lineal, y ondas gravitatorias.
- Producción de ondas gravitatorias, fuentes astrofísicas potenciales. Radiación gravitatoria en binarias.
- Detección de ondas gravitatorias: barras e interferómetros.
- Detectores de ondas gravitatorias: LIGO, VIRGO y LISA. Primeras detecciones directas de ondas gravitatorias.

COMPETENCIAS

Generales

CG1 - Capacidad para integrarse eficazmente en un grupo de trabajo y trabajar en equipo, compartir la información disponible e integrar su actividad en la del grupo colaborando de forma activa en la consecución de objetivos comunes

CG2 - Capacidad de estudio, síntesis y autonomía suficientes para, una vez finalizado este programa formativo, iniciar una Tesis Doctoral

CG3 - Capacidad para redactar documentos científicos y técnicos, en particular artículos científicos

CG4 - Saber preparar y conducir presentaciones, ante públicos especializado, sobre una investigación o proyecto científico

CG5 - Capacidad para planificar, diseñar y poner en marcha un proyecto avanzado

CG6 - Buscar, obtener, procesar, comunicar información y transformarla en conocimiento

CG7 - Conocer las herramientas metodológicas necesarias para desarrollar proyectos avanzados

CG8 - Capacidad de actualización de los conocimientos expuestos en el ámbito de la comunidad científica

Transversales

CT1 - Capacidad para buscar, obtener, seleccionar, tratar, analizar y comunicar información utilizando diferentes fuentes

Específicas

CE2 - Capacidad para preparar y presentar el trabajo dentro del grupo de trabajo de grandes colaboraciones de Física de Partículas, Astrofísica y Cosmología

CE3 - Conocer las técnicas de análisis y modelización estadística de datos con capacidad para interpretación de resultados en Física de Partículas y del Cosmos

CE6 - Capacidad de enfrentarse de forma autónoma a problemas numéricos, utilizando librerías científicas y desarrollando algoritmos

CE8 - Capacidad para comprender el papel sinérgico que la Astronomía, la Cosmología y la Física de Partículas tienen a la hora de explicar el origen, evolución y composición del Universo, así como los mecanismos físicos fundamentales que lo rigen

CE9 - Capacidad para manejar los instrumentos y métodos experimentales utilizados en el ámbito de la Física de Partículas y del Cosmos

PLAN DE APRENDIZAJE

Actividades formativas

AF1 - Participación y asistencia a lecciones magistrales en el aula (40 horas)

AF2 - Participación y asistencia en seminarios dirigidos por un profesor (5 horas)

AF6 - Realización y presentación oral de trabajos (8,75 horas)

AF9 - Tutorías con un profesor que se desarrollarán tanto personalmente como por medio de recursos en red (por ejemplo, correo electrónico, gestor de contenidos en entorno web. e.g. Moodle) (1,25 horas)

A11 - Realización y presentación escrita de trabajos (25 horas)

A12 - Estudio individual de contenidos de la asignatura (60 horas)

Metodologías docentes

MD1 - Clases magistrales en el aula

MD2 - Resolución de casos en el aula

MD5 - Exposiciones orales de trabajos

MD6 - Trabajos escritos

MD7 - Elaboración de informes

MD8 - Seminarios

MD9 - Tutorías

Resultados de aprendizaje

- Conocer y comprender los fundamentos de los entornos astrofísicos donde se dan cita procesos de muy alta energía.
- Entender los procesos físicos de emisión de fotones de alta energía, rayos cósmicos y neutrinos.
- Comprender las bases físicas de la Relatividad General, su formulación básica y el papel de la radiación gravitatoria.

- Saber estimar en qué condiciones astrofísicas se generan ondas gravitatorias y estimar su intensidad.
- Estar familiarizado con los instrumentos e instalaciones de detección de fotones de muy alta energía en tierra y en el espacio, de rayos cósmicos, de neutrinos y de ondas gravitatorias y saber en qué rangos operan en cada caso.
- Comprender los mecanismos de detección (directa o indirecta) de ondas gravitatorias.
- Reconocer qué información astrofísica es posible obtener usando multi-mensajeros.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Descripción del sistema de evaluación

SE1 - Examen escrito (se reserva la posibilidad de realizar un examen escrito, que podría ponderar hasta un máximo de un 50%)

SE4 - Valoración de informes y trabajos escritos (20% a 80%)

SE5 - Valoración de exposiciones orales de trabajos (20% a 50%)

SE6 - Seguimiento de actividades presenciales (10% a 30%)

PROFESORADO

Profesor responsable

Fernández Soto, Alberto

Científico Titular
Instituto de Física de Cantabria (IFCA), CSIC-UC

Profesorado

Fernández Sopuerta, Carlos

Científico Titular
Instituto de Ciencias del Espacio (ICE)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Peña Garay, Carlos

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

de Oña Wilhelmi, Emma

Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona) & DESY-Zeuthen (Berlin)

HORARIO

Horario

07/02/2023

16:30 - 18:30

Introducción histórica

Alberto Fernández Soto

Científico Titular
Instituto de Física de Cantabria (IFCA), CSIC-UC

08/02/2023

16:30 - 18:30

Seguimiento con telescopios ópticos

Alberto Fernández Soto

Científico Titular
Instituto de Física de Cantabria (IFCA), CSIC-UC

09/02/2023

16:30 - 18:30

Seguimiento con telescopios ópticos

Alberto Fernández Soto

Científico Titular
Instituto de Física de Cantabria (IFCA), CSIC-UC

22/02/2023

16:30 - 19:30

Introducción. Producción y propagación de neutrinos

Carlos Peña Garay

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

23/02/2023

16:30 - 18:30

Neutrinos solares y estelares

Carlos Peña Garay

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

24/02/2023

16:30 - 18:30

Neutrinos solares y estelares

Carlos Peña Garay

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

01/03/2023

16:30 - 18:30

Neutrinos cósmicos y de alta energía

Carlos Peña Garay

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

02/03/2023

16:30 - 18:30

Neutrinos cósmicos y de alta energía

Carlos Peña Garay

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

03/03/2023

16:30 - 18:30

Detectores: AMANDA, ICECube, km3net

Carlos Peña Garay

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

07/03/2023

16:00 - 19:00

El Universo en altas energías

Emma de Oña Wilhelmi

Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona) & DESY-Zeuthen (Berlin)

08/03/2023

16:00 - 18:00

Estrellas de neutrones y púlsares

Emma de Oña Wilhelmi

Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona) & DESY-Zeuthen (Berlin)

09/03/2023

16:00 - 18:00

Agujeros negros, binarias X y gamma, AGN

Emma de Oña Wilhelmi

Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona) & DESY-Zeuthen (Berlin)

14/03/2023

16:30 - 18:30

Transitorios: SN, GRB, ¿Procesos radiativos y mecanismos de aceleración

Emma de Oña Wilhelmi

Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona) & DESY-Zeuthen (Berlin)

15/03/2023

16:30 - 18:30

Transitorios: SN, GRB, ¿Procesos radiativos y mecanismos de aceleración

Emma de Oña Wilhelmi

Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona) & DESY-Zeuthen (Berlin)

16/03/2023

16:30 - 18:30

Telescopios gamma en el espacio. Telescopios Cherenkov atmosféricos

Emma de Oña Wilhelmi

Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona) & DESY-Zeuthen (Berlin)

21/03/2023

16:30 - 18:30

Fundamentos de Relatividad General

Carlos Fernández Sopuerta

Científico Titular
Instituto de Ciencias del Espacio (ICE)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

22/03/2023

16:00 - 19:00

Ecuaciones de Einstein. Ondas gravitatorias

Carlos Fernández Sopuerta

Científico Titular
Instituto de Ciencias del Espacio (ICE)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

28/03/2023

16:00 - 19:00

Fuentes astrofísicas de OG. Fuentes binarias

Carlos Fernández Sopuerta

Científico Titular
Instituto de Ciencias del Espacio (ICE)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

29/03/2023

16:00 - 19:00

Detectores de OG: LIGO, VIRGO y LISA

Carlos Fernández Sopuerta

Científico Titular
Instituto de Ciencias del Espacio (ICE)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

30/03/2023

16:00 - 18:00

Primeras detecciones de OG

Carlos Fernández Sopuerta

Científico Titular
Instituto de Ciencias del Espacio (ICE)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

Bibliografía

High-energy neutrino astronomy: the cosmic ray connection. F. Halzen and D. Hooper.

Reports on Progress in Physics, 65, 7, 1025.

Neutrino astronomy: Current status, future pospects. Eds. T. Gaisser and A. Karle, World Scientific (2017).

Particle and astroparticle physics. U. Sarkar, CRC (2007).

Astroparticle physics. C. Grupen, G. Cowan, Springer (2005).

Particle Astrophysics (2nd ed.). D.H. Perkins, Oxford University Press (2009).

Fundamentals of Interferometric Gravitational Wave Detectors. P.R. Saulson, World Scientific (1994).

The Detection of Gravitational Waves. D.G. Blair, Cambridge University Press (1991).

Relativistic Gravitation and Gravitational Radiation. Eds. J.-A. Marck and J.-P. Lasota, Cambridge University Press (1997).

Gravitational Radiation. K.S. Thorne, in *300 Years of Gravitation*. Eds. S.W. Hawking and W. Israel (Cambridge University Press)

*Gravitational Wave Physic*s. K.D. Kokkotas, Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd Edition, Volume 7 Academic Press, (2002)

An Overview of Gravitational-Wave Sources C. Cutler and K.P. Thorne gr-qc/0204090

http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/6/1/E02/meta (Focus on neutrino physics, New Journal of Physics)

mini-GRAIL: http://www.minigrail.nl

LIGO: http://www.ligo.caltech.edu

VIRGO: http://www.pi.infn.it/virgo/virgoHome.html

GEO: http://www.geo600.uni-hannover.de

Detector Description and Performance for the First Coincidence Observations between LIGO and GEO The LIGO Scientific Collaboration, gr-qc/0308043

TAMA http://tamago.mtk.nao.ac.jp

LISA http://lisa.jpl.nasa.gov

http://web.mit.edu/redingtn/www/netadv/Xgraviradi.html