

MODELO DE MEMORIA DE VERIFICACIÓN DE MÁSTER UNIVERSITARIO

(Universidad Autónoma de Madrid)

Máster Universitario en

FÍSICA TEÓRICA

1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO

1.1. DATOS BÁSICOS

NIVEL Máster
DENOMINACIÓN Máster Universitario en Física Teórica
TÍTULO CONJUNTO: NO / NACIONAL / INTERNACIONAL
RAMA DE CONOCIMIENTO (1) Ciencias
ISCED 1 (2) Física
ISCED 2 (2) Física
ESPECIALIDADES 1. Partículas Elementales y Cosmología. 2. Astrofísica y Cosmología.
EL MÁSTER HABILITA PARA PROFESIÓN REGULADA: SI/NO
AGENCIA EVALUADORA
UNIVERSIDAD SOLICITANTE Universidad Autónoma de Madrid

1.2. DISTRIBUCIÓN DE CRÉDITOS EN EL TÍTULO

CRÉDITOS TOTALES: 60 ECTS	CRÉDITOS EN PRÁCTICAS EXTERNAS: no los contempla	CRÉDITOS OPTATIVOS: 36
CRÉDITOS OBLIGATORIOS: 12	CRÉDITOS TRABAJO FIN DE MASTER: 12	CRÉDITOS DE COMPLEMENTOS FORMATIVOS: no los contempla
Nº CRÉDITOS OPTATIVOS POR ESPECIALIDAD 1. Especialidad de 'Partículas Elementales y Cosmología': 12 Créditos obligatorios comunes; 12 Créditos Trabajo Fin de Máster; 12 Créditos obligatorios específicos de esta especialidad; 24 Créditos optativos. 2. Especialidad de 'Astrofísica y Cosmología': 12 Créditos obligatorios comunes; 12 Créditos Trabajo Fin de Máster; 12 Créditos obligatorios específicos de esta especialidad; 24 Créditos optativos.		

1.3 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

(Repetir la información de este apartado 1.3 para cada una de las universidades participantes en caso de títulos conjuntos, con la información de sus centros)

1.3.1 CENTROS EN LOS QUE SE IMPARTE

CENTRO Facultad de Ciencias

DATOS ASOCIADOS AL CENTRO

CENTRO Facultad de Ciencias

TIPO DE ENSEÑANZA: PRESENCIAL / SEMIPRESENCIAL / A DISTANCIA

PLAZAS DE NUEVO INGRESO OFERTADAS

PRIMER AÑO IMPLANTACIÓN: 25

SEGUNDO AÑO IMPLANTACIÓN: 25

CRÉDITOS A MATRICULAR TIEMPO COMPLETO	MATRÍCULA MÍNIMA	MATRÍCULA MÁXIMA
PRIMER CURSO	36	60
RESTO DE CURSOS	0	0
CRÉDITOS A MATRICULAR TIEMPO PARCIAL	MATRÍCULA MÍNIMA	MATRÍCULA MÁXIMA
PRIMER CURSO	24	35
RESTO DE CURSOS	0	0

NORMAS DE PERMANENCIA

[Normas de permanencia: se insertará un archivo pdf preparado por el Vicerrectorado. Incluye la normativa actual y el borrador de la nueva adaptada al EEES.](#)

LENGUA/S EN QUE SE IMPARTE EL DOCTORADO:

(CASTELLANO / CATALÁN / EUSKERA / GALLEGO / VALENCIANO/ INGLÉS / FRANCÉS / ALEMÁN / PORTUGUÉS / ITALIANO / OTRAS)

2. JUSTIFICACIÓN, ADECUACIÓN DE LA PROPUESTA Y PROCEDIMIENTOS

2.1 Justificación del título propuesto, argumentando el interés académico, científico y/o profesional

El programa de Máster en Física Teórica que aquí se propone se enmarca dentro del amplio campo científico denominado genéricamente de las Ciencias Experimentales, y está concebido como un programa de tipo único, es decir, con una única universidad implicada, en este caso la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). La UAM es una Universidad de referencia en España como muestra la concesión por parte del Ministerio del **Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC** desde 2009. El Departamento responsable del Máster es el *Departamento de Física Teórica* y la institución universitaria participante es el *Instituto de Física Teórica (IFT) UAM/CSIC*, que es un instituto mixto de la UAM y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Tanto el Departamento como el Instituto son hoy en día referentes indiscutibles de excelencia, tanto a nivel nacional como internacional, en su labor formadora de estudiantes de máster y doctorado y en su labor investigadora en el campo de la Física Teórica. Como muestra de ello, mencionar que el Instituto de Física Teórica IFT, del cual forman parte tanto profesores del Departamento de Física Teórica de la UAM como investigadores del CSIC, ha recibido la acreditación de **Centro de Excelencia Severo Ochoa** en la convocatoria de 2012.

Por área de Física Teórica aquí se refiere a un conjunto amplio de disciplinas que están claramente relacionadas con los ámbitos de la Física de Partículas Elementales, la Cosmología y la Astrofísica, y tienen como base común el conocimiento de la naturaleza en su nivel más fundamental, tanto en lo referente a la estructura de la materia como en sus formas de interacción, así como en lo referente al conocimiento del origen, estructura y evolución del Universo. Entre otras disciplinas, ésta área incluye: Teoría Cuántica de Campos y Cuerdas, Física Teórica y Experimental de Partículas Elementales, Cosmología, Física Nuclear, Teoría de la Gravitación, Astrofísica, Física de Astropartículas, Física de la Materia Condensada, Física Computacional, Fundamentos de la Mecánica Cuántica y otras. Estas disciplinas y otras más especializadas son la base de las líneas de investigación en las que actualmente se desarrollan los trabajos de investigación de los profesores e investigadores participantes y son el elemento inspirador fundamental de éste programa.

El programa de Máster en Física Teórica que aquí se propone se enmarca en las líneas estratégicas del Plan 2011-2015 de la Facultad de Ciencias en lo que se refiere a la excelencia en investigación y docencia, proyección internacional y atracción de talento. Éste Máster tiene sus orígenes en el Programa de Doctorado en Física Teórica que se inició a principios de los años 70, una vez fundado el Departamento de Física Teórica de la UAM. Desde el año 1999, dicho Doctorado se comenzó a especializar fundamentalmente en Física de Partículas Elementales y Cosmología. La investigación y la docencia del actual Programa Oficial de Posgrado en Física Teórica han sido valoradas muy positivamente, como demuestran las concesiones de **Menciones de Calidad y la Mención hacia la Excelencia** por parte del Ministerio de Educación, así como por parte de la UAM mediante la concesión del **Programa de Posgrado de Excelencia Internacional** (desde 2011 y por cuatro cursos académicos) del Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC.

El programa que proponemos para el nuevo curso supone una renovación del Máster actual en Física Teórica para adaptarlo a los nuevos grados y para ampliar sus líneas docentes e investigadoras, de forma que a la línea ya mencionada de Partículas Elementales y Cosmología se añada una nueva línea de Astrofísica y Cosmología. En el contexto de los nuevos másteres, eso supone que el Máster en Física Teórica tendrá dos especialidades, una en Partículas Elementales y Cosmología y la segunda en Astrofísica y Cosmología.

Algunos datos de relevancia relativos al Máster y Doctorado vigentes actualmente:

-Al Programa Oficial de Doctorado en Física Teórica, que obtuvo la verificación positiva en 2010 (BOE del 10 de Febrero de 2010), le ha sido otorgada la Mención de Calidad desde el primer curso académico 2003-2004 (referencias MCD2003-00221 y MCD2006-00374) y ha recibido la Mención Hacia la Excelencia por parte del Ministerio de Educación y Ciencia (BOE del 20 de Octubre de 2011, referencia MEE2011-0264) con una puntuación global ponderada de 95/100.

-Como referencia se incluyen a continuación los números de estudiantes matriculados en el Máster en Física Teórica durante los cursos académicos 2006-2007 a 2011-2012 así como los números de estudiantes extranjeros:

Curso académico 2006-2007: 17 matriculados (2 extranjeros)

Curso académico 2007-2008: 24 matriculados (3 extranjeros)

Curso académico 2008-2009: 24 matriculados (4 extranjeros)

Curso académico 2009-2010: 24 matriculados (2 extranjeros)

Curso académico 2010-2011: 26 matriculados (5 extranjeros)

Curso académico 2011-2012: 21 matriculados (2 extranjeros)

Estas cifras no recogen los estudiantes Erasmus que han cursado asignaturas del actual Máster. Por ejemplo, en el curso académico actual, 2012-2013, cuatro estudiantes Erasmus se han matriculado en asignaturas del Máster en Física Teórica.

-La financiación recientemente otorgada al Programa Oficial de Posgrado en Física Teórica dentro del Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC, 840.000 euros en cuatro años, se está invirtiendo en aumentar su internacionalización, proyección y atracción de talento mediante la concesión de becas para Máster, becas para doctorado, ayudas de movilidad tanto para estudiantes como para profesores, difusión en foros internacionales, así como en la potenciación de la colaboración con programas de posgrado internacionales mediante convenios. Parte de la financiación de la acreditación Severo Ochoa, 4.000.000 de euros en cuatro años, será también dedicada a estas tareas de potenciación en el área de Partículas Elementales y Cosmología.

Razones para abrir una nueva línea docente-investigadora en el Máster actual en Física Teórica.

Los profesores de Astrofísica del Departamento de Física Teórica de la UAM imparten actualmente docencia e investigación en el Programa de Postgrado Interuniversitario en Astrofísica UAM-UCM. Dicho Programa se extingue con este curso académico y de ahí surge la oportunidad de ampliar la focalización actual en Partículas Elementales y Cosmología del Máster en Física Teórica, a la línea de Astrofísica. La interconexión entre Partículas Elementales y Astrofísica vía la Cosmología (y la nueva área emergente de Física de Astropartículas) es hoy en día crucial y numerosas investigaciones y experimentos no se pueden concebir sin la colaboración de expertos en estos campos. Por esta razón consideramos que la renovación del Máster del Departamento de Física Teórica de la UAM incluyendo la nueva línea de investigación, va a resultar en una oferta todavía más atractiva y potente para estudiantes nacionales e internacionales, manteniendo su calidad al nivel de las mejores universidades del mundo.

La calidad de la docencia y la investigación de los Profesores de Astrofísica del Departamento de Física Teórica de la UAM está sobradamente contrastada y su aportación al Máster en Física Teórica a través de la especialización en Astrofísica y Cosmología va a ser un valor añadido.

Algunos datos relevantes son los siguientes:

-El Programa Oficial de Doctorado en Astrofísica por la Universidad Autónoma de Madrid, inscrito en el Registro Unificado de Centros y Títulos con el número 5311664 (BOE 24/02/2011), tiene Mención hacia la Excelencia con referencia MEE2011-0131. Procede del Programa de Tercer Ciclo en Astrofísica y Cosmología, que tuvo Mención de Calidad desde la primera convocatoria de éstas (última renovación con referencia MCD2003-00196), el cual dió lugar al Programa Oficial de Posgrado Interuniversitario en Astrofísica UAM-UCM, que gozó asimismo de Mención de Calidad (referencia MCD2006-00353, renovación de la mención MCD2003-00196, BOE 12 octubre 2007). Esta mención de calidad fue renovada por años sucesivos.

-Se incluye a continuación, como referencia, los números de estudiantes matriculados en el Máster Oficial Interuniversitario en Astrofísica de Madrid UAM-UCM durante los años académicos comprendidos entre el 2006 y la actualidad:

Curso académico 2006-2007: 9 matriculados (ningún extranjero)

Curso académico 2007-2008: 20 matriculados (3 extranjeros)

Curso académico 2008-2009: 30 matriculados (4 extranjeros)

Curso académico 2009-2010: 30 matriculados (3 extranjeros)

Curso académico 2010-2011: 37 matriculados (3 extranjeros)

Curso académico 2011-2012: 40 matriculados (5 extranjeros)

Curso académico 2012-2013: 31 matriculados (3 extranjeros)

Mencionar por último la financiación obtenida del Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC para este curso académico por el Programa Oficial de Postgrado en Astrofísica que le ha servido para aumentar más si cabe su reconocimiento.

Exposición breve de los objetivos e indicadores de calidad del título

El Máster que aquí se propone tiene como objetivos principales la formación académica especializada en el área de la Física Teórica y la iniciación a la investigación. Este Máster da acceso a los estudios de doctorado. La formación adquirida en el Máster es equivalente a la de los Másteres europeos más exigentes y a la que se adquiere en los programas de posgrado de las más prestigiosas universidades norteamericanas. Las competencias generales que se adquieren al finalizar el Máster son muy diversas, dado el perfil tan versátil que proporciona su formación, dando así acceso a puestos de trabajo de muy diverso carácter bien en el ámbito docente, en el científico, en otros de carácter más tecnológico, en trabajos externos al mundo académico, e incluso en disciplinas bien diferentes como la economía, la informática aplicada, las tecnologías de la comunicación, etc.

Este Máster permitirá a sus egresados el posterior desarrollo profesional en este campo, sea:

- a) siguiendo una carrera investigadora mediante la realización previa de una tesis doctoral;
- b) trabajando en instituciones de investigación, observatorios astronómicos, etc.;
- c) realizando tareas docentes en el ámbito de la enseñanza secundaria;
- d) integrándose en empresas tecnológicas (por ejemplo, del ámbito de aceleradores, aeroespacial, etc.) y otras de acceso transversal (consultorías, comunicaciones, software de simulación, procesado de imágenes, etc.);
- e) realizando labores de divulgación de esta ciencia en diversos sectores (medios de comunicación, planetarios, museos, etc.).

La Física Teórica destaca por el carácter multidisciplinar de los conocimientos científicos y tecnológicos que involucra. Sus ámbitos son:

- Física
- Matemáticas
- Estadística
- Astronomía
- Astrofísica
- Cosmología
- Ciencias del Espacio
- Ingeniería
- Informática: software y hardware

Las capacidades y competencias generales que se adquieren al finalizar el Máster son muy diversas, dado el perfil tan versátil que proporciona su formación, destacamos:

- Desarrollo de un trabajo de investigación científica de forma independiente.
- Desarrollo y uso de nuevas tecnologías a nivel académico y empresarial.
- Desarrollo de instrumentación en física de partículas, astronómica (tanto desde tierra como desde el espacio), etc.
- Gestión en Física de Partículas, Cosmología y Astrofísica desde el punto de vista humano, científico y técnico.
- Difusión de los logros de la Física de Partículas, Cosmología y Astrofísica a la sociedad.

Evidencia de la demanda social y potencial

La demanda social sobre las investigaciones en el área que cubre el Máster en Física Teórica es muy notable, como lo demuestra la repercusión que tienen en los medios de comunicación las noticias sobre avances en el descubrimiento de nuevas partículas elementales, como por ejemplo el del Bosón de Higgs, sobre el origen y evolución del Universo, sobre los misterios de la materia y la energía oscura, los descubrimientos de planetas extrasolares, etc. Muchas de las grandes preguntas que se plantea el ser humano, como son las mencionadas anteriormente, se corresponden con algunas de las líneas de investigación en las que se inicia al estudiante en el Máster en Física Teórica y en la que trabajan muy activamente los profesores adscritos al mismo.

Existe una estrecha relación de algunos de los equipos de investigación (adscritos al Máster) con el laboratorio europeo CERN, tanto en el ámbito teórico como experimental. En particular, es de destacar que hay un equipo de investigación que ha contribuido a la construcción de los detectores ATLAS y CMS en el gran colisionador de hadrones (LHC) del CERN y que ha participado en los análisis de datos conducentes a la observación del Bosón de Higgs. Asimismo, hay un equipo de investigación que trabaja, dentro del ámbito de la Cosmología, en el avance del entendimiento de la materia oscura y de la energía oscura y que participa en experimentos relevantes como CDMS para detectar materia oscura y BOSS, BigBOSS, PAU, DES, EUCLID, para comprender la energía oscura.

Asimismo, actualmente astrofísicos de instituciones españolas, ubicadas en la Comunidad de Madrid, participan al más alto nivel en varios proyectos Euro-Americanos, como son el Observatorio Espacial Herschel (ESA/NASA), el interferómetro ALMA (ESO/NRAO/NSF/Japón), el Radio Telescopio de Yebes (Guadalajara), o el nuevo telescopio espacial sustituto del Hubble (JWST). También es destacable su compromiso en proyectos nacionales como el Gran Telescopio de Canarias (GTC), los telescopios del Centro Astronómico Hispano-Alemán (CAHA) de Calar Alto (Almería), o internacionales como el Spitzer Space Telescope o los telescopios de Rayos X

Chandra y XMM-Newton, operados desde la Estación de Seguimiento de Satélites que la Agencia Espacial Europea (ESA) posee en Villafranca del Castillo, Madrid. El European Space Astronomy Center (ESAC, centro científico de la ESA) se ubica en el mismo lugar. Además, España forma parte del Observatorio Europeo Austral (ESO) teniendo acceso a todos los telescopios de esta institución.

El reconocimiento de la relevancia de los contenidos y temática de esta demanda social se manifiesta por la existencia de tres Planes Nacionales (de Física de Partículas y Aceleradores, de Astronomía y Astrofísica, y del Espacio) estrechamente relacionados entre sí. Además, la Física de Partículas, la Cosmología y la Astrofísica constituyen algunas de las disciplinas incluidas con más frecuencia en las redes temáticas europeas. En general, la financiación está a un nivel excelente.

Estos compromisos han generado, y generarán más en el futuro, una demanda creciente de profesionales especializados, tanto científicos como tecnólogos, como puede apreciarse en las demandas de empleo que se distribuyen electrónicamente por diversos medios (INSPIRE, CERN, FPA, ESA, SEA, etc.). Es pues necesario formar adecuadamente a un elevado número de jóvenes físicos de partículas, cosmólogos y astrofísicos que hagan uso de todos los medios que están a nuestra disposición, rentabilicen la inversión realizada por nuestro país y aseguren así los retornos científicos y tecnológicos de forma adecuada (utilizamos el término 'Astrofísica' en su triple acepción de Astronomía, Astrofísica y Cosmología Física u Observacional. Además, se entenderá por 'Astrónomo' el profesional que se dedica a la Astrofísica en cualquiera de sus tres acepciones).

El Máster posibilitará una formación profesional conducente a trabajar como tecnólogo en empresas, o como comunicador científico en la prensa especializada o en instituciones de divulgación científica. En este sentido es de señalar que la mayor parte de las empresas tecnológicas I+D+I ligadas al sector espacial están ubicadas en la Comunidad de Madrid y su entorno (como por ejemplo, GMV, EADS Space, Lidax Ingeniería, INSA (Ingeniería y Servicios Aero Espaciales), TCP Sistemas de Ingeniería o Fractal), y que existe una demanda notable de admisión en los Másteres actuales por parte de ingenieros.

Calidad de la investigación

La calidad de la investigación realizada por los profesores adscritos al Máster en Física Teórica que aquí se propone ha sido valorada recientemente en la convocatoria de Mención hacia la Excelencia a los programas de doctorado de las universidades españolas del Ministerio de Educación. Al programa de doctorado en Física Teórica y al programa de doctorado en Astrofísica de la Universidad Autónoma de Madrid se les concedió dicha Mención hacia la Excelencia (BOE del 20 de Octubre de 2011). En ambos casos, la valoración global ponderada fue de 95. En particular, en lo que concierne a la investigación, los siguientes comentarios y puntuaciones, tal y como aparecen en el informe de la ANECA, son relevantes.

SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN EL PROGRAMA DE DOCTORADO EN FÍSICA TEÓRICA:

a) Historial Investigador de los profesores e investigadores que han dirigido tesis doctorales leídas en el programa en los últimos seis años (2004-2009).

“El historial investigador medio de los 25 profesores e investigadores que han dirigido tesis

doctorales leídas en el programa de doctorado en los últimos 6 años se considera excelente, de acuerdo al valor de referencia del campo científico-técnico.” La puntuación obtenida fue de 97 sobre 100.

b) Rendimiento científico de las tesis doctorales defendidas en el programa de doctorado en los últimos seis años (2004-2009).

“ De las 39 tesis doctorales defendidas en el programa de doctorado en los últimos seis años, se han derivado unas publicaciones que se consideran excelente, de acuerdo con el valor de referencia del campo científico-técnico.” La puntuación obtenida fue de 100 sobre 100.

SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN EL PROGRAMA DE DOCTORADO EN ASTROFÍSICA:

a) Historial Investigador de los profesores e investigadores que han dirigido tesis doctorales leídas en el programa en los últimos seis años (2004-2009).

“El historial investigador medio de los 18 profesores e investigadores que han dirigido tesis doctorales leídas en el programa de doctorado en los últimos 6 años se considera excelente, de acuerdo al valor de referencia del campo científico-técnico.” La puntuación obtenida fue de 95 sobre 100.

b) Rendimiento científico de las tesis doctorales defendidas en el programa de doctorado en los últimos seis años (2004-2009).

“De las 16 tesis doctorales defendidas en el programa de doctorado en los últimos seis años, se han derivado unas publicaciones que se consideran excelentes, de acuerdo con el valor de referencia del campo científico-técnico.” La puntuación obtenida fue de 100 sobre 100.

2.2 Referentes externos

La formación adquirida en el Máster es equivalente a la de los Másteres europeos más exigentes y a la que se adquiere en los programas de posgrado de las más prestigiosas universidades norteamericanas. El siguiente listado refleja la organización docente e investigadora en el área de la de Física de Partículas, Cosmología y Astrofísica de algunas de las universidades y centros de investigación más punteros, en la que se aprecia una clara tendencia a relacionar íntimamente estas áreas de conocimiento.

OXFORD UNIVERSITY, UK.

El programa de Posgrado en Física Teórica de la Universidad de Oxford cubre las áreas de investigación de ‘Astrofísica Teórica y Física del Plasma’, ‘Teoría de la Materia Condensada’ y ‘Física de Partículas Elementales y Teoría Cuántica de Campos’.

http://www.ox.ac.uk/admissions/postgraduate_courses/course_guide/theoretical_physics.html

KAVLI INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS (KITP) at the University of California, Santa Barbara. USA.

KITP persigue el conocimiento fundamental en las fronteras de la ciencia. Reúne a diversos grupos de físicos y otros científicos para investigaciones actuales que suponen retos intelectuales.

La investigación que se lleva a cabo abarca las disciplinas de física de partículas, física nuclear, astrofísica, cosmología, física de la materia condensada, física atómica y física molecular, así como nuevos campos y campos interdisciplinarios tales como la biofísica, la neurofísica y la física matemática. <http://www.kavlifoundation.org/university-california-santa-barbara>

Programa de Posgrado del INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA DE LA UNIVERSIDAD DE ZURICH, Suiza

Ofrece un programa en física teórica, astrofísica y física de partículas.

http://www.theory.ch/requirements_phd.html

THE ENRICO FERMI INSTITUTE, THE UNIVERSITY OF CHICAGO, USA

El 'Enrico Fermi Institute' es una unidad de Ciencias Físicas de la Universidad de Chicago dedicada a la investigación interdisciplinaria. Todos los miembros permanentes del Instituto tienen puestos en uno o más de los siguientes departamentos: Física, Astronomía y Astrofísica, Química, Geofísica y Matemáticas. Las disciplinas sobre las que se investiga experimentalmente en el Instituto incluyen: física de partículas a altas energías, astrofísica de altas energías, estudios de partículas y campos en el sistema solar y en el espacio, astronomía óptica e infrarroja, cosmoquímica nuclear, geoquímica, microscopía de electrones y protones, y concentración de energía solar. Los estudios teóricos abarcan física de las partículas elementales, teoría cuántica de campos, astrofísica teórica, física solar, física del plasma, cosmología y relatividad general.

<http://efi.uchicago.edu/index.shtml>

LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, USA.

Laboratorio nacional estadounidense dedicado a la investigación en física nuclear, física de partículas, cosmología y astrofísica.

<http://www.lanl.gov/science-innovation/capabilities/nuclear-physics-plasmas-astrophysics-cosmology/index.php>

KIPAC- KAVLI INSTITUTE FOR PARTICLE ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY, Stanford University, USA.

El '*Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology*' (KIPAC) fue inaugurado en 2003 como un laboratorio independiente de la Universidad de Stanford que sirviera de puente entre las disciplinas de física de partículas, cosmología y astrofísica. Los miembros del KIPAC trabajan en el Departamento de la Universidad de Stanford ('Physics and Applied Physics Departments') y en el laboratorio 'SLAC National Accelerator Laboratory'. <http://kipac.stanford.edu/kipac/about>

INPAC Institute for Nuclear and Particle Astrophysics and Cosmology, California, USA.

INPAC es una unidad de investigación que engloba a varios campus universitarios y tres laboratorios nacionales estadounidenses en los campos de la física nuclear, física de partículas, astrofísica y cosmología. <http://cosmology.berkeley.edu/inpac/home.html>

PITTSBURGH Particle physics, Astrophysics, and Cosmology Center, THE UNIVERSITY OF PITTSBURGH, USA.

PITT PACC coordina y refuerza las actividades en física de partículas, cosmología y astrofísica desde los puntos de vista experimental, teórico y observacional.

<http://www.physicsandastronomy.pitt.edu/pittpacc>

THE CENTER FOR COSMOLOGY AND PARTICLES PHYSICS, NEW YORK UNIVERSITY, USA.

Este centro agrupa profesores, estudiantes e investigadores trabajando juntos en preguntas fundamentales en la intersección de la física de partículas, cosmología y astrofísica.

<http://cosmo.nyu.edu/index.html>

Se adjunta una tabla con los cursos (‘graduate courses’) disponibles

http://cosmo.nyu.edu/grad1_studies.html

Particle Physics, Astrophysics and Cosmology

FALL A	SPRING A	FALL B	SPRING B
Particle Physics	Cosmology	Particle Physics	Cosmology
QFT I (Quantum Field Theory)	QFT II	QFT I	QFT II
QFT III	Beyond the Standard Model (non-SUSY)	QFT III	Supersymmetry
Cosmo/Astro special topics	HET special topics	Astro/Cosmo special topics	HET special topics
GR (General Relativity)	Astro Seminar	GR	Early Universe
Stars and the Interstellar Medium	Advanced Cosmology	Extragalactic and Galactic Astrophysics	Black Holes & High Energy Astrophysics

La lista que se ha presentado no es en absoluto exhaustiva. Uno de los argumentos que se utilizan una y otra vez sobre la necesidad de unir esfuerzos en las áreas de física de partículas, cosmología y astrofísica es el siguiente: actualmente la física de astropartículas (o astrofísica de partículas), el campo interdisciplinar emergente de la convergencias de la física de partículas, astrofísica, astronomía, cosmología y física de los rayos cósmicos, es considerado como una de las fronteras más excitantes de la investigación en física moderna (materia oscura, energía oscura, etc.). Argumento que se ha utilizado para el establecimiento de nuevos institutos, grupos y centros de investigación tanto en Europa como fuera de ella. Asimismo es de destacar la instrumentación en astrofísica de frontera (E-ELT, JWST, ALMA), que va a aumentar enormemente nuestro conocimiento de las primeras edades del universo y, en particular, desde el punto de vista de su estructuración. Es con este espíritu con el que se propone el Máster en Física Teórica que se solicita aquí.

2.3 Descripción de los procedimientos de consulta internos utilizados para la elaboración del Plan de estudios.

Normativa de Estudios Oficiales de Posgrado de la Universidad Autónoma de Madrid, aprobada Consejo de Gobierno del 10 de julio de 2008:

http://www.uam.es/estudios/doctorado/Impresos/normativa_posgrado_10_07_08.pdf.

La renovación del Máster en Física Teórica que se propone aquí comenzó como una propuesta a los profesores adscritos a la línea de investigación en Partículas Elementales y Cosmología del Departamento de Física Teórica, por parte de los profesores del mismo departamento adscritos a la línea de investigación en Astrofísica, al extinguirse este curso académico el Máster Interuniversitario en Astrofísica UAM-UCM. Como se explicó en la sección **2.1 y 2.2**, esta posibilidad suponía adaptarse al contexto internacional en donde ambas especialidades interconectadas se suelen integrar en el mismo ámbito docente e investigador y se decidió por tanto de mutuo acuerdo abrir el Máster en Física Teórica a una nueva especialidad en Astrofísica y Cosmología, con la Cosmología (y la Física de Astropartículas) como elementos integradores. Se recibieron opiniones positivas desde el Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC. Se elaboró un programa común de Máster con asignaturas específicas dándole coherencia a dicha interconexión y posteriormente, dicho programa fue estudiado con detalle por todo el profesorado adscrito a las distintas especialidades.

La iniciativa para la propuesta de enseñanzas conducentes a Títulos Oficiales de Posgrado corresponde a las Juntas de Centro, Consejos de Departamentos e Institutos Universitarios, Grupos de investigación que desarrollen programas de investigación conjuntos, Dirección Académica del Centro de Estudios de Posgrado y Consejo de Dirección de la Universidad, con la finalidad de que se oferten Estudios de Posgrado que se enmarquen dentro de las líneas estratégicas de la Universidad. Estas propuestas son presentadas en el Centro de Estudios de Posgrado avaladas por aquellos a quienes corresponda la iniciativa. El procedimiento que deben seguir las propuestas de enseñanzas conducentes a títulos oficiales de posgrado son:

- Aprobación por el Departamento responsables de las enseñanzas
- Aprobación por la Junta de Centro implicada
- Estudio e informe de cada propuesta por la Comisión de Estudios de Posgrado de la UAM. Si procede, se eleva la propuesta al Consejo de Gobierno y al Consejo Social.
- Tras su aprobación en Consejo de Gobierno y Consejo Social y antes de su implantación, deberán ser verificadas por el Consejo de Universidades y autorizadas por la Comunidad de Madrid.

2.4 Descripción de los procedimientos de consulta externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

En la elaboración del plan de estudios del Máster en Física Teórica que aquí se presenta se han consultado los planes de estudio de programas de Máster, tanto Nacionales como Internacionales (entre otros, los citados en 2.2). Concretamente, en el plan de estudios que se presenta en esta memoria, la agrupación de contenidos en asignaturas, están inspirados en los planes de estudio de Másteres ofertados en Europa y Estados Unidos. Además, en la elaboración de esta memoria, se han solicitado opiniones y propuestas a los investigadores en Física de Partículas, Cosmología y Astrofísica de los Centros de Investigación con los que los equipos docentes han establecido en el pasado cooperaciones en el ámbito de la investigación y/o de la docencia y que conforman el

actual *Campus de Excelencia Internacional* UAM+CSIC. De esta manera, han sido consultados investigadores del CERN, CSIC, CAB, ESAC, OAN y CIEMAT. También los profesores externos que han colaborado en la docencia de los actuales Másteres han sido consultados y han aportado una visión complementaria y sugerencias que, en algunos casos, han sido incorporadas a la propuesta que se presenta en este documento.

3. COMPETENCIAS

3.1 COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

BÁSICAS

(No incluirlas. Aparecen listadas todas la competencias básicas mínimas que los estudios de Máster garantizan)

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen

o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

3.2 COMPETENCIAS TRANSVERSALES

No se contemplan.

3.3 COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

4.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN PREVIO

La Oficina de Orientación y Atención al Estudiante, junto con el Centro de Estudios de Posgrado y Formación Continua, preparan la información previa a la matrícula y los procedimientos de acogida. La información preparada por el Centro de Estudios de Posgrado se encuentra en su página web <http://www.uam.es/posgrado>. A través de ella, los estudiantes pueden encontrar:

- La relación completa de la oferta académica de posgrado de la Universidad, incluyendo:
 - o Plan de estudios de cada Máster.
 - o Acceso a la página web del Máster.
- Procedimiento y plazos de solicitud de admisión.
- Procedimiento y plazos de matriculación.
- Tasas académicas.
- Relación completa de la documentación a presentar:
 - o General.
 - o Específica en función de los requisitos de cada Máster.
- Relación de becas de posgrado tanto de la UAM como de otros organismos e instituciones nacionales e internacionales.
- Normativa y procedimiento para la homologación de títulos extranjeros.
- Información explicativa para la legalización de los títulos.
- Toda la normativa española sobre estudios de Posgrado y la propia de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Ubicación del Centro de Estudios de Posgrado y datos de contacto, incluyendo la dirección de correo electrónico de consultas para los estudiantes posgrado.oficial@uam.es

La solicitud de admisión debe realizarse *online*. El estudiante debe registrarse previamente (a través del **Registro como usuario en la Universidad**) para obtener su clave de acceso (que será ya la misma que le sirva para matrícula y para toda su vida académica).

En la solicitud de admisión el estudiante debe especificar las materias que desea cursar. La ordenación académica del Máster se publica previamente a la admisión para que el estudiante pueda decidir las materias de las que desea matricularse.

Una vez comprobado que la documentación aportada es correcta, se realizará la validación de las solicitudes de admisión en el Centro de Estudios de Posgrado (CEP). Caso de no serlo, se requerirá al estudiante la subsanación de la misma.

El órgano responsable del Máster valorará los méritos y propondrá en su caso la admisión en función de los requisitos generales de la Universidad y los específicos del Máster en Física Teórica y que se detallan *infra* en 4.2.

Toda esta información se incluirá en el escrito que posteriormente se envía al estudiante al comunicarle su admisión al programa.

Las listas provisionales y las definitivas de admitidos se publican en la página web del Centro de Estudios de Posgrado: <http://www.uam.es/posgrado>

Además, a lo largo de todo el proceso de admisión, el estudiante puede consultar el estado de su solicitud a través de la aplicación informática utilizando su clave de acceso.

Asimismo, se proporciona información detallada en la página web del Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid.

http://www.uam.es/ss/Satellite/FisicaTeorica/es/1242650506839/contenidoFinal/Introduction_to_Postgraduate_Studies.htm

4.2 REQUISITOS DE ACCESO Y CRITERIOS DE ADMISIÓN

A continuación se recogen las condiciones generales de acceso y admisión de estudiantes para todos los másteres, tal y como se recogen en la normativa de estudios de posgrado de la UAM

http://www.uam.es/estudios/doctorado/Impresos/normativa_posgrado_10_07_08.pdf.

Condiciones de acceso:

Para acceder a las enseñanzas oficiales de máster será necesario estar en posesión de un título universitario oficial español. Asimismo, podrán acceder los titulados universitarios conforme a sistemas educativos extranjeros sin necesidad de la homologación de sus títulos, siempre que acrediten un nivel de formación equivalente a los correspondientes títulos universitarios oficiales españoles y que faculten, en el país expedidor del título, para el acceso a enseñanzas de posgrado.

Admisión de estudiantes:

Los estudiantes serán admitidos a un máster oficial determinado conforme a los requisitos específicos y criterios de valoración de méritos que estarán definidos para cada uno de ellos, entre los que podrán figurar requisitos de formación previa específica en algunas disciplinas o de formación complementaria.

Condiciones específicas de admisión en el Máster en Física Teórica:

El órgano de selección y admisión al Máster es la Comisión Académica del Programa de Máster en Física Teórica, que estará formada por el/la coordinador/a y seis profesores, contratados Ramón y Cajal o investigadores adscritos al Máster. Asimismo, para cuestiones específicas de las especialidades, la Comisión Académica se subdividirá en dos subcomisiones, una por cada especialidad. Entre sus competencias figuran:

1. Admisión de estudiantes.
2. Selección del profesorado colaborador.
3. Ordenación académica de las enseñanzas impartidas.
4. Seguimiento de las actividades docentes y programas.
5. Evaluación de los resultados y aprobación de medidas de mejora de la calidad.
6. Elevar informes y propuestas a los órganos rectores de la Universidad u otras instituciones competentes.

7. Control de la gestión económica del Máster en Física Teórica y, en general, todos aquellos aspectos relacionados con su desarrollo.

El alumno interesado en cursar el Máster en Física Teórica, ha de presentar su solicitud acompañada de un breve curriculum. El Órgano de Admisión, en cumplimiento de las normas de admisión señaladas anteriormente, valorará, entre otros, los méritos siguientes:

1. expediente académico;
2. adecuación de la formación previa;
3. entrevista personal con el solicitante.
4. otros aspectos que serán tenidos en cuenta son los conocimientos de idiomas, de informática y programación.

Como criterios generales se pueden señalar los siguientes perfiles:

- a) el solicitante debe estar en posesión de la licenciatura o grado en Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas o Ingeniería,
- b) haber cursado un mínimo de 240 créditos en cursos relacionados con estas carreras.

La relación de la documentación específica que debe aportar el estudiante al solicitar su admisión aparece junto con la información general en la página web del [Centro de Estudios de Posgrado](#).

4.3 APOYO A ESTUDIANTES

Después del periodo de matrícula y unas fechas antes del inicio formal del curso académico, se desarrolla un acto de recepción a los nuevos estudiantes, donde se les da la bienvenida a la Facultad de Ciencias y se les presenta a los coordinadores y profesores. En dicho acto se les informa también de los servicios que la UAM les proporciona por el hecho de ser estudiantes y de cualquier normativa que les pueda ser de especial interés para el adecuado desarrollo de su vida en el campus.

La Oficina de Orientación y Atención al Estudiante, junto con el Centro de Estudios de Posgrado, mantienen a través de la WEB de la Universidad, folletos institucionales y Unidades de Información que permiten orientar y reconducir las dudas de los estudiantes ya matriculados.

El Máster de Física Teórica, además de contar con los procedimientos de acogida y orientación a estudiantes de nuevo ingreso, establecerá un Plan de Acción Tutorial. En este plan se contempla que los alumnos tengan un apoyo directo en su proceso de toma de decisiones y el seguimiento continuo a través de la figura del tutor. Los mecanismos básicos del Plan de Acción Tutorial desde la entrada en el Máster son: la tutoría de matrícula, que consiste en informar, orientar y asesorar al estudiante respecto a todo aquello que es competencia del plan de estudios y el sistema de apoyo permanente a los estudiantes una vez matriculados, que consistirá en un seguimiento directo del estudiante durante todos sus estudios de Posgrado. En la carta de

admisión al Máster se informa a los estudiantes del tutor que tienen asignado.

Con todo, el Máster de Física Teórica realiza un evento informativo con los estudiantes, que normalmente tiene lugar después de haber comenzado las clases, donde los alumnos cuentan con un foro para plantear las problemáticas y las consultas derivadas de sus primeras semanas de docencia y vida en el campus. Este encuentro ha tenido muy buena acogida por los estudiantes de años anteriores y ha demostrado una alta efectividad en cuanto a satisfacción del alumnado y efectividad del personal académico y administrativo en su relación con los estudiantes.

Por otra parte, la Oficina de Acción Solidaria y Cooperación presta apoyo a los miembros de la comunidad universitaria con discapacidad. Sus actividades se organizan en tres áreas de trabajo: Voluntariado y Cooperación al Desarrollo, Atención a la Discapacidad y Formación, Análisis y Estudios.

La labor de apoyo a los estudiantes con discapacidad, con el objetivo de que puedan realizar todas sus actividades en la universidad en las mejores condiciones se concreta en:

1. Atención, información, asesoramiento y seguimiento personalizado: para la realización de la matrícula, aspectos organizativos, etc. El primer contacto tiene lugar en los primeros días del curso académico y, caso de que no haya demandas específicas por parte del estudiante, la Oficina vuelve a ponerse en contacto con ellos un mes antes de empezar las convocatorias de exámenes.
2. Acciones conducentes a la igualdad de oportunidades: servicio de tutorías, asistencia por parte de cuidadores procedentes de las Escuelas de Enfermería, servicio de intérpretes por lengua de signos, servicio de transporte adaptado y servicio de voluntariado de acompañamiento. Además, se facilita la gestión de recursos materiales y técnicos, por ejemplo la transcripción de exámenes y material impreso a Braille.
3. Asesoramiento para la accesibilidad universal, tanto arquitectónica como electrónica.
4. Asesoramiento y orientación al empleo: programas específicos para estudiantes con discapacidad.
5. Asesoramiento al personal docente sobre adaptación del material didáctico y pruebas de evaluación y al personal de administración y servicios en cuanto a la evaluación de las necesidades del alumnado y las adaptaciones que cada año son necesarias.

4.4 SISTEMA DE TRANSFERENCIA Y RECONOCIMIENTO DE CRÉDITOS

La Universidad Autónoma de Madrid cuenta con una normativa general de transferencia y reconocimiento de créditos, aprobada en el Consejo de Gobierno de 8 de febrero de 2008. Se puede consultar en <http://www.uam.es/estudios/nplanes/normativa.html>

Esta normativa general, adaptada a los estudios de posgrado se puede consultar en <http://www.uam.es/estudios/doctorado/anexo1normativa.pdf>

RECONOCIMIENTO DE CRÉDITOS CURSADOS EN ENSEÑANZAS SUPERIORES OFICIALES NO UNIVERSITARIAS:

MÍNIMO 0

MÁXIMO (15% del total de ECTS del Máster, de acuerdo al RD 861/2010)

RECONOCIMIENTO DE CRÉDITOS CURSADOS EN TÍTULOS PROPIOS:

MÍNIMO 0

MÁXIMO (15% del total de ECTS del Máster, de acuerdo al RD 861/2010)

ADJUNTAR TÍTULO PROPIO SI PROCEDE

RECONOCIMIENTO DE CRÉDITOS CURSADOS POR ACREDITACIÓN DE EXPERIENCIA LABORAL Y PROFESIONAL:

MÍNIMO 0

MÁXIMO (15% del total de ECTS del Máster, de acuerdo al RD 861/2010)

4.5 (SIN CONTENIDO PARA TÍTULOS DE MÁSTER)

4.6 COMPLEMENTOS FORMATIVOS

No se contemplan

5. PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

Tipo de materias	Créditos	Créditos Ofertados
Obligatorias Comunes	12	12
Optativas	36	102
Prácticas externas		
Trabajo fin de Máster	12	12
TOTAL	60	126

Tabla 1. Resumen de las materias y distribución en créditos ECTS

El plan de estudios del Máster en Física Teórica incluye:

a) Asignaturas obligatorias comunes

a.1) 'Modelo Estándar de la Física de Partículas' (6 ECTS)

a.2) 'Cosmología' (6 ECTS)

a.3) 'Trabajo Fin de Máster' (12 ECTS)

b) Asignaturas obligatorias para la especialidad de 'Partículas Elementales y

Cosmología´

b.1) 'Teoría Cuántica de Campos' (6 ECTS)

b.2) 'Gravitación' (6 ECTS)

c) Asignaturas obligatorias para la especialidad de 'Astrofísica y Cosmología´

c.1) 'Estructura y Evolución Estelar' (6 ECTS)

c.2) 'Medio Interestelar' (6 ECTS)

c.3) 'Procesos Radiativos en Astrofísica' (6 ECTS)

d) Asignaturas optativas comunes a las dos especialidades

d.1) 'Física de Astropartículas' (6 ECTS)

d.2) 'Cosmología Avanzada' (6 ECTS)

d.3) 'Estructura Nuclear' (6 ECTS)

e) Asignaturas optativas orientadas a la especialidad de 'Partículas Elementales y Cosmología´

e.1) 'Teoría Cuántica de Campos Avanzada' (6 ECTS)

e.2) 'Matemáticas Avanzadas' (6 ECTS)

e.3) 'Problemas Abiertos del Modelo Estándar' (6 ECTS)

e.4) 'Física Experimental de Partículas' (6 ECTS)

e.5) 'Entrelazamiento Cuántico e Información' (6 ECTS)

f) Asignaturas optativas orientadas a la especialidad de 'Astrofísica y Cosmología´

f.1) 'Formación y Evolución de Galaxias' (6 ECTS)

f.2) 'Formación de Estrellas y Planetas' (6 ECTS)

f.3) 'Técnicas Observacionales en Astrofísica' (6 ECTS)

f.4) 'Astrofísica Computacional' (6 ECTS)

Nota: En cualquiera de las dos especialidades, pueden ser cursadas como asignaturas optativas las asignaturas obligatorias de la otra especialidad.

La Comisión del Master en Física Teórica será el órgano encargado de la coordinación docente, del normal desarrollo académico del Máster y de que las enseñanzas impartidas sean coherentes entre sí y con los objetivos y competencias del Máster.

Planificación y gestión de la movilidad de estudiantes propios y de acogida.

La movilidad de estudiantes no es necesaria para cursar el Máster de Física Teórica por la Universidad Autónoma de Madrid. No obstante, dicha movilidad está plenamente integrada y reconocida en la actividad académica ordinaria de la Universidad así como en sus órganos de gobierno, representación y administración. Así, existe una Comisión de Relaciones Internacionales, delegada de Consejo de Gobierno, Presidida por el/la Vicerrector/a de Relaciones Internacionales y de la que forman parte los Vicedecanos/as y Subdirector/a de Relaciones Internacionales de los centros, así como una representación de estudiantes, profesores y personal de administración y servicios de la Universidad.

Tanto en los servicios centrales como en cada uno de los centros existen Oficinas de Relaciones Internacionales y Movilidad. La oficina central, en el Rectorado, es responsable de la gestión y coordinación de los programas de movilidad. Además, cada centro se responsabiliza de la gestión de los programas propios de su ámbito.

En la página <http://www.uam.es/internacionales/> pueden consultarse, entre otros, los convenios vigentes, las distintas convocatorias de movilidad, así como el marco normativo que regula la actividad de los estudiantes de movilidad en su doble vertiente, propios y de acogida.

Dado que la movilidad no es obligatoria, no existen convenios específicos para cursar asignaturas concretas. Aunque sí existen convenios a nivel de los actuales Programa Oficiales de Posgrado en Física Teórica y Astrofísica que permiten la movilidad de estudiantes de máster. Las asignaturas o actividades prácticas llevadas a cabo en otra Universidad bajo convenio o centro especializado sujeto a convenio serán reconocidas después de recibir un informe favorable por parte del tutor asignado en el centro de destino. También podría contemplarse la convalidación de asignaturas cursadas fuera de la UAM que, de acuerdo a la normativa de reconocimiento de créditos, será evaluada por la Comisión de Coordinación.

Para la realización del Trabajo fin de Máster se dispone de una amplia oferta de grupos de investigación dentro de la propia Universidad Autónoma de Madrid, tanto del Departamento de Física Teórica y del Instituto de Física Teórica IFT UAM-CSIC como de centros de investigación asociados a los actuales Programas Oficiales de Posgrado en Física Teórica y Astrofísica como CSIC-CAB, CIEMAT, ESAC, OAN, CAHA, INAOE, Nottingham, La Sapienza, Universidad de La Plata, y aquéllos que participan en las redes temáticas europeas ITN (Marie Curie Initial Training Network) como CERN (Suiza) y DESY (Alemania), el laboratorio americano Fermilab (USA), CPHT Ecole Polytechnique (Francia), CEA (Francia), Universität Bonn (Alemania), Aristotle University of Thessaloniki (Grecia), INFN (Italia), ICTP (Italia), I.S.T. Lisbon (Portugal), University of Oxford (Reino Unido), University of Warsaw (Polonia), Univ. Bielefeld (Alemania), Uni. Cyprus (Chipre), Trinity College Dublin (Irlanda), Univ. Edinburgh (Reino Unido), Uni.Graz (Austria), Uni. Liverpool (Reino Unido), Uni. Parma (Italia), Uni. Regensburg (Alemania), Uni. Wuppertal (Alemania), Harvard University (USA), University of Zurich (Suiza), Columbia University (USA), Universidade de Sao Paulo (Brasil), University of Delhi (India), etc.

Además, se da la posibilidad a los alumnos de contactar con cualquier centro público o privado de investigación donde puedan realizar su trabajo de investigación conducente al Trabajo fin de Máster conforme a sus intereses académicos o profesionales. En todos los casos el Máster en

coordinación con el Vicedecanato de Prácticas Externas de la Facultad de Ciencias (<http://www.uam.es/centros/ciencias/estucien/>) realizará los convenios pertinentes que permitan llevar a cabo el trabajo con todas las garantías necesarias.

5.2 ACTIVIDADES FORMATIVAS

1. **Clases presenciales teóricas (lección magistral):** Presentaciones orales, apoyadas, en su caso, con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,
2. **Clases presenciales prácticas:** En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3
3. **Prácticas de resolución de problemas.** resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,
4. **Prácticas** que incluyen trabajos observacionales en laboratorios especializados
5. **Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios.** Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Física Teórica, Física de Partículas, Astrofísica o Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7
6. **Trabajo personal del alumno.** Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12
7. **Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados.** Competencias 1,2,3,4,5, 7
8. **Tutorías de Orientación** a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,
9. **Tutorías de análisis y discusión** con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,
10. **Elaboración de trabajo y preparación de la presentación.** Competencias 2,3,4,5
11. **Elaboración y exposición de un trabajo relativo a las prácticas realizadas en visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados.** Presentación (individual o en grupo) y discusión de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación. Se valorará especialmente el espíritu crítico sobre el trabajo realizado así como la búsqueda bibliográfica realizada y el grado de conocimiento adquirido sobre ésta. Competencias 2,3,4 y 5

5.3 METODOLOGIAS DOCENTES

1. Presentaciones orales, apoyadas, en su caso, con material informático (powerpoint, videos,

fragmentos de documentales, etc.)

2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)
3. Seminarios y/o conferencias de expertos.
4. Visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados.
5. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores.
6. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor.
7. Prácticas experimentales sobre las técnicas básicas de trabajo en campo.
8. Tutorías individuales o en grupos reducidos.
9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
10. Docencia en red.
11. Seguimiento del Trabajo de Fin de Máster

5.4 SISTEMAS DE EVALUACIÓN

1. Realización de controles (tests) a lo largo del curso
2. Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.
3. Realización y defensa pública de un trabajo el cual se refiera al desarrollo de las prácticas realizadas en visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados
4. Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas
5. Realización de un examen al final del curso
6. Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase
7. Asistencia y participación en las clases magistrales

5.5 ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS

NIVEL 1: MÓDULOS

DENOMINACIÓN:

NIVEL 2: ASIGNATURAS

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS	6	Primer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Introducción a la Teoría Cuántica de Campos en el formalismo de operadores y aplicación a la Electrodinámica Cuántica. El curso proporciona las herramientas básicas necesarias para describir las interacciones entre partículas elementales.

CONTENIDOS

Descripción cuántica de un sistema de número arbitrario de partículas. Segunda cuantización. Cuantización canónica del campo escalar libre. Campos escalares en interacción. Teoría de perturbaciones relativista. Diagramas y reglas de Feynman. Cuantización canónica del campo espinorial libre. Campo espinorial en interacción. Electrodinámica cuántica. Simetrías en teoría de campos. Introducción a las teorías gauge.

1. Introducción general: El camino hacia la Teoría Cuántica de Campos
 - A. Introducción: objeto y aplicaciones de la teoría cuántica de campos. Escalas de energía. Panorama actual en Física de Partículas Elementales.
 - B. Repaso de relatividad especial y de tensores.
 - C. Complemento sobre el grupo de Poincaré y de Lorentz.
2. Formalismo de muchos cuerpos relativista
 - A. Relatividad especial y la necesidad de una teoría de muchos cuerpos.
 - B. Repaso de Mecánica Cuántica. Simetrías en Mecánica Cuántica. Aplicación al grupo de Poincaré.
 - C. Espacio de Hilbert de una partícula libre. Espín covariante y helicidad.
 - D. Espacio de Fock de un sistema de partículas libres. Bosones y fermiones.
3. Teoría clásica de campos y formalismo relativista
 - A. Repaso de Teoría Clásica de Campos. Formalismo lagrangiano y hamiltoniano.
 - B. Simetrías de los campos. Teorema de Noether.
 - C. Clasificación de los campos por sus propiedades de transformación. Espinores y campos espinoriales.
 - D. Algunos ejemplos de teorías de campos y sus simetrías.
 - E. Relación con la mecánica oscilatoria relativista.
4. Cuantización canónica de campos escalares libres
 - A. Cuantización canónica de sistemas clásicos. Ejemplo: oscilador armónico.
 - B. El campo escalar real libre cuántico.
 - C. Cuantización del campo escalar complejo libre.
 - D. Relación con el oscilador armónico.

- E. Campos libres en backgrounds no triviales.
5. Cuantización canónica del campo espinorial libre
 - A. Cuantización del campo espinorial libre.
 - B. Relación espín-estadística. Quiralidad. Simetrías discretas C,P,T.
 - C. Campos y espinores de Weyl y de Majorana.
 - D. Sistemas de campos y sus simetrías internas globales.
 6. Formulación perturbativa para campos en interacción
 - A. Teoría de perturbaciones old-fashioned y sus problemas.
 - B. Teoría de scattering y matriz S.
 - C. La imagen de interacción.
 - D. Funciones de Green y propagadores.
 - E. Teoría de perturbaciones. Teorema de Wick.
 - F. Deducción de las reglas de Feynman para $\lambda\phi^4$.
 - G. Reglas de Feynman para teorías con fermiones.
 7. Electromagnetismo y Teorías Gauge
 - A. El campo electromagnético clásico (formalismo lagrangiano covariante).
 - B. El lagrangiano de la QED. Invariancia gauge local.
 - C. Generalización del concepto de invariancia gauge a grupos no abelianos. Los campos de Yang-Mills.
 - D. Algunos ejemplos de teorías gauge: la Cromodinámica Cuántica y el Modelo Estándar.
 8. La Electrodinámica Cuántica
 - A. Significado físico de la invariancia gauge.
 - B. Cuantización del campo electromagnético libre.
 - C. Reglas de Feynman para QED.
 - D. Cálculo de algunos procesos en QED.
 - E. Procesos a un loop. La aparición de las divergencias y su interpretación. Nociones sobre la regularización dimensional y renormalización.

Referencias de consulta

1. *An Introduction to Quantum Field Theory*, M.E. Peskin and D.V. Schroeder. Addison-Wesley Pub. Co. (1995).
2. *The Quantum Theory of Fields, Vols. I and II*, S. Weinberg. Cambridge Univ Press (1995).
3. *Quantum Field Theory in a Nutshell*, A. Zee. Princeton University (2003).
4. *Quantum Field Theory*, M. Srednicki. Cambridge Univ Press (2007).
5. *Modern Quantum Field Theory*, T. Banks. Cambridge Univ Press (2008).
6. *Quantum Field Theory*, C. Itzykson and J.B. Zuber. McGraw Hill (1980).
7. *Field Theory: a Modern Primer*, P. Ramond. Benjamin (1981).

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. En particular, se supone que el alumno ha seguido cursos previos de Mecánica Lagrangiana, Mecánica Cuántica, Electromagnetismo, Relatividad Especial en el formalismo covariante, teoría clásica de campos y ecuaciones relativistas de ondas (Ec. De Dirac y Klein-Gordon).

La asistencia a clase será obligatoria.

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,

HORAS

32

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,

10

Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,
Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,

20

Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de Física Teórica, Física de Partículas, Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3

134

Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7

METODOLOGÍAS DOCENTES

1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.)
2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)
3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor.

4. Tutorías individuales o en grupos reducidos.
5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
6. Docencia en red.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)
Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas	15	
Realización de un examen escrito al final del curso	70	
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	15	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
GRAVITACIÓN	6	Primer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Motivación, desarrollo y aplicaciones de la teoría moderna de la interacción gravitatoria, basada en la teoría general de la relatividad.

CONTENIDOS

Resumen de relatividad especial, electrodinámica y teoría newtoniana de la gravitación.

Principio de equivalencia.

Gravitación y geometría.

Las ecuaciones de Einstein.

Soluciones exactas (de Sitter, Friedman-Robinson-Walker, Schwarzschild).

Solución perturbativa y ondas gravitacionales.

Tests experimentales de la relatividad general.

Colapso gravitacional y agujeros negros.

Radiancia Hawking.

LECTURAS DE REFERENCIA:

B. Schutz, "A first course in General Relativity" (Cambridge 1985)

J. Hartle, "Gravity" (Benjamin 2003)

S. Carroll, "Spacetime and geometry" (Benjamin 2003).

R. Wald, General Relativity, Cambridge University Press.

S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, Addison Wesley.

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o

conocimientos equivalentes.

La asistencia es obligatoria.

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas

Elementales, Cosmología y Astrofísica.		
12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.		
ACTIVIDADES FORMATIVAS	HORAS (Para cada actividad formativa)	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	32	
Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,	10	
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	20	
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12 Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7	134	
Evaluación por resolución de problemas y casos prácticos planteados por el profesor en clase. Competencias 2,3,4 y 5	4	
METODOLOGÍAS DOCENTES		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor. 4. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 6. Docencia en red. 		

7. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores.		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA %
Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas (17 problemas básicos)	70	
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase (3 problemas avanzados)	30	
Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante. (opcional para subir nota)	20	20
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
ESTRUCTURA NUCLEAR	6	Primer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Conocer los modelos que explican el comportamiento del núcleo atómico como sistema cuántico de muchos cuerpos. Ser capaz de llevar a cabo cálculos explícitos de propiedades nucleares a partir de la interacción nucleón-nucleón.

CONTENIDOS

Interacción nuclear. Modelos de campo medio. Modelos colectivos. Descripción microscópica de las rotaciones y vibraciones. Superfluidez nuclear. Procesos débiles en el núcleo. Astrofísica Nuclear.

- 1.- Sistemas cuánticos de muchos cuerpos. El núcleo atómico
- 2.- La interacción nucleón-nucleón libre. Interacciones efectivas en el medio nuclear.
- 3.- El modelo de capas nuclear. Derivación del campo medio nuclear en la aproximación de Hartree-Fock.
- 4.- Descripción microscópica de las excitaciones vibracionales. Fonones nucleares. Coherencia/Colectividad.
- 5.- Núcleos con deformación cuadrupolar estable. Ruptura espontánea de las simetrías del hamiltoniano. Estados intrínsecos.
- 6.- La simetría SU(3) del oscilador armónico y el modelo de Elliott.
- 7.- Superfluidez nuclear. La aproximación BCS. El método de Hartree-Fock-Bogolyubov
- 8.- Más allá de la aproximación de campo medio. Restauración de simetrías. Métodos de proyección.
- 9.- El método de la Coordenada Generadora. La ecuación de Hill-Wheeler.
- 10.- Temas Avanzados: Núcleos exóticos. Astrofísica nuclear. El núcleo como sede de procesos débiles; Desintegración beta doble.

Referencias de consulta

Ring y Schuck, The Nuclear Many Body Problem (Springer 1980).

Talmi, Simple Models of Complex Nuclei, (Harwood, 1993)

Bohr y Mottelson, Nuclear Structure, vol 1 y II, (World Scientific)

Heyde, The Nuclear Shell Model (Springer 1994)

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.

La asistencia es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas

y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS	HORAS (Para cada actividad formativa)	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
<p>Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,</p>	32	
<p>Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,</p>	10	
<p>Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,</p> <p>Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,</p>	20	
<p>Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12 Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7</p>	64	
<p>Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5 Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7</p>	68	
<p>Evaluación por exposición del trabajo. Presentación (individual o en grupo) y discusión de los resultados obtenidos en el trabajo de</p>	4	

<p>investigación. Se valorará especialmente el espíritu crítico sobre el trabajo realizado así como la búsqueda bibliográfica realizada y el grado de conocimiento adquirido sobre ésta. Competencias 2,3,4 y 5</p>		
<p>METODOLOGÍAS DOCENTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor. 4. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 6. Docencia en red. 		
<p>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</p> <p>Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.</p>	<p>PONDERACIÓN MÍNIMA %</p> <p>100</p>	<p>PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)</p>
<p>Asistencia y participación en las clases magistrales</p>	<p>100</p>	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS AVANZADA	6	Segundo Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Formulación de la Teoría Cuántica de Campos como integral de camino. Renormalización y aplicación a las teorías gauge no abelianas.

CONTENIDOS

La formulación de integral de caminos en Teoría Cuántica de Campos. Deducción de las reglas de Feynman mediante la integral de camino. Renormalización. El grupo de renormalización. Teorías efectivas. Introducción a la simetría gauge abeliana y no-abeliana. El ansatz de Faddeev-Popov y los fantasmas. Electrodinámica cuántica a un loop. Cálculo de la función beta a un loop en QED. Reglas de Feynman para teorías gauge no-abelianas. La función beta en QCD, libertad asintótica.

1. La cuantización de integral de caminos para campos escalares.

- a. Derivación de la integral de caminos para un número finito de grados de libertad bosónicos
- b. Funciones de Green y funcional generatriz.
- c. Campo escalar libre, el propagador de Feynman.

2. Teorías de Campos en interacción.

- a. Deducción de las reglas de Feynman a partir de la integral de camino.
- b. Funciones de Green conexas.
- c. La acción efectiva, diagramas 1PI.
- d. La representación de Khällen-Lehmann del propagador.
- e. La fórmula de reducción LSZ para las amplitudes de matriz S.

3. La integral de camino para los fermiones.

- a. Variables de Grassmann.
- b. Integral de caminos y reglas de Feynman.

4. Renormalización.

- a. Divergencias en diagramas de Feynman.
- b. Contaje de potencias.
Teorías renormalizables y no-renormalizables.

- c. Ejemplos básicos en teorías escalares.
- d. Renormalización en teoría de perturbaciones.
- e. Regularización dimensional.

5. El grupo de renormalización.

- a. Teorías efectivas. La acción efectiva Wilsoniana.
- b. Renormalización revisitada.
- c. Las ecuaciones del grupo de renormalización. Acoplos efectivos.

6. Campos gauge.

- a. Introducción a las teorías gauge abelianas, simetría gauge.
- b. Teorías gauge no-abelianas, la acción de Yang-Mills.
- c. La integral de caminos en teorías gauge abelianas. El ansatz de Faddeev-Popov.
- d. Teorías gauge no-abelianas. Faddeev-Popov y los fantasmas.
- e. Formalismo hamiltoniano, invariancia gauge y la ley de Gauss.

7. Electrodinámica cuántica.

- a. Las reglas de Feynman en QED.
- b. Procesos elementales en QED.
- c. QED a un loop:
 - i. La polarización del vacío.
 - ii. La auto-energía del electrón.
 - iii. La corrección al vértice.
- d. Las ecuaciones del grupo de renormalización en QED. Cálculo de la función beta.

8. Teorías gauge no-abelianas.

- a. Las reglas de Feynman.
- b. Renormalización:
 - i. El método del campo de fondo.
 - ii. La función beta en QCD.
 - iii. Libertad asintótica.

9. Ruptura espontánea de simetría.

- a. Simetrías globales y el teorema de Goldstone.
- b. Los piones y la ruptura de la simetría quiral.
- c. Teorías gauge y el mecanismo de Higgs.

Referencias de consulta

- M. Peskin, Quantum Field Theory. Addison Wesley.
- M. Srednicki, Quantum Field Theory. Cambridge University Press.
- S. Weinberg, Quantum Field Theory, Vol. I y II, Cambridge University Press.
- T. Banks, Modern Quantum Field theory: a concise introduction, Cambridge U.P.
- A. Zee, Quantum Field Theory in a Nutshell, Princeton

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Haber cursado la asignatura Fundamentos de Teoría Cuántica de Campos.
La asistencia es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS	HORAS (Para cada actividad formativa)	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
<p>Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,</p>	32	
<p>Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,</p>	10	
<p>Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,</p> <p>Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,</p>	20	
<p>Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12</p> <p>Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7</p> <p>Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7</p>	134	
<p>Evaluación por examen escrito. Competencias 2,3,4 y 5</p>	4	

METODOLOGÍAS DOCENTES

1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.)
2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)
3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor.
4. Tutorías individuales o en grupos reducidos.

- 5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
- 6. Docencia en red.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA %
Realización de controles (tests/ hojas de ejercicios prácticos) a lo largo del curso	70	
Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas	30	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
MODELO ESTÁNDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS	6	Segundo Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / OPTATIVA / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Transmitir los conceptos fundamentales del Modelo Estándar de las partículas elementales tanto a nivel teórico como sus tests experimentales.

CONTENIDOS

Introducción al Modelo Estándar de Física de Partículas. Electrodinámica cuántica. Cromodinámica cuántica. El Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales. Tests y evidencias experimentales del Modelo Estándar.

- 1.- Preliminares al Modelo Estándar de la Física de Partículas.
- 2.- Simetrías en el Modelo Estándar.
- 3.- Interacciones electromagnéticas (QED).
- 4.- Interacciones fuertes (QCD).
- 5.- Interacciones electrodébiles.
- 6.- Construcción del Modelo Estándar y fenomenología básica de las interacciones fundamentales.
- 7.- Mecanismo de generación de masa y física del bosón de Higgs.
- 8.- Mezcla de sabor y violación de CP en el Modelo Estándar.
- 9.- Tests del Modelo Estándar.

Referencias de consulta

Gauge Theory of Elementary Particle Physics. T.-P. Cheng and L.-F.Li. Oxford Univ. Press, New York.
 Gauge Theories in Particle Physics, I. Aitchinson and A. Hey. Grad. Stud. Series in Phys. Ed. D.Brewer. Inst. of Phys. Pub, Bristol and Philadelphia.

OBSERVACIONES

Es recomendable haber cursado previamente cursos básicos de teoría cuántica de campos y de física de

partículas.

La asistencia es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas

Elementales, Cosmología y Astrofísica.		
12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.		
ACTIVIDADES FORMATIVAS	HORAS (Para cada actividad formativa)	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	32	
Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,	10	
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	20	
Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3	66	
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5	68	
Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	2	
Evaluación por examen escrito. Competencias 2,3,4 y 5	2	
METODOLOGÍAS DOCENTES		

1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.)
2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)
3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor.
4. Tutorías individuales o en grupos reducidos.
5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
6. Docencia en red.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)
Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.	15	
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	15	
Realización de un examen escrito al final del curso	70	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
PROBLEMAS ABIERTOS DEL MODELO ESTÁNDAR	6	Tercer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Presentar los principales problemas abiertos en el Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales e introducir sus posibles soluciones.

CONTENIDOS

Quarks ligeros y simetría quiral. Anomalías y sus implicaciones fenomenológicas. El problema de la jerarquía. El problema del sabor en el Modelo Estándar. Física de Neutrinos. El problema CP fuerte.

- 1.- El Modelo Estándar y sus simetrías.
- 2.- Quarks ligeros y Simetría quiral.
- 3.- Anomalías en el Modelo Estándar y sus implicaciones fenomenológicas. Conservación de B-L.
- 4.- Teorías efectivas y el problema de la jerarquía.
- 5.- El problema del Flavour. Matrices CKM y PMNS. Mecanismo de GIM. Violación de CP.
- 6.- Física de neutrinos. Masas de Dirac y Majorana de los fermiones. Mecanismo de Seesaw. Escala absoluta de masas: desintegración del Tritio y $\nu_0\beta\beta$. Oscilaciones de neutrinos: fenomenología y experimentos.
- 7.- Física de mesones B y K. Violación de CP en el sector hadrónico.
- 8.- El problema CP fuerte. Axiones.
- 9.- Momento dipolar eléctrico del neutrón y electrón.
- 10.- Asimetría materia-antimateria: Bariogénesis y Leptogénesis.

Referencias de consulta

Dynamics of the Standard Model, J. Donoghue, E. Golowich and B. Holstein, Cambridge Univ. Press., New York.

Gauge Theory of Elementary Particle Physics. T.-P. Cheng and L.-F.Li. Oxford Univ. Press, New York.

OBSERVACIONES

Haber cursado los contenidos de la asignatura Modelo Estándar de la Física de Partícula. Es también muy recomendable haber seguido la asignatura de Fundamentos de Teoría Cuántica de Campos. También es recomendable, pero no imprescindible, haber cursado Teoría Cuántica de Campos 1.

La asistencia es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la

Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,

HORAS

32

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,

10

Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,
Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,

20

Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7

134

Evaluación por examen escrito. Competencias 2,3,4 y 5

4

METODOLOGÍAS DOCENTES

1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.)
2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)
3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor.
4. Tutorías individuales o en grupos reducidos.
5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
6. Docencia en red.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)
Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas	15	
Realización de un examen escrito al final del curso	70	
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	15	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
FÍSICA EXPERIMENTAL DE PARTÍCULAS	6	Tercer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Visión general de la Física Experimental de Partículas en su estado actual. Familiarización con los experimentos clave en el desarrollo del Modelo Estándar.

CONTENIDOS

Técnicas en Física experimental de partículas: aceleradores; detectores; adquisición y análisis de datos. Pruebas experimentales básicas de la teoría de las interacciones electro-débiles y fuertes. Medidas experimentales de interés para el futuro de la Física de Altas Energías.

1. Técnicas en Física experimental de partículas: Aceleradores. Detectores. Paso de radiación a través de materia. Reconstrucción de trayectorias, medida de energía, identificación de tipo de partículas, reconstrucción de vértices.

2. Pruebas experimentales del Modelo Estándar: pruebas básicas de QCD, QED y EW. Medidas de los parámetros básicos del Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales. Medidas de la matriz CKM. Medidas de correcciones radiativas.

3. Temas de interés en Física de Partículas: Medidas de Precisión de violación de CP. Medidas del quark top. Búsqueda del bosón de Higgs en el LHC. Búsqueda de nuevas partículas. Experimentos actuales y futuros de relevancia para la física de partículas.

Referencias de consulta

Robert N. Cahn, G. Goldhaber; *The Experimental Foundations of Particle Physics*; Cambridge University Press (1993).

W.R. Leo; *Techniques for Nuclear and Particle-Physics Experiments*; Springer-Verlag Berlin (1987).

Andrew Pickering; *Constructing Quarks*; The University of Chicago Press (1984).

A. Ferrer, E. Ros; *Física de partículas y de astropartículas*; Publicaciones Universidad de Valencia (2005)

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes. Es muy recomendable haber seguido las asignaturas de Modelo Estándar de la Física de Partículas y Fundamentos de Teoría Cuántica de Campos.

Asistencia Obligatoria.

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un

<p>problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.</p> <p>12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.</p>		
<p>ACTIVIDADES FORMATIVAS</p>		
<p>Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,</p>	<p>HORAS</p> <p>32</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,</p>	<p>10</p>	
<p>Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,</p>	<p>20</p>	
<p>Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12 Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5 Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7</p>	<p>134</p>	
<p>Evaluación por exposición del trabajo. Presentación (individual o en grupo) y discusión de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación. Se valorará especialmente el espíritu crítico sobre el trabajo realizado así como la búsqueda bibliográfica realizada y el grado de conocimiento adquirido sobre ésta. Competencias 2,3,4 y 5</p>	<p>4</p>	
<p>METODOLOGÍAS DOCENTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor. 4. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 		

5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
6. Docencia en red.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)
Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.	100	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO E INFORMACIÓN	6	Primer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Introducción a la teoría de la información cuántica y la computación cuántica. Concepto de entrelazamiento cuántico, tanto como un recurso para la computación cuántica y la comunicación como una herramienta útil para caracterizar sistemas cuánticos de muchas partículas. Implementaciones físicas para computación cuántica y simulación cuántica.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y VISIÓN GENERAL. La información es física. Información cuántica vs. Información clásica. Entrelazamiento como recurso para la información cuántica. Máquinas de Turing clásicas y cuánticas. El computer cuántico. Por qué los físicos teóricos deben prestar atención a los computadores cuánticos?
2. FUNDAMENTOS DE LA TEORIA CUÁNTICA. Estados y conjuntos ('ensembles'). Operadores densidad. Formalismo de la matriz densidad. Medidas y evolución. Medidas ortogonales. Medidas generalizadas. Medidas de operadores de proyección. El teorema de Neumark. Superoperadores.
3. EL BIT CUÁNTICO. Caracterización de estados de un qubit, Hamiltonianos y medidas. Representación esférica de Bloch. Realizaciones físicas de qubits.
4. ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO. Sistemas compuestos. Estados producto vs estados entrelazados. Operaciones locales y comunicación clásica. Operaciones de entrelazamiento. Medidas de entrelazamiento. Sistemas bipartitos. Descomposición de Schmidt. Matriz densidad reducida. Estados de máximo entrelazamiento. Entrelazamiento y mezcla. Entropía de entrelazamiento
5. EL SISTEMA DE DOS QUBITS. Caracterización de estados entrelazados de dos qubits. Estados de Bell. Realización física de pares de Bell con parejas de fotones o átomos.
6. USOS DEL ENTRELAZAMIENTO. Máquinas posibles. Código denso. Teleportación cuántica. Criptografía cuántica. Máquinas imposibles. Comunicación más lenta que la luz. El teorema de no clonado.
7. DESIGUALDADES DE BELL. Localidad de Einstein y variables ocultas. La paradoja de Einstein, Podolski y Rosen. No separabilidad de pares EPR. Información cuántica escondida. Desigualdades de Bell. Test experimental de las desigualdades de Bell. El experimento Aspect.
8. COMPUTACIÓN CUÁNTICA. Computación clásica vs. Computación cuántica. Complejidad computacional. Circuitos cuánticos. Puertas cuánticas. Puertas cuánticas universales. Algoritmos cuánticos. El algoritmo Deutsch. El algoritmo cuántico de búsqueda de bases de datos de Grover. El algoritmo de factorización de Shor.
9. SIMULACIÓN CUÁNTICA. El simulador cuántico de Feynman. La complejidad de la simulación cuántica. Realización física de un simulador cuántico. Ejemplo: átomos ultrafríos en redes ópticas. La herramienta de Hubbard. Simulación cuántica de pares de Bell. Simulación cuántica de fases de muchos cuerpos fuertemente correlacionados.

10.COMPUTACIÓN CUÁNTICA TOPOLÓGICA. Errores cuánticos. Corrección de errores cuánticos. Computación cuántica a prueba de fallos. Códigos cuánticos. Orden topológico. Ejemplos de fases topológicas en la naturaleza. Sistemas de efecto Hall cuántico fraccionario. Aniones. Aniones Abelianos y no-Abelianos. El código 'toric' de Kitaev. El bit cuántico topológico.

11. ENTRELAZAMIENTO EN SISTEMAS DE MUCHOS CUERPOS. Entrelazamiento como una herramienta útil para caracterizar fases cuánticas y transiciones de fase cuánticas. La ley del área de la entropía de entrelazamiento. Grupo de renormalización de la matriz densidad y redes tensoriales. Aplicaciones a sistemas de retículo de espín.

Referencias de consulta:

M.A. Nielsen and I.L. Chuang, 'Quantum computation and quantum information'.
Cambridge University Press, Cambridge, UK (2000).

J. Preskill, Notes on Quantum Computation.

N.D. Mermin, 'Quantum computer science: an introduction'.Cambridge University Press, Cambridge, UK (2007).

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.

La asistencia es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS	HORAS	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	22	
Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,	9	
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	15	
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12 Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7	104	

METODOLOGÍAS DOCENTES

1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.)
2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)
3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor.
4. Tutorías individuales o en grupos reducidos.
5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
6. Docencia en red.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	100	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
FÍSICA DE ASTROPARTÍCULAS	6	Tercer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Se describirán los distintos mensajeros (rayos gamma, neutrinos, rayos cósmicos y antimateria) que nos proporcionan información sobre las fuentes y procesos de aceleración de partículas en el Universo. Se estudiarán los procesos físicos de la formación de estructuras del Universo. Se abordará el problema de la materia y energía oscura, las motivaciones, propiedades y métodos de detección.

CONTENIDOS

- 1.- Introducción a la Astrofísica de altas energías. Fuentes y procesos de aceleración de partículas en el Universo. Composición del Universo: materia y energía oscura.
- 2.- Repaso de la Física del Universo Temprano. Ecuación de estado de la Energía Oscura. Desacoplo de partículas masivas y cálculo de la abundancia de materia oscura. Mecanismos no térmicos de producción de partículas.
- 3.- Formación de estructuras en el universo: dinámica de la formación de estructuras, campos de densidad cosmológicos y formación de galaxias.
- 4.- Modelos de física de partículas para la materia oscura (Supersimetría, dimensiones extra, modelos exóticos). Conexión con búsquedas de nueva física en el Large Hadron Collider.
- 5.- Cosmología de rayos gamma. Procesos de emisión y absorción.
- 6.- Detección directa e indirecta de materia oscura. Técnicas de detección y estado experimental actual.
- 7.- Neutrinos, rayos cósmicos y antimateria en el Universo: producción, transporte, detección e Implicaciones.

Referencias de consulta

The Early Universe, E. Kolb and M. Turner

Particle Dark Matter: Observations, Models and Searches, Ed. G. Bertone

Cosmology and Particle Astrophysics, L. Bergström, A. Goobar

Very High Energy Cosmic Gamma Radiation, F. A. Aharonian

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física o conocimientos equivalentes. Haber cursado los contenidos de las asignaturas de Cosmología y Modelo Estándar de la Física de Partículas.

Asistencia obligatoria.

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la

Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,

HORAS

22

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,

9

Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,
Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,

15

Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7

104

METODOLOGÍAS DOCENTES

1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.)
2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)
3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor.
4. Tutorías individuales o en grupos reducidos.
5. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.
6. Docencia en red.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

PONDERACIÓN

Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.	MÍNIMA % 66	MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)
Realización de un examen de carácter práctico (oral) al final del curso	34	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
MATEMÁTICAS AVANZADAS	6	Primer Trimestre	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Proporcionar los instrumentos matemáticos de interés para la Física Teórica: geometría diferencial; teoría de grupos; teoría de probabilidad y estadística matemática.

CONTENIDOS

Definiciones generales de variedades. Algebra tensorial en variedades. Geometría riemanniana. Introducción a la topología de variedades. Grupos y álgebras de Lie. Definiciones generales en teoría de probabilidades. Distribuciones de probabilidad. Tests de hipótesis e intervalos de confianza. Estadística bayesiana. Método de Monte Carlo. Ejemplos y aplicaciones en Física.

1.- Geometría diferencial: Definiciones generales de variedades y ejemplos. Álgebra tensorial en variedades, Álgebra exterior y diferencial exterior. Geometría Riemanniana, Conexión y curvatura. Introducción a la topología de variedades.

2.- Grupos y Álgebras: Definición y ejemplos de grupos. Grupos y Álgebras de Lie. Introducción a la teoría de representaciones de grupos y Álgebras de Lie. Ejemplos y aplicaciones en Física.

3.- Probabilidad y Estadística: Definiciones generales en Teoría de Probabilidades. Distribuciones de Probabilidad. Estimadores. Método de máxima verosimilitud. Tests de hipótesis. Intervalos de Confianza. Estadística Bayesiana. Método de Monte Carlo.

Referencias de consulta

N. Dubrovin, S. Nivikov y A. Fomenko, Geometría diferencial, MIR

H. Georgi, Lie Álgebras in Particle Physics, Benjamin.

S. Brandt, Statistical and Computational Methods in Data Analysis, North-Holland Publishing Company.

OBSERVACIONES

Dominio sólido de los contenidos del grado/licenciatura de Física en sus versiones más teóricas o conocimientos equivalentes.

La asistencia es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS		
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	HORAS 22	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,	9	
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	15	
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12 Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7	104	

METODOLOGÍAS DOCENTES		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor. 4. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 5. Docencia en red. 		

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN MÍNIMA %	PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de
Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas	100	cada sistema de

		evaluación)
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	100	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
COSMOLOGÍA	6	1º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / OPTATIVA / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Introducción a los conceptos básicos en Cosmología:

Conocer las teorías actuales sobre el origen y evolución del Universo.

Conocer los datos observacionales en que se basan estas teorías.

CONTENIDOS

- 1.- Los principios de la Cosmología
- 2.- Modelos de Friedmann-Robertson-Walker
- 3.- Historia térmica del universo
- 4.- La nucleosíntesis primordial
- 5.- La radiación de fondo de microondas
- 6.- Teoría de perturbaciones lineales
- 7.- La determinación de los parámetros cosmológicos
- 8.- Condiciones iniciales. Bariogénesis
- 9.- El Paradigma Inflacionario

Referencias de consulta

- *Cosmología Física*, Jordi Cepa, Akal 2007
- *Introduction to Cosmology*, B. Ryden, Prentice Hall 2002
- *Cosmology: The Origin and Evolution of Cosmic Structures*, P. Coles & F. Lucchin, Wiley and Sons 2002
- *Cosmological Physics*, John A. Peacock, Cambridge University Press 1999
- *Cosmology*, M. Rowan—Robinson, Clarendon Press, Oxford 1996
- *Structure Formation in the Universe*, T. Padmamanabhan, Cambridge Univ Press 1993
- *Principles of Physical Cosmology*, P.J.E. Peebles, Princeton Univ Press 1993
- *Introduction to Cosmology*, J.V. Narlikar, Cambridge Univ Press 1993

- *Galaxy Formation*, M. S. Longair, Springer-Verlag 1999
- *Gravitation and Cosmology*, S. Weinberg, John Wiley and Son 19726
- *An Introduction to Cosmology and Particle Physics*, R. Domínguez-Tenreiro & M. Quirós, World Scientific, 1987
- V. Mukhanov, *Physical Foundations of Cosmology*, Cambridge (2005).

OBSERVACIONES

La asistencia es muy recomendable

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Cosmología
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Cosmología
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Cosmología.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Cosmología
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Cosmología
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Cosmología
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Cosmología
- 11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Cosmología

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Cosmología		
ACTIVIDADES FORMATIVAS		
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	HORAS 30	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3	HORAS 15	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	HORAS 2	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	HORAS 2	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Evaluación por examen escrito. Competencias 2,3,4 y 5	HORAS 1	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12	HORAS 45	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones de trabajo del alumno se aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3	HORAS 15	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Elaboración de trabajo de investigación y preparación de la	HORAS	PRESENCIALIDAD %

presentación. Competencias 2,3,4,5	40	(Para cada actividad formativa)
METODOLOGÍAS DOCENTES 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Seminarios y/o conferencias de expertos. 5. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores. 8. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura	PONDERACIÓN N MÍNIMA % 42.5%	PONDERACIÓN MÁXIMA %
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	15%	
Realización de un examen escrito al final del curso	42.5%	
Asistencia y participación en las clases magistrales (se apreciará positivamente pero no es requisito evaluador)		

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
ESTRUCTURA Y EVOLUCIÓN ESTELAR	6	1º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1. Adquisición de los conceptos fundamentales de Astrofísica. Nomenclatura y lenguaje de la Astrofísica.
2. Aprendizaje de las propiedades y características de las estrellas como sistemas físicos.
3. Formación básica para el desarrollo de una posterior actividad investigadora en el campo de la astrofísica. Iniciar y estimular el interés por la práctica de dicha actividad investigadora.

CONTENIDOS

INTRODUCCION

Propiedades observacionales de las estrellas. Relación Masa-Luminosidad. Diagrama H-R. Abundancias químicas. Poblaciones estelares.

PARTE I. ESTRUCTURA ESTELAR (TEORIA DE LOS INTERIORES ESTELARES).

TEMA 1. CONDICIONES FISICAS EN LOS INTERIORES ESTELARES.

Distribución de masa. Ecuación de continuidad. El campo gravitacional en estrellas con geometría esférica. Conservación de momento. Ecuación del equilibrio hidrostático. Estimación de los valores de la presión y la temperatura en el centro de la estrella. Desviaciones del equilibrio hidrostático. Ecuación del movimiento. Equilibrio hidrostático en geometrías no esféricas. Equilibrio hidrostático en el marco de la Relatividad General. El Teorema del Virial.

TEMA 2. PROPIEDADES DE LA MATERIA ESTELAR.

Gas completamente ionizado: el gas ideal con radiación. Estudio de un gas parcialmente ionizado. Ecuaciones de Boltzmann y de Saha. Ionización del hidrógeno. Mezclas de hidrógeno y helio. Limitaciones de la fórmula de Saha. Gas de electrones degenerados. Degeneración completa y degeneración parcial. Casos límite. La ecuación de estado para el material estelar. Cristalización y neutronización. Opacidad. Difusión por electrones libres. Absorción debida a transiciones libre-libre y ligado-libre. Transiciones ligado-ligado: líneas de absorción. Absorción debida al ion negativo de hidrógeno. Tablas de opacidad. Producción de energía nuclear. Secciones eficaces nucleares. Tasas de reacciones termonucleares. Nucleosíntesis estelar: principales estadios de combustión. Producción de neutrinos.

TEMA 3. CONSERVACION Y TRANSPORTE DE LA ENERGIA.

Ecuación de la conservación de energía a escalas global y local. Escalas temporales significativas para la evolución estelar. Transporte radiativo de la energía a través de la estrella. Transporte de energía por conducción. Inestabilidad dinámica frente a movimientos convectivos. Criterios de Schwarzschild y de Ledoux. Transporte de energía por convección. La teoría de la "longitud de mezcla". Soluciones y casos límite. Ecuación general del transporte de energía.

TEMA 4. CONDICIONES DE CONTORNO DEL PROBLEMA DE LA ESTRUCTURA ESTELAR: CAPAS SUPERFICIALES DE LA ESTRELLA.

Condiciones de contorno fotométricas. Solución de las ecuaciones de la estructura estelar en las capas superficiales radiativas de una estrella. Condiciones de validez de las condiciones de contorno nulas. Envolturas estelares en equilibrio radiativo. Envolturas estelares en equilibrio convectivo. Zonas del Diagrama H-R donde es efectiva la convección en envolturas estelares. Distribución de la temperatura en las envolturas estelares. Condiciones prácticas de contorno para el problema general.

TEMA 5. CALCULO DE MODELOS ESTELARES.

Formulación del problema general: el conjunto de ecuaciones diferenciales de la estructura estelar. Unicidad de la solución: "Teorema" de Vogt-Russel. Interpretación física. Integraciones hacia el exterior e integraciones hacia el interior. Ajuste de las variables en el punto intermedio. Efectos de la discontinuidad en la composición química. Variables adimensionales de Schwarzschild: transformaciones. Invariantes y el plano U-V. Integración numérica. Métodos modernos de cálculo de modelos. Técnicas hidrodinámicas. Método de Heyney.

TEMA 6. MODELOS ESTELARES SIMPLES.

Modelos estelares politrópicos. Ecuación de Lane-Emden: soluciones y sus propiedades. Energía potencial y energía total de un polítropo. Esferas isotermas. Ecuación isoterma de Lane-Emden. Modelo estándar de Eddington. Modelo de fuente uniforme. Modelo de Cowling o de fuente puntual. Aplicación a estrellas. El Sol como un polítropo. Obtención de la masa límite de Chandrasekhar. Estrellas supermasivas. Estrellas completamente convectivas. Contracción de un polítropo. Línea de Hayashi y regiones prohibidas del Diagrama H-R. Limitaciones de modelos completamente convectivos. Estrellas homólogas. Contracción homóloga. Modelos químicamente inhomogéneos. Efectos de una opacidad variable.

TEMA 7. ESTRUCTURA INICIAL DE LAS ESTRELLAS.

Secuencia principal de edad zero (ZAMS). Estructura inicial de estrellas en la parte superior de la secuencia principal. Construcción de modelos. Resultados y comparación con las observaciones. Dependencia de los resultados de la composición química. Estructura inicial de estrellas en la parte inferior de la secuencia principal. Construcción de modelos. Resultados y comparación con las observaciones. Modelos para estrellas de la Población II: estrellas subenanas. El problema de la abundancia de helio en estrellas subenanas.

PARTE II: EVOLUCION ESTELAR

TEMA 1. COMIENZO DE LA FORMACION ESTELAR.

Inestabilidad gravitacional. Criterio de Jeans. Fragmentación. Estudio del colapso de una esfera homogénea: fase de caída libre, formación de un objeto condensado y acreción. Fase ópticamente delgada, procesos de radiación y formación de un núcleo hidrostático. Teoría de Hayashi. Formación de protoestrellas.

TEMA 2. EVOLUCION DE PROTOESTRELLAS. FASES PREVIAS A LA SECUENCIA PRINCIPAL

Colapso del núcleo de la protoestrella. Evolución de protoestrellas en el diagrama H-R. Contracción de Kelvin (cuasi-hidrostática) hacia la secuencia principal. Aproximación a la secuencia principal. Primeras reacciones nucleares de fusión .

TEMA 3. EVOLUCION EN LA SECUENCIA PRINCIPAL. CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA

Cambio en el contenido de hidrógeno. Evolución en el diagrama H-R. Tiempos de "combustión" del hidrógeno. Efectos debidos a la presencia de convección: "overshooting" y semiconvección. Límite de Schönberg-Chandrasekhar.

TEMA 4. EVOLUCION EN LAS FASES DE FUSION DE HELIO: ESTRELLAS MASIVAS.

Agotamiento del hidrógeno en el centro de la estrella. Crecimiento de la zona central isoterma. Contracción de la zona central. Evolución a gigante roja. Fase de "combustión" de helio en el centro de la estrella. Nucleosíntesis: reacción triple-alfa y producción de elementos alfa. Fase de las Cefeidas. Bucles en el diagrama H-R. Fases posteriores a la "combustión" de helio. Efectos de pérdida de masa: estrellas Wolf-Rayet (WR).

TEMA 5. EVOLUCION EN LAS FASES DE FUSION DE HELIO: ESTRELLAS DE BAJA MASA

Evolución post secuencia principal. Modelos homólogos de gigantes rojas. El "flash" de helio. Resultados numéricos. Evolución tras el "flash" de helio. Rama horizontal del diagrama H-R. Evolución fuera de la rama horizontal. Rama gigante asintótica. Pulsos térmicos. Secuencia principal de helio. Comparación con las observaciones. La rama horizontal de los cúmulos globulares y el problema del "segundo parámetro".

TEMA 6. FASES DE LA EVOLUCION ESTELAR POSTERIORES A LA FUSION DEL HELIO.

Ciclos de fusión nuclear. Fuentes de producción de energía en capas esféricas. Estabilidad y pulsos térmicos. Evolución de la región central de una estrella tras la fusión del helio. Relación M/L de los centros estelares.

TEMA 7. FASES FINALES DE LA EVOLUCION ESTELAR: EXPLOSIONES FINALES Y COLAPSO

Posibles vías de evolución del centro de carbono y oxígeno. Combustión de carbono en centros degenerados: el "flash" de carbono. Frentes de combustión: detonación y deflagración. Combustión de carbono en enanas blancas en proceso de acreción de materia de una estrella compañera: supernovas de tipo I. Colapso de los centros de estrellas masivas: supernovas de tipo II. Explosiones de supernova en estrellas masivas con fuertes vientos estelares.

TEMA 8. RESIDUOS DE LA EVOLUCION ESTELAR: OBJETOS COLAPSADOS.

Estrellas enanas blancas. Estructura, propiedades y evolución. Estrellas de neutrones. Modelos. Estrellas de neutrones en rápida rotación: púlsares. Agujeros negros. Procesos de acreción de materia sobre objetos colapsados en sistemas binarios: emisión de rayos X.

RESUMEN Y COMPARACION CON LAS OBSERVACIONES

Resumen de la teoría de la evolución estelar en base al Teorema del Virial. Trazas evolutivas en el diagrama H-R. Efectos de pérdida de masa. Construcción de isocronas. Comparación con observaciones de cúmulos

estelares. Determinación de la edad y composición química de cúmulos estelares. Estadísticas estelares. Tasa de formación de estrellas: función de luminosidad y función inicial de masa. Tasa de muerte de las estrellas: número de enanas blancas y tasas de explosiones de supernovas.

BIBLIOGRAFIA

- The internal constitution of the stars. Arthur S. Eddington. 1926. Cambridge Science Classics.
- Structure and Evolution of the Stars. M. Schwarzschild. 1958. Dover Pub. Inc., New York.
- An Introduction to the Study of Stellar Structure. S. Chandrasekhar. 1958. Dover Pub. Inc., New York.
- Principles of Stellar Structure. Volume I: Physical Principles. Volume II: Application to Stars. J.P. Cox and R.T. Giuli. 1968. Gordon & Breach Science Pub. Inc., New York.
- Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis. D. Clayton. 1968. McGraw Hill Inc., New York
- The stars: their structure and evolution. R.J. Tayler. 1970. Taylor and Francis Ltd., London & Philadelphia.
- Stellar Structure and Evolution. R. Kippenhahn & A. Weigert. 1990. Springer-Verlag.
- The Stars. E.L. Schatzman & F. Praderie. 1993. Springer-Verlag.
- Stellar Interiors. C.J. Hansen & S.D. Kawaler. 1994. Springer-Verlag.

OBSERVACIONES

La asistencia a clase es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Astrofísica y Cosmología
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Astrofísica y la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Astrofísica y Cosmología
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Física, Astrofísica y Cosmología.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Astrofísica y la Cosmología
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Astrofísica y la Cosmología
- 12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Astrofísica y la Cosmología

ACTIVIDADES FORMATIVAS		
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	HORAS 30	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3	HORAS 15	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	HORAS 2	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	HORAS 2	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Evaluación por examen escrito. Competencias 2,3,4 y 5	HORAS 1	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12	HORAS 45	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación	HORAS	PRESENCIALIDAD %

relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones de trabajo del alumno se aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3	15	(Para cada actividad formativa)
Elaboración de trabajo de investigación y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5	HORAS 40	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
METODOLOGÍAS DOCENTES 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Seminarios y/o conferencias de expertos. 5. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores. 8. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 10. Docencia en red.		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura	PONDERACIÓN MÍNIMA % 20%	PONDERACIÓN MÁXIMA %
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	20%	
Realización de un examen escrito al final del curso	60%	
Asistencia y participación en las clases magistrales es obligatoria	100%	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
MEDIO INTERESTELAR	6	1º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Dotar al alumno de los conocimientos teóricos y observacionales básicos relacionados con el medio interestelar en sus componentes gaseosa y sólida (polvo interestelar).

El medio interestelar es el espacio entre las estrellas a donde van a parar los productos de la evolución estelar (vientos de estelares, explosiones de supernova) y donde tiene lugar la formación de la siguiente generación de estrellas (nubes moleculares, regiones HII). La asignatura está dedicada al estudio de los procesos físicos que tienen lugar en el medio interestelar (choques, equilibrio energético, regiones de fotodisociación, remanentes de supernova, nebulosas planetarias) y la relación que existe entre el medio interestelar, las galaxias y sus historias de formación estelar (feedback). En este curso se describirán los principales componentes del medio interestelar (gas ionizado, atómico, molecular y polvo), las técnicas observacionales (espectroscopía molecular y atómica) y sus rangos de aplicación. Se describirán los fundamentos físicos teóricos para entender las propiedades de los plasmas astrofísicos de baja densidad que se observan en todo el Universo.

CONTENIDOS

- 1.- Propiedades físicas del Medio Interestelar: estado, densidad y temperatura. Componentes fundamentales del medio interestelar
- 2.- Física del gas ionizado: Regiones ionizadas, Nebulosa de hidrógeno puro, Aproximaciones a la ecuación de equilibrio de fotoionización, Esfera de Strömgren.
- 3.-Equilibrio energético en regiones ionizadas: Calentamiento: procesos de ganancia de energía. Enfriamiento: procesos de pérdida de energía. Densidad crítica. Equilibrio térmico.
- 4.-Aplicaciones prácticas de la teoría: Determinación de parámetros físicos en regiones ionizadas: Determinación de la temperatura electrónica a partir de cocientes de líneas de emisión: Límites de alta y baja densidad. Determinación de la densidad electrónica a partir de cocientes de líneas de emisión: Límites de alta y baja densidad.
- 5.- Otros Diagnósticos: T a partir del continuo en el óptico y en radio, T y Ne a partir del líneas de recombinación en el IR y radio. Determinación de abundancias químicas. Determinación del campo de radiación estelar
- 6.- Hidrógeno Atómico I: Temperatura de antena. Línea de 21cm. Densidad de Flujo. Temperatura de

excitación. Obtención de parámetros físicos

7.- Hidrógeno Atómico II: Evidencia de componentes múltiples. Equilibrio térmico en nubes de HI: Calentamiento: Radiación estelar, rayos cósmicos, rayos X. Enfriamiento: líneas de Carbono. Curva de Rotación Galáctica: Modelo cinemático de la Galaxia

8.-Dinámica del Gas: Procesos de generación de choques en el Medio Interestelar. Vientos estelares Expansión de regiones fotoionizadas, Explosiones de supernova. Colisiones entre nubes. Procesos de acreción y jets durante la formación estelar.

9.-Polvo Interestelar: Introducción. Extinción. Scattering y absorción. Medidas de extinción. Emisión en el continuo. Cocientes polvo/gas. Destrucción y formación de Polvo.

10.-Propiedades químicas térmicas del polvo interestelar: Tamaño y características espectrales. Poblaciones de granos y modelos. Granos pequeños y moléculas grandes.

REFERENCIAS DE CONSULTA

1.- "Astrophysics of Gaseous Nebulae"

Donald E. Osterbrock; Freeman and Company

2.- "The Physics of the Interstellar Medium"

8. E. Dyson and D. A. Williams; Institute of Physics Publishing

3.- "The Physics of Interstellar Dust"

1. Kruegel; Institute of Physics Publishing

4.- "Astrophysics of the Diffuse Universe"

1. A. Dopita and R. S. Sutherland; Springer Verlag

5.- "Dust in the galactic environment"

D.C. Whittet; Institute of Physics Publishing

OBSERVACIONES

Es recomendable que el alumno esté familiarizado con los conceptos básicos en astrofísica.

Disponer de un nivel de inglés que permita al alumno leer bibliografía de consulta.

La asistencia es muy recomendable

La asistencia es obligatoria al menos en un 60%

La asistencia a los trabajos prácticos tutorizados es obligatoria

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.
- 12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales,

Cosmología y Astrofísica.		
ACTIVIDADES FORMATIVAS		
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	HORAS 30	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,	HORAS 12	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Evaluación por examen escrito. Competencias 2,3,4 y 5	HORAS 2	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	HORAS 2	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	HORAS 4	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12	HORAS 10	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3	HORAS 80	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)

Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5	HORAS 10	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
METODOLOGÍAS DOCENTES 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Seminarios y/o conferencias de expertos. 5. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores. 8. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 10. Docencia en red		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante. Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	PONDERACIÓN MÍNIMA % 50%	PONDERACIÓN MÁXIMA %
Realización de un examen escrito al final del curso	50%	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100%	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
PROCESOS RADIATIVOS EN ASTROFÍSICA	6	1º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Dotar al alumno de los conocimientos teóricos y prácticos básicos de los procesos radiativos en Astrofísica, con especial incidencia en Atmósferas Estelares

CONTENIDOS

1. Conceptos básicos de la teoría de la radiación:
2. El cuerpo negro. Aplicaciones en Astrofísica. Coeficientes de Einstein
3. Transporte radiativo
4. Nociones básicas de física atómica de utilidad astrofísica. El átomo de hidrógeno. Otros átomos.
5. Ecuaciones de equilibrio. Fórmula de Boltzmann. Ecuación de Saha.
6. Clasificación espectral. Tipos espectrales.
7. Atmósferas. Estelares. Parámetros fundamentales.
8. Transporte radiativo en una atmósfera estelar.
9. Transporte convectivo.
10. Atmósfera Gris
11. Fuentes de opacidad.
12. Modelos de fotosferas.
13. Líneas espectrales.
14. Ecuación de transporte en las líneas espectrales.
15. Abundancias
16. Desviaciones del equilibrio termodinámico total.
17. Cromosferas y coronas estelares.

18. Vientos estelares.

19. Radiación sincrotrón

v) Bibliografía

- *Procesos radiativos en astrofísica*. G. B. Rybicki & Alan P. Lightman; John Wiley and Sons

- *Introduction to Stellar Astrophysics II. Stellar Atmospheres* Böhm-Vitense, E.R.J., Cambridge University Press

- *Stellar Atmospheres* Mihalas D., Freeman

- *Radiative Transfer in Stellar Atmospheres* Rutten, R.J.

http://www.staff.science.uu.nl/~rutte101/Radiative_Transfer.html

- *The observation and analysis of stellar photospheres*, Gray

OBSERVACIONES

Se pretende que el estudiante sea capaz de afrontar un análisis riguroso e interpretación de los procesos radiativos; en especial el transporte de la radiación. El alumno adquirirá la destreza de elaborar un modelo de atmosfera estelar y su ajuste a espectros y distribuciones de energía estelares.

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus

miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,

HORAS

PRESENCIALIDAD %

30

Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,

20

Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3

12

Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7

20

Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5		
Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 Evaluación por exposición del trabajo. Presentación (individual o en grupo) y discusión de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación. Se valorará especialmente el espíritu crítico sobre el trabajo realizado así como la búsqueda bibliográfica realizada y el grado de conocimiento adquirido sobre ésta. Competencias 2,3,4 y 5	2	
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	4	
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12	60	
Evaluación por examen escrito. Competencias 2,3,4 y 5	2	
METODOLOGÍAS DOCENTES <ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 4. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 5. Docencia en red. 		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.	PONDERACIÓN MÍNIMA % 30	PONDERACIÓN MÁXIMA % (Para cada sistema de evaluación)
Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas Realización y defensa de los casos prácticos y problemas	20	

teóricos planteados por el profesor en clase		
Realización de un examen escrito al final del curso	50	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
TRABAJO FIN DE MÁSTER	12	NONE	NONE	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / OPTATIVA / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Alcanzar las competencias generales y específicas de la materia y adquirir los conocimientos teóricos y prácticos descritos en sus contenidos. Desarrollar las competencias de carácter personal, interpersonal y vinculado al desarrollo ético y responsable de la profesión.

CONTENIDOS

El alumno se integrará en un laboratorio de investigación. Junto a los laboratorios de los profesores directamente implicados en la docencia del Máster, el alumno podrá proponer cualquier otra entidad en la que realizar su Trabajo de fin de Máster. En caso de que la Dirección del Máster la considere adecuada se procederá al nombramiento de un Tutor académico y a la firma de un Convenio de colaboración que de cobertura legal al trabajo realizado en dicha entidad. En estos laboratorios el alumno aplicará las enseñanzas recibidas en las clases teóricas completando su formación en una línea de investigación concreta, en la que se integrarán plenamente durante un período de 3-4 meses. Cuando el Director del trabajo sea una persona ajena a la Universidad, la Comisión de dirección nombrará un Tutor académico entre los profesores del Máster, tratando de que su perfil docente/investigador sea lo más afín posible al trabajo de investigación a realizar. El alumno participará así mismo en cuatro seminarios destinados a orientar su especialización académica investigadora relacionados con aspectos de gestión/administración científica y la divulgación transferencia de los resultados de la investigación.

Estos aspectos deberán ser tenidos en cuenta en la redacción de la memoria del Trabajo Fin de Máster:

- Preparación de proyectos de investigación científico técnica.
- El marco europeo de investigación científico técnica.
- Resultados de la investigación: Publicación y gestión bibliográfica.
- Resultados de la investigación: Protección y transferencia.

OBSERVACIONES

(Redactar texto)

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco

conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinarios), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Astrofísica y la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica

ACTIVIDADES FORMATIVAS

HORAS

PRESENCIALIDAD %

<p>Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico.</p> <p>Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7</p>	<p>2</p>	<p>(Para cada actividad formativa)</p>
<p>Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,</p>	<p>HORAS 15</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12</p>	<p>HORAS 20</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7</p>	<p>HORAS 23</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5</p>	<p>HORAS 40</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>METODOLOGÍAS DOCENTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Seminarios y/o conferencias de expertos. 4. Visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados. 5. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores. 6. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor. 7. Prácticas experimentales sobre las técnicas básicas de trabajo en campo. 8. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 		

10. Docencia en red. 11. Seguimiento del Trabajo de Fin de Máster		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.	PONDERACIÓN MÍNIMA % 100%	PONDERACIÓN MÁXIMA %

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
COSMOLOGÍA AVANZADA	6	2º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Conocimiento de los procesos físicos que ocurren en el universo en las etapas más tempranas de su evolución y su influencia en la formación de galaxias y estructuras a gran escala. Cada alumno analizará algún artículo reciente para fomentar su capacidad crítica y desarrollar su manejo y comprensión de la bibliografía.

CONTENIDOS

Módulo A. Introducción. El Universo homogéneo

- 1.- El modelo Cosmológico estándar. Parámetros cosmológicos.
- 2.- Problemas del modelo de Big-Bang.
- 3.- La solución Inflacionaria.

Módulo B: Perturbaciones en la distribución de materia.

- 1.- Evolución de perturbaciones en universos de Friedmann y origen de la estructura a gran escala.
- 2.- Espectro de potencias de Harrison-Zel'dovich.

Módulo C: Radiación de fondo.

- 1.- Propagación de un campo radiativo en un Universo de Friedmann in homogéneo.
- 2.- Origen de las anisotropías en la Radiación de Fondo: efecto Sachs-Wolfe, Sachs-Wolfe integrado
- 3.- Oscilaciones acústicas en la superficie de última dispersión. Modos adiabáticos e isocurvos.
- 4.- Observaciones recientes e implicaciones para los modelos de formación de estructura. Parámetros cosmológicos.
- 5.- Efecto Sunyaev-Zeldovich: gas caliente en cúmulos y anisotropías secundarias en la radiación de fondo.

Módulo D: Estructura a gran escala.

- 1.- Observaciones de la distribución de materia. Catálogos espectroscópicos y fotométricos
- 2.- Grupos, cúmulos y supercúmulos de galaxias. Determinación de masas.
- 3.- Función de correlación y espectro de potencia de las perturbaciones en la distribución de materia.
- 4.- Medida de la función de correlación y del espectro de potencias a partir de catálogos de galaxias.
- 5.- Funciones de luminosidad. Funciones de correlación. Aplicaciones a catálogos fotométricos. Espectro de potencias.
- 6.- Oscilaciones acústicas bariónicas.
- 7.- Métodos estadísticos en Cosmología.
- 8.- Determinación de parámetros cosmológicos a partir de la estructura a gran escala.
9. - Lentes Gravitacionales. Historia. Conceptos básicos. Lentes fuertes y débiles. Aplicaciones.

Referencias de consulta

- "Modern Cosmology" S. Dodelson. Academic Press (2003).
- "The Cosmic Microwave Background" R. Durrer. Cambridge University Press (2008).
- "The Early Universe" E.W. Kolb M.S. Turner. Addison--Wesley (1990).
- "The Primordial Density Perturbation: Cosmology, Inflation and the Origin of Structure" D.H. Lyth, A. Liddle. Cambridge U.P. (2009)
- "Statistics of the Galaxy Distribution" V. J. Martínez and E. Saar. Chapman & Hall (2002)
- "Structure Formation in the Universe" T. Padmanabhan, Cambridge U. P. (1993)
- "Cosmological Physics" J.A. Peacock. Cambridge University Press (1998).
- "Large Scale Structure of the Universe" P.J.E. Peebles. Princeton U.P. (1980).
- "Cosmology" S. Weinberg. Oxford U.P. (2008)
- "Extragalactic Astronomy and Cosmology" P. Schneider, Springer-Verlag, (2006)
- "Dark Energy", Yun Wang, Wiley-VCH (2010)
- "Lectures on Gravitational Lensing", Ramesh Narayan & Matthias Bartelmann, (1996), astro-ph/9606001
- "Gravitational Lensing in Astronomy", Joachim Wambsganss, (1998), Living Reviews,
<http://www.livingreviews.org/Articles/Volume1/1998-12wamb>
- "Gravitational Lenses", Peter Schneider, Springer-Verlag, (1996)
- Artículos de las siguientes bases de datos: ADS: esoads.eso.org; ArXiv: xxx.unizar.es

OBSERVACIONES

(Redactar texto)

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Astrofísica y Cosmología
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Astrofísica y la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Astrofísica y Cosmología
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Física, Astrofísica y Cosmología.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Astrofísica y la Cosmología
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Astrofísica y la Cosmología
- 12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de

última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Astrofísica y la Cosmología		
ACTIVIDADES FORMATIVAS		
Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,	HORAS 30	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,	HORAS 12	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico. Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7	HORAS 2	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,	HORAS 6	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12	HORAS 45	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3	HORAS 25	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5	HORAS 30	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)

<p>METODOLOGÍAS DOCENTES</p> <p>1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.)</p> <p>9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.</p> <p>10. Docencia en red</p>		
<p>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</p> <p>Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.</p>	<p>PONDERACIÓN MÍNIMA %</p> <p>50%</p>	<p>PONDERACIÓN MÁXIMA %</p>
<p>Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase</p>	<p>50%</p>	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS	6	2º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo de esta asignatura es ofrecer a los alumnos un estudio de la formación y evolución de galaxias, y de las estructuras que forman en un marco cosmológico, y su comparación con datos observacionales. Gracias a los importantes desarrollos en la tecnología de computadores y en las técnicas numéricas de estos últimos años, es ahora posible realizar este estudio a partir de primeros principios físicos a través de simulaciones numéricas por ordenador. El alumno tendrá oportunidad de familiarizarse con la realización e interpretación de tales simulaciones en las clases prácticas

CONTENIDOS

UNIDAD 1. FÍSICA: Repaso teoría perturbaciones en modelos FRW. Aproximación de Zeldovich. Modelo de adhesión. Ecuación de Burgers. Modelo de colapso esférico. Formalismo de Press-Schechter. Perfiles y formas de halos de materia oscura. Fusiones de Halos. Otros procesos dinámicos (Fricción dinámica. Fuerzas de marea. Calentamiento dinámico). Física de fluidos (choques, enfriamiento, viscosidad). Turbulencia. Medio multifásico.

UNIDAD 2. ESCENARIOS y MODELOS:

- a) Escenarios para la formación estelar (feedback, multiescala y turbulencia).
- b) Escenarios para la formación y evolución de galaxias (Modelos analíticos y semianalíticos. Procesos estelares. Procesos dinámicos e hidrodinámicos (choques, turbulencia)).
- c) Escenarios para el enriquecimiento químico.

UNIDAD 3. SIMULACIONES NUMÉRICAS: a) Repaso de técnicas numéricas (N-cuerpos, hidrodinámicas) b) Resultados de simulaciones. c) Comparación con datos observacionales.

UNIDAD 4. PRÁCTICAS: simulaciones por ordenador, su visualización y su análisis.

Referencias de consulta

- J. *Galaxy Formation and Evolution*. Mo, Van den Bosch, White, Cambridge University Press, 2010
- K. *Galaxy Formation Theory*, A. Benson, Physics Reports, 2010,
- L. *Galaxy Formation and Evolution*. H. Spinrad, 2010, Springer Books.
- M. *The road to galaxy formation*. W. Keel, 2010, Springer Books.
- N. *Galaxy Formation*, M. Longair, Springer. 2007.

OBSERVACIONES

La asistencia es muy recomendable

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Astrofísica y Cosmología
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Astrofísica y la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Astrofísica y Cosmología
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Física, Astrofísica y Cosmología.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Astrofísica y la Cosmología
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas

y complejas en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Astrofísica y la Cosmología

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Astrofísica y la Cosmología

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,

HORAS

30

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,

HORAS

15

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes.

Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico.

Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7

HORAS

5

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,
Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,

HORAS

5

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12

HORAS

40

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7

HORAS

Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

<p>aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3</p>	<p>25</p>	<p>formativa)</p>
<p>Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5</p>	<p>HORAS 30</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>METODOLOGÍAS DOCENTES</p> <p>1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 10. Docencia en red</p>		
<p>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</p> <p>Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.</p>	<p>PONDERACIÓN MÍNIMA % 100%</p>	<p>PONDERACIÓN MÁXIMA %</p>

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
FORMACIÓN DE ESTRELLAS Y PLANETAS	6	2º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Dotar al alumno de los conocimientos teóricos y observacionales actuales, básicos relacionados con la formación de estrellas, características y evolución de los discos planetarios, y exo-planetes. Se pretende que el alumno pueda afrontar una investigación novedosa en los temas contemplados en la asignatura.

CONTENIDOS

- Generalidades. Medio interestelar. Nubes moleculares. Regiones de formación estelar. Formación de cúmulos. Sistemas estelares jóvenes. Función inicial de masa. Objetos estelares jóvenes.
- De nubes a estrellas. Equilibrio y estabilidad de las nubes moleculares. El colapso de núcleos densos. El problema del momento angular.
- Objetos estelares jóvenes: clases evolutivas. Protoestrellas.
- Estrellas pre-secuencia principal. Contracción quasi-estática. Estrellas T-Tauri. Estrellas Herbig Ae/Be.
- Discos circunestelares: productos de la formación estelar. Evidencias observacionales/tipos de observaciones. Discos de acrecimiento/protoplanetarios. Discos de escombros o "debris"/planetarios. Mecanismos de dispersión de los discos protoplanetarios. Planetesimales. Las observaciones.
- Planetas y sistemas planetarios. Formación de planetas. Sistemas planetarios. Escenarios. Métodos de observación de planetas exo-solares. Las observaciones. El futuro. Preguntas abiertas.

Referencias de consulta

Accretion Processes in Star formation, L. Harman Cambridge University Press, 1998 , 2008 2nd edition

The formation of stars. S. W. Stahler, F. Palla Wiley- VCH, 2004

An Introduction to Star Formation, D. Ward-Thompson, A.P. Whitworth, Cambridge, 2011

Astrophysics of Planet Formation, P. J. Armitage, Cambridge, 2009

Protostars and Planets IV. Mannings, Boss, Russell Arizona Press, 2000

Protostars and Planets V, B. Reipurth, D. Jewitt, K. Keil, Arizona Press, 2007

From dust to stars. N. Shultz Springer Verlag, 2005

The Origin of stars. M. D. Smith, Imperial College Press, 2004

OBSERVACIONES

Haber cursado, o estar cursando: Fundamentos de Astrofísica, Atmósferas Estelares, Estructura Interna y Evolución Estelar, Medio Interestelar, Técnicas Experimentales en Astrofísica.

La asistencia es obligatoria.

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

- 1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Astrofísica y Cosmología
- 2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Astrofísica y la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- 3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Astrofísica y Cosmología
- 4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- 5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- 6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Física, Astrofísica y Cosmología.
- 7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Astrofísica y la Cosmología
- 9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Astrofísica y la Cosmología
- 10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

<p>11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Astrofísica y la Cosmología</p> <p>12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Astrofísica y la Cosmología</p>		
ACTIVIDADES FORMATIVAS		
<p>Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,</p>	<p>HORAS</p> <p>30</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,</p>	<p>HORAS</p> <p>15</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico.</p> <p>Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7</p>	<p>HORAS</p> <p>5</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Tutorías de Orientación a proyectos de investigación científico/técnica, al trabajo personal del alumno y ha resolución de problemas teóricos. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12, Tutorías de análisis y discusión con el tutor de los datos obtenidos en los problemas teóricos planteados por el profesor en clase y en el trabajo de investigación. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12,</p>	<p>HORAS</p> <p>5</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12</p>	<p>HORAS</p> <p>40</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3</p>	<p>HORAS</p> <p>25</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>

Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5	HORAS 30	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
METODOLOGÍAS DOCENTES <ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Seminarios y/o conferencias de expertos. 4. Visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados. 5. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores. 6. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor. 7. Prácticas experimentales sobre las técnicas básicas de trabajo en campo. 8. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 10. Docencia en red. 		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN Realización de controles (tests) a lo largo del curso	PONDERACIÓN MÍNIMA % 15%	PONDERACIÓN MÁXIMA %
Realización y defensa pública de un trabajo el cual se refiera al desarrollo de las prácticas realizadas en visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados. Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas	15%	
Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas	100%	
Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase	70%	
Asistencia y participación en las clases magistrales	100%	

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
TÉCNICAS OBSERVACIONALES Y COMPUTACIONALES EN ASTROFÍSICA	6	1º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1. Aprendizaje de los métodos y técnicas de la observación astronómica.
2. Aprendizaje del proceso de medida en Astronomía, desde el planteamiento hasta la obtención de medidas reducidas a sistemas estándar.
3. Realización de observaciones y reducción de datos a nivel profesional.

COMPETENCIAS

1. Preparación y optimización de un programa observacional con telescopios ópticos.
2. Uso de catálogos de objetos astronómicos bibliográficos y on-line.
3. Cálculo de visibilidad de objetos astronómicos.
4. Adquisición de imágenes con telescopios ópticos.
5. Reducción y análisis de datos fotométricos usando software específico.
6. Reducción y análisis de datos espectroscópicos usando software específico.
7. Realización de observaciones con radiotelescopios.

CONTENIDOS

BLOQUE I: Astronomía de posición.

1. Introducción
2. La esfera celeste
3. Sistemas de coordenadas. Transformaciones entre sistemas,
4. Movimiento diurno: ortos, ocasos y culminaciones
5. Medida del tiempo. Tiempo solar. Tiempo sidéreo
6. Calendario. Fecha Juliana

7. Precesión y nutación de la Tierra

8. Movimiento anual del Sol y los planetas

BLOQUE II: Instrumentación astronómica.

1. Tipos de telescopios: refractores, reflectores y catadióptricos. Ventajas e inconvenientes.

2. Telescopios disponibles en el Observatorio de la UAM.

3. Otros telescopios. Los telescopios del ING, CAHA y ESO. El GTC

4. Fundamentos de óptica adaptativa

5. Instrumentación. Repaso histórico. Placas fotográficas, IPCS y otros.

6. Instrumental moderno. La cámara CCD y sus características. Los CCDs ST6 y ST8 disponibles en el Observatorio de la UAM

BLOQUE III: Propiedades estelares y sistemas fotométricos

1. Clasificación estelar. Clasificación de Harvard ("Tipo espectral") y clasificación MKK ("Clase de luminosidad").

2. La clasificación de Harvard como escala de temperaturas y la clasificación MKK como escala de radios estelares.

3. El diagrama Hertzsprung-Russell.

4. Sistemas fotométricos. Repaso histórico. Magnitudes visual y fotográfica. Índice de color **8 de**

5. El sistema UBV(RI) de Johnson-Cousins. Color fotométrico.

6. La extinción interestelar y su efecto en los colores medidos.

7. La temperatura de color del cuerpo negro.

8. El diagrama color-magnitud y el diagrama color-color.

BLOQUE IV: Sistemas de reducción de datos

1. Usos de la cámara CCD. Fotometría y Espectroscopía.

2. Ganancia de la CCD. Imágenes de control y sus propiedades estadísticas. Bias, Darks, Flat Fields. Errores proporcionales a la señal (errores "poissonianos") y el ruido de lectura. Ecuación de la CCD para la señal/ruido de una observación.

3. Reducción de datos fotométricos. Substracción de bias, darks, división por el flat field. Medida del flujo fotométrico de una estrella con su error. Corrección de extinción atmosférica y calibración en magnitudes.

4. Reducción de datos espectroscópicos. Sustracción del bias, darks. Construcción del flat "píxel a píxel" normalizado. Corrección de iluminación. Arcos de calibración y calibración en longitud de onda. Sustracción del fondo. Corrección de extinción atmosférica. Calibración en flujo usando estándares espectrofotométricos.

5. Programas de reducción de datos: IRAF, MIDAS etc.

OBSERVACIONES

Conocimientos de Física a nivel de tercer curso de licenciatura. Conocimientos básicos de Astrofísica.

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Astrofísica y Cosmología

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Astrofísica y la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Astrofísica y Cosmología

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Física, Astrofísica y Cosmología.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Astrofísica y la Cosmología

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

<p>11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Astrofísica y la Cosmología</p> <p>12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Astrofísica y la Cosmología</p>		
ACTIVIDADES FORMATIVAS		
<p>Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,</p>	<p>HORAS</p> <p>10</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Clases presenciales prácticas: resolución por parte de los alumnos de ejercicios y casos prácticos propuestos por el profesor. Competencias 2, 8,</p>	<p>HORAS</p> <p>15</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Prácticas que incluyen visitas a instalaciones industriales, observacionales, y/o laboratorios especializados Competencias:1, 2, 8, 10, 11, 12</p>	<p>HORAS</p> <p>25</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Elaboración y exposición de un trabajo relativo a las prácticas realizadas en visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados. Presentación (individual o en grupo) y discusión de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación. Se valorará especialmente el espíritu crítico sobre el trabajo realizado así como la búsqueda bibliográfica realizada y el grado de conocimiento adquirido sobre ésta. Competencias 2,3,4 y 5</p>	<p>HORAS</p> <p>40</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12</p>	<p>HORAS</p> <p>20</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
<p>Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7 Prácticas de resolución de problemas. En estas sesiones el alumno aplicará los conocimientos teóricos impartidos. Obtendrá una visión actualizada del estado y retos en el área de la Astrofísica y la Cosmología mediante a la asistencia a seminarios impartidos por expertos en cada área. Competencias 2, 3</p>	<p>HORAS</p> <p>30</p>	<p>PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)</p>
METODOLOGÍAS DOCENTES		
<p>1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la</p>		

<p>información, evaluación de publicaciones científicas, etc.)</p> <p>3. Seminarios y/o conferencias de expertos.</p> <p>8. Tutorías individuales o en grupos reducidos.</p> <p>9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas.</p> <p>10. Docencia en red</p>		
<p>SISTEMAS DE EVALUACIÓN</p> <p>Realización y defensa pública de un trabajo el cual se refiera al desarrollo de las prácticas realizadas en visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados.</p>	<p>PONDERACIÓN MÍNIMA %</p> <p>60%</p>	<p>PONDERACIÓN MÁXIMA %</p>
<p>Evaluación continua de alumno mediante preguntas y cuestiones orales durante el desarrollo de las prácticas</p>	<p>40%</p>	
<p>Asistencia y participación en las clases magistrales (será tenida en alta consideración)</p>		

DENOMINACIÓN	CRÉDITOS ECTS	SEMESTRE	ECTS POR SEMESTRE	LENGUA/S
SEMINARIO DE TEMAS AVANZADOS EN ASTROFÍSICA	6	2º	6	ESPAÑOL E INGLÉS

CARÁCTER:

(OBLIGATORIA / **OPTATIVA** / PRÁCTICAS EXTERNAS / TRABAJO FIN DE MÁSTER)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Se trata de un curso de contenido variable y carácter informal, cuyo objetivo es dar a conocer al estudiante temas de última actualidad en Astrofísica y Cosmología.

CONTENIDOS

Los cursos del próximo año serán sobre 1) iniciación a la espectrografía de campo integral, 2) las propiedades del polvo cósmico (incluido en laboratorio), y 3) formación y evolución de discos protoplanetarios así como seminarios puntuales a concretar.

Referencias de consulta

Dado el carácter informal, será señalada por los profesores.

OBSERVACIONES

La asistencia es muy recomendable

Las prácticas en el Centro de Astrobiología son obligatorias

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES

1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a Astrofísica y Cosmología

2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Astrofísica y la Cosmología de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Astrofísica y Cosmología

4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y experimentales, escribiendo un resumen

o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

6 - Ampliar los conocimientos de los principios fundamentales de la Física, Astrofísica y Cosmología.

7 - Conocer los últimos avances en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

8 - Conocer, manejar e interpretar las técnicas de fabricación y caracterización en las áreas de la Astrofísica y la Cosmología

9 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

10 - Desarrollar la capacidad de síntesis y transferencia de los conocimientos adquiridos en el campo de la Astrofísica y la Cosmología

11 - Desarrollar la capacidad de decidir la técnica ó técnicas de caracterización adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Astrofísica y la Cosmología

12 - Manejar e interpretar los fundamentos y los aspectos más innovadores y algunas aplicaciones de última generación de materiales y tecnologías asociadas a la Astrofísica y la Cosmología

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Clases presenciales teóricas (lección magistral): Presentaciones orales, apoyadas con material informático para todo el grupo en las que se transmitirán los contenidos fundamentales, revisados y actualizados, elaborados por los profesores. En algunos casos, se complementarán con conferencias presentadas por profesores invitados punteros en su área. Competencias 1, 6, 8, 10, 11, 12,

HORAS

15

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Exposición pública de trabajos por parte de los estudiantes. Elaboración, presentación y discusión de seminarios. Los alumnos (bien individualmente o en grupos) expondrán un trabajo relativo a temas actuales relativos al desarrollo y aplicaciones de la Astrofísica, la Astronomía o la Cosmología. Los estudiantes elaborarán un pequeño informe escrito y presentado/defendido en clase ante el profesor y el resto de los estudiantes. Se valorará especialmente el espíritu crítico.

HORAS

4

PRESENCIALIDAD %
(Para cada actividad formativa)

Competencias 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7

Trabajo personal del alumno. Horas de estudio no presenciales

HORAS

PRESENCIALIDAD %

pero implementadas por los alumnos fuera de horario lectivo. La media se encuentra en 2 horas de estudio por hora de docencia presencial en clases teóricas o prácticas, pero puede variar de una asignatura a otra. Competencias 1,2,3,4,5, 7, 8, 9, 11, 12	20	(Para cada actividad formativa)
Búsqueda bibliográfica y análisis de trabajos de investigación relacionados. Competencias 1,2,3,4,5, 7	HORAS 11	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
Elaboración de trabajo y preparación de la presentación. Competencias 2,3,4,5	HORAS 25	PRESENCIALIDAD % (Para cada actividad formativa)
METODOLOGÍAS DOCENTES <ol style="list-style-type: none"> 1. Presentaciones orales, apoyadas con material informático (powerpoint, videos, fragmentos de documentales, etc.) 2. Resolución de ejercicios prácticos (problemas numéricos, cuestiones tipo test, interpretación y procesamiento de la información, evaluación de publicaciones científicas, etc.) 3. Seminarios y/o conferencias de expertos. 4. Visitas a instalaciones industriales, observacionales y/o laboratorios especializados. 5. Exposiciones orales de temas previamente preparados, incluyendo debate con compañeros y profesores. 6. Prácticas computacionales y/o sobre problemas teóricos y casos prácticos planteados por el profesor. 7. Prácticas experimentales sobre las técnicas básicas de trabajo en campo. 8. Tutorías individuales o en grupos reducidos. 9. Orientación y supervisión en la preparación de informes o memorias escritas. 10. Docencia en red. 		
SISTEMAS DE EVALUACIÓN Realización de controles (tests) a lo largo del curso	PONDERACIÓN MÍNIMA % 40%	PONDERACIÓN MÁXIMA %
Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante.	50%	
Asistencia y participación en las clases magistrales	10%	

6. PERSONAL ACADÉMICO

6.1 PROFESORADO

Los recursos humanos del Máster provienen fundamentalmente de profesores y personal docente del departamento de Física Teórica e investigadores del Instituto de Física Teórica IFT UAM-CSIC.

El profesorado del Máster en Física Teórica que aquí se propone estará integrado por:

- 12 Catedráticos de Universidad.
- 10 Profesores Titulares de Universidad.
- 1 Profesor Contratado Doctor.
- 11 Contratados Ramón y Cajal.
- 1 Profesor Contratado.
- 5 Profesores de Investigación.
- 4 Científicos Titulares.
- 3 Investigadores Científicos.

Todos los profesores del Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid involucrados en la docencia de este Máster son profesores a tiempo completo. Como información complementaria se incluye a continuación una lista de las líneas de investigación así como algunos de los proyectos de investigación más grandes en los que participan el personal docente del Máster en Física Teórica:

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Estudio experimental de las colisiones protón-protón en el acelerador LHC del CERN
- Estructura Nuclear
- Teoría de Cuerdas y AdS/CFT
- Fenomenología de Cuerdas y Supergravedad
- Astropartículas, Cosmología y Gravitación
- Teoría de Campos en el Retículo y Materia Condensada
- Fenomenología del Modelo Estándar y Más Allá
- Formación Estelar, Exoplanetas y Evolución Estelar
- Formación y Evolución de Galaxias. Evolución Química de Galaxias
- Estallidos de Formación Estelar en Galaxias
- Estructura a Gran Escala del Universo
- Astronomía Espacial: El nuevo Telescopio Espacial HERSCHEL, SPICA y la Ciencia Asociada
- Astrofísica Molecular: la Era del HERSCHEL y Alma
- Radioastronomía: Grandes Instalaciones y la Ciencia Asociada
- Astronomía de Infrarrojos, Rayos X y Rayos Gamma

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN QUE COORDINAN O EN QUE PARTICIPAN LOS PROFESORES DEL MÁSTER (incluyendo directores potenciales de Trabajo Fin de Máster)

En primer lugar, señalaremos los **proyectos CONSOLIDER-Ingenio 2010**:

1. TITULO DEL PROYECTO: '**Multimessenger Approach for Dark Matter Detection-MultiDark**'
(Consolider-Ingenio 2010)

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Educación y Ciencia (CDS2009-00064)

DURACION DESDE: 2009 HASTA: 2014

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 3.2 millones

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Carlos Muñoz (Dpto. Física Teórica & IFT)

CENTRO COORDINADOR: Universidad Autónoma de Madrid

2. TITULO DEL PROYECTO: '**Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear-CPAN**'

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Educación y Ciencia (CDS2007-00042)

DURACION DESDE: 2007 HASTA: 2012

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 10 millones

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Antonio Pich (Univ. de Valencia & IFIC)

3. TITULO DEL PROYECTO: '**La Física del Universo Acelerado-PAU**'

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Educación y Ciencia (CDS2007-00060)

DURACION DESDE: 2007 HASTA: 2012

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 5 millones

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Enrique Fernández (IFAE)

4. TITULO DEL PROYECTO: '**Canfranc Underground Physics-CUP**'

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Educación y Ciencia (CDS2008-00037)

DURACION DESDE: 2008 HASTA: 2013

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 5 millones

INVESTIGADOR PRINCIPAL: M^a Concepción González García (UB)

5. TITULO DEL PROYECTO: '**Supercomputación y e-Ciencia SYEC**'

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Educación y Ciencia (CSD2007-00050)

DURACION DESDE: 2007 HASTA: 2012

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 5 millones

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Mateo Valero (BSC)

6. TITULO DEL PROYECTO '**Primera Ciencia con el GTC: La Astronomía Española en Vanguardia de la Astronomía Europea CIENCIA-GTC**'

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Educación y Ciencia (CSD2006-00070)

DURACION DESDE: 2006 HASTA: 2011

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 5,5 millones

INVESTIGADOR PRINCIPAL: J.M. Rodríguez Espinosa (IAC)

7. TITULO DEL PROYECTO: '**Astrofísica Molecular: la era de Herschel y ALMA-ASTROMOL**'

ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Educación y Ciencia (CSD2009-00038)

DURACION DESDE: 2009 HASTA: 2014

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 4 millones

INVESTIGADOR PRINCIPAL: José Cernicharo (CAB)

Participación en **proyectos de la Comunidad de Madrid:**

1. TITULO DEL PROYECTO: '**Fenomenología de las Interacciones Fundamentales: Campos, Cuerdas y Cosmología**'

ENTIDAD FINANCIADORA: Comunidad de Madrid (HEPHACOS S2009/ESP-1473)

DURACION DESDE: 2010 HASTA: 2013

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 785.450,00 €

INVESTIGADOR PRINCIPAL: César Gómez (IFT)

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: Departamento de Física Teórica UAM, Instituto de Física Teórica IFT UAM-CSIC

2.TITULO DEL PROYECTO:

Astrofísica y Desarrollos Tecnológicos en la Comunidad de Madrid

ENTIDAD FINANCIADORA: Comunidad de Madrid (ASTROMADRID S2009/ESP-1496)

DURACION DESDE: 2010 HASTA: 2013

CUANTÍA DE LA SUBVENCIÓN: 883.660 €

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Miguel Mass (CAB)

NÚMERO DE INVESTIGADORES PARTICIPANTES: la mayoría de los astrónomos de la Comunidad de Madrid

Participación en **Redes Europeas ITN**:

1. **“Invisibles” (Neutrinos, Dark Matter and Dark Energy Physics)**, PITN-GA-2011-289442-INVISIBLES, duración desde Abril de 2012 a Marzo de 2016.

COORDINADORA: Belén Gavela (Dpto. Física Teórica & IFT)

Instituciones participantes: UAM, University of Durham, Aarhus Universitet, CNRS, Max Planck Gesellschaft, University of Goettingen-DESY, INFN, Universidad de Barcelona, Universidad de Valencia, University of Zurich, University of Southampton. Associated Partners: University of Tokyo, CERN, Columbia University, Fermi National Laboratory, Harvard University, Universidade de Sao Paulo, Universidad Antonio Nariño, British University in Egypt, University of Delhi, Harish Chandra Research Institute, Inst. for Research in Fundamental Science (Iran), Stony Brook. Private sector partners: Hamamatsu, Kromek, GMV Aerospace and Defense, Medialab, Narcea Multimedia.

2. **“Unification in the LHC Era”**, UNILHC PITN-GA-237920, duración desde 1-10-2009 a 30-09-2013.

Investigador Principal del Nodo de Madrid: Luis Ibañez (Dpto. Física Teórica & IFT)

Instituciones participantes: CPHT, Ecole Polytechnique (France), CEA (France), Universität Bonn (Germany), Aristotle University of Thessaloniki (Greece), INFN (Italy), ICTP (Italy), I.S.T. Lisbon (Portugal), Universidad Autónoma de Madrid (Spain), University of Valencia (Spain), University of Oxford (UK), University of Warsaw (Poland), Theory Division CERN (Switzerland).

3. **“StrongNet”** (Strong Interaction Supercomputing Training Network), PITN-GA-2009-238353, duración desde 01-01-2010 a 31-12-2013.

Investigador Principal del Nodo de Madrid: Margarita García Pérez (IFT)

Instituciones participantes: IFT UAM/CSIC, U. Bielefeld, U. Cyprus, T.C. Dublin, U. Edinburgh, U.Graz, U. Liverpool, U. Parma, U. Regensburg y U. Wuppertal.

4. **“LHCphenoNet”** (Advanced Particle Phenomenology in the LHC era), PITN-GA-2010-264564, duración 2011-2014.

Instituciones participantes: en España CSIC, Universitat de Valencia y Universidad Autónoma de Madrid, en Argentina Universidad de Buenos Aires, en Francia CNRS, Universite Paris VI, CEA, en Alemania DESY, Humboldt-Universität zu Berlin, KIT Karlsruhe, Universität Wuppertal, MPI München, en Hungría Debreceni Egyetem, en Italia INFN, Università di Firenze, Università di Milano-Bicocca, Università di Pavia, Università Roma Tre, Università di Ferrara, en Holanda FOM, en Polonia Uniwersytet Slaski, en Reino Unido Durham University, Liverpool University, Cambridge University, Oxford University, en Suiza Universität Zurich, ETH. Associated Partners: RISC Software GmbH, Universität Linz, CERN, Wolfram Research Inc, Maplesoft TM.

EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA

Finalmente, damos un resumen de los equipos de investigación. Para cada uno de ellos se indica: los nombres de 3 profesores, sus sexenios de investigación, las tesis dirigidas durante los últimos 5 años, y un proyecto de investigación activo. (EN ARCHIVO ADJUNTO)

Calidad de las prácticas

Las prácticas de la especialidad de Astrofísica y Cosmología en el Máster en Física Teórica tendrán lugar en:

1.- Instalaciones UAM

2.- Centro Astrofísico Hispano-Alemán (CAHA), Observatorio de Calar Alto. Con telescopios profesionales y bajo convenio de colaboración a este fin UAM- CAHA. Bajo convenio de prácticas externas.

3.- ESAC (Instituto Científico de la ESA, Agencia Espacial Europea, ubicado en Villafranca del Castillo, Madrid)

4.- Estación de Seguimiento de Satélites de Villafranca del Castillo (Agencia Espacial Europea). Bajo convenio.

5.- Prácticas sobre datos de archivos: Observatorio Virtual, Space Telescope . Muchos de estos archivos están geográficamente localizados en Madrid.

Se trata de centros de reconocido prestigio internacional, por lo que la calidad de las prácticas está asegurada.

UNIVERSIDAD	CATEGORIA	% DEL TOTAL DE PROFESORADO	% DOCTORES	% HORAS
Universidad Autónoma de Madrid	Catedrático de Universidad	52.2%	100%	
Universidad Autónoma de Madrid	Profesor Titular de Universidad	43.5%	100%	
Universidad Autónoma de Madrid	Profesor Contratado Doctor	4.3%	100%	

6.2 OTROS RECURSOS HUMANOS

Las líneas de investigación que definen la labor investigadora desarrollada por los profesores e investigadores del Máster y los Programas de Doctorado asociados son:

- Estudio experimental de las colisiones protón-protón en el acelerador LHC del CERN
- Estructura Nuclear
- Teoría de Cuerdas y AdS/CFT
- Fenomenología de Cuerdas y Supergravedad
- Astropartículas, Cosmología y Gravitación
- Teoría de Campos en el Retículo y Materia Condensada
- Fenomenología del Modelo Estándar y Más Allá
- Formación Estelar, Exoplanetas y Evolución Estelar
- Formación y Evolución de Galaxias. Evolución Química de Galaxias
- Estallidos de Formación Estelar en Galaxias
- Estructura a Gran Escala del Universo
- Astronomía Espacial: El nuevo Telescopio Espacial HERSCHEL, SPICA y la Ciencia

- Asociada
- Astrofísica Molecular: la Era del HERSCHEL y Alma
- Radioastronomía: Grandes Instalaciones y la Ciencia Asociada
- Astronomía de Infrarrojos, Rayos X y Rayos Gamma

Todas estas líneas de investigación aseguran una oferta más que suficiente para hacer frente a la incorporación de los futuros estudiantes en grupos de investigación activos con vistas al desarrollo de la asignatura "Trabajo Fin de Máster".

Como ya se ha mencionado, se cuenta tanto en la colaboración en la docencia como en la investigación, y por tanto en la dirección de trabajos fin de máster de la especialidad de Partículas Elementales y Cosmología, con los investigadores del Instituto de Física Teórica IFT UAM-CSIC, institución que ha recibido la acreditación de Centro de Excelencia Severo Ochoa en la convocatoria 2012. A continuación se nombran los investigadores CSIC que pertenecen a dicho instituto (otros miembros son catedráticos o profesores del Departamento de Física Teórica de la UAM, que ya han sido tenidos en cuenta en el apartado anterior):

- Alberto Casas González, Profesor de Investigación.
- José Luis Fernández Barbón, Investigador Científico.
- Margarita García Pérez, Científico Titular.
- César Gómez López, Profesor de Investigación.
- Karl Landsteiner, Científico Titular.
- Esperanza López Manzanares, Investigador Científico.
- Michele Maltoni, Científico Titular.
- Jesús M. Moreno Moreno, Científico Titular.
- Tomás Ortín Miguel, Profesor de Investigación.
- Francisco Prada, Investigador Científico.
- Alvaro de Rújula Alguer, Profesor Contratado.
- Germán Sierra Rodero, Profesor de Investigación.
- Angel María Uranga Urteaga, Profesor de Investigación.
- Fernando Marchesano Buznego, Contratado Ramón y Cajal.
- María Belén Paredes Ariza, Contratada Ramón y Cajal.

Así mismo, contamos con un notable grupo de profesores e investigadores susceptibles de dirigir Trabajos de Fin de Máster dentro de la especialidad de Astrofísica y Cosmología. Se procede a la inclusión del listado:

Institución de procedencia: Centro de Astrobiología, INTA CSIC (CAB)

- Arribas Mocoroa Santiago
- Barrado Navascués David
- Bouy Herve
- Caballero Hernández Jose Antonio
- Castellanos Beltran Marcelo
- Cernicharo Quintanilla Jose
- Colina Robledo Luis
- Cuesta Crespo Luis
- de Marco Bárbara
- Domingo Garau Albert
- Eibe Garcia Maria Teresa
- Gálvez Ortiz M Cruz
- Huelamo Bautista Nuria
- Jiménez Esteban Francisco
- Labiano Ortega Alvaro
- Lopez Marti Belen
- Lorite Villalba Israel
- Martin Guerrero de Escalante Eduardo
- Martin-Pintado Martin Jesus
- Martínez Delgado Ismael

- Mas Hesse Miguel
- Masso González Helena
- Miniutti Giovanni
- Montesinos Comino Benjamín
- Morales Calderón Maria
- Morales Duran Carmen
- Moro Martin Amaya
- Moya Bedon Andres
- Muñoz Caro Guillermo
- Najarro de la Parra Francisco
- Parra Borderias Maria
- Quintana-Lacaci Martin Guillermo
- Rizzo Ricardo
- Rodríguez Goicoechea Javier
- Sanchez Contreras Carmen
- Sanz Forcada Jorge
- Solano Márquez Enrique
- Ullán Nieto Aurora
- Villar Martin Montserrat
- Zapatero Osorio Maria Rosa

Institución de procedencia: Observatorio Astronómico Nacional – Instituto Geográfico Nacional (OAN-IGN)

- Javier Alcolea Jiménez
- Rafael Bachiller García
- Valentín Bujarrabal Fernández
- Francisco Colomer Sanmartín
- Asunción Fuente Juan
- Santiago García-Burillo
- Pere Planesas Bigas
- Mario Tafalla García
- Pablo de Vicente Abad

Institución de procedencia: European Space Agency Centre (ESAC)

- Norbert Schartel
- Ivan Valtchanov
- Alcione Mora
- Erik Kuulkers
- Peter Kretschmar
- Mercedes Ramos-Lerate
- Marion Cadolle
- Jan-Uwe Ness
- Michael Kueppers
- Roland Vavrek
- Nicolas Altobelli
- Bruno Merin
- Jose Maria Castro Ceron
- Pedro Garcia-Lario
- Maria Santos-Lleo

Institución de procedencia: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

- Mercedes Mollá
- Nacho Sevilla Noarbe

El Máster cuenta además con el apoyo del personal de secretaría del Departamento de Física

Teórica, así como personal administrativo de apoyo a los actuales Másteres en Física Teórica y Astrofísica que se encargan de las gestiones de los mismos. Para las actividades de mantenimiento de las instalaciones observacionales y docentes, así como para el apoyo técnico en las labores de investigación pertenecientes a la asignatura de Trabajo Fin de Máster, se cuenta con el personal de servicio de la UAM y de las entidades colaboradoras con los Programas de Posgrado en Física Teórica y Astrofísica de la UAM.

En cualquier caso, la Universidad Autónoma de Madrid pone especial cuidado en que en los procesos de contratación de Personal Docente e Investigador y Personal de Administración y Servicios se respeten los principios de transparencia e igualdad de oportunidades, especialmente en lo que refiere a discriminación por cuestiones de raza o género.

7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

7.1 JUSTIFICACIÓN DE QUE LOS MEDIOS MATERIALES DISPONIBLES SON ADECUADOS

Medios materiales y servicios disponibles

El Máster en Física Teórica cuenta para su desarrollo con las instalaciones del Departamento de Física Teórica y de la Facultad de Ciencias, así como la del centro colaborador, el Instituto de Física Teórica IFT UAM/CSIC. En conjunto, cuentan con los medios materiales y servicios adecuados para garantizar el correcto desarrollo de las actividades formativas e investigadoras del doctorado, observándose los criterios de accesibilidad universal y diseño para todos, según lo dispuesto en la Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.

Asimismo, cuenta para su desarrollo con las instalaciones de los centros colaboradores bajo convenio:

- **CAB (Centro de Astrobiología, CSIC/INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) Ctra. de Torrejón a Ajalvir, Km. 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid.**
- [Departamento de Astrofísica \(Laboratorios\)](#)
- [Unidad de Archivo y de Datos](#)
- [Formación y evolución de galaxias](#)
- [Medio interestelar y circunestelar](#)
- [Formación y evolución estelar](#)
- [Objetos subestelares y sistemas planetarios](#)
- **Laboratorio de Astrofísica Estelar y Exoplanetas del Centro de Astrobiología (LAEFF)** www.laeff.cab.inta-csic.es/
- **Observatorio Virtual Español (Spanish Virtual Observatory, SVO)** <http://svo.cab.inta->

csic.es/main/index.php

- **CAHA Centro Astronómico Hispano-Alemán, Calar Alto.**

C/ Jesús Durbán Remón, 2-2 , 04004 Almería, España

<http://www.caha.es/>

- **CIEMAT**

<http://www.ciemat.es/>

- **ESAC – EUROPEAN SPACE ASTRONOMY CENTRE (ESA Agencia Espacial Europea)**

Estación Seguimiento de Satélites de Villafranca del Castillo (VILSPA).

<http://www.esa.int/esaMI/ESAC/index.html>

- **OAN Observatorio Astronómico Nacional (IGN Instituto Geográfico Nacional, www.ign.es)**

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Astronomia/instalaciones/

Durante el período de realización del Trabajo de Fin de Máster, los estudiantes cuentan con salas con puestos de trabajo dotados con mobiliario, ordenador personal con software general y específico, teléfono y conexión a internet.

Equipamiento de los grupos de investigación

Los grupos de investigación asociados a la especialidad de Partículas Elementales y Cosmología cuentan con un centro de computación científica propio (del Instituto de Física Teórica IFT UAM/CSIC). El grupo experimental de física de altas energías cuenta con un edificio propio que sirve de taller (donde se construyeron parte de los detectores ZEUS para el acelerador HERA en el laboratorio DESY, Hamburgo, Alemania, y ATLAS para el acelerador LHC en el laboratorio CERN, Ginebra, Suiza) y que alberga uno de los nodos de computación científica para el tratamiento de los datos procedentes del LHC. Asimismo, el grupo experimental de física de altas energías cuenta con instalaciones tanto en DESY como en el CERN, para llevar a cabo su labor de investigación experimental. El grupo de física de astropartículas y cosmología cuenta con las instalaciones de los experimentos de materia oscura CDMS y energía oscura PAU, DES, BOSS, BigBOSS, Euclid.

Además, los grupos de investigación asociados a la especialidad de Astrofísica y Cosmología cuentan con toda una serie de materiales e instalaciones disponibles en las respectivas entidades en las que desarrollan su actividad profesional:

- el Observatorio Espacial Herschel (ESA/NASA), <http://www.esa.int/esaMI/Herschel/index.html>
- El telescopio espacial Planck
<http://www.esa.int/esaMI/Planck/index.html>
- El interferómetro ALMA (ESO/NRAO/NSF/Japón),
<http://www.almaobservatory.org/es/inicio>
- el Radio Telescopio de Yebes (Guadalajara),

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Astronomia/instalaciones/telescopios/40m/

- el nuevo telescopio espacial sustituto del Hubble (JWST).
<http://www.iwst.nasa.gov/>
- los telescopios del Centro Astronómico Hispano-Alemán (CAHA) de Calar Alto (Almería),
http://www.caha.es/hexa-the-future-for-mapping-the-universe_es.html
- OAN Radiotelescopios
http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Astronomia/instalaciones/telescopios/14m/
- el Spitzer Space Telescope
<http://www.spitzer.caltech.edu/>
- los telescopios de Rayos X Chandra
<http://chandra.harvard.edu/>
- XMM-Newton,
<http://xmm.esac.esa.int/>
- STSCI
<http://www.stsci.edu/portal/>

Los cuatro últimos son operados desde la Estación de Seguimiento de Satélites que la Agencia Espacial Europea (ESA) posee en Villafranca del Castillo, Madrid. El European Space Astronomy Center (ESAC, centro científico de la ESA) se ubica en el mismo lugar.

La participación española en estos proyectos, y más concretamente, la de los investigadores y científicos adscritos al Programa de Doctorado en Astrofísica con su institución de trabajo, implica la concesión de derechos sobre el uso de estas instalaciones y materiales, permitiendo así al alumnado de la UAM su uso.

También es destacable su compromiso en proyectos nacionales como el Gran Telescopio de Canarias (GTC), <http://www.gtc.iac.es/>

Además, España forma parte del Observatorio Europeo Austral (ESO) <http://www.eso.org/public/spain/teles-instr.html> teniendo nuestros alumnos acceso a todos los telescopios de esta institución.

Por otro lado, a nivel supercomputacional, los participantes en este programa de máster podrán acceder al uso de:

- La Red Española de Supercomputación, de la que forma parte el Centro Computacional Científico de la UAM;
- El Barcelona Supercomputing Centre, BSC
<http://www.bsc.es/>
- La unidad de cálculo computacional del CIEMAT;

Un tercer aspecto es el acceso a las Bases de Datos de todos nuestros centros conveniados, entre las que caben destacar, la base de cartografiados extragalácticos del CIEMAT o las bases de datos de rayos (infrarrojos, X y Gamma) del Observatorio Virtual del ESAC.

Servicios de apoyo a la investigación

Para la adecuada formación del doctorando y el desarrollo de su actividad investigadora, se utilizan otros servicios/instalaciones de la Facultad de Ciencias y/o de la Universidad Autónoma de Madrid.

Biblioteca

La biblioteca de la Facultad de Ciencias cuenta con un edificio propio de 8700 m². Dispone de más de 10000 títulos de revistas electrónicas, 67 bases de datos en el área de Ciencias y 29 series de Springer en libros electrónicos. Su fondo bibliográfico está formado por 83100 ejemplares de monografías, 42000 ejemplares en libre acceso, 2000 títulos de revistas en papel, 5200 títulos de tesis doctorales,. En cuanto a sus instalaciones y equipamiento, cuenta con 991 puestos de lectura en biblioteca, 243 puestos de lectura en hemeroteca, 290 puestos de estudio en sala 24 horas, un puesto de consulta para personas con discapacidad, 18 puestos de lectura en CDEN, 20 puestos en Aula Multimedia, 10 salas de trabajo en grupo (60 puestos) una sala de investigadores (6 puestos), un aula de informática (20 ordenadores) 27 terminales para consulta y 35 ordenadores portátiles para préstamo. Está atendida por 18 bibliotecarios, con la colaboración adicional de becarios, ofreciendo servicios de formación de usuarios en técnicas de búsqueda bibliográfica.

Unidad de Recursos Audiovisuales y Multimedia (URAM)

La Unidad de Recursos Audiovisuales y Multimedia de la UAM, es un centro de apoyo a la docencia y la investigación en materia de contenidos y tecnologías audiovisuales y multimedia a disposición de toda la comunidad universitaria. La URAM ofrece los siguientes servicios:

- Mediateca: posee un fondo audiovisual y multimedia compuesto por más de 4000 títulos en diferentes formatos y pertenecientes a diversos géneros y materias y un fondo de revistas, libros y obras de referencia especializados.
- Aula multimedia: se trata de un aula docente con 20 equipos informáticos y se destina a la docencia que requiera el uso de tecnologías de la información y/o software específicos y otros materiales multimedia.
- Sala de Videoconferencias para actividades docentes, actos culturales y encuentros de investigación, con capacidad para 40 personas. Está dotada con equipamiento audiovisual completo para presentaciones y un sistema de emisión y recepción de videoconferencia por conexión telefónica y red.
- Otros servicios: Grabación y edición de programas audiovisuales con fines docentes y de investigación., Préstamo de equipos audiovisuales y Conversiones de formatos y normas de color, digitalización de materiales.

Servicios Generales de Apoyo a la Investigación Experimental (SEGAINVEX).

Contando con el soporte administrativo del Servicio de Investigación, tiene como objetivos básicos:

- Suministrar apoyo técnico a las distintas líneas de investigación en curso.
- Construir los prototipos necesarios para la investigación.
- Optimizar los recursos existentes mediante el seguimiento y la coordinación global de la labor técnica necesaria para los distintos proyectos.

Cuenta además con los siguientes servicios: oficina técnica, sección de electrónica, sección de vidrio y cuarzo, sección de soldadura, sección mecánica y sección de criogenia

Servicio Interdepartamental de Investigación (SIdI)

Se creó en 1992 para centralizar los servicios pequeños que existían a nivel departamental en la Facultad de Ciencias, con el objetivo de regular la explotación de la infraestructura dedicada a la investigación y rentabilizar las inversiones en equipos.

Las finalidades de este servicio son:

- Cubrir las necesidades de investigación en los diferentes departamentos, institutos y servicios de la UAM, así como las de otros organismos públicos o privados que lo soliciten.
- Desarrollar la investigación metodológica propia en las técnicas experimentales necesarias para mejorar y ampliar las prestaciones, de acuerdo con las directrices de la UAM.
- Asesorar a la comunidad universitaria en todo lo referente a su ámbito de actuación.

En la actualidad las técnicas disponibles son las siguientes:

- Unidad de Análisis Elemental
- Unidad de Rayos X
- Unidad de Espectrometría de Masas
- Unidad de Microscopía
- Unidad de Espectroscopía Molecular
- Unidad de Edición de Diapositivas y Tratamiento Digital de la Imagen
- Unidad de Cromatografía
- Unidad de Citometría de Flujo
- Unidad de Análisis Térmico
- Unidad de Genómica (asociada en el Parque Científico de Madrid)

Centro de Microanálisis de Materiales (CMAM)

El CMAM es un centro propio de investigación de la UAM cuya principal herramienta experimental es un acelerador electrostático de iones con una tensión máxima de terminal de 5 MV, dedicado al análisis y modificación de materiales.

Centro de Computación Científica-UAM (CCC)

Las principales actividades de los servicios centrales de computación aplicada a la investigación científica son las siguientes:

- Servicios centrales de computación aplicada a la investigación científica.
- Hosting de servidores de cálculo. Laboratorio de simulación computacional.
- Impresión de cartelería de producción científica (pósters).
- Escaneos.
- Copias de seguridad.

Mantenimiento de equipos/instalaciones

La UAM dispone de personal para el mantenimiento de las infraestructuras, edificios e instalaciones. Las intervenciones son a cuatro niveles:

- Mantenimiento correctivo: reparación de elementos y/o instalaciones cuando se produce un fallo.

- Mantenimiento preventivo: anticipación a la aparición de averías, efectuando revisiones periódicas programadas para evitar futuros fallos en los elementos y/o instalaciones.
- Mejora de elementos e instalaciones: modificaciones para adaptar los elementos/instalaciones a las necesidades de los usuarios.
- Asesoramiento técnico: asistencia para resolver problemas, buscar soluciones y supervisar la ejecución de trabajos por parte de empresas externas a la Universidad.

Previsión para la obtención de recursos externos y bolsas de viaje que sirvan de apoyo a los estudiantes de Máster en su formación.

Para la asistencia a congresos y reuniones científicas, así como realización de estancias en el extranjero, el Máster en Física Teórica cuenta con varias vías de financiación:

- bolsas de viaje que otorga las UAM.
- fondos propios de los grupos de investigación, a través de los proyectos de investigación y contratos.
- programas de movilidad del Ministerio, de las Comunidades Autónomas, de la Unión Europea, o de la UAM.
- Programas internacionales de movilidad: ERASMUS
- Los Programas de Posgrado en Física Teórica y en Astrofísica han recibido financiación por parte de la Universidad Autónoma de Madrid al haber sido considerados Programas de Excelencia en la convocatoria de 2011. Se prevee usar parte de esa ayuda para estancias breves y asistencia a congresos científicos.

En el enlace <http://www.uam.es/ss/Satellite/es/1233310432217/sinContenido/Becas.htm> se detallan las ayudas de las que se pueden beneficiar los estudiantes de la UAM

8. RESULTADOS PREVISTOS

8.1 ESTIMACION DE VALORES CUANTITATIVOS

TASA DE GRADUACIÓN 98%	TASA DE ABANDONO 2%	TASA DE EFICIENCIA 100%
OTRA TASA PROPUESTA		
JUSTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES PROPUESTOS:		
La experiencia de los últimos años de los Másteres en Física Teórica y Astrofísica muestra que el abandono es apenas existente.		

8.2 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA VALORAR EL PROGRESO Y LOS RESULTADOS

Las calificaciones obtenidas en las diferentes formas de evaluación serán consideradas para valorar el progreso y el aprendizaje de los estudiantes. Para evaluar los resultados de aprendizaje de los estudiantes del Máster se tendrá especialmente en cuenta la participación activa del estudiante en las diferentes actividades académicas de cada una de las asignaturas cursadas, pero también los resultados de

exámenes, problemas y las exposiciones orales de los trabajos científicos relacionados con las asignaturas correspondientes. El seguimiento individualizado de los alumnos también se realizará a través de las tutorías y las reuniones periódicas que mantendrá la Comisión Académica del Master. Serán especialmente relevantes los resultados del Trabajo Fin de Máster, ya que en dicho trabajo quedan integrados numerosos aspectos del aprendizaje, tanto teórico como práctico, realizado por el estudiante a lo largo de todo el Master, constituyendo un buen marcador para conocer si los estudiantes han sido capaces de adquirir las competencias de la titulación.

9. SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

http://www.uam.es/ss/Satellite/Ciencias/es/1241103195217/listado/Manual_y_Registro_del_SGIC.htm

SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD:

El Máster en Física Teórica adopta el Sistema de Garantía Interna de Calidad de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid. La información sobre el mismo y los procedimientos para garantizar la calidad de los títulos que se imparten en esta facultad, y específicamente los Másteres, se pueden encontrar en el siguiente enlace

http://www.uam.es/ss/Satellite/Ciencias/es/1234888218717/sinContenido/Sistema_de_Garantia_de_Calidad.htm

En él se señala:

- Órgano, responsable del sistema de garantía de calidad (SGIC).
- Descripción de los mecanismos y procedimientos de seguimiento que permitan supervisar el desarrollo, analizar sus resultados y determinar las acciones oportunas para su mejora.
- Descripción de los procedimientos que aseguren el correcto desarrollo de los programas de movilidad.
- Mecanismos para publicar información sobre el programa de máster, su desarrollo y sus resultados.
- Descripción del procedimiento para el seguimiento de egresados.

Un papel relevante en el seguimiento del título lo lleva a cabo la comisión académica del Máster en Física Teórica. La composición de esta comisión se ha indicado en el apartado 4.2 de esta memoria.

10. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN

10.1 CRONOGRAMA DE IMPLANTACIÓN

Al tratarse de un Máster de un solo curso académico, la implantación está prevista para el curso

académico 2013-2014.

CURSO DE INICIO 2013-2014

10.2 PROCEDIMIENTO DE ADAPTACIÓN

La Comisión Académica del Máster en Física Teórica estudiará cada caso particular y decidirá sobre el procedimiento de adaptación específico para cada estudiante en base a los cursos que haya superado en los actuales Másteres de Física Teórica y Astrofísica.

10.3 ENSEÑANZAS QUE SE EXTINGUEN

1. **Máster en Astrofísica de la Universidad Autónoma de Madrid (Interuniversitario con la Universidad Complutense de Madrid):** código RUCT 4310637, RD 1393/2007, publicado en el BOE con fecha 16/12/10 y con Plan de Estudios publicado el 12/07/10
2. **Máster en Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid:** código RUCT 4310042, RD 1393/2007, publicado en el BOE con fecha 09/10/10 y con Plan de Estudios publicado el 12/07/10

11. PERSONAS ASOCIADAS A LA SOLICITUD

11.1 RESPONSABLE DEL TÍTULO

NIF 50308944D

NOMBRE Y APELLIDOS Isabel Castro Parga

DOMICILIO / CÓDIGO POSTAL / PROVINCIA / MUNICIPIO

C/ Darwin, 2. Modulo C / Despacho 210. Campus de Cantoblanco.

28049 Madrid

E-MAIL decana.ciencias@uam.es

FAX 914978001

TELÉFONO MÓVIL

CARGO EN LA UAM Decana de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid

11.2 REPRESENTANTE LEGAL

11.3 SOLICITANTE

NIF 50306609C

NOMBRE Y APELLIDOS JUAN TERRÓN CUADRADO

DOMICILIO / CÓDIGO POSTAL / PROVINCIA / MUNICIPIO

Departamento de Física Teórica

Facultad de Ciencias

Módulo 15 - despacho 307

Campus de Cantoblanco.

28049 Madrid

E-MAIL juan.terron@uam.es

FAX 91 497 39 36

TELÉFONO MÓVIL

CARGO EN LA UAM Coordinador del Programa Oficial de Posgrado en Física Teórica

(1) **Ramas de conocimiento:** Artes y Humanidades, Ciencias sociales y Jurídicas, Ciencias de la salud, Ciencias o Ingeniería y Arquitectura

(2) **Listado Códigos ISCED:**

Administración y gestión de empresas
Alfabetización simple y funcional; aritmética elemental
Arquitectura y urbanismo
Artesanía
Bellas artes
Biblioteconomía, documentación y archivos
Biología y Bioquímica
Ciencias de la computación
Ciencias de la educación
Ciencias del medio ambiente
Ciencias políticas
Construcción e ingeniería civil
Contabilidad y gestión de impuestos
Control y tecnología medioambiental
Cuidado de niños y servicios para jóvenes
Deportes
Derecho
Desarrollo personal
Diseño
Economía
Electricidad y energía

Electrónica y automática
Enfermería y atención a enfermos
Enseñanza militar
Entornos naturales y vida salvaje
Estadística
Estudios dentales
Farmacia
Filosofía y ética
Finanzas, banca y seguros
Física
Formación de docentes (=143+144+145+146)
Formación de docentes de enseñanza de temas especiales
Formación de docentes de enseñanza infantil
Formación de docentes de enseñanza primaria
Formación de docentes de formación profesional
Geología y meteorología
Historia y arqueología
Historia, filosofía y temas relacionados (=225+226)
Horticultura
Hostelería
Industria de la alimentación
Industria textil, confección, del calzado y piel
Industrias de otros materiales (madera, papel, plástico, vidrio)
Informática en el nivel de usuario
Lenguas extranjeras
Lenguas y dialectos españoles
Marketing y publicidad
Matemáticas
Mecánica y metalurgia
Medicina
Minería y extracción
Música y artes del espectáculo
Otros estudios referidos al puesto de trabajo
Peluquería y servicios de belleza
Periodismo
Pesca
Procesos químicos
Producción agrícola y explotación ganadera
Programas de formación básica
Protección de la propiedad y las personas
Psicología
Química
Religión
Salud y seguridad en el trabajo
Secretariado y trabajo administrativo
Sector desconocidos o no especificados
Servicios de saneamiento a la comunidad

Servicios de transporte
Servicios domésticos
Servicios médicos (=725+726+727)
Silvicultura
Sociología, antropología y geografía social y cultural
Técnicas audiovisuales y medios de comunicación
Tecnología de diagnóstico y tratamiento médico
Terapia y rehabilitación
Trabajo social y orientación
Vehículos de motor, barcos y aeronaves
Ventas al por mayor y al por menor
Veterinaria
Viajes, turismo y ocio

(3) Profesiones reguladas:

Arquitecto
Arquitecto Técnico
Dentista
Dietista-Nutricionista
Enfermero
Farmacéutico
Fisioterapeuta
Ingeniero Aeronáutico
Ingeniero Agrónomo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Ingeniero de Minas
Ingeniero de Montes
Ingeniero de Telecomunicación
Ingeniero Industrial
Ingeniero Naval y Oceánico
Ingeniero Técnico Aeronáutico
Ingeniero Técnico Agrícola

Ingeniero Técnico de Minas
Ingeniero Técnico de Obras Públicas
Ingeniero Técnico de Telecomunicación
Ingeniero Técnico de Topografía
Ingeniero Técnico Forestal
Ingeniero Técnico Industrial
Ingeniero Técnico Naval
Logopeda
Maestro en Educación Infantil
Maestro en Educación Primaria
Médico
Óptico-Optometrista
Podólogo
Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional
Terapeuta Ocupacional
Veterinario

(4) Categorías de profesores:

Ayudante
Ayudante Doctor
Catedrático de Escuela Universitaria
Catedrático de Universidad
Maestro de taller o laboratorio
Otro personal docente con contrato laboral
Otro personal funcionario
Personal docente contratado por obra y servicio
Profesor Adjunto

Profesor Agregado

Profesor Asociado (incluye profesor asociado de CC de la Salud)

Profesor Auxiliar

Profesor Colaborado Licenciado

Profesor Colaborador o Colaborador Diplomado

Profesor Contratado Doctor

Profesor de Náutica

Profesor Director

Profesor Emérito

Profesor Ordinario o Catedrático

Profesor Titular

Profesor Titular de Escuela Universitaria

Profesor Titular de Universidad

Profesor Visitante