

Curso

2015-2016

Guía Docente del Master en Astrofísica

Version 7 (febrero 2016)



Facultad de Ciencias Físicas.
Universidad Complutense de Madrid

Version 7 (febrero 2016)	0
0. Sobre esta guía Docente	1
1. Información general	1
1.1. Presentación	1
1.2. Motivación del Máster	1
1.3. ¿Por qué en la UCM?	1
1.4. Salidas profesionales	2
1.5. Página web	2
2. Estructura del Plan de Estudios	3
2.1. Estructura general	3
2.2. Asignaturas del Plan de Estudios	6
2.3. Complementos de Formación	7
2.4. Requisitos de acceso y Criterios de Admisión	8
2.5. Reconocimiento de créditos	8
3. Coordinación y Sistema de Garantía Interno de Calidad (SGIC)	9
1. Comisión coordinadora del Máster	9
2. Comisión de Calidad de Estudios de Máster	9
3. Buzón de quejas y sugerencias	9
4. Fichas de las Asignaturas	9
Atmósferas Estelares	10
Astrofísica del Medio Interestelar	14
Formación y Evolución de Galaxias	18
Instrumentación Astronómica	24
Sistema Solar y Exoplanetas	28
Estrellas Frías y Objetos Subestelares	32
Técnicas Experimentales en Astrofísica	36
Astrofísica de Altas Energías	40
Análisis de datos y Técnicas Estadísticas	44
Dinámica de Galaxias	49
Física del Modelo Cosmológico Estándar	55
Temas avanzados en Astrofísica	59
Trabajo Fin de Máster	61
Algunas líneas de Investigación	63
Prácticas en Empresa (PE)	66
5. Cuadros Horarios	68
6. Calendario Académico y Fechas de Exámenes	69

0. Sobre esta guía Docente

Esta guía docente está disponible en <http://fisicas.ucm.es/guiasdocentes>

1. Información general

1.1. Presentación

Denominación del título: Máster Universitario en Astrofísica por la Universidad Complutense de Madrid.

El plan de estudios del Máster combina temas de Astronomía, Astrofísica, Cosmología e Instrumentación Astronómica, con una orientación investigadora y profesional que forma al alumno para ejercer en investigación astrofísica o en las empresas del sector aeroespacial.

Centro responsable y en el que se imparte el título: Facultad de Ciencias Físicas.

Departamento responsable: Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera. Otros departamentos UCM participantes: Departamento de Física Teórica I, Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear.

Tipo de enseñanza: presencial.

Carácter: investigador.

Curso académico en el que se implantó el Máster: 2013 / 2014.

Idioma en el que se imparte: español (para algunas actividades formativas es conveniente algún conocimiento de inglés).

1.2. Motivación del Máster

La Astrofísica está conociendo en estos momentos una autentica revolución en sus diferentes vertientes teórica, experimental, metodológica, etc. El Máster abordará los siguientes temas de gran impacto en la rama de la Astrofísica: sistema solar, planetas extrasolares, actividad estelar, poblaciones estelares en galaxias, astropartículas, estructura a gran escala,... formando investigadores con una gran potencial en todos los temas de máxima actualidad científica.

1.3. ¿Por qué en la UCM?

- Por la experiencia investigadora de los profesores encargados de asumir las enseñanzas del Máster, ya que todos ellos forman parte de relevantes grupos y proyectos de investigación, a nivel nacional e internacional.
- Por la amplia y cualificada experiencia docente del profesorado de los Departamentos implicados que asumen la enseñanza del Máster.
- Por la concepción de los contenidos de las materias impartidas y la forma de transmitirlos, con una metodología que combina las clases teóricas con los trabajos prácticos.

- Por disponer de recursos didácticos y equipos propios de la UCM, como los que aportan los distintos centros que componen el C.A.I. (Centro de Apoyo a la Investigación), a través de las cuales se garantiza el apoyo a la investigación astronómica. El CAI de Técnicas Físicas cuenta con áreas de trabajo como Física de Estado Sólido y Materiales, Metalurgia, Micro y nanoelectrónica, Nanoestructuras, Óptica, Optoelectrónica, Paleomagnetismo, Química de Estado Sólido y por último Instrumentación avanzada para grandes telescopios.
- Por contar con la posibilidad de realizar prácticas astronómicas en instituciones científicas de rango internacional.
- Por la facilidad para encontrar trabajo en las empresas del sector aero-espacial.

1.4. Salidas profesionales

- Investigación en el ámbito de la Astronomía y Astrofísica
- Instituciones públicas del ámbito de la Astrofísica: Observatorios astronómicos, Instituto Geográfico Nacional, European Science Astronomy Center (EASC), CSIC, INTA, CIEMAT, ...
- Empresas del sector aeroespacial: INSA, IXION, Deimos, SERCO, LIDAX, GMV, FRACTAL, EADS-Astrium, SENER, ThalesAlenia, ...
- Carrera docente e investigadora en el ámbito Universitario
- Carrera docente en el ámbito de la educación a nivel de bachillerato
- Periodista científico / divulgador

1.5. Página web

Toda la información sobre el máster UCM en Astrofísica se puede encontrar en la página web:

<http://www.ucm.es/masterastrofisica/>

2. Estructura del Plan de Estudios

2.1. Estructura general

El Máster en Astrofísica está estructurado en módulos y materias. Los módulos se refieren al nivel y especialización de los estudios. Las materias son unidades disciplinares que incluyen diferentes contenidos que se pueden organizar en una o varias asignaturas. La estructura general del Máster se resume en la Tabla 1.

La carga lectiva es de 60 créditos ECTS. Los créditos se distribuirán de la siguiente manera:

- 36 créditos obligatorios, que incluyen un Trabajo Fin de Máster de 12 ECTS.
- 24 créditos optativos que el alumno habrá de elegir de una oferta total de 54 ECTS. Estos incluyen la posibilidad de prácticas en empresa (6 ECTS).

Los módulos del Máster son:

- Módulo de formación básica
- Módulo de formación avanzada
- Trabajo Fin de Máster (TFM)
- Prácticas en empresa

El MÓDULO DE FORMACIÓN BÁSICA (24 ECTS) está integrado por los contenidos fundamentales de las Materias que constituyen el Máster. Se compone de tres materias obligatorias:

- Fundamentos de Física Estelar (12 ECTS)
- Fundamentos de Astrofísica Extragaláctica (6 ECTS)
- Fundamentos de Instrumentación Astronómica (6 ECTS)

El TRABAJO FIN DE MÁSTER (12 ECTS) es una parte obligatoria del Máster. Podrá estar orientado a la investigación científica en el campo de Astrofísica o al desarrollo técnico-profesional en el ámbito de la instrumentación científica relacionada con el área de la Astronomía y la Astrofísica. Deberá tener una entidad acorde con el número de créditos.

El MÓDULO DE FORMACIÓN AVANZADA (18-24 ECTS) está integrado por una serie de materias que proporcionan al alumno la posibilidad de complementar su formación en las diferentes áreas de la Astrofísica. Se compone de cuatro materias:

- Física de Objetos Estelares y Subestelares
- Instrumentación y Técnicas Experimentales en Astrofísica
- Astrofísica Extragaláctica y Cosmología
- Temas Avanzados en Astrofísica

Las PRÁCTICAS EN EMPRESA (6 ECTS) son optativas y se podrán realizar tanto en empresas privadas como en instituciones u organismos oficiales. Tienen la naturaleza de una asignatura del segundo semestre.

Tabla 1: Estructura del Máster en Astrofísica.

Módulos	Materias	Contenidos	
		Primer Semestre	Segundo Semestre
Módulo de FORMACIÓN BÁSICA	FUNDAMENTOS DE FÍSICA ESTELAR	- Atmósferas estelares - Medio interestelar	
	FUNDAMENTOS DE ASTROFÍSICA EXTRAGALÁCTICA	- Formación y evolución de galaxias	
	FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN ASTRONÓMICA	- Instrumentación astronómica	
Módulo de FORMACIÓN AVANZADA	FÍSICA DE OBJETOS ESTELARES Y SUBESTELARES		- Sistema solar y exoplanetas - Estrellas frías y objetos subestelares
	INSTRUMENTACIÓN Y TÉCNICAS EXPERIMENTALES EN ASTROFÍSICA		- Técnicas Experimentales en Astrofísica - Astrofísica de altas energías - Análisis de datos y Técnicas Estadísticas
	ASTROFÍSICA EXTRAGALÁCTICA Y COSMOLOGÍA		- Dinámica de galaxias - Física del modelo cosmológico estándar
	TEMAS AVANZADOS EN ASTROFÍSICA		- Temas avanzados en Astrofísica
MÓDULO TRABAJO FIN DE MÁSTER	TRABAJO FIN DE MÁSTER	- Trabajo Fin de Máster	- Trabajo Fin de Máster
MÓDULO PRÁCTICAS EN	PRÁCTICAS EN EMPRESA		- Prácticas en empresa

EMPRESA			
----------------	--	--	--

Las materias que conforman el Master están distribuidas en dos semestres, de tal modo que el alumno pueda organizar el curso con una carga docente equilibrada, 30 créditos ECTS en cada uno de ellos. Las materias se organizan en asignaturas con un peso uniforme de 6 ECTS para cada una de ellas.

El primer semestre está dedicado al Módulo de Formación Básica, con las materias en las áreas principales de la Astrofísica. En este primer semestre el alumno empieza ya las actividades relacionadas con el Módulo del TFM (12 ECTS, carácter anual y obligatorio).

En el segundo semestre el alumno completa los 60 ECTS del Máster con el número adecuado de ECTS optativos de las materias ofertadas. Para el segundo semestre la oferta será amplia, de tal modo que permita al alumno dar continuidad a los conocimientos adquiridos en el Módulo de Formación Básica. En este segundo semestre debe compaginar las materias optativas con el desarrollo final del TFM. En este segundo semestre el alumno podrá llevar a cabo las PRÁCTICAS EN EMPRESA (6 ECTS y de carácter optativo).

El Máster oferta un único itinerario, pero está diseñado de forma que sea interesante y continuación natural para alumnos de los dos itinerarios actualmente existentes en el Grado en Física en la UCM: Física Fundamental y Física Aplicada. Esto queda reflejado en la distribución de los contenidos en materias, algunas de ellas más próximas a la Física Fundamental y otra (Instrumentación Astronómica) más próxima a la Física Aplicada.

2.2. Asignaturas del Plan de Estudios

Las tablas siguientes muestran como se estructuran las asignaturas en semestres:

Código	Primer semestre	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
	Atmósferas Estelares	Fundamentos de Física Estelar	Formación Básica	OB	6
	Medio Interestelar			OB	6
	Formación y Evolución de Galaxias	Fundamentos de Astrofísica Extragaláctica		OB	6
	Instrumentación Astronómica	Fundamentos de Instrumentación Astronómica		OB	6

Código	Anual	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
	Trabajo Fin de Máster	Trabajo de Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	OB	12

Código	Segundo semestre	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
	Sistema Solar y Exoplanetas	Física de objetos estelares y subestelares	Formación Avanzada	OP	6
	Estrellas Frías y Objetos Subestelares			OP	6
	Técnicas Experimentales en Astrofísica	Instrumentación y Técnicas Experimentales en Astrofísica		OP	6
	Astrofísica de Altas Energías			OP	6
	Análisis de Datos y Técnicas Estadísticas			OP	6
	Dinámica de Galaxias	Astrofísica Extragaláctica y Cosmología		OP	6
	Física del Modelo Cosmológico Estándar			OP	6
	Temas Avanzados en Astrofísica	Temas Avanzados en Astrofísica		OP	6

Código	Segundo semestre	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
	Prácticas en empresa	Prácticas en empresa	Prácticas en empresa	OP	6

OB = Asignatura obligatoria; OP = Asignatura optativa

2.3. Complementos de Formación

Para ser admitido al Máster, el alumno necesita haber adquirido previamente conocimientos básicos en Astronomía y Astrofísica General, Astrofísica Estelar y Extragaláctica, y Cosmología. Para acreditar estos conocimientos, el alumno deberá haber superado con anterioridad idealmente un mínimo de 18 créditos ECTS en asignaturas que incluyan dichos contenidos o similares.

En el caso de no cumplir este requisito, el alumno podrá matricularse del Máster de manera normal, pero luego en septiembre deberá matricularse de hasta un máximo de 18 créditos en COMPLEMENTOS DE FORMACIÓN. Los créditos de estos complementos no estarán incluidos en los 60 créditos del Máster. Estos complementos se podrán obtener, de entre otras posibles ofertas, cursando asignaturas con contenidos en Astrofísica incluidas en los actuales planes de estudios del Grado en Física en la UCM (“Astrofísica”, “Astrofísica Estelar”, “Astrofísica Extragaláctica”, “Astronomía Observacional”, “Cosmología”, y “Relatividad General y Gravitación”).

Para resumir los contenidos de estas asignaturas se dan a continuación algunos descriptores:

- “Astrofísica”: Observación Astronómica – Propiedades de las estrellas – Propiedades de las Galaxias.
- “Astrofísica Estelar”: Parámetros fundamentales de las estrellas – Modelos estelares – Evolución estelar.
- “Astrofísica Extragaláctica”: Clasificación de galaxias – Propiedades físicas – Estructura a gran escala.
- “Astronomía Observacional”: Conceptos básicos de Astronomía de Posición – Iniciación a la observación – Fundamentos de instrumentación Astronómica.
- “Cosmología”: Cosmología Observacional – Modelos Cosmológicos.
- “Relatividad General y Gravitación”: Relatividad General – Colapso Gravitacional.

En cada caso, y atendiendo a su formación previa, la Comisión del Máster notificará al alumno qué Complementos de Formación necesita. El alumno no podrá obtener el título de Máster hasta no haber superado dichos complementos, en el caso de que los necesite. Teniendo presente que la formación de un estudiante puede ser muy heterogénea, la Comisión deberá dar un veredicto para cada caso particular. La notificación a cada alumno se producirá después de la matrícula de julio pero antes del período de septiembre que se ofertará para matricularse de los complementos.

Como se explica anteriormente, de forma general, un graduado que cumpla los requisitos del perfil de ingreso debería hacer de 0 a 18 créditos de Complementos de Formación dependiendo de los créditos relacionados con astrofísica que haya cursado en su titulación.

En el caso general de cualquier graduado en Física o similar que no haya cursado ninguna asignatura de Astrofísica, necesitará los 18 créditos en Complementos de Formación. En este caso la asignatura “Astrofísica” sería obligatoria, quedando los otros 12 créditos a determinar en función del interés concreto del alumno.

Asignaturas del Grado en Físicas elegibles como Complementos de Formación:

Código	Tercero de Grado	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
800507	Astrofísica	Obligatoria de Física Fundamental	Física Fundamental	OI	6
Código	Cuarto de Grado	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
800529	Astrofísica Estelar	Astrofísica y Cosmología	Física Fundamental	OP	6
800530	Astrofísica Extragaláctica	Astrofísica y Cosmología		OP	6
800531	Astronomía Observacional	Astrofísica y Cosmología		OP	6
800532	Cosmología	Astrofísica y Cosmología		OP	6
800533	Relatividad General y Gravitación	Astrofísica y Cosmología		OP	6

Los horarios, contenidos y otros detalles se pueden encontrar en la Guía Docente del Grado, <http://fisicas.ucm.es/guiasdocentes>

2.4. Requisitos de acceso y Criterios de Admisión

Para solicitar admisión a las enseñanzas de Máster será necesario encontrarse en alguna de las siguientes situaciones:

- a) Estar en posesión de un título oficial español (título de Grado o equivalente, título de Licenciado, Ingeniero o Arquitecto, o título de Diplomado o Ingeniero Técnico)
- b) Estar en posesión de un título expedido por una institución del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y que faculte en el país de expedición para acceder a las enseñanzas de Máster
- c) Los titulados de sistemas educativos ajenos al EEES podrán solicitar admisión sin necesidad de homologación de sus títulos, previa comprobación por parte de la Universidad de que estos estudios acreditan un nivel de formación equivalente a los títulos universitarios españoles y que facultan, en el país que expidió el título, para acceder a estudios de Postgrado.

El perfil de ingreso recomendado sería el de Graduado o licenciado en Física, Matemáticas o títulos de Ingeniería. Aparte de estas titulaciones preferentes, también se considera la posibilidad de acceder de otras titulaciones de ámbito científico siempre que el alumno tenga una base físico-matemática adecuada. En este caso, será la Comisión Coordinadora del Máster la que valore si dicha titulación es adecuada para la realización del Máster en Astrofísica, dependiendo del perfil académico del alumno.

Requisitos de titulación o titulaciones equivalentes: Grado en Física o área afín.

Criterios de valoración y su ponderación:

Se especifica el máximo número de puntos para un total de 100:

- 60. Expediente académico en la titulación de acceso
- 10. Currículum Vitae
- 25. Adecuación del perfil del candidato a los objetivos y contenidos del programa
- 5. Otros méritos

2.5. Reconocimiento de créditos

Los alumnos que hayan cursado créditos de Astrofísica, pueden solicitar hasta un máximo de 24 créditos en forma de reconocimiento de créditos. Ningún crédito de Grado es reconocible.

La solicitud se lleva a cabo en el mismo proceso de automatrícula, marcando el alumno aquellas asignaturas para las que considera que puede haber una coincidencia de contenidos y por lo tanto pueden ser reconocidos. En caso de duda el alumno podrá pedir la orientación del coordinador. Los créditos reconocidos se pagan con una tasa del 25% del valor normal de un crédito.

El reconocimiento definitivo no ocurre hasta que a comienzos de curso y una vez pasado el período de matrícula, la comisión coordinadora se pronuncia respecto a cada caso particular.

NOTA IMPORTANTE: Cuando el alumno se matricule del máster, además de marcar las asignaturas para las que se solicita reconocimiento al hacer automatrícula, debe posteriormente rellenar una solicitud por escrito y entregarla por Registro, incluyendo la documentación acreditativa.

3. Coordinación y Sistema de Garantía Interno de Calidad (SGIC)

1. Comisión coordinadora del Máster

El Máster en Astrofísica dispone de una Comisión Coordinadora del Máster dirigida por un coordinador. El principal cometido de la comisión es actuar como nexo de unión entre profesores, alumnos y administraciones, coordinando a todos los actores en aras de un buen funcionamiento del Máster. Con este fin se llevarán a cabo reuniones periódicas.

El coordinador mantendrá una comunicación constante con profesores y alumnos, convocando reuniones de profesores cuando lo considere oportuno. Además, el coordinador del Master se integrará en la Comisión de los Másteres de la Facultad.

2. Comisión de Calidad de Estudios de Máster

En la Facultad de Ciencias Físicas existe una Comisión de Calidad de Estudios de Master que dependerá directamente de la Comisión de Calidad de la Facultad de Ciencias Físicas, en donde estará representada a través del Vicedecano de Estudios de Posgrado.

La Comisión de Calidad de Estudios de Master de la Facultad de Ciencias Físicas tiene como misión identificar, analizar y proponer a la Comisión de Calidad de la Facultad soluciones a problemas o ineficiencias detectadas en el desarrollo de la actividad docente.

3. Buzón de quejas y sugerencias

La Comisión de Calidad de la Facultad atenderá cualquier queja de manera estrictamente confidencial. Puede utilizarse el correo electrónico de Decanato secredec@fis.ucm.es o utilizar el buzón convencional que se encuentra en la oficina Erasmus de la planta 1 (junto a Decanato). Existe un impreso estándar en la web de la Facultad, <https://fisicas.ucm.es/calidad>

También se puede utilizar el sistema general que la UCM tiene implementado. <https://www.ucm.es/buzon-de-sugerencias-y-quejas>

4. Fichas de las Asignaturas

Ficha de la asignatura:	Atmósferas Estelares			Código	600750
Materia:	Fundamentos de Física Estelar	Módulo:	Formación Básica		
Carácter:	Obligatoria	Curso:	1º	Semestre:	1º

	Total	Teóricos	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	45	27	9	9

Profesor/a Coordinador/a:	De Castro Rubio, Elisa			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	225 (4ª)	e-mail	elisacas@ucm.es	

Teoría/ Problemas - Detalle de horarios y profesorado					
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Dpto.
5B	X J	10:00-11:30 11:30-13:00	De Castro Rubio, Elisa	X: Todo el curso J: mes de octubre	FTAAII
5B	J	11:30-13:00	Montes Gutiérrez, David	J: noviembre diciembre	FTAAII

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado				
Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
Sala entrecúpulas	5 sesiones (fechas a determinar)	David Montes Gutiérrez	Jueves 11:30-13:00	FTAAII

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
De Castro Rubio, Elisa	M: 9:30-11:00 J: 15:30-17:00	elisacas@ucm-.es	Despacho 225 (4ª planta)
Montes Gutiérrez, David	X y J 15:30 -17:30	dmontes@ucm.es	Despacho 233 (4ª planta)

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

El conocimiento teórico de las atmósferas estelares permite el modelado de las capas externas de las estrellas que son las que emiten la radiación observada y, por tanto, es la única región de la estrella accesible a la observación directa. En esta asignatura se pretende que el alumno:

Adquiera conocimientos básicos sobre una atmósfera estelar y el transporte radiativo.

Obtenga las habilidades para el cálculo de un modelo teórico de una atmósfera estelar .

Aprenda las principales técnicas y métodos para interpretar los espectros observados.

Resumen

Propiedades físicas de las atmósferas estelares y condiciones de equilibrio; estudio del transporte radiativo, su ecuación y métodos de resolución; fuentes de opacidad para el espectro continuo; construcción de un modelo de atmósfera estelar; estudio de espectro de líneas, sus ensanchamientos; determinación de abundancias químicas.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de Astrofísica General y Astrofísica Estelar

Programa de la asignatura

Tema 1. Parámetros fundamentales de una atmósfera estelar: Temperatura. Gravedad en la superficie. Composición química

Tema 2. Relaciones de equilibrio. Equilibrio termodinámico. Ecuación de excitación. Ecuación de ionización.

Tema 3. Teoría de las atmósferas estelares. Equilibrio termodinámico local (E.T.L.). Ecuación de transporte radiativo: Formulación microscópica y macroscópica. Integración de la ecuación de transporte. Relaciones de Eddington-Barbier.

Tema 4. Atmósfera gris. Cálculo de la intensidad de la radiación emergente. La aproximación de difusión. El caso real: métodos numéricos.

Tema 5. Fuentes de opacidad en el espectro continuo. Absorción del hidrógeno. Absorción del ión negativo de hidrógeno. Absorción del helio. Difusión por electrones libres. Otras fuentes de absorción en el continuo.

Tema 6. Modelos de atmósferas estelares. Cálculo de un modelo gris. Determinación del flujo y control del modelo.

Tema 7. Líneas espectrales. Ecuación de transporte radiativo en las líneas. Modelo de Milne-Eddington y Modelo de Schuster- Schwarzschild.

Tema 8. Perfiles de las líneas espectrales. Parámetros observacionales: anchura equivalente. Mecanismos de ensanchamiento: Anchura natural. Anchura Doppler. Presión de ensanchamiento

Tema 9. Métodos de determinación de abundancias. Curvas de crecimiento. Perfiles sintéticos.

Tema 10. Más allá del modelo clásico: no-ETL, cromosferas, coronas, vientos. Atmósferas en expansión. Sistemas binarios. Discos de acreción

Programa de prácticas

Practica 1: Anchuras equivalentes, parámetros fundamentales y abundancias.

- Medida de anchuras equivalentes de líneas en espectros de alta resolución de forma manual y automática
- Determinación de parámetros fundamentales (T_{eff} , $\log g$, $[F/H]$) y abundancias de varios elementos.

Practica 2: Síntesis espectral

- Generación de espectros sintéticos con diferentes modelos disponibles en la literatura y comparación con espectros reales de resolución intermedia para la determinación de parámetros fundamentales y abundancias.

Cada una de las prácticas necesitaría varias sesiones de 1.5h para poder terminarla

Bibliografía

- **The observation and analysis of stellar photospheres**,
D. F. Gray, 1992, Cambridge University Press
- **Introduction to Stellar Astrophysics: Volume 2, Stellar Atmospheres**.
E. Böhm-Vitense. Editorial: Cambridge University Press
- **Theory of Stellar Atmospheres: An Introduction**,
I. Houbney y D. Mihalas Princeton University Press, USA, 2014
- **Astrophysique. Les Etoiles**.
E. Schatzman et F. Praderie. Editorial: Editions du CNRS (1992)

Recursos en internet

- Campus virtual en el que se incluirá todo el material docente
- Recopilación de enlaces de interés, páginas Dpto Astrofísica UCM
<http://www.ucm.es/info/Astrof/>

http://pendientedemigracion.ucm.es/info/Astrof/recopilaciones/atmosferas.html		
Metodología		
• LECCIONES DE TEORÍA DONDE SE EXPLICARÁN LOS PRINCIPALES CONCEPTOS DE LA ASIGNATURA. • CLASES PRÁCTICAS DE PROBLEMAS • PRÁCTICAS DE LABORATORIO		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	70%
El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).		
Otras actividades de evaluación	Peso:	30 %
Se realizarán, entre otras, las siguientes actividades de evaluación continua: • Entrega de ejercicios propuestos • Entrega de informes de prácticas.		
Calificación final		
La calificación final será la más alta de las siguientes dos opciones: • $N_{Final}=0.70N_{Exámen}+0.30N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0 a 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores • Nota del examen final		

Ficha de la asignatura:	Astrofísica del Medio Interestelar			Código	600751
Materia:	Fundamentos de Física Estelar	Módulo:	Formación Básica		
Carácter:	Obligatoria	Curso:	1º	Semestre:	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	45	27	18	

Profesor/a Coordinador/a:	Jaime Zamorano			Dpto:	FTAA-II
	Despacho:	9	e-mail	jzamorano@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	M-X	13:00-14:30	J. Zamorano	a lo largo del cuatrimestre	27	FTAA-II

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	5B	12	J. Zamorano	18	FTAA-II

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
J. Zamorano:	Martes, miércoles, jueves de 16-18h	jzamorano@fis.ucm.es	despacho 9 planta baja módulo oeste

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
En esta materia se le proporciona al alumno los conocimientos fundamentales para comprender los procesos físicos que tienen lugar en el medio interestelar. Se describen las propiedades de las diferentes componentes de la Galaxia y las fases del medio interestelar. Por último se estudia los procesos de formación estelar y su influencia en el medio interestelar circundante.

Resumen

Componentes y fases del medio interestelar. Procesos físicos en el gas interestelar. Radioastronomía. Gas atómico. La línea HI 21cm. Estructura de la Galaxia. Composición del polvo interestelar. Propiedades de los granos. Extinción interestelar. Formación y destrucción de moléculas interestelares. Nebulosas gaseosas. Equilibrio de fotoionización. Determinación de las condiciones físicas del gas ionizado. Nubes moleculares y formación estelar espontánea. Interacción entre los vientos estelares y el medio. Restos de supernovas. Ionización por choques. Formación estelar inducida

Conocimientos previos necesarios

Astrofísica General. Recomendable conocimientos de Física Atómica

Programa de la asignatura

1. EL MEDIO INTERESTELAR:
 - Visión de conjunto.
 - Composición y extensión.
 - Fases.
 - Equilibrio cinético y procesos radiativos.
2. RADIOASTRONOMIA:
 - Teorema de Nyquist y temperatura de ruido.
 - Temperatura de antena.
 - Radiotelescopios.
 - Interferometría.
3. MEDIO INTERESTELAR DE NUESTRA GALAXIA:
 - Gas atómico.
 - Línea HI 21cm.
 - Estructura de nuestra galaxia.
 - Moléculas interestelares.
 - Polvo.
 - Formación y destrucción de los granos.
 - Extinción interestelar.

Formación y destrucción de moléculas.
4. INTERACCION DE FOTONES CON EL MEDIO INTERESTELAR:

Regiones HII.

 - Equilibrio de fotoionización.
 - Balance energético.
 - Parámetros físicos.
 - Determinación de abundancias químicas.
5. FORMACION ESTELAR:
 - Nubes moleculares.
 - Interacción entre los vientos estelares y el MI.
 - Formación estelar espontánea e inducida

TRABAJO DE PRÁCTICAS.

Al principio del cuatrimestre los alumnos eligen un tema de entre los recogidos en el programa de la asignatura y lo trabajan en grupo. El resultado del trabajo se presenta en forma de memoria y de presentación multimedia al resto de la clase. Después de cada presentación hay un debate entre todos los asistentes.

Bibliografía		
Básica: - "The Physics of the Interstellar Medium", 2010 J.E. Dyson & D.A. Willians. Institute of Physics Publishing. Bristol. - "Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei", 2006 D.E. Osterbrock. University Science Books, California - "Physics of the interstellar and intergalactic medium", 2010 B. T. Draine. Princeton Univ. Press. - "Radio Astronomy". 1986. J.D. Kraus. Cygnus Quasar Books. - "Tools of Radio Astronomy". 2009. K. Rohlfs. Springer Verlag. Especializada: - "Physics of the Galaxy and Interstellar Matter", 1987 H. Scheffler & H. Elsasser. Springer-Verlag. Heidelberg. - "Physical Processes in the Interstellar Medium", 2008 L. Spitzer. John Wiley & Sons. - "Radiative Processes in Astrophysics", 2008 G.B. Rybicki & A.P. Lightman. John Wiley & Sons.		
Recursos en internet		
• Campus Virtual. • Página web de la asignatura. • Recopilación de enlaces de interés en http://www.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/mi_book.html		
Metodología		
La asignatura se desarrolla mediante clases magistrales de teoría. Los alumnos realizan trabajos en grupo relacionados con la asignatura a lo largo del curso bajo la tutela del profesor. La parte final del curso se destina a la presentación y discusión de los trabajos. Se pretende que el alumno aplique los conocimientos adquiridos durante el curso, que trabaje en grupo y que practique la presentación y defensa de trabajos.		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	70%
El examen tendrá una parte de preguntas teórico-prácticas y otra parte de cuestiones relacionadas con los trabajos realizados durante el curso.		

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%
• Realización del trabajo. • Presentación y defensa del trabajo. • Participación en las discusiones.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{\text{Final}}=0.7N_{\text{Examen}}+0.3N_{\text{OtrasActiv}}$, donde N_{Examen} y $N_{\text{OtrasActiv}}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.		

Ficha de la asignatura:	Formación y Evolución de Galaxias			Código	600752
Materia:	Fundamentos de Astrofísica Extragaláctica	Módulo:	Formación Básica		
Carácter:	Obligatoria	Curso:		Semestre:	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4	
Horas presenciales	45	27	18	

Profesor/a Coordinador/a:	Armando Gil de Paz			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	3 - planta baja - oeste	e-mail	agil@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	M, X	11:30 – 13:00	Armando Gil de Paz	Todo el primer cuatrimestre salvo 4/11, 18/11, 2/12 y 16/12	1.5	Astrofísica y CC. de la Atmósfera

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A	Aula 15	4/11, 18/11, 2/12 y 16/12	Armando Gil de Paz	1.5	Astrofísica y CC. de la Atmósfera	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Armando Gil de Paz	X a las 15:00 – 17:00	agil@fis.ucm.es	Despacho 3 - planta baja - ala oeste

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
El objetivo de esta materia es que el alumno adquiera unos conocimientos avanzados en el área de la Astrofísica Extragaláctica y en el área de la Cosmología.

Por un lado, esta materia ofrece al alumno una última serie de conocimientos avanzados en Astrofísica Extragaláctica que le capacitarán para llevar a cabo una tesis doctoral en el área. Especial énfasis se dará a la estructura dinámica de las galaxias y los sistemas estelares que las componen. Se verán en profundidad aspectos como el problema de los N cuerpos, formación jerárquica de galaxias, interacciones y fusiones de galaxias, materia oscura, estructura en espiral, simulaciones numéricas, órbitas y caos, equilibrio y estabilidad de sistemas estelares y otros conceptos avanzados que permiten conocer en profundidad los mecanismos que determinan las poblaciones de galaxias en las diferentes épocas del Universo.

Por otro lado el alumno podrá obtener una formación avanzada en Cosmología. El objetivo es conocer las teorías actuales sobre el origen y evolución del Universo, así como los datos observacionales en que se basan estas teorías. Se verá con detalle las bases observacionales de la Cosmología, la Física del modelo cosmológico estándar y el cálculo simbólico asociado, materia oscura, energía oscura, teoría de perturbaciones cosmológicas, formación de estructuras y fondos cósmico de microondas. Por último, el alumno conocerá los problemas fundamentales abiertos en Cosmología y las soluciones propuestas: teoría inflacionaria, modelos de materia oscura y de energía oscura.

Resumen

El objetivo de esta materia es ofrecer a los alumnos una formación sólida en las disciplinas de la formación y evolución de galaxias, abarcando los principales aspectos teóricos, pero enfatizando los resultados observacionales.

Gracias a los importantes desarrollos en la tecnología de computadores y en las técnicas numéricas de estos últimos años, es ahora posible realizar un estudio de la evolución de las galaxias a partir de primeros principios físicos a través de modelos teóricos y simulaciones numéricas que comparar con las cada vez más numerosas observaciones del Universo temprano.

Desde el punto de vista observacional, el estudio de las poblaciones estelares en cúmulos y galaxias (y su evolución espectro-fotométrica, química y dinámica) es actualmente la herramienta fundamental para estudiar la formación y evolución de las galaxias. Por otro lado, resulta cada más evidente la necesidad del estudio combinado de todos los ingredientes de las galaxias, estrellas, gas y el polvo. Estas últimas no sólo por los efectos que tienen sobre la luz emitida por las estrellas sino también porque su estudio es testimonio de la evolución química e historia de acreción en el Universo desde sus primeros instantes. En este sentido, el curso pretende ahondar en los métodos y resultados observacionales para determinar las propiedades del ISM en galaxias y del IGM y sus diferentes fases y como éstas han evolucionado con el tiempo, empezando por las galaxias más cercanas hasta el Universo temprano.

Por otro lado, los desarrollos tecnológicos en instrumentación astronómica han permitido una mejora exponencial en la cantidad y calidad de datos disponibles. Esta materia proporciona al alumno una visión actualizada sobre la naturaleza y evolución de las galaxias a diferentes desplazamientos al rojo, lo que se corresponde con las diferentes épocas cosmológicas o edades del Universo. Se estudian las técnicas utilizadas para el análisis de objetos distantes, los conocimientos actuales sobre el tema, los mecanismos físicos involucrados, y las consecuencias para nuestro conocimiento de la evolución del Universo.

Estos desarrollos tecnológicos han permitido simultáneamente un estudio con gran detalle (tanto espacialmente como en su emisión a diferentes longitudes de onda) de objetos cercanos, complemento fundamental a los estudios necesariamente más simplificados de objetos distantes.

Breve descripción de contenidos:

Teoría y modelos sobre la formación y evolución de galaxias (y sus componentes) y estructuras:

Introducción. Modelo cosmológico estándar. Modelos de formación de estructuras. Modelos de evolución de galaxias. Modelos alternativos. Formación de estructuras dentro del modelo estándar de evolución de galaxias. Simulaciones de N cuerpos.

Observaciones de galaxias a lo largo de la historia del Universo:

Introducción. La Vía Láctea. Galaxias en el Grupo y Volumen locales. Galaxias cercanas. Cúmulos y grupos de galaxias. Exploraciones de galaxias cercanas y cosmológicas y sus principales parámetros. Componentes estructurales de las galaxias. Evolución química estelar y del ISM. Análisis de las poblaciones estelares resueltas y no resueltas. Relaciones de escala. AGN, galaxias ultraluminosas y evolución de la Tasa de Formación Estelar. Galaxias a alto desplazamiento al rojo. Evolución del IGM. Cuestiones abiertas en formación y evolución de galaxias.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de Astrofísica general, observacional y extragaláctica.

Programa de la asignatura

1. Teoría y modelos sobre la formación de galaxias (y sus componentes) y estructuras.

- 1.1 Introducción: visión general sobre la evolución cosmológica del Universo.
- 1.2 Modelo cosmológico estándar: Evolución temprana de la materia bariónica. Análisis de la radiación de fondo de microondas. Formación de galaxias en dos etapas. Enfriamiento del gas primordial.
- 1.3 Primeras galaxias: Formación de las primeras galaxias. Formación de las primeras estrellas, multiplicidad y Función Inicial de Masas primordial. Reionización. Evidencias observacionales de reionización.
- 1.4 Modelos de formación de estructuras: Modelos semi-analíticos e hidrodinámicos. Teoría lineal de perturbaciones. Colapso gravitatorio y relajación acolisional. Propiedades de los halos: formalismo Press-Schechter y EPS, árbol de fusiones, "halo bias", sub-estructura. Enfriamiento del gas y formación estelar. Simulaciones de N-cuerpos. Simulaciones hidrodinámicas.
- 1.4 Modelos de formación de estructuras y de la secuencia de Hubble. Formación de galaxias elípticas. Formación de galaxias espirales. Efectos del entorno y transformación morfológica. Formación de barras y brazos espirales. Resonancias y dinámica básica de discos. Evolución secular.

2. Observaciones sobre formación y evolución de galaxias y estructuras.

- 2.1 Introducción: La Vía Láctea y las galaxias del Grupo Local. Secuencia morfológica de Hubble. Propiedades multi-frecuencia de las galaxias y sus componentes. Estrellas, gas y polvo en galaxias.
- 2.2 Exploraciones de galaxias: Exploraciones de galaxias cercanas. Principales parámetros de exploración de galaxias. Cuentas de galaxias, funciones de luminosidad. Efectos de selección.: magnitud límite, muestras limitadas en volumen, magnitud, diámetro. *Malquist bias*. Exploraciones cosmológicas.
- 2.3 Estudio de las componentes estructurales de las galaxias: propiedades de escala (tamaño, brillo superficial). Clasificación automática de galaxias.
- 2.4 Estudio de las componentes estructurales de las galaxias: propiedades espectrofotométricas, químicas y dinámicas.
- 2.5 Poblaciones estelares resueltas en galaxias externas: Evolución estelar y análisis del diagramas color-magnitud en galaxias del Grupo Local. Arqueología galáctica.
- 2.6 Relaciones de escala: Ley de Freeman, de Tully-Fisher, Kormendy, Faber-Jackson. Plano fundamental de las galaxias elípticas. Implicaciones de las relaciones de escala sobre la formación y evolución de galaxias elípticas y espirales. Teoría del "*Fundamental Manifold*".
- 2.7 Poblaciones estelares: Síntesis de poblaciones estelares no resueltas. Evolución química. Modelos idealizados de la evolución química y espectrofotométrica de componentes galácticas.
- 2.8 Formación estelar y actividad nuclear a través de la historia del Universo: Galaxias con núcleos activos (AGN). Galaxias luminosas y ultra-luminosas infrarrojas. Trazadores de la Tasa de Formación Estelar (SFR). Evolución de la SFR. Diagrama de Madau.
- 2.9 Propiedades de galaxias a altos desplazamientos al rojo: Exploraciones cosmológicas. Evolución en luminosidad, densidad, morfología y tamaño, tasa de formación estelar, abundancias con el desplazamiento al rojo. *Downsizing*. Formación y evolución de galaxias elípticas y espirales. Evolución del IGM.
- 2.10 Cuestiones abiertas dentro del actual paradigma de formación y evolución de galaxias y estructuras.

Bibliografía

- Galaxy Formation and Evolution, H. Mo, F. van den Bosch, S. White, Cambridge, 2010.
- Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction, P. Schneider, Springer, edición 2006.
- Galaxies in the Universe, An Introduction, L.S. Sparke & J.S. Gallagher, III, Cambridge, 2007.
- An Introduction to Modern Astrophysics, B.W. Carroll & D.A. Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.

Recursos en internet		
• Campus Virtual • NED Level 5 en http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5 • ADS en http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html		
Metodología		
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: ▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura ▪ Prácticas de laboratorio: 1. Análisis de árboles de fusiones en simulaciones numéricas 2. Análisis de funciones de luminosidad locales en diferentes bandas fotométricas 3. Diagramas Color–Magnitud sintéticos para el estudio de la evolución de galaxias del Grupo Local		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	60%
El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte de cuestiones sobre los trabajos / prácticas		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
Se realizarán, entre otras, las siguientes actividades de evaluación continua: • Realización y entregas de trabajos / prácticas • Trabajos individuales o de grupo y su presentación en clase		
Calificación final		
La calificación final se obtendrá a partir del siguiente cálculo $N_{Final}=0.6N_{Examen}+0.4N_{OtrasActiv}$, donde N_{Examen} y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0 a 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Será necesario además sacar un 4 (sobre 10) en la parte N_{Examen} para aprobar la asignatura.		

Ficha de la asignatura:	Instrumentación Astronómica			Código	600753
Materia:	Fundamentos de Instrumentación Astronómica	Módulo:	Formación básica		
Carácter:	Obligatoria	Curso:	1º	Semestre:	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4	
Horas presenciales		27	0	18

Profesor/a Coordinador/a:	Jesús Gallego Maestro			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	5	e-mail	j.gallego@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	M	10:00 --11:30	J. Gallego			
	J	10:00 --11:30				

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Aula 15	15, 29 oct; 5, 19, 26 nov; 3 dic; 7, 21 ene	J. Gallego	Jueves 10:00 – 11:30	FTAAII

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
J. Gallego	L, X: 10:30-12:00	j.gallego@fis.ucm.es	Despacho 5, planta baja

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
La comunidad astronómica internacional está embarcada en el desarrollo de grandes instalaciones astronómicas y toda una batería de instrumentos de enorme complejidad. Es fundamental que los alumnos reciban la formación adecuada para explotar científicamente de una manera óptima todas estas instalaciones e instrumental. Esta asignatura se dedica a la tecnología de las observaciones astronómicas estudiando en detalle los telescopios e instrumentos que se emplean en la observación, desde los tradicionales empleados en el óptico a los más modernos de Astronomía en otras longitudes de onda.

Resumen

Telescopios ópticos. Grandes telescopios. Telescopios espaciales. Detectores. Detectores fotoeléctricos. Detectores CCD. Detectores en el infrarrojo cercano. Astronomía en el infrarrojo lejano y sub-milimétrico. Telescopios de altas energías.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de Astrofísica General

Programa de la asignatura

1. Telescopios

Diseños de telescopios, focos, diseños mecánicos, óptica activa, óptica adaptativa, telescopios segmentados y semi-fijos, telescopios solares

2. Telescopios profesionales

Grandes observatorios, instrumentos de grandes telescopios

3. Detectores CCD

Desarrollo histórico, principios de detección, estructura de un CCD, registros de lectura y salida, transferencia de carga, criostatos, cosmética de CCDs, tipos, fabricación, recubrimientos, color. Relación señal-ruido, ruido de lectura, Bias, dark, flat field, saturación, binning, aliasing

4. Espectrómetros

Parámetros. Dispersores. Prisma objetivo. Resolución espectral. Espectrógrafos sin rendija. Espectrógrafos de prismas. Componentes de un espectrómetro. Parámetros.

5. Espectrógrafos de redes.

Redes de difracción. Ecuación de la red. Eficiencia de las redes. Redes optimizadas. Dispersión. Solapamiento de órdenes. Espectrógrafos de red. Espectrógrafos de alta resolución. Espectrógrafos de grismas.

6. Espectroscopía multiobjeto y de campo integral.

Rendija larga. Espectrógrafos de fibras. IFUs. Rebanadores de imagen.

7. Detectores en el infrarrojo cercano

Astronomía en el infrarrojo, el cielo en el infrarrojo, detectores de estado sólido, principio de funcionamiento, cosmética, fabricación, modos de lectura. Bias, dark, flat field, substracción del cielo.

8. Infrarrojo lejano y sub-milimétrico

Spitzer, Herschel, IRAM, ALMA

9. Telescopios de altas energías

Bibliografía		
• Astrophysical Techniques, 2010, C.R. Kitchin. Adam Hilger Ltd. Bristol • Astronomical Observations, 1987, G. Walker. Cambridge University Press • Electronic and Computer-Aided Astronomy, 1989, I.S. McLean, Ellis Horwood Ltd. John Wiley & Sons • Detection of Light: from the UV to the submillimeter, 2003, G. H. Rieke. Cambridge Univ. Press. Listado de prácticas: 1. Resolución de telescopios. 2. Telescopios. Superficie colectora. 3. Óptica adaptativa. 4. Caracterización de un detector CCD -1 5. Caracterización de un detector CCD -2 6. Eficiencia comparada de sistemas telescopio óptico - cámara CCD. 7. Espectroscopía de campo integral -1 8. Espectroscopía de campo integral -2 9. Preparación de observación en el infrarrojo lejano. 10. Telescopios de altas energías (opcional). Las prácticas se llevarán a cabo en el aula de Informática número 15 y en el Observatorio Astronómico UCM.		
Recursos en internet		
Campus virtual		
Metodología		
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: ▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura ▪ Resolución de ejercicios prácticos ▪ Prácticas de laboratorio El profesor puede organizar para los alumnos visitas a laboratorios, instalaciones astronómicas o eventos según la oportunidad.		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	60%
El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte de cuestiones prácticas (de nivel similar a los resueltos en clase).		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
Se realizarán, entre otras, las siguientes actividades de evaluación continua: Realización y entregas de trabajos y prácticas.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final}=0.6N_{Examen}+0.4N_{OtrasActiv}$, donde N_{Examen} y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0 a 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores Para aprobar la asignatura será necesario sacar en el examen una nota mínima de 3.0		

Ficha de la asignatura:	Sistema Solar y Exoplanetas			Código	600755
Materia:	Física de Objetos Estelares y Subestelares	Módulo:	Formación Avanzada		
Carácter:	Optativo	Curso:	1º	Semestre:	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	45	27	0	18

Profesor/a Coordinador/a:	David Montes Gutiérrez			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	233 (4ª planta)	e-mail	dmontes@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	M J	9:00-10:30 9:00-10:30	David Montes	M: Todo el segundo cuatrimestre J: Cuando no hay sesión de Laboratorio	1.5	FTAAII (Astrofísica y CC. de la Atmósfera)

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Laboratorio alumnos (Sala entrecúpulas)	J 9:00-10:30 del 15 Marzo a 15 Mayo	David Montes	1.5	FTAAII (Astrofísica y CC. de la Atmósfera)

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
David Montes	M de 15:30 a 17:00 J de 10:30 a 12:00	dmontes@ucm.es	Despacho 233, (4ª planta)

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Formación en los aspectos más importantes de la física del Sistema Solar, en su conjunto y en detalle para cada uno de los grupos principales de cuerpos que lo constituyen de manera comparativa.
- Una visión de la situación actual en la investigación sobre los sistemas planetarios en otras estrellas (exoplanetas) en contexto con nuestro Sistema Solar, semejanzas, diferencias e implicaciones en los procesos de formación y la posible habitabilidad.
- Destreza en la interpretación de los datos de velocidad radial y fotométricos utilizados en la detección y caracterización de los exoplanetas.

Resumen

El Sistema Solar como conjunto. La Tierra como planeta (Geofísica). Mercurio, Venus y Marte: planetas telúricos. Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno: planetas jovianos y sus satélites. Planetas enanos, objetos transneptunianos y cinturones principales, de Kuiper y de Oort. Planetas alrededor de otras estrellas (exoplanetas). Definición de exoplaneta. Métodos de detección. Diferentes tipos de exoplanetas. Formación y evolución de los exoplanetas. Caracterización de exoatmósferas. Zona de habitabilidad.

Conocimientos previos necesarios

Haber cursado el módulo de "Formación Básica" de Máster en Astrofísica. Se recomienda cursar también la asignatura de la misma materia "Estrellas Frías y Objetos Subestelares".

Programa de la asignatura

1. **El Sistema Solar como conjunto.**
Objetos del Sistema Solar ordenados por tamaño; parámetros básicos, distancias y escalas; misiones de exploración interplanetaria; impactos y resonancias; Sol, medio interplanetario y heliopausa; contexto galáctico.
2. **La Tierra como planeta.**
Estructura interna; atmósfera y oceanosfera; campo magnético interno y externo; tiempo geológico; paleontología; la Luna.
3. **Mercurio, Venus y Marte: planetas telúricos.**
Planetas terrestres: comparativa con la Tierra; geofísica: estructura interna; geología planetaria: cráteres de impacto vs. vulcanología; atmósferas: composición, estructura, dinámica.
4. **Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno: planetas jovianos y sus satélites.**
Estructura interna. Atmósferas. Campos magnéticos. Anillos. Satélites.
5. **Planetas enanos, objetos transneptunianos y cinturones principales de asteroides, de Kuiper y de Oort.**
Ceres y el Cinturón Principal de Asteroides. Cometas. Centauros. Plutón +

6. Caronte y el Cinturón de Edgeworth-Kuiper. Disco disperso. Nube de Öpik-Oort.
Formación del Sistema Solar.
 Nebulosa protosolar. Disco planetario. Formación y evolución de planetas terrestres y asteroides, migración planetaria, bombardeo masivo tardío. Estabilidad. Cronología y futuro.
7. **Exoplanetas.**
 7.1. Definición de exoplaneta. Planetas asociados a estrellas y objetos de masa planetaria aislados.
 7.2. Métodos de detección: velocidad radial, tránsitos, microlentes gravitacionales, timing (púlsares, estrellas pulsantes, binarias eclipsantes), imagen directa, astrometría.
 7.3. Diferentes tipos de exoplanetas: jupiteres calientes, neptunos calientes, minineptunos, supertierras, tierras y exotierras.
 7.4. Formación y evolución: dependencia con los parámetros de la estrella. Interacciones estrella-planeta.
 7.5. Caracterización de exoatmósferas. Espectroscopia de transmisión y emisión. Planetas cubiertos de agua y núcleos rocosos que han perdido su atmósfera.
 7.6. Zona de habitabilidad. Definición convencional (agua líquida, tipo Tierra). Extensión a planetas secos, y con atmósfera de hidrógeno. Dependencia con el campo magnético, la presión y la composición. Biomarcadores.

Programa de prácticas:

1. Determinación de la órbita de un exoplaneta a partir de datos de velocidad radial.
2. Determinación de los parámetros de un exoplaneta con tránsitos a partir de datos fotométricos.

Bibliografía

- "**Planetas**", Anguita Virella, F. y Castilla Cañamero, G. (2010). Editorial Rueda S.L.
- "**The Solar System**", T. Encrenaz et al., Springer-Verlag, 3rd edition (2004)
- "**Physics of the Solar System**", B. Bertotti, P. Farinella, D. Vokrouhlicky, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 293 (2003)
- "**Extrasolar Planets: Formation, Detection and Dynamics**", Rudolf Dvorak (Ed.) Wiley, 2007
- "**Exoplanets Detection, Formation, Properties, Habitability**", Mason John (Ed.) Series: Springer, 2008
- "**The Exoplanet Handbook**", Perryman, Michael Cambridge University Press, 2011
- "**Special Section: Exoplanets**" Science, 3 May 2013: Vol. 340 no. 6132

Recursos en internet		
- Campus virtual en el que se incluirá todo el material docente - Recopilación de enlaces de interés, páginas Dpto Astrofísica UCM http://www.ucm.es/info/Astrof/ http://www.ucm.es/info/Astrof/servicios_a/recopilaciones.html - NASA Solar System Exploration http://solarsystem.nasa.gov/planets/index.cfm - Planetas Extrasolares (Exoplanetas), UCM http://www.ucm.es/info/Astrof/recopilaciones/planetas_ext.html - Extrasolar planets http://exoplanet.eu		
Metodología		
La asignatura combina clases magistrales de teoría y resolución de casos prácticos con la realización de prácticas en los laboratorios de la Facultad.		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	60%
El examen tendrá una parte de tipo test sobre los temas del programa y los desarrollados por los alumnos y una parte de cuestiones sobre los problemas y prácticas realizadas durante el curso.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
- Realización y presentación de un trabajo que permita al alumno profundizar sobre un tema específico de actualidad relacionado con la asignatura. - Resolución de problemas y casos prácticos. - Realización de prácticas de laboratorio. - Informe de las prácticas realizadas.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{\text{Final}} = 0.6N_{\text{Examen}} + 0.4N_{\text{OtrasActiv}}$, donde N_{Examen} y $N_{\text{OtrasActiv}}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.		

Ficha de la asignatura:	Estrellas Frías y Objetos Subestelares			Código	600756
Materia:	Física de Objetos Estelares y Subestelares	Módulo:	Formación Avanzada		
Carácter:	Optativo	Curso:	1º	Semestre:	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	45	27	0	18

Profesor/a Coordinador/a:	David Montes Gutiérrez			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	233 (4ª planta)	e-mail	dmontes@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	M J	10:30-12:00 16:00-17:30	David Montes	M: Todo el segundo cuatrimestre J: Cuando no hay sesión de Laboratorio	1.5	FTAAII (Astrofísica y CC. de la Atmósfera)

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Laboratorio alumnos (Sala entrecúpulas)	J 16:00-17:30 del 15 Marzo a 15 Mayo	David Montes	1.5	FTAAII (Astrofísica y CC. de la Atmósfera)

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
David Montes	M y J de 12 a 13:30	dmontes@ucm.es	Despacho 233, (4ª planta)

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Una visión de la situación actual en la investigación de las estrellas de tipo solar, las estrellas más frías que el Sol y los objetos subestelares (enanas marrones y objetos de masa planetaria).
- Conocimiento en detalle los fenómenos que tienen lugar en las partes más externas de las atmósferas de estos objetos (actividad magnética) así como de las observaciones y técnicas utilizadas para obtener esta información.
- Destreza en la interpretación de espectros ópticos de alta resolución derivando a partir de ellos diferentes parámetros estelares como velocidades radiales, tipos espectrales, emisiones cromosféricas, velocidades de rotación, campos magnéticos y abundancias.

Resumen

El Sol como prototipo de estrella fría. Las estrellas de tipo solar y últimos tipos espectrales (F, G, K, M). La estructura de las capas más externas de las estrellas frías: Zona convectiva, Fotosfera, Cromosfera, Región de transición, Corona y vientos. La actividad magnética. Mecanismo dinamo. Rotación y edad. Dependencia con los parámetros estelares y el estado evolutivo. Estrellas muy poco masivas y su clasificación espectral (tipos L, T, Y). Búsqueda y detección de enanas marrones y objetos de masa planetaria. Procesos de formación y propiedades de los objetos subestelares.

Conocimientos previos necesarios

Haber cursado el módulo de “Formación Básica” de Máster en Astrofísica. Se recomienda cursar también la asignatura de la misma materia “Sistema Solar y Exoplanetas”.

Programa de la asignatura

- 1. El Sol, prototipo de estrella fría.**
 - 1.1 La atmósfera del Sol.
 - 1.2 Últimos avances en el estudio del Sol.
- 2. Las estrellas de tipo solar y últimos tipos espectrales.**
 - 2.1 Las estrellas frías (tipos F, G, K, M).
 - 2.2 Evidencia de actividad magnética.
 - 2.3 Las estrellas frías activas.
- 3. Estrellas muy poco masivas y objetos subestelares.**
 - 3.1 Las estrellas ultrafrías (tipos L, T, Y).
 - 3.2 Las enanas marrones y objetos de masa planetaria.
 - 3.3 Búsqueda y detección de objetos subestelares.
 - 3.4 Procesos de formación y propiedades.
- 4. Las capas más externas de las estrellas frías y ultrafrías.**
 - 4.1 Zona convectiva. Fotosfera. Cromosfera. Región de transición. Corona.
 - 4.2 Actividad magnética (manchas, regiones activas, protuberancias, bucles, fulguraciones, ciclos de actividad).

5. Observaciones y técnicas utilizadas.

5.1 Fotometría y espectroscopia óptica e infrarroja (mapas de temperatura fotosférica, emisión cromosférica y campo magnético).

- Inversión de curvas de luz.
- Velocidad radial y de rotación, campo magnético.
- Técnica de imagen Doppler y Zeeman-Doppler.
- Técnica de sustracción espectral.

5.2 Fotometría y espectroscopia en UV y rayos X (región de transición y corona).

- Estudio de distribución de la medida de emisión y densidad.
- Abundancias coronales.

6. Estrellas muy activas.

6.1 Estrellas pre-secuencia principal (T Tauri: CTTS y WTTS).

6.2 Sistemas binarios activos (RS CVn y BY Dra).

6.3 Sistemas binarios tipo W UMa y estrellas tipo FK Com.

6.4 Estrellas con fulguraciones (UV Ceti).

6.5 Estrellas en cúmulos abiertos y grupos de movimiento jóvenes.

7. El origen de la actividad magnética y el calentamiento.

7.1 Interacción convección - rotación diferencial (mecanismo dinamo).

7.2 Los objetos completamente convectivos (mecanismos dinamo alternativos).

7.3 Mecanismos de calentamiento (ondas, campo magnético, conducción, microfulguraciones).

8. Dependencia de la actividad con los parámetros estelares y el estado evolutivo.

8.1 Relación actividad - rotación.

8.2 Relaciones flujo - flujo.

8.3 Relaciones flujo - temperatura.

8.4 Relaciones con el número de Rossby.

8.5 Relación actividad - edad.

8.6 Líneas divisorias en el diagrama HR.

9. Avances futuros.

9.1 Nuevos telescopios y espectrógrafos dedicados al seguimiento de estrellas frías.

9.2 Telescopios robóticos.

9.3 Espectrógrafos de alta resolución y gran estabilidad en el óptico e IR cercano.

9.4 Nuevas misiones espaciales y exploraciones dedicadas a la detección de objetos fríos y ultrafríos (X, UV, IR, astrometría).

Programa de prácticas:

1. Análisis de espectros ópticos de alta resolución de estrellas frías.

1. Velocidad radial
2. Velocidad de rotación
3. Sustracción espectral
4. Anchura equivalente de líneas.

2. Clasificación espectral de estrellas ultrafrías.

1. Ordenación de los espectros por tipo espectral (T_{ef})
2. Identificación de líneas atómicas y bandas moleculares
3. Identificación de Litio
4. Detección de H α en emisión

Bibliografía

Básica:

- **"The Observation and Analysis of Stellar Photospheres"**, Gray D.F., Cambridge University Press, 1992 - 2005. (Cambridge Astrophysics Series, 20).
- **"Solar and Stellar Magnetic Activity"**, Carolus J. Schrijver, & Cornelius Zwaan., Cambridge University Press, 2000. (Cambridge Astrophysics Series, 34).
- **"New Light on Dark Stars: Red Dwarfs, Low-Mass Stars, Brown Dwarfs"**, Reid I.N., & Hawley S.L., Springer Verlag, 2005

Especializada:

- **"Stellar Chromospheric Activity"**, Hall J.C., (2008). The Living Reviews in Solar Physics, Irsf-2008-2
- **"Observations of Cool-Star Magnetic Fields"**, Reiners A., (2012). The Living Reviews in Solar Physics, Irsf-2012-1
- **"Review on low-mass stars and brown dwarfs"**, G. Chabrier, I. Baraffe, F. Allard, P.H. Hauschildt, 2005, invited review, "Resolved Stellar Populations" (astro-ph/0509798)
- **"New spectral types L and T"**, Kirkpatrick J.D., (2005) ARA&A, 43, 195

Recursos en internet

- Campus virtual en el que se incluirá todo el material docente
- Recopilación de enlaces de interés, páginas Dpto Astrofísica UCM
<http://www.ucm.es/info/Astrof/>
http://www.ucm.es/info/Astrof/servicios_a/recopilaciones.html

Metodología

La asignatura combina clases magistrales de teoría y resolución de casos prácticos con la realización de prácticas en los laboratorios de la Facultad.

Evaluación

Realización de exámenes

Peso:

60%

El examen tendrá una parte de tipo test sobre los temas del programa y los desarrollados por los alumnos y una parte de cuestiones sobre los problemas y prácticas realizadas durante el curso.

Otras actividades de evaluación

Peso:

40%

- Realización y presentación de un trabajo que permita al alumno profundizar sobre un tema específico de actualidad relacionado con la asignatura.
- Resolución de problemas y casos prácticos.
- Realización de prácticas de laboratorio.
- Informe de las prácticas realizadas.

Calificación final

La calificación final será $N_{\text{Final}} = 0.6N_{\text{Examen}} + 0.4N_{\text{OtrasActiv}}$, donde N_{Examen} y $N_{\text{OtrasActiv}}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

Ficha de la asignatura:	Técnicas Experimentales en Astrofísica			Código	600757
Materia:	Instrumentación y Técnicas Experimentales en Astrofísica	Módulo:	Formación Avanzada		
Carácter:	Optativo	Curso:	1º	Semestre:	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	2	4	
Horas presenciales		19	67	

Profesor/a Coordinador/a:	Jaime Zamorano (coordinador) Jesús Gallego			Dpto:	FTAA-II
	Despacho:	9 (baja, oeste)	e-mail	jzamorano@fis.ucm.es j.gallego@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Observatorio UCM	J	10:30-13:00	J. Zamorano	a lo largo del cuatrimestre	19	FTAA-II

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Observatorio UCM	8	J. Zamorano	20	FTAA-II
A1	Observatorio de Calar Alto	dos días completos de observaciones	J. Zamorano & J. Gallego	2 días	FTAA-II

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
J. Zamorano:	Martes, miércoles, jueves de 16-18h	jzamorano@fis.ucm.es	despacho 9 planta baja módulo oeste

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

En esta asignatura el alumno aprenderá a realizar todo el proceso de medida en astronomía desde el planteamiento hasta la obtención de datos reducidos. Se enseñan los pasos necesarios (métodos y técnicas) en las observaciones astronómicas y su procesamiento posterior. Los estudiantes prepararán, realizarán y analizarán sus propias observaciones astronómicas.

Resumen

Introducción a la Fotometría, sistemas fotométricos. Métodos de observación: fotometría diferencial y fotometría absoluta. Magnitudes instrumentales, corrección de los efectos de la atmósfera, transformación al sistema estándar, términos de color. Fotometría de objetos extensos: perfiles de luminosidad y parámetros fotométricos.

Método observacional en espectroscopía: espectros de rendija y multiobjeto. Elección del espectrógrafo. Configuración observacional. Estrategias en las observaciones espectroscópicas.

Técnicas y procesamiento en observaciones en el óptico. Obtención de las imágenes de calibración. Reducción de datos CCD. Software para el procesamiento. Reducción de imágenes y espectros.

Conocimientos previos necesarios

Nociones de Astrofísica general y Astronomía observacional. Instrumentación astronómica.

Programa de la asignatura

- Fotometría
 - Sistemas fotométricos.
 - Fotometría fotoeléctrica. Fotometría CCD.
 - Fotometría diferencial.
 - Fotometría absoluta. Transformación al sistema estándar.
 - Fotometría de objetos extensos.
- Espectroscopía
 - Espectroscopía de rendija y multiobjeto.
 - Elección del espectrógrafo. Configuración observacional.
 - Observaciones espectroscópicas.
- Técnicas de observación y procesamiento en el óptico.
 - Imágenes de calibración.
 - Reducción de datos CCD. Software de procesamiento.
 - Reducción de imágenes y espectros.

Programa de prácticas en el laboratorio

1. Fotometría absoluta. Transformación al sistema estándar.
2. Fotometría CCD de objetos extensos.
3. Espectroscopía de rendija.
4. Análisis de espectros.
5. Fotometría en el infrarrojo cercano.

6. Proyecto de observación en un telescopio profesional.
- i. Preparación y realización de observaciones en telescopio.
Se llevará a cabo en las instalaciones de un observatorio (Calar Alto, Yebes u otro). Incluye viaje de dos días.
 - ii. Reducción de observaciones, análisis de datos.
 - iii. Presentación de resultados.

Bibliografía

- "Astronomical Photometry", 1990, AE. Henden & R.H. Kaitchuck
- "Introduction to Astronomical Photometry", 2007, E. Budding & O. Demircan.
- "Manual práctico de Astronomía con CCD" 1998, D. Galadí & I. Ribas, Ed. Omega
- "Detection of Light: from the UV to the submillimeter", 2003, G. H. Rieke, Cambridge Univ. Press.
- "Electronic and Computer-Aided Astronomy". 1989, I.S. McLean Ellis Horwood Ltd., John Wiley & Sons.
- "Astronomy: Principles and Practice". 2003, A.E. Roy, D. Clarke. Adam Hilger Ltd., Bristol.
- "Astrophysical Techniques". C.R. Kitchin, 1984, Adam Hilger Ltd. Bristol.
- "Observational Astronomy", 2006, D. Scott Birney, G. Gonzalez, D. Oesper, Cambridge Univ. Press.
- "Astronomical Observations", 1987, G. Walker. Cambridge Univ. Press.

Recursos en internet

- Campus virtual
- Página web de la asignatura. <http://www.ucm.es/info/Astrof/>
- Recopilación de enlaces de interés.

Metodología

La asignatura combina clases magistrales sobre los conceptos básicos necesarios para la preparación, realización y análisis de las observaciones astronómicas con la realización de prácticas. Las técnicas de reducción y procesado de las observaciones se aprenden con trabajo práctico que se realiza en laboratorios de informática. Los conocimientos aprendidos durante el curso permiten que los estudiantes programen unas observaciones que se llevan a cabo en un observatorio profesional cerca del final del curso. Los grupos analizan las observaciones para obtener los resultados finales que son presentados al resto de los estudiantes.

Evaluación

Realización de exámenes

Peso:

50%

El examen tendrá una parte de preguntas teórico-prácticas y otra parte de cuestiones relacionadas con los trabajos realizados durante el curso.

Otras actividades de evaluación

Peso:

50%

- Memorias escritas, asistencia, actitud, iniciativa y habilidades demostradas en sesiones de laboratorio y de prácticas realizadas.
- Presentación en público de los resultados y participación en las discusiones.

Calificación final

La calificación final será $N_{\text{Final}} = 0.5N_{\text{Examen}} + 0.5N_{\text{OtrasActiv}}$, donde N_{Examen} y $N_{\text{OtrasActiv}}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

Ficha de la asignatura:	Astrofísica de Altas Energías			Código	600758
Materia:	Instrumentación y Técnicas Experimentales en Astrofísica		Módulo:	Formación avanzada	
Carácter:	Optativo		Curso:	1º	Semestre: 2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.5	1.5	
Horas presenciales	45	28	11	6

Profesor/a Coordinador/a:	Juan Abel Barrio Uña			Dpto:	FAMN
	Despacho:	221, 3ª planta	e-mail	barrio@gae.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	M V	13:30 – 15:00 11:30 – 13:00	Jose Miguel Más Hesse	Febrero 2016	6	Externo
			Fernando Arqueros Martínez	Marzo 2016	9	FAMN
			Marcos López Moya	Abril 2016	4	FAMN
			Juan Abel Barrio Uña	Abril – Mayo 2016	9	FAMN

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio Física Atómica	Laboratorio	Fernando Arqueros Martínez Juan Abel Barrio Uña	6	FAMN
	Aula Informática A1	Prácticas de Ordenador	Marcos López Moya	5	FAMN
	Villafranca del Castillo	Visita ESAC	Jose Miguel Más Hesse	6	Externo

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Fernando Arqueros Martínez	M, J: 16:30-18:00	arqueros@gae.ucm.es	Dpcho 223 3ª planta
Juan Abel Barrio Uña	L, X: 11:30-13:00	barrio@gae.ucm.es	Dpcho 221 3ª planta
Marcos López Moya	X: 10:00-13:00	marcos@gae.ucm.es	Dpcho 219 3ª planta
Jose Miguel Más Hesse		mm@cab.inta-csic.es	

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
La Astrofísica de Altas Energías es una disciplina esencial en el estudio del Cosmos. En esta asignatura se ofrecerá al alumno una formación sólida sobre los procesos físicos que dan lugar a la emisión y propagación de radiación de alta energía en el universo. Asimismo, se describirán las técnicas instrumentales y de análisis de datos desarrolladas para poder detectar esta radiación de alta energía. Por último, se presentarán los principales problemas abiertos en el campo y los experimentos que existen para abordarlos. De esta manera, el alumno recibirá formación en el campo que le permitirá comenzar un proyecto de investigación doctoral, incorporándose a cualquiera de los grupos investigadores existentes.

Resumen
Introducción a la Astrofísica de Altas Energías. Métodos de detección de rayos X, rayos gamma y partículas cósmicas de alta energía. Fuentes. Mecanismos de emisión y aceleración. Propagación. Perspectivas del campo.

Conocimientos previos necesarios
Los correspondientes a las asignaturas troncales hasta el tercer curso, así como a las asignaturas obligatorias de tercer y cuarto curso del grado en Física en la especialidad de Física Fundamental.

Programa de la asignatura
TEORÍA • Astrofísica de rayos X Interacción de rayos X con la materia. Telescopios de rayos X. Astronomía estelar y galáctica de rayos X. Astronomía extragaláctica de Rayos X (Galaxias con Formación Estelar, Nucleos Activos de Galaxias, Cúmulos de Galaxias, GRBs) • Astrofísica de Rayos Gamma Interacción de rayos gamma con la materia. Detectores de rayos gamma en tierra y en satélites. Fuentes y mecanismos de producción de rayos gamma. • Física de Rayos Cósmicos Interacción de partículas cargadas con la materia. Detectores de rayos cósmicos en tierra y satélites. Mecanismos de producción y propagación de rayos cósmicos. • Otras partículas de alta energía Producción y detección de neutrinos de alta energía. Búsqueda de Materia Oscura con detectores de radiación de alta energía.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Medida del flujo de muones cósmicos con centelleadores plásticos empleando el método de coincidencias. Medida de la vida media del muón a partir de la detección de muones cósmicos

PRÁCTICAS DE ORDENADOR

Utilización de software científico para el análisis de los datos tomados por detectores de rayos X y rayos gamma.

VISITA A ESAC

Visita a las instalaciones de la European Space Astronomy Centre (ESAC), que la ESA opera en Villafranca del Castillo, para conocer las actividades de investigación en los telescopios de rayos X y rayos gamma operados por la ESA.

Bibliografía												
Básica - Katz, J.I., <i>High Energy Astrophysics</i>, Addison-Wesley, 1987 - M.S. Longair. <i>High Energy Astrophysics Vol 1 y 2</i>. Cambridge Univ. Press 1994. Complementaria F. Aharonian. <i>Very High Energy Cosmic Gamma Radiation</i>. World Scientific 2004 C. Grupen, G. Cowan, et al: <i>Astroparticle Physics</i>. Springer 2005 D. Perkins, <i>Particle Astrophysics</i>, Oxford University Press, 2009 T. Stanev, <i>High energy cosmic rays</i>, Springer, 2010.												
Recursos en internet Campus virtual con enlaces de interés para la asignatura.												
Metodología Una parte fundamental de la asignatura vendrá en la forma de clases teóricas, con material de apoyo para los alumnos en el CV. Las clases se darán de manera habitual con el apoyo de medios audiovisuales modernos. Los conocimientos teóricos se complementan con la resolución de problemas. Las prácticas de laboratorio tendrán lugar en el Laboratorio de Física Atómica y Molecular, y las prácticas de ordenador se realizarán en el aula de Informática de la Facultad. En ambos tipos de prácticas, el alumno tendrá que entregar un informe con los resultados. Por último, se realizará una visita a las instalaciones de la ESA en Villafranca del Castillo para conocer de cerca la actividad investigadora en Astrofísica de Rayos X y Rayos Gamma.												
Evaluación <table border="1"> <thead> <tr> <th>Realización de exámenes</th> <th>Peso:</th> <th>30%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">El examen (Ex) tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para ambas partes el alumno podrá contar con libros de teoría de libre elección así como el material a su disposición en el CV.</td> </tr> <tr> <th>Otras actividades de evaluación</th> <th>Peso:</th> <th>70%</th> </tr> <tr> <td colspan="3"> Otras actividades de evaluación: - Presentación, oral y por escrito, de trabajos (Tr) - Realización de prácticas de laboratorio y ordenador (Pr) - Evaluación continua mediante participación en clases, resolución de ejercicios y tests propuestos en clase, etc. (Ec) </td> </tr> </tbody> </table>	Realización de exámenes	Peso:	30%	El examen (Ex) tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para ambas partes el alumno podrá contar con libros de teoría de libre elección así como el material a su disposición en el CV.			Otras actividades de evaluación	Peso:	70%	Otras actividades de evaluación: - Presentación, oral y por escrito, de trabajos (Tr) - Realización de prácticas de laboratorio y ordenador (Pr) - Evaluación continua mediante participación en clases, resolución de ejercicios y tests propuestos en clase, etc. (Ec)		
Realización de exámenes	Peso:	30%										
El examen (Ex) tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para ambas partes el alumno podrá contar con libros de teoría de libre elección así como el material a su disposición en el CV.												
Otras actividades de evaluación	Peso:	70%										
Otras actividades de evaluación: - Presentación, oral y por escrito, de trabajos (Tr) - Realización de prácticas de laboratorio y ordenador (Pr) - Evaluación continua mediante participación en clases, resolución de ejercicios y tests propuestos en clase, etc. (Ec)												

Calificación final
La calificación final será $Cf = Ex*0.3 + Tr*0.3 + Pr*0.3 + Ec*0.1$

Ficha de la asignatura:	Análisis de datos y Técnicas Estadísticas			Código	600759
Materia:	Instrumentación y Técnicas Experimentales en Astrofísica	Módulo:	Formación Avanzada		
Carácter:	Optativo	Curso:	1º	Semestre:	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4	
Horas presenciales	45	27	18	0

Profesor/a Coordinador/a:	Javier Gorgas García			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	13	e-mail	jgorgas@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	X	9:00-10:30	Javier Gorgas			FTAAII
5B	J	13:00-14:30	Javier Gorgas			FTAAII

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.	
A1						

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Javier Gorgas	10 a 14 horas, lunes y martes	jgorgas@fis.ucm.es	Despacho 13, planta baja

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
El alumno recibirá formación avanzada en la disciplina del análisis de datos astronómicos y las

técnicas estadísticas asociadas.

Dado el gran volumen de datos que actualmente puede llegar a manejarse en Astrofísica, resulta imprescindible realizar dicho aprendizaje a la vez que se utiliza una herramienta de software apropiada. En este sentido también es objetivo de esta asignatura familiarizar al alumno con el paquete estadístico R, sin duda uno de los mejores en su género y especialmente preparado para el análisis estadístico de datos astronómicos.

Se pretende, a través de los ejercicios prácticos, fomentar en el alumno la capacidad de resolver problemas prácticos habituales en Astrofísica.

Resumen

Se estudiarán los procedimientos habituales de estimación de parámetros y contrastes de hipótesis, haciendo hincapié en métodos de estadística no paramétrica. Se hará una introducción a la estadística bayesiana, con aplicaciones en Astrofísica. Se abordarán los métodos del análisis de la regresión y correlación, tanto simple como múltiple y se hará una introducción al análisis multivariante.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Astrofísica.

Programa de la asignatura

- 1 - Introducción al paquete de software R
- 2 - Estadística básica
- 3 - Inferencia estadística. Estimación de parámetros
- 4 - Inferencia estadística. Contraste de hipótesis
- 5 - Introducción a la estadística bayesiana
- 6 - Contrastes para una muestra
- 7 - Contrastes para varias muestras
- 8 - Regresión lineal
- 9 - Correlación
- 10 - Introducción al análisis multivariante

11 - MCMC (Markov Chain Monte Carlo)

Prácticas de laboratorio:

Aplicaciones prácticas de aplicación del software R a diferentes problemas astrofísicos.

La secuencia de prácticas no tiene un calendario predefinido porque se irán intercalando con la teoría. Las prácticas no van a ser periódicas, tendrán lugar en el mismo horario y lugar que la teoría de la asignatura y se irán anunciando apropiadamente.

Bibliografía		
- Wall & Jenkins, Practical Statistics for Astronomers, Cambridge University Press, 2003 - Feigelson & Babu, Modern Statistical Methods for Astronomy, Cambridge University Press, 2012 - R. Kabacoff, R in action, Manning Publications, 2011 - Walpole, Myers, Myers, Ye, Probability and Statistics, 8th edition, Pearson, 2007 - Gorgas, Cardiel y Zamorano, Estadística Básica para estudiantes de ciencias, libro on-line (estará disponible a través del Campus Virtual)		
Recursos en internet		
Página oficial de R: http://www.r-project.org Blogs de R: http://www.statmethods.net, http://www.r-statistics.com, http://www.r-bloggers.com, http://rwiki.sciviews.org/doku.php Página de Astrostatistics: http://astrostatistics.psu.edu Muchos más recursos a través de las páginas del campus virtual		
Metodología		
Todas las clases son muy prácticas. Continuamente se intercalarán ejemplo, con su código en R, para ilustrar la teoría. Además se realizarán prácticas asociadas que consistirán en resolución de ejercicios utilizando R. Se usarán datos reales de medidas en Astrofísica.		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	50%
Examen práctico en el que habrá que resolver y programar un caso práctico similar a los resueltos en las clases. Se podrán incluir cuestiones conceptuales.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	50%
Problemas prácticos (alrededor de 5) que se entregarán resueltos a través del campus virtual.		
Calificación final		

La calificación final será la media aritmética entre las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

Ficha de la asignatura:	Dinámica de Galaxias			Código	600760
Materia:	Astrofísica Extragaláctica y Cosmología	Módulo:	Formación Avanzada		
Carácter:	Optativa	Curso:		Semestre:	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.5	1.5	
Horas presenciales	45	30	10	5

Profesor/a Coordinador/a:	Armando Gil de Paz			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	3 - planta baja - oeste	e-mail	agil@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
5B	M X	12:00 – 13:30 10:30 – 12:00	Armando Gil de Paz	Todo el segundo cuatrimestre salvo 9/03, 30/03 y 6/04	1.5	Astrofísica y CC. de la Atmósfera

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A	Aula 1	9/03, 30/03 y 6/04	Armando Gil de Paz	1.5	Astrofísica y CC. de la Atmósfera

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Armando Gil de Paz	X a las 15:00 – 17:00	agil@fis.ucm.es	Despacho 3 - planta baja - ala oeste

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

El objetivo de esta materia es que el alumno adquiera unos conocimientos avanzados en el área de la Astrofísica Extragaláctica y en el área de la Cosmología.

Por un lado, esta materia ofrece al alumno una última serie de conocimientos avanzados en Astrofísica Extragaláctica que le capacitarán para llevar a cabo una tesis doctoral en el área. Especial énfasis se dará a la estructura dinámica de las galaxias y los sistemas estelares que las componen. Se verán en profundidad aspectos como el problema de los N cuerpos, formación jerárquica de galaxias, interacciones y fusiones de galaxias, materia oscura, estructura en espiral, simulaciones numéricas, órbitas y caos, equilibrio y estabilidad de sistemas estelares y otros conceptos avanzados que permiten conocer en profundidad los mecanismos que determinan las poblaciones de galaxias en las diferentes épocas del Universo.

Por otro lado el alumno podrá obtener una formación avanzada en Cosmología. El objetivo es conocer las teorías actuales sobre el origen y evolución del Universo, así como los datos observacionales en que se basan estas teorías. Se verá con detalle las bases observacionales de la Cosmología, la Física del modelo cosmológico estándar y el cálculo simbólico asociado, materia oscura, energía oscura, teoría de perturbaciones cosmológicas, formación de estructuras y fondos cósmico de microondas. Por último, el alumno conocerá los problemas fundamentales abiertos en Cosmología y las soluciones propuestas: teoría inflacionaria, modelos de materia oscura y de energía oscura.

Resumen

El objetivo principal de la asignatura es proporcionar a los alumnos la formación indispensable para entender el comportamiento de un gran número de objetos (estrellas o galaxias) bajo la influencia de su propia gravedad. Dicho conocimiento es imprescindible para todo astrofísico que pretenda entender las claves de los procesos asociados a la formación y evolución de las galaxias. Estos conocimientos son cada vez de mayor importancia dada la mayor disponibilidad de espectrógrafos de alta resolución (alguno con capacidades de campo integral) en telescopios de la clase 8-10m. Asimismo, la disponibilidad de observaciones multifrecuencia en mayor cantidad y calidad, tanto de nuestra propia galaxia como de otras galaxias, ha convertido el estudio de la dinámica no sólo de las estrellas sino también del gas en un campo de extraordinaria actividad en la investigación actual.

Por otro lado, el estudio de la dinámica de las galaxias constituye la mejor prueba observacional de la existencia de materia oscura, cuya presencia y contribución al censo de materia-energía en el Universo es uno de los ingredientes esenciales del Modelo Cosmológico Estándar.

La disponibilidad de ordenadores cada vez más potentes ha revolucionado el trabajo de investigación en este campo en los últimos años. En este sentido, las simulaciones de N-cuerpos constituyen el mejor laboratorio en el que contrastar los modelos teóricos con las observaciones.

Dado que la dinámica de las galaxias viene determinada básicamente por las leyes de la mecánica de Newton y su ley de gravitación universal, los contenidos de esta asignatura son accesibles a cualquier estudiante con un conocimiento típico de mecánica clásica y conocimientos básicos de astrofísica extragaláctica. A pesar de ello, esta asignatura acercará a los estudiantes a las fronteras de las investigaciones actuales que tratan de entender la estructura y evolución de las galaxias.

Breve descripción de contenidos:

Resumen de propiedades observacionales. Cinemática de las estrellas de la vecindad solar y de la Vía Láctea como un todo. Cinemática de galaxias externas y cúmulos de galaxias. Sistemas soportados por rotación y por presión. Relaciones fundamentales.

Potencial gravitatorio. Campos gravitatorios suaves a gran escala. Potenciales en objetos con simetría esférica, axial, sistemas esferoidales, elipsoidales, discos.

Órbitas. Integrales de movimiento. Órbitas en potenciales esféricos, axi-simétricos y no axi-simétricos. Aproximación epicíclica. Barras. Simulaciones de N cuerpos.

Distribuciones de equilibrio para sistemas no colisionales. Función de distribución. Ecuación de Boltzmann. Funciones de distribución para sistemas estelares. Modelos de Schwarzschild. Desplazamiento asimétrico. Teorema del Virial.

Dinámica de discos galácticos. Propiedades fundamentales de la estructura espiral, Ondas de densidad. Estabilidad de discos con rotación diferencial. Amortiguamiento y excitación de la estructura espiral. Barras. Migración estelar. Alabeos.

Conexión con la evolución de galaxias. Formación de estructuras. Activación e inhibición de la formación estelar y retroalimentación. Predicciones numéricas.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Mecánica Clásica, Astrofísica general, observacional, estelar y extragaláctica.

Programa de la asignatura

1. Introducción:
 - Conceptos básicos
 - Misión Gaia
 - La vecindad del Sol, sistema de referencia local en reposo
 - Elipsoide de velocidad en la vecindad solar
 - Constantes de Oort
 - Estructura y cinemática de la Vía Láctea a gran escala
 - Cinemática de otras galaxias
 - El Grupo y volumen locales, *dynamical timing*
 - Funciones de luminosidad
 - Sistemas soportados por rotación o por presión, rotadores lentos y rápidos
 - Galaxias esferoidales
 - Curvas de rotación en espirales
 - Relación de Tully-Fisher, de Faber-Jackson, relación de Kormendy, plano fundamental
2. Potencial gravitatorio
 - Conceptos básicos de la teoría del potencial
 - Potenciales en objetos con simetría esférica
 - Potenciales asociados a diferentes distribuciones radiales de masa: Plummer, ley de potencias, doble ley de potencias
 - Potenciales axi-simétricos: Kuzmin, Miyamoto & Nagai, logarítmicos,

		• multipolos, esferoidales, homoeoides • El potencial de la Vía Láctea
3.	Órbitas	• Conceptos básicos • Órbitas en potenciales esféricos • Constantes e integrales de movimiento • Órbitas en potenciales axi-simétricos • Órbitas cuasi-circulares, aproximación epicíclica • Órbitas planas en potenciales no axi-simétricos • Barras rotantes
4.	Sistemas no colisionales	• Concepto de función de distribución • La ecuación no colisional de Boltzmann • Observables: Distribución de velocidad y dispersión de velocidades (LOSVD), elipsoide de velocidad, momentos de mayor orden • Teoremas de Jeans • Modelos basados en simulaciones de N cuerpos • Modelos de Schwarzschild • Ecuaciones de Jeans y deriva asimétrica • Ecuaciones del Virial
5.	Discos galácticos	• Propiedades fundamentales de la estructura espiral • Ondas de densidad • Estabilidad de discos con rotación diferencial, criterio de estabilidad de Toomre. • Amortiguamiento y excitación de la estructura espiral • Barras • Migración estelar, alabeos de discos

Programa de la práctica propuesta:

1. Análisis de la cinemática del gas y las estrellas en el nucleo de dos galaxias cercanas (día 1).
2. Determinación del campo de velocidad radial del gas y las estrellas y del mapa de dispersion de velocidades de galaxias (día 2).
3. Obtención de la curva de velocidad radial (día 2).
4. Modelado de la curva de velocidad radial por componentes de masa (día 3).

Bibliografía
• <i>Galactic Dynamics</i>, J. Binney, S. Tremaine, 2ª edición, Princeton, 2008. • <i>Dynamics of Galaxies</i>, G. Bertin, Cambridge University Press, 2014.
Recursos en internet
• Campus Virtual • NED Level 5 en http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5 • ADS en http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

Metodología		
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:		
▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura ▪ Actividades de laboratorio para el desarrollo de las práctica propuesta		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	60%
El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte de cuestiones sobre los trabajos / prácticas realizadas.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
Se realizarán, entre otras, las siguientes actividades de evaluación continua:		
Trabajo individual o de grupo sobre las actividades de laboratorio desarrolladas		
Calificación final		
La calificación final se obtendrá a partir del siguiente cálculo $N_{Final}=0.6N_{Examen}+0.4N_{OtrasActiv}$, donde N_{Examen} y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0 a 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Será necesario además sacar un 4 (sobre 10) en la parte N_{Examen} para aprobar la asignatura.		

Ficha de la asignatura:	Física del Modelo Cosmológico Estándar			Código	600761
Materia:	Astrofísica Extragaláctica y Cosmología	Módulo:	Formación Avanzada		
Carácter:	Optativa	Curso:	1	Semestre:	2

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	5.2	0.8	
Horas presenciales	45	39	6	0

Profesor/a Coordinador/a:	Antonio López Maroto			Dpto:	FT-I
	Despacho:	14	e-mail	maroto@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
	X	16:30-18:00	Antonio López Maroto	Todo el cuatrimestre	1.5	FT-I
	V	13:00-14:30			1.5	

Prácticas/Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Laboratorio de Física Computacional	3	Antonio López Maroto	6	FT-I

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Antonio López Maroto	M: 15:00 a 17:00 J y V: 11:00 a 13:00	maroto@ucm.es	Despacho del profesor

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
- Adquirir un conocimiento detallado del Modelo Cosmológico Estándar tanto desde el punto de vista observacional como teórico. - Conocer los problemas fundamentales abiertos en Cosmología y las soluciones propuestas: teoría inflacionaria, modelos de materia oscura y de energía oscura

- Adquirir un conocimiento sólido de la teoría de perturbaciones cosmológicas, de los mecanismos de formación de estructuras y de las anisotropías del fondo cósmico de microondas.

Resumen

- Modelo cosmológico estándar
- Inflación
- Teoría de perturbaciones cosmológicas
- Formación de estructuras
- Fondo cósmico de microondas

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos previos de Cosmología, Relatividad General y Teoría Cuántica de Campos son muy recomendables para cursar la asignatura con aprovechamiento.

Programa de la asignatura

Teoría

1.- Modelo cosmológico estándar

1.1 Bases observacionales. Distribución de materia a gran escala. Ley de Hubble. Edad del universo. Abundancia de elementos ligeros. Radiación de fondo. Materia oscura. Expansión acelerada y energía oscura

1.2 Bases teóricas. Ecuaciones de Einstein. Métrica de Robertson-Walker. Medida de distancias. Modelos dominados por materia, radiación y constante cosmológica. Horizontes. Termodinámica y desacople de partículas. Recombinación y desacople materia-radiación. Reliquias cosmológicas: materia oscura fría y caliente. Abundancia de neutrinos y WIMPs

2.- Problemas del modelo cosmológico estándar. Planitud, horizontes y origen de la estructura a gran escala.

3.- Inflación cosmológica. Conceptos básicos. Modelos con un solo campo (inflatón): Lagrangiano, ecuaciones del movimiento, aproximación de slow-roll, condiciones iniciales, inflación caótica, inflación eterna. Evolución de las escalas durante inflación.

4.- Teoría de perturbaciones cosmológicas

4.1.- Teoría Newtoniana para modos sub-Hubble: perturbaciones adiabáticas y de entropía. Ecuación de Mezsaros. Perturbaciones en fluidos multicomponente. Perturbaciones bariónicas.

4.2.- Teoría relativista de las perturbaciones. Clasificación (escalar, vector, tensor). Invariancia gauge. Potenciales de Bardeen. Elección de gauge. Evolución de las perturbaciones escalares en universos dominados por materia, radiación y campo escalar.

4.3.- Evolución de las perturbaciones. Plasma de bariones-radiación y materia oscura fría. Oscilaciones acústicas (BAO). Silk damping. Función de transferencia y función de crecimiento de las perturbaciones de materia oscura.

5.- Generación de perturbaciones escalares durante inflación. Cuantización canónica. Propiedades estadísticas de las perturbaciones gaussianas. Espectro de potencias. Índice espectral e invariancia de escala. Espectro de potencia de materia.

6.- Generación de ondas gravitacionales durante inflación. Cuantización. Espectro primordial. Condición de consistencia.

- **7.- Anisotropías en el fondo cósmico de microondas.** Efectos Sachs-Wolfe, Doppler y Sachs-Wolfe integrado. Multipolos y escalas. Espectro de potencias angular: plateau de Sachs-Wolfe, picos acústicos, damping tail. Comparación con los resultados de Planck y estimación de parámetros cosmológicos.

Prácticas

Se pretende que los alumnos adquieran un conocimiento más cercano a la investigación real en el campo a la vez que se muestra el enlace entre diversos datos experimentales y los modelos teóricos actuales sobre el origen y evolución del Universo

El laboratorio consistirá en el uso de herramientas de cálculo simbólico dentro de la teoría de perturbaciones cosmológicas

Fechas: 16-31 Mayo

Horario: (Horario de la asignatura)

Lugar: Laboratorio de Física Computacional

Bibliografía

- E.W. Kolb and M.S. Turner, *The Early Universe*, Addison-Wesley, (1990)
- S. Dodelson, *Modern Cosmology*, Academic Press (2003)
- A.R. Liddle and D.H. Lyth, *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure*, Cambridge (2000)
- A.R. Liddle, *An Introduction to Modern Cosmology*, Wiley (2003)
- T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, vols: I, II y III*, Cambridge (2000)
- S. Weinberg, *Cosmology*, Oxford (2008)
- R. Durrer, *The Cosmic Microwave Background*, Cambridge (2008)

Recursos en internet		
Campus virtual		
Metodología		
• Clases de teoría y problemas. • Se entregarán a los alumnos hojas con enunciados de problemas especialmente diseñadas para que el alumno vaya ejercitándose de manera gradual, y adquiriendo de forma secuencial las destrezas correspondientes a los contenidos y objetivos de la asignatura. Se contempla la realización de práctica con ordenador.		
Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	60%
El examen podrá consistir en la resolución de cuestiones teóricas y/o problemas (de nivel similar a los resueltos en clase) o en la presentación de un trabajo.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	40%
Se contempla la posibilidad de realizar prácticas de laboratorio y de ejercicios		
Calificación final		
La calificación final será la más alta de las siguientes dos opciones: • $N_{Final} = 0.6N_{Ex} + 0.4N_{Otras}$, donde N_{Ex} y N_{Otras} son (en una escala 0 a 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores • Nota del examen final		

Ficha de la asignatura:	Temas avanzados en Astrofísica			Código	600762
Materia:	Temas avanzados en Astrofísica	Módulo:	Formación Avanzada		
Carácter:	Optativa	Curso:	1	Semestre:	2º
Créd. ECTS:	6	Horas presenciales			
		Teoría y Seminarios	Prácticas / Laboratorio		
		45	0		

Profesor/a Coordinador/a:	Jesús Gallego Maestro (coordinador)			Dpto:	FTAAII
	Despacho:	5 planta baja oeste	e-mail	j.gallego@fis.ucm.es	

*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios, L:laboratorios

Grupo	Horarios de clases			Tutorías (lugar y horarios)
	Día	Horas	Aula	
	M	16:00 --17:30	13	J. Gallego: despacho 5, planta baja oeste. Martes y Jueves de 11-13h.
	X	12:00 --13:30	5B	

Objetivos de la asignatura
El objetivo de esta materia es proporcionar al alumno un mecanismo para conocer de primera mano los resultados recientes obtenidos en los diferentes campos de la Astrofísica. Proyectos que impliquen experiencias y observaciones desde tierra y el espacio, en fase de ejecución o previstos a corto plazo.
La materia consistirá principalmente en una serie de seminarios que serán impartidos por investigadores de prestigio en los campos correspondientes. De esta manera, el alumno recibirá a lo largo del curso abundante información actualizada para que pueda familiarizarse, completar y actualizar y profundizar sus conocimientos en Astrofísica.

Breve descripción de contenidos
La materia consistirá principalmente en una serie de seminarios especializados dados por investigadores expertos en los diferentes campos de la Astrofísica. Los seminarios abarcarán los temas de mayor candencia en la investigación, y proporcionarán al alumno una visión muy cercana de las líneas de investigación punteras del momento.

Conocimientos previos necesarios
Conocimientos generales de Astrofísica

Programa de la asignatura
▪ Astronomía de neutrinos ▪ Astronomía en rayos X ▪ Misiones espaciales ▪ Materia oscura ▪ Evolución de galaxias ▪ Radiación cósmica ▪ Dinámica galáctica ▪ Sistema Solar ▪ Grandes instalaciones astronómicas ▪ Observatorio virtual, tratamiento de datos ▪ Galaxias activas La asignatura no tiene horas de prácticas ni de laboratorios.

Recursos en internet
Campus Virtual
Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: ▪ Lecciones magistrales ▪ Resúmenes de los conceptos aprendidos

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	0%
Dado el carácter de la asignatura, no se realizará examen escrito.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	100%
Se evaluarán memorias escritas con un resumen de los seminarios. También se valorará la asistencia, actitud e iniciativa a la hora de plantear preguntas.		
Calificación final		
La calificación final será el resultado de la valoración de los resúmenes de los seminarios, asistencia, actitud e iniciativa del alumno.		

Ficha de la asignatura:	Trabajo Fin de Máster			Código	600754
Materia:	Trabajo Fin de Máster	Módulo:	Trabajo Fin de Máster		
Carácter:	Obligatorio	Curso:	1º	Semestre:	1º y 2º
Créd. ECTS:	12	Horas presenciales con el tutor			
		Elaboración		Seminarios y visitas	
		24,5		50	

Tutor	T/P/S/L*	Dpto.	e-mail
- El tutor será el asignado por la Comisión del Máster de entre todos los doctores del ámbito de la Astrofísica			

*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios, L:laboratorios

Objetivos de la asignatura
- Según el Real Decreto 1393/2007 las enseñanzas del Máster se completan con la elaboración y defensa pública del Trabajo Fin de Máster (TFM). El TFM es un elemento formativo esencial que, con una carga de 12 ECTS, exige al alumno una gran dedicación y le permite acreditar la adquisición de los conocimientos y competencias asociados al título mediante el desarrollo de un trabajo de investigación dirigido por uno o varios profesores con grado de Doctor. Asimismo, el TFM podrá ser dirigido por profesores externos a la UCM y profesionales de organismos públicos de investigación o empresas del área de la Astrofísica. - Al finalizar el TFM el alumno habrá adquirido capacidad para iniciar y desarrollar proyectos de investigación, integrando herramientas teóricas y experimentales, trabajando de manera autónoma y gestionando de manera eficaz los recursos disponibles. Igualmente importante es que el alumno sea capaz de hacer un ejercicio de síntesis de toda la actividad desarrollada, evaluando críticamente su propio trabajo. - Se fomentará la participación de investigadores de centros de investigación o empresas en la dirección de los TFM. De este modo, la oferta de trabajos de investigación que hagan los departamentos universitarios implicados en el Máster se verá enriquecida por la participación de otros centros. En el caso de participar personal externo, deberá acreditar una experiencia probada en la temática del TFM en concreto. - La Comisión Coordinadora del Máster en Astrofísica asignará un tutor de la UCM de TFM a cada estudiante cuyo supervisor de TFM sea externo. La oferta de TFM y la asignación definitiva se publicarán en la web del Máster. La Junta de Facultad nombrará un Tribunal de TFM de entre los miembros de la Comisión Coordinadora del Máster. El tribunal estará compuesto de tres miembros, de los que uno será externo.

Breve descripción de contenidos

Esta materia pretende el desarrollo por parte del alumno de un trabajo original en el ámbito de una de las asignaturas del programa del Máster en Astrofísica. Los TFM podrán tener un perfil:

- Investigador, realizándose en el ámbito de la Universidad o centros de investigación con los que se tiene estrecho contacto
- Profesional, realizándose en colaboración con empresas o instituciones con algunas de las cuales se tienen firmados convenio específicos para este tema (ver punto 2.1 de 'Justificación del Título'). El estudiante llevará a cabo una defensa pública de su TFM en las fechas que se establezcan para cada una de las dos convocatorias existentes en cada curso académico.

Programa de la asignatura

Los temas de investigación sobre los que versarán estos trabajos se corresponden con las líneas de investigación de los profesores del Máster y la comunidad de investigadores de todas las instituciones colaboradoras.

A comienzos del curso se publicará en la página web del máster <http://www.ucm.es/masterastrofisica/trabajo-fin-de-master> una lista de trabajos ofertados. La oferta la hacen los astrofísicos investigadores de los diferentes centros de la Comunidad de Madrid y otros que también colaboran con nuestro Máster.

Los alumnos pueden sugerir temas de trabajo que no figuren entre los ofertados.

Los alumnos se dirigirán a los supervisores científicos de su trabajo preferido y solicitarán la asignación de ese trabajo. El supervisor de cada trabajo elegirá a un alumno y notificará la elección al coordinador del máster. La asignación de un trabajo se hará oficial cuando el nombre del alumno aparezca asignado a ese trabajo en la lista de TFMs ofertados para el curso.

La Comisión Coordinadora del Máster en Astrofísica asignará un co-tutor de TFM de la UCM a cada estudiante cuyo supervisor de TFM sea externo. Este co-tutor solo es un enlace académico con la UCM, pero no participa en el supervisión científica del TFM.

Todo alumno del máster debe tener asignado un TFM antes de las Navidades.

Algunas líneas de Investigación

- *Formación de estrellas, Discos protoplanetarios*
- *Objetos subestelares y planetas*
- *Flujos bipolares y discos de acreción alrededor de estrellas jóvenes*
- *Evolución de discos circunestelares precursores de sistemas planetarios*
- *Estrellas frías: actividad estelar*
- *Química del medio interestelar y circunestelar*
- *Transporte de radiación. Atmósferas estelares y planetarias*
- *Sistemas binarios*
- *Propiedades físicas de galaxias*
- *Galaxias elípticas, Contenido estelar de galaxias*
- *Galaxias con formación estelar intensa*
- *Formación y evolución de galaxias y de cúmulos de galaxias*
- *Actividad en núcleos galácticos*
- *Galaxias con alto desplazamiento al rojo*
- *Química del medio interestelar en galaxias externas.*
- *Astrofísica de altas energías*
- *Estructura del universo a gran escala*
- *Radiación de fondo de microondas*
- *Evolución química del universo*
- *Desarrollo de software científico de interés general*
- *Desarrollo de software para la calibración de instrumentos y observaciones astronómicas (Herschel, ALMA, GTC)*
- *Desarrollo de software para el control en tiempo real de grandes telescopios*

Desarrollo de hardware para todo tipo de instrumentación astronómica (Radioastronomía, GTC, observatorios...)

Metodología

Supervisión por parte del profesor de las actividades asociadas a la realización del Trabajo Fin de Máster (TFM). El TFM ha de realizarse de manera individual y con un grado importante de autonomía del alumno. Se proporcionará al alumno un tema de trabajo que estará bien definido, con un método para llegar a resultados científicos y con una cierta garantía de éxito científico. El profesor proporcionará la bibliografía y las orientaciones necesarias para la realización con éxito del trabajo.

Evaluación		
Memoria escrita, informe del tutor en empresa y presentación y defensa oral	Peso:	100%
Evaluación del Trabajo Fin de Máster. Para ello la Junta de Facultad nombrará un tribunal al efecto. El tribunal valorará la relevancia científica, el análisis de los datos, estructura y presentación de la memoria escrita y de la defensa pública que lleve a cabo el estudiante. El supervisor científico del TFM proporcionará al tribunal un informe privado en el que valore el trabajo realizado por el estudiante. Para poder realizar la presentación y defensa del TFM, en las convocatorias establecidas al efecto, los estudiantes deberán haber superado todos los créditos, teóricos y prácticos, correspondientes al plan de estudios del Máster.		

Calificación final
La calificación final será la asignada por el tribunal.

Ficha de la asignatura:	Prácticas en Empresa (PE)			Código	600763
Materia:	Prácticas en Empresa	Módulo:	Prácticas en Empresa		
Carácter:	Optativa	Curso:	1º	Semestre:	2º
Créd. ECTS:	6	Horas presenciales con el tutor			
		Actividades		Tutorías y Exposición	
		12		4	

Tutor	T/P/S/L*	Dpto.	e-mail
- El asignado por la Comisión entre todos los Doctores del ámbito de la Astrofísica - Tutor en la Empresa			

*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios, L:laboratorios

Objetivos y desarrollo de las PE
La realización de Prácticas en Empresa permitirá evaluar el carácter práctico de los conocimientos que se van adquiriendo en el Máster, particularizados para la actividad profesional desarrollada en la empresa en que se realicen dichas prácticas. Además permitirá al alumno profundizar, analizar y desarrollar temas específicos a partir de las materias impartidas en el Máster. Finalmente el alumno desarrollará la capacidad para aplicar las habilidades y competencias adquiridas durante los estudios del Master a situaciones concretas y nuevas, siendo capaz de redactar una Memoria y hacer una defensa oral de ésta. En el mundo de la empresa el alumno además se formará en la responsabilidad que supone tener un desarrollo a tiempo y de manera coordinada con otros elementos del proyecto.

Breve descripción de contenidos
Las Prácticas en Empresa se podrán realizar sobre temas de interés para el estudiante dentro del ámbito profesional de la Astrofísica. En estas prácticas el alumno tendrá la oportunidad de realizar una aplicación concreta de los conocimientos teórico/prácticos a aquellas situaciones de interés para las empresas u organismos que desarrollan actividad profesional en el ámbito de la Astrofísica, y en algunos casos puede suponer la iniciación de los alumnos a la vida laboral. En la medida de lo posible, se intentará que el alumno se involucre en un proyecto activo en la empresa, de manera que su trabajo sea una contribución a cualquier gran proyecto en desarrollo que luego pueda dar lugar a resultados concretos.

Programa de la asignatura
Los temas de investigación sobre los que versarán estos trabajos se corresponden con las líneas de investigación de los profesores del Máster y la comunidad de investigadores de todas las instituciones colaboradoras.

Metodología
Supervisión por parte del profesor de las tareas realizadas como Prácticas en Empresa, integrando los conocimientos adquiridos en las diferentes materias con el aspecto práctico desarrollado en la empresa u organismo público que acoja al alumno. El objetivo final es que el alumno se familiarice con el entorno profesional. Se nombrará un miembro específico de la Comisión Coordinadora para que vele por el buen desarrollo de esta actividad. Cada alumno en prácticas debe tener un tutor en la empresa.

Evaluación		
Memorias escritas, informe del tutor en empresa y presentación y defensa oral	Peso:	100%
Evaluación de las prácticas en empresa. Se evaluarán a partir de la memoria realizada al efecto, el informe que haya hecho su tutor en la empresa y la presentación y defensa oral de la memoria realizada ante un tribunal. El tribunal puede coincidir con el de los TFM.		
Calificación final		
La calificación final será la asignada por el tribunal.		

5. Cuadros Horarios

Se mantiene el cuadro horario del curso 2014-2015.

Máster en Astrofísica Primer cuatrimestre HORARIO curso 2014 - 2015					
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:30-10:00					
10:00-10:30		Instrumentación Astronómica	Atmósferas Estelares	Instrumentación Astronómica	
10:30-11:00		Instrumentación Astronómica	Atmósferas Estelares	Instrumentación Astronómica	
11:00-11:30		Instrumentación Astronómica	Atmósferas Estelares	Instrumentación Astronómica	
11:30-12:00		Formación y Evolución de Galaxias	Formación y Evolución de Galaxias	Atmósferas Estelares	
12:00-12:30		Formación y Evolución de Galaxias	Formación y Evolución de Galaxias	Atmósferas Estelares	
12:30-13:00		Formación y Evolución de Galaxias	Formación y Evolución de Galaxias	Atmósferas Estelares	
13:00-13:30		Medio Interestelar	Medio Interestelar		
13:30-14:00		Medio Interestelar	Medio Interestelar		
14:00-14:30		Medio Interestelar	Medio Interestelar		
14:30-15:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					

Máster en Astrofísica Segundo cuatrimestre NUEVO HORARIO curso 2014 - 2015					
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00-09:30		Sistema Solar y Exoplanetas	Análisis Datos y Técnicas Estadísticas	Sistema Solar y Exoplanetas	
09:30-10:00		Sistema Solar y Exoplanetas	Análisis Datos y Técnicas Estadísticas	Sistema Solar y Exoplanetas	
10:00-10:30		Sistema Solar y Exoplanetas	Análisis Datos y Técnicas Estadísticas	Sistema Solar y Exoplanetas	
10:30-11:00		Estrellas frías y O. subestelares	Dinámica de Galaxias	Técnicas Experimentales Astrofísica	
11:00-11:30		Estrellas frías y O. subestelares	Dinámica de Galaxias	Técnicas Experimentales Astrofísica	
11:30-12:00		Estrellas frías y O. subestelares	Dinámica de Galaxias	Técnicas Experimentales Astrofísica	Astrofísica de Altas Energías
12:00-12:30		Dinámica de Galaxias	Temas Avanzados en Astrofísica	Técnicas Experimentales Astrofísica	Astrofísica de Altas Energías
12:30-13:00		Dinámica de Galaxias	Temas Avanzados en Astrofísica	Técnicas Experimentales Astrofísica	Astrofísica de Altas Energías
13:00-13:30		Dinámica de Galaxias	Temas Avanzados en Astrofísica	Análisis Datos y Técnicas Estadísticas	Física del Modelo Cosmológico Estándar
13:30-14:00		Astrofísica de Altas Energías		Análisis Datos y Técnicas Estadísticas	Física del Modelo Cosmológico Estándar
14:00-14:30		Astrofísica de Altas Energías		Análisis Datos y Técnicas Estadísticas	Física del Modelo Cosmológico Estándar
14:30-15:00		Astrofísica de Altas Energías			
16:00-16:30		Temas Avanzados en Astrofísica		Estrellas frías y O. subestelares	
16:30-17:00		Temas Avanzados en Astrofísica	Física Mod. Cosmológico Estándar	Estrellas frías y O. subestelares	
17:00-17:30		Temas Avanzados en Astrofísica	Física Mod. Cosmológico Estándar	Estrellas frías y O. subestelares	
17:30-18:00			Física Mod. Cosmológico Estándar		

6. Calendario Académico y Fechas de Exámenes

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	del 28 de septiembre al 21 de diciembre de 2015 y del 8 de enero al 26 de enero de 2016
Exámenes Primer Semestre (febrero):	del 27 de enero al 18 de febrero de 2016
Clases Segundo Semestre:	del 19 de febrero al 17 de marzo de 2016 y del 29 de marzo al 6 de junio de 2016
Exámenes Segundo Semestre (junio):	del 7 al 29 de junio de 2016
Exámenes Septiembre	del 1 al 19 de septiembre de 2016

Festividades y días no lectivos	
25 de septiembre	Apertura del curso
12 de octubre	Fiesta Nacional
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
13 de noviembre	San Alberto Magno
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Festividad Inmaculada Concepción
29 de enero	Santo Tomás de Aquino
2 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid
15 de mayo	San Isidro
26 de mayo	Corpus Christi
Del 22 de diciembre al 7 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 18 al 28 de marzo	Vacaciones de Semana Santa
Del 15 de julio al 31 de agosto	Vacaciones de Verano



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
 Calendario Académico del Curso 2015/2016

2015

Septiembre-Octubre						
L	M	X	J	V	S	D
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Noviembre						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Diciembre						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

2016

Enero						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Febrero						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29						

Marzo						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Abril						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Mayo						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Junio						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Julio						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Agosto						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Septiembre						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

(25sep) Apertura del curso 29 Santo Tomás de Aquino 13 San Alberto Magno

Periodos de exámenes Periodos no lectivos Fin plazo entrega actas

Exámenes parciales de 1º Grado en Física

Tribunales Trabajos Fin de Grado en Física

Calendario de Exámenes

Se publicará en la página web de la Facultad de Ciencias Físicas.

<https://fisicas.ucm.es/examenes>