

**Guía Docente  
del Máster  
Universitario  
en Astrofísica  
UCM - UAM**

**Curso 2010-11**

# MÁSTER EN ASTROFÍSICA

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objetivos del Máster

Los objetivos del máster son proporcionar una formación actualizada en Astrofísica y disciplinas relacionadas, con una orientación preferentemente investigadora, prestando una especial atención a los fundamentos y aplicaciones tanto teóricas como experimentales y a la interpretación de todos aquellos objetos y fenómenos celestes cuyo origen, estructura y evolución, aportan claves para obtener descripciones consistentes y rigurosas del Universo como un todo.

El conocimiento astrofísico requiere el concurso de prácticamente todas las disciplinas de la Física y la utilización de técnicas avanzadas en diferentes áreas tecnológicas. Por ello, uno de los objetivos factibles de este Master es que los egresados adquieran el dominio de una potente metodología investigadora, las destrezas técnicas para observar los objetos celestes desde tierra y el espacio y aprendan a tratar, de modo riguroso, cantidades ingentes de datos. Todo esto redundará en su mejor preparación para afrontar las tareas investigadoras susceptibles de culminar en una tesis doctoral.

El Máster tiene una orientación primordialmente investigadora y un único Módulo Profesionalizante. No hay división en especialidades. Incluye también un cierto número de asignaturas que tienen particular interés en el ámbito empresarial, en actividades astronómicas no investigadoras y en la enseñanza secundaria. Estas asignaturas quedan englobadas dentro de un Módulo Profesionalizante. Los estudiantes podrán elegir alguna de las asignaturas o la totalidad del módulo según sus intereses y la recomendación de su tutor.

Los alumnos en posesión del Máster de Astrofísica podrán solicitar la inscripción de un proyecto de tesis en cualquiera de las dos universidades participantes.

### 1.2. Requisitos de Formación Previa y Vías Prioritarias de Acceso

**Requisitos de titulación o formación previa específica:** Licenciados, Ingenieros Superiores, Graduados, Diplomados, Ingenieros Técnicos o Arquitectos Técnicos.

**Vías prioritarias de acceso:** Licenciado o Graduado en Física

Ver más información en:

<http://www.ucm.es/pags.php?tp=Ciencias&a=estudios&d=muestramaster.php&idcur=2&idm=28>

### 1.3. Breve Descripción de los Contenidos

Comprende un conjunto de asignaturas obligatorias que abarcan aspectos fundamentales de la astrofísica teórica, observacional e instrumental, y la cosmología. Entre ellas: la formación, estructura y evolución de las estrellas; las etapas finales de las mismas, como enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros; las agrupaciones estelares; el medio interestelar y las distintas nebulosas, gigantescos laboratorios donde ocurren una enorme variedad de procesos físico-químicos de enorme interés; la astrofísica extragaláctica, que estudia los objetos más distantes del universo y los métodos para establecer sus propiedades; los agujeros negros supermasivos, existentes en muchas de las galaxias observadas, etc.

Los fundamentos y conocimientos proporcionados facilitan la evaluación e interpretación de un conjunto de hechos que cimentan una descripción rigurosa y actual del universo a gran escala. Consistente con ella se encuentra la asignatura de Cosmología Física impartida en el Master. La adquisición práctica de información y su tratamiento está recogida en los programas de Instrumentación Astronómica y Técnicas Experimentales. Las asignaturas optativas abarcan materias complementarias o profundizan en aspectos de gran interés, que cubren prácticamente las líneas de investigación más actuales en todos los campos de la Astrofísica.

La docencia es complementada con actividades de tipo práctico; básicamente, seminarios y trabajos de iniciación a la investigación. Los descriptores de la mayoría de las materias reflejan, en muchos casos, las líneas de investigación de los profesores que participan en las actividades docentes del Máster y dirigirán la formación investigadora. Esta relación estrecha entre contenidos e historial científico de los docentes es particularmente destacable y constituye uno de los valores más sólidos del programa.

## **2. ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS**

El Máster tiene 120 créditos ECTS. La oferta total es de 156 créditos ECTS distribuidos en 33 asignaturas, de las cuales son obligatorias 8 (48 ECTS) y optativas 25 (108 ECTS). Además hay que realizar un Trabajo Fin de Máster de 6 ECTS, pudiendo ampliarse mediante asignaturas optativas hasta 12, 18 ó 24 ECTS.

La distribución temporal de las asignaturas en semestres está recogida en la Tabla 1. La previsión de horas de aprendizaje del alumno (repartidas en clases teóricas, clases prácticas y trabajo personal del estudiante) tiene en cuenta que 1 crédito ECTS corresponde a 25 horas de trabajo.

Las actividades docentes del Máster tendrán lugar en la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM (lunes, miércoles y viernes) y en la Facultad de Ciencias de la UAM (martes y jueves).

**TABLA 1**

| Código                          | Asignatura  | Año | Sem. | ECTS | Horas de aprendizaje |          |                  |
|---------------------------------|---|-----|------|------|----------------------|----------|------------------|
|                                 |   |     |      |      | Teoría               | Práctica | Trabajo personal |
| <b>ASIGNATURAS OBLIGATORIAS</b> |   |     |      |      |                      |          |                  |
| 600608                          | Fundamentos de Astrofísica  | 1   | 1    | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600609                          | Atmósferas Estelares  | 1   | 1    | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600610                          | Estructura Interna y Evolución Estelar                                | 1   | 2    | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600611                          | Medio Interestelar  | 1   | 2    | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600612                          | Astrofísica Extragaláctica  | 1   | 2    | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600613                          | Cosmología Física   | 1   | 2    | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600614                          | Técnicas Experimentales en Astrofísica                                | 1   | 2    | 6    | 15                   | 30       | 105              |
| 600615                          | Instrumentación Astronómica   | 1   | 1    | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 601217                          | Trabajo Fin de Máster   | 1/2 |      | 6    |                      |          |                  |
| <b>ASIGNATURAS OPTATIVAS</b>    |   |     |      |      |                      |          |                  |
| 600616                          | Física del Sistema Solar  | 1/2 | 1/3  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600617                          | Formación de Estrellas y Planetas                                     | 1/2 | 1/3  | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600618                          | Estructura y Dinámica de la Galaxia                                   | 1/2 | 1/3  | 4.5  | 22.5                 | 12.5     | 77               |
| 600619                          | Poblaciones Estelares en Cúmulos y Galaxias                           | 1/2 | 1/3  | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600620                          | Satélites Artificiales y Navegación Espacial (P)                      | 1/2 | 1/3  | 4.5  | 22.5                 | 12.5     | 77               |
| 600650                          | Temas Avanzados en Astrofísica y Cosmología I                         | 1/2 | 1/3  | 4.5  | 23                   | 12       | 77               |
| 600651                          | Temas Avanzados en Astrofísica y Cosmología II                        | 1/2 | 2/4  | 4.5  | 23                   | 12       | 77               |
| 600622                          | Ampliación de Técnicas Experimentales en Astrofísica (P)              | 1/2 | 2/4  | 6    | 15                   | 30       | 105              |
| 600623                          | Análisis de Datos y Estadística Avanzada (P)                          | 1/2 | 2/4  | 6    | 22.5                 | 22.5     | 105              |
| 600624                          | Bases de Datos en Astrofísica: el Observatorio Virtual (P)            | 1/2 | 1/3  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600625                          | Astrofísica Relativista   | 1/2 | 2/4  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600652                          | Radiación de Fondo Microondas y Estructura a Gran Escala del Universo | 1/2 | 2/4  | 6    | 40                   | 20       | 90               |
| 600627                          | Estrellas Frías y Objetos Subestelares                                | 1/2 | 2/4  | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600628                          | Historia de la Astronomía (P)   | 1/2 | 2/4  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600629                          | Formación y Evolución de Galaxias                                     | 1/2 | 1/3  | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600630                          | Astronomía y Mecánica Celeste (P)                                     | 1/2 | 1/3  | 6    | 30                   | 15       | 105              |
| 600631                          | Astrofísica Computacional (P)   | 1/2 | 1/3  | 6    | 30                   | 50       | 70               |
| 600632                          | Propiedades de las Galaxias en Diferentes Épocas Cosmológicas         | 1/2 | 2/4  | 4.5  | 22.5                 | 12.5     | 77               |
| 600633                          | Astrofísica Molecular   | 1/2 | 1/3  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600634                          | Últimas Fases de la Evolución Estelar (*)                             | 1/2 | 1/3  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600635                          | Física de Plasmas   | 1/2 | 2/4  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600636                          | Astrofísica de Altas Energías   | 1/2 | 1/3  | 3    | 15                   | 10       | 50               |
| 600637                          | Trabajo de Iniciación a la Investigación o Prácticas en Empresas      | 1/2 |      | 6    |                      |          |                  |
| 600639                          |   |     |      | 12   |                      |          |                  |
| 600640                          |   |     |      | 18   |                      |          |                  |
| 600647                          | Bases Físicas de la Astronomía  | 1   | 1    | 6    | 40                   | 20       | 90               |
| 600648                          | Complementos Prácticos de Investigación                               | 1/2 | 2/4  | 3    | 5                    | 20       | 50               |
| 600649                          | Física de Rayos Cósmicos y Radiación Gamma                            | 1/2 | 1/3  | 4.5  | 22.5                 | 12.5     | 77               |

(P): Módulo Profesionalizante (\*) Esta asignatura no se impartirá en el curso 2009/10

### **1.3 CRITERIOS DE ADMISIÓN Y SELECCIÓN DE ESTUDIANTES**

El órgano de selección y admisión es la **Comisión Coordinadora del Programa**, constituida por los directores y profesores del Máster de las Universidades Complutense y Autónoma. Para más detalles ver:

<http://www.ucm.es/info/Astrof/POPIA/index.html>

## 4. ORDENACIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER

### 4.1. Horarios de Clase y Profesorado

Se indican los códigos de asignaturas asignados en la UCM. Para efectuar la matrícula consultar los códigos establecidos por cada una de las universidades. Las clases se impartirán los lunes, martes y miércoles en la UCM, y los martes y jueves en la UAM.

#### Asignatura impartida de forma intensiva del 13 al 24 de septiembre:

| Código | Asignatura                     | Créd. | Horario  | Aula | Profesor   | Univ. |
|--------|--------------------------------|-------|--|------|--|-------|
| 600647 | Bases Físicas de la Astronomía | 6     | L 9:30 – 13:30<br>M 9:30 – 13:30<br>X 9:30 – 13:30<br>J 9:30 – 13:30<br>V 9:30 – 13:30 | 8B   | M. Ortiz Ramis,<br>V. M <sup>a</sup> Barragán García,<br>R. Brito López,<br>E. de Castro Rubio | UCM   |

#### 4.1.1. ASIGNATURAS OBLIGATORIAS:

##### PRIMER AÑO. PRIMER SEMESTRE

| Código | Asignatura                  | Créd. | Horario   | Aula | Profesor                               | Univ. |
|--------|-----------------------------|-------|---|------|--|-------|
| 600608 | Fundamentos de Astrofísica  | 6     | L 13:30 – 14:30<br>X 12:30 – 13:30<br>V 11:30 – 12:30 | 2    | M <sup>a</sup> José Fernández Figueroa | UCM   |
| 600609 | Atmósferas Estelares        | 6     | L 11:30 – 12:30<br>X 9:30 – 11:30                     | 8B   | M <sup>a</sup> José Fernández Figueroa | UCM   |
| 600615 | Instrumentación Astronómica | 6     | L 9:30 – 11:30<br>L 15:30 – 16:30                     | 8B   | Jesús Gallego,<br>Africa Castillo      | UCM   |

##### PRIMER AÑO. SEGUNDO SEMESTRE

| Código | Asignatura                             | Cred. | Horario   | Aula | Profesor                             | Univ. |
|--------|--|-------|---|------|--------------------------------------|-------|
| 600610 | Estructura Interna y Evolución Estelar | 6     | L 11:30 – 12:30<br>X 10:30 – 11:30<br>V 10:30 – 11:30   | 8B   | A. Castillo Morales                  | UCM   |
| 600611 | Medio Interestelar                     | 6     | M 12:30 – 13:30<br>J 10:30 – 11:30  | UAM  | Eva Villaver                         | UAM   |
| 600612 | Astrofísica Extragaláctica             | 6     | L 9:30 – 11:30<br>V 18:30 – 19:30   | 8B   |                                      | UCM   |
| 600613 | Cosmología Física                      | 6     | M 10:30 – 11:30<br>(15 semanas)<br>M 11:30 – 12:30<br>(10 semanas)<br>J 12:30 – 13:30<br>(15 semanas) | UAM  | Rosa Domínguez<br>Gustavo Yepes      | UAM   |
| 600614 | Técnicas Experimentales en Astrofísica | 6     | L 12:30 – 13:30<br>L 18:30 – 20:30  | 8B   | David Montes<br>Pablo Pérez González | UCM   |

**4.1.2. ASIGNATURAS OPTATIVAS:**

**PRIMER SEMESTRE**

| <b>Código</b> | <b>Asignatura</b>                                      | <b>Créd.</b> | <b>Horario</b>                                | <b>Aula</b> | <b>Profesor</b>   | <b>Univ.</b> |
|---------------|--|--------------|---|-------------|---|--------------|
| 600616        | Física del Sistema Solar                               | 3            | X 16:30 – 18:30                               | 8B          | José A. Caballero   | CAB<br>CSIC  |
| 600617        | Formación de Estrellas y Planetas                      | 6            | M 9:30 - 11:00<br>J 9:30 – 11:00              | UAM         | Carlos Eiroa  | UAM          |
| 600618        | Estructura y Dinámica de la Galaxia                    | 4.5          | L 12:30 – 13:30<br>V 12:30 – 13:30            | 8B          | Manuel Cornide  | UCM          |
| 600619        | Poblaciones Estelares en Cúmulos y Galaxias            | 6            | M 15:30 -17:00<br>+ otro horario a determinar | UAM         | Ángeles Díaz  | UAM          |
| 600620        | Satélites Artificiales y Navegación Espacial           | 4.5          | X 13:30 – 15:30                               | 8B          | Manuel Cornide  | UCM          |
| 600624        | Bases de Datos en Astrofísica: El Observatorio Virtual | 3            | V 15:30 – 17:30                               | 8B          | Enrique Solano<br>A.I. Gómez de Castro                              | LAEFF<br>UCM |
| 600629        | Formación y Evolución de Galaxias                      | 6            | M 11:00 – 12:30<br>J 11:00 – 12:30            | UAM         | Rosa Domínguez,<br>Cesar González García                            | UAM          |
| 600630        | Astronomía y Mecánica Celeste                          | 6            | L 16:30 – 17:30<br>V 9:30 – 11:30             | 8B          | Elisa de Castro   | UCM          |
| 600631        | Astrofísica Computacional                              | 6            | M 12:30 – 14:00<br>J 12:30 – 14:00            | UAM         | Gustavo Yepes   | UAM          |
| 600633        | Astrofísica Molecular                                  | 3            | M 17:00 – 19:00<br>(4/6 semanas)              | UAM         | José Cernicharo   | UAM          |
| 600650        | Temas Avanzados en Astrofísica y Cosmología I          | 4.5          | J 15:30 – 17:00<br>(5/7 semanas)              | UAM         | Santiago Arribas<br>Alfonso Aragón,<br>Guillermo Muñoz-Caro         | CSIC<br>-    |
| 600649        | Física de Rayos Cósmicos y Radiación Gamma             | 4.5          | V 13:30-14:30                                 | 4B          | M.V. Fonseca,<br>J.A. Barrio,<br>F. Arqueros,<br>N. Mirabal Barrios | UCM          |

**SEGUNDO SEMESTRE**

| <b>Código</b> | <b>Asignatura</b>   | <b>Créd.</b> | <b>Horario</b>   | <b>Aula</b> | <b>Profesor</b>   | <b>Univ.</b>                 |
|---------------|---|--------------|--|-------------|---|------------------------------|
| 600651        | Temas Avanzados en Astrofísica y Cosmología II                        | 4.5          | X 18:30 – 19:30<br>V 17:30 – 18:30                               | 8B          | Coordinadores:  | UCM                          |
| 600622        | Ampliación de Técnicas Experimentales en Astrofísica                  | 6            | L 15:30 – 18:30  | 8B          | Jesús Gallego   | UCM                          |
| 600623        | Análisis de Datos y Estadística Avanzada                              | 6            | X 13:30 – 15:00<br>V 13:30 – 15:00                               | 8B          | Nicolás Cardiel<br>Javier Gorgas                            | UCM                          |
| 600625        | Astrofísica Relativista   | 3            | J 11:30 – 12:30<br>(5 semanas)<br>J 15:00 – 17:00<br>(5 semanas) | UAM         | José María Ibáñez   | UV                           |
| 600652        | Radiación de Fondo Microondas y Estructura a Gran Escala del Universo | 6            | M 15:00 – 17:00  | UAM         | Fernando Atrio<br>Vicent Martínez García<br>Bahram Mobasher | US<br>UV<br>ESA              |
| 600627        | Estrellas Frías y Objetos Subestelares                                | 6            | X 17:30 – 18:30<br>V 11:30 – 13:30                               | 8B          | David Montes  | UCM                          |
| 600628        | Historia de la Astronomía   | 3            | J 17:00 – 19:00<br>(8 semanas)                                   | UAM         | Javier Ordóñez  | UAM                          |
| 600632        | Propiedades de Galaxias en Diferentes Épocas Cosmológicas             | 4.5          | X 15:30 – 17:30  | 8B          | Jesús Gallego   | UCM                          |
| 600635        | Física de Plasmas   | 3            | V 15:30 – 16:30  | 8B          | Luis Conde<br>Paola Sestito<br>Ana Inés Gómez               | UPM<br>(ETSIA)<br>WSO<br>UCM |
| 600636        | Astrofísica de Altas Energías   | 3            | V 16:30 – 17:30  | 8B          | Miguel Mas-Hesse  | LAEFF                        |
| 600648        | Complementos Prácticos de Investigación                               | 3            | Estancia en un observatorio profesional. Fechas a determinar.    |             | C. Eiroa<br>D. Montes, N. Cardiel<br>S. Pedraz              | UAM<br>UCM<br>CAHA           |

### 4.2. Cuadros Horarios

Las clases se impartirán: L, X, V en la UCM y M, J en la UAM.

**Primer cuatrimestre:**

|               | L                              | M | X  | J | V                             |
|---------------|--------------------------------|---|--|---|-------------------------------|
| 9:30 – 10:30  | Instrumentación astronómica    |   | Atmósferas estelares                                   |   | Astronomía y mecánica celeste |
| 10:30 – 11:30 |                                |   |  |   |                               |
| 11:30 – 12:30 | Atmósferas estelares           |   | Fundamentos de astrofísica                             |   |                               |
| 12:30 – 13:30 | Estr. y dinámica de la Galaxia |   |  |   |                               |
| 13:30 – 14:30 | Fundamentos de astrofísica     |   | Estr. y dinámica de la Galaxia                         |   |                               |
| 14:30 – 15:30 |                                |   | Física de rayos cósmicos y rad.                        |   |                               |
| 15:30 – 16:30 | Instrumentación astronómica    |   | Bases de datos en Astrofísica. El observatorio virtual |   |                               |
| 16.30 – 17:30 | Astronomía y mecánica celeste  |   |  |   |                               |
| 17:30 – 18:30 |                                |   |  |   |                               |

**Segundo cuatrimestre:**

|               | L                                     | M | X  | J | V  |
|---------------|---------------------------------------|---|--|---|--|
| 9:30 – 10:30  | Astrofísica extragaláctica            |   | Estr. interna y evolución estelar                            |   | Estr. interna y evolución estelar        |
| 10:30 – 11:30 |                                       |   |  |   |  |
| 11:30 – 12:30 | Estr. interna y evolución estelar     |   | Estrellas frías y objetos subestelares                       |   |  |
| 12:30 – 13:30 | Técnicas experimentales               |   |  |   |  |
| 13:30 – 14:30 |                                       |   | Análisis de datos y estadística avanzada                     |   | Análisis de datos y estadística avanzada |
| 14:30 – 15:30 |                                       |   |  |   |  |
| 15:30 – 16:30 | Ampliación de técnicas experimentales |   | Propiedades de las galaxias en diferentes épocas cosmológica |   | Física de Plasmas                        |
| 16.30 – 17:30 |                                       |   | Estrellas frías y objetos subestel.                          |   | Astrofísica de altas energías            |
| 17:30 – 18:30 |                                       |   | Temas avanzadosII/ Complementos Práctic. Invest.             |   | Temas avanzados II                       |
| 18:30 – 19:30 | Técnicas experimentales               |   | Astrofísica extragaláctica                                   |   |  |
| 19:30 – 20:30 |                                       |   |  |   |  |

### 4.3. Exámenes

Las fechas de los exámenes finales serán establecidas por la Comisión del Máster y se harán públicas durante el mes de octubre en la página Web oficial del Programa y en tablones de anuncios de las dos universidades.

### 4.4. Trabajos de Investigación y Prácticas en Empresas

Los trabajos de Iniciación a la Investigación y Prácticas en Empresas serán tutelados por profesores del Programa. Al comienzo de cada curso la Comisión de Coordinación del Master establecerá los trabajos de investigación y prácticas en empresas ofertados, el número de créditos y su asignación.

El trabajo de investigación tendrá como objetivo materias relacionadas con la Astronomía, Astrofísica y Cosmología y estará dirigido por un profesor o colaborador del programa de Posgrado. La realización de las prácticas tendrá lugar en empresas cuya actividad y recursos estén orientadas preferentemente al desarrollo e innovación tecnológica.

La lista siguiente resume de modo general temas posibles de investigación que podrán ser propuestos:

- 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
- Evolución estelar. Últimas fases en la vida de las estrellas
- Máseres
- 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
- Evolución química del universo
- Galaxias con formación estelar intensa
- Formación estelar en un contexto cosmológico
- 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
- Astrofísica molecular
- Cosmología física
- Estructura del universo a gran escala
- Radiación de fondo de microondas
- Evolución química del universo
- Supercomputación. Códigos hidrodinámicos
- Desarrollo de software científico de interés general y de visualización gráfica
- 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 en radioastronomía
- Desarrollo de software para la teleoperación y control vía WEB de instrumentos y observatorios astronómicos

## 4.5. FICHAS DE LAS ASIGNATURAS

### 600608 Fundamentos de Astrofísica

**Profesor/es:** M<sup>a</sup> José Fernández Figueroa

**Tipo:** Obligatoria

**Curso:** 1

**Semestre:** 1

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Ninguno

**Metodología docente:** Lecciones magistrales (70%), trabajos tutelados.

**Tipo de evaluación:** Examen de teoría, evaluación de los trabajos tutelados y de los prácticos realizados durante el curso.

#### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

El conocimiento de las propiedades globales de las estrellas, tales como magnitudes, colores, temperaturas, masas, radios y composición química. Así mismo se estudian las propiedades de la materia situada entre las estrellas, el llamado medio interestelar. El conjunto de las estrellas y su MI constituyen una galaxia, se analizan las diferentes formas de las galaxias que dan lugar a la clasificación morfológica de galaxias y su relación con parámetros físicos. Además de las galaxias normales se estudiarán las propiedades de las galaxias activas, entre ellas los cuasares y finalmente se estudiará el Universo como un todo analizando su estructura y evolución.

#### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Se inicia la asignatura con el análisis de la radiación emitida por los objetos estelares mediante la fotometría y espectroscopía, obteniéndose así las magnitudes, luminosidades, colores y temperaturas. A través del espectro observado se clasifican las estrellas según su temperatura y clase de luminosidad, se relacionan los parámetros obtenidos fotométricamente con los espectrales: (relación color temperatura) y finalmente se puede situar a las estrellas en el diagrama HR. Se estudia el Sol como estrella prototipo y después como estrella activa. Las estrellas binarias son las únicas que nos permiten obtener las masas directamente y mediante relaciones empíricas como la Masa-Luminosidad permiten obtener este parámetro para otras estrellas. Las estrellas variables pulsantes son indicadores de distancias, las cuales son fundamentales para el conocimiento del universo. Se estudian además otras estrellas variables como las Novas. Las estrellas nacen a partir del MI, evolucionan fusionando su hidrógeno en el núcleo y después el helio producido en la fusión anterior y finalmente mueren. Dependiendo de su masa, su final será una estrella enana blanca, o explotará como supernova dando lugar a una estrella de neutrones o a un agujero negro. Después de la evolución estelar se estudia el MI, sus propiedades y composición. Se analiza nuestra Galaxia como galaxia prototipo para las galaxias espirales estudiando su dinámica y origen de los brazos de espirales. Las propiedades y clasificación de las galaxias normales se dan en el tema siguiente, pasando después al estudio de las llamadas galaxias activas,

caracterizadas por tener un núcleo muy energético que produce una gran luminosidad, siendo las más luminosas los cuasares. Finalmente se hace una introducción al estudio de la estructura y evolución del Universo como un todo.

**Bibliografía:**

- **Stellar Astrophysics**,  
R. Q. Huang and K. N. Yu, Springer.
- **Introduction to Stellar Astrophysics I: Basic stellar observations and Data**,  
Böhm-Vitense E., Cambridge University Press.
- **The New Cosmos**,  
A. Unsöld, B. Baschek, Springer.
- **Fundamental Astronomy**,  
H. Kartunen, P. Kröger, H. Oja, M: Poutanen, K. J. Doner, Springer.
- **An Introduction to Modern Stellar Astrophysics**,  
D. A. Ostlie, B. W Carroll, Addison-Wesley Publis. Comp. Int.

**Enlaces:**

- [Astronomy Education Resources](#)
- [Recopilaciones Astrofísicas](#)
- [Observatorio UCM](#)

**600609      Atmósferas Estelares****Profesor/es:** M<sup>a</sup> José Fernández Figueroa**Tipo:** Obligatoria**Curso:** 1**Semestre:** 1**Créditos ECTS:** 6=150h**Teoría:** 30h**Prácticas:** 15h**Trabajo Personal:** 105h**Prerrequisitos:** Haber cursado o estar cursando la asignatura troncal: Fundamentos de Astrofísica.**Metodología docente:** Lecciones magistrales (70%), trabajos tutelados (30%).**Tipo de evaluación:** Examen de teoría, evaluación de los trabajos tutelados y de los prácticos realizados durante el curso.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

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. Que adquiera la destreza para elaborar un modelo teórico de atmósfera estelar y aprenda las principales técnicas y métodos para interpretar los espectros observados.

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Las atmósferas estelares constituyen una de las áreas más interesantes de la Astrofísica moderna puesto que la mayor parte de la radiación recibida de las estrellas procede de su atmósfera y es accesible a la observación directa. Se inicia la asignatura con los parámetros fundamentales de una atmósfera estelar, las relaciones de equilibrio y los procesos de intercambio de energía que tienen lugar en una atmósfera estelar. Se plantea la ecuación de transporte radiativo, así como su resolución. Se estudia el caso simplificado de una atmósfera gris y se calcula la distribución de temperatura de esta atmósfera utilizando distintas aproximaciones. A continuación se discuten las diferentes fuentes de opacidad continua del material estelar, con lo cual ya se puede construir un modelo de atmósfera estelar. Los modelos de atmósferas, además de ser interesantes en sí mismos por suministrar una descripción física de las propiedades de la atmósfera, constituyen una etapa previa para calcular con detalle el flujo emergente en la superficie de la estrella, que puede ser comparado con las observaciones. Al llegar a este punto el alumno ya puede construir un modelo de atmósfera que es el principal trabajo práctico de la asignatura. Una vez estudiado el espectro continuo se introducen las líneas de absorción que contienen abundante información y constituyen un instrumento importante para inferir el estado físico de la atmósfera y las abundancias de los diversos elementos químicos constitutivos de la misma. Se analizan los distintos métodos de obtención de abundancias. Por último, se describen las capas más externas de las atmósferas de las estrellas frías: cromosfera, región de transición corona.

**Bibliografía:**

- **Stellar Atmospheres**,  
Mihalas D., Editorial Freeman.
- **Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors** ,  
Novotny E., Oxford University Press
- **Introduction to Stellar Astrophysics II: Stellar Atmospheres**,  
Böhm-Vitense E.R.J, Lectures notes, Utrech Univ., 2nd edition
- **Stellar Astrophysics**,  
Huang R.Q.and YU K.N., Springer
- **Advanced Stellar Astrophysics**  
Rose W. K., Cambridge University Press

**Enlaces:**

- [Astronomy Education Resources](#)
- [Atmósferas Estelares / Stellar Atmospheres](#)

## **600610 Estructura Interna y Evolución Estelar**

**Profesor/es:** Africa Castillo

**Tipo:** Obligatoria

**Curso:** 1

**Semestre:** 2

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Haber cursado o estar cursando la asignatura troncal: Fundamentos de Astrofísica.

**Metodología docente:** Clases de teoría y problemas (80%, modelo (20%).

**Tipo de evaluación:** Examen modelo.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

El estudio de los interiores estelares es uno de los pilares de la Astrofísica moderna. En la primera parte de esta asignatura se estudian, a través de las ecuaciones de estructura interna, las bases físicas que regulan los interiores estelares. En una segunda parte se aplican los conocimientos adquiridos en la primera parte de la asignatura para explicar por qué y cómo evolucionan las estrellas de diferentes masas, desde la evolución presecuencia principal hasta las últimas fases evolutivas. Después de cursar la asignatura el alumno será capaz de construir un modelo de interior estelar y de interpretar las características físicas de las estrellas en diferentes regiones del diagrama H-R.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

La asignatura tiene dos partes diferenciadas. La primera está dedicada al planteamiento y resolución de las ecuaciones de estructura interna en el interior estelar. En particular se estudian los diferentes mecanismos de transporte, las fuentes de opacidad y de generación de energía (nucleosíntesis estelar) y los métodos de resolución de las ecuaciones. El alumno deberá construir y resolver un modelo de interiores. En la segunda parte se hace uso de los conocimientos previos para afrontar el tema de la evolución estelar, en particular la evolución presecuencia principal, evolución durante la secuencia principal y salida de ésta, y las fases avanzadas de la evolución, incluyendo los fenómenos de supernova y el estado físico de los remanentes de la evolución, como las enanas blancas y las estrellas de neutrones.

### **Bibliografía:**

- **The internal constitution of the stars,**  
Arthur S. Eddington.1926. Cambridge Science Classics.
- **An Introduction to the Study of Stellar Structure,**  
S. Chandrasekhar.1958.Dover Pub. Inc., N. York
- **Principles of Stellar Structure. Volume I: Physical Principles, Volume II: Application to Stars,**  
J.P. Cox and R.T. Giuli.1968. Gordon & Breach Science Pub. Inc., New York.

- **Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis**,  
D. Clayton, 1968. McGraw Hill Inc., New York.
- **The stars: their structure and evolution**,  
R.J. Tayler. 1970. Taylor and Francis Ltd., London & Philadelphia.
- **Stellar Structure and Evolution**,  
R. Kippenhahn & A. Weigert. 1990. Springer- Verlag.
- **The Stars**,  
E.L. Schatzman & F. Praderie. 1993. Springer-Verlag.
- **Stellar Interiors**,  
C.J. Hansen & S.D. Kawaler.1994. Springer-Verlag.

**Enlaces:**

- [Astronomy Education Resources](#)

**600611 Medio Interestelar****Profesor/es:** Eva Villaver**Tipo:** Obligatoria**Curso:** 1**Semestre:** 2**Créditos ECTS:** 6=150h**Teoría:** 30h**Prácticas:** 15h**Trabajo Personal:** 105h**Prerrequisitos:** Conocimientos básicos de astrofísica**Metodología docente:** Clases de teoría y problemas (60%), trabajos (40%).**Tipo de evaluación:** Examen y trabajos.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

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

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

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

**Bibliografía:**

- Astrophysics of Gaseous Nebulae Donald E. Osterbrock; Freeman and Company-
- The Physics of the Interstellar Medium J. E. Dyson and D. A. Williams; Institute of Physics Publishing-
- The Physics of Interstellar Dust E. Kruegel; Institute of Physics Publishing-
- Astrophysics of the Diffuse Universe M. A. Dopit and R. S. Sutherland; Springer Verlag-
- Dust in the galactic environment D.C. Whittet; Institut of Physics Publishing

**600612 Astrofísica Extragaláctica****Profesor/es:** Manuel Rego**Tipo:** Obligatoria**Curso:** 1**Semestre:** 2**Créditos ECTS:** 6=150h**Teoría:** 30h**Prácticas:** 15h**Trabajo Personal:** 105h**Prerrequisitos:** Los correspondientes al módulo nivelador. Fundamentos de Astrofísica**Metodología docente:** Clases de teoría y problemas (60%), trabajos (40%)**Tipo de evaluación:** Examen escrito de teoría, problemas. Pequeños proyectos de trabajo, utilizando ordenador, para analizar datos de galaxias. Incluirán el uso de librerías para determinar propiedades tales como perfiles de color, brillos superficiales de galaxias, etc. También, pequeños estudios sobre aspectos generales y muy actuales tratados en las clases.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

Proporciona una cobertura de la astrofísica extragaláctica a nivel avanzado, buscando una interrelación entre teoría y observación. Objetivos evidentes son conocer las galaxias y establecer cuáles son sus propiedades fundamentales. También, mostrar como su análisis aporta las claves para comprender su propia formación y predecir la edad, estructura y los hechos significativos del universo a gran escala así como el control de las hipótesis de naturaleza cosmológica. Es razonable considerar que al concluir el curso con aprovechamiento, el alumno habrá adquirido una formación básica, actualizada y suficiente en este campo.

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

El curso incluye aspectos esenciales como las propiedades morfológicas, fotométricas y demográficas de las galaxias normales, los diferentes métodos de determinación de la escala cósmica de distancias y la determinación de velocidades referenciadas a la RCF. Comprende también una introducción a la dinámica de galaxias, considerando métodos básicos, aproximación de Boltzmann en un potencial galáctico, teorema del virial y sus desviaciones, órbitas epicíclicas, aproximaciones realistas de las funciones de distribución así como aspectos como inestabilidades dinámicas y resonancias. Los mecanismos que gobiernan el nacimiento de las galaxias con formación estelar intensa, su contenido estelar y las propiedades físico-químicas más relevantes son estudiados en el contexto de los avances más recientes. Los núcleos activos son objeto de un tratamiento que comprende los aspectos observacionales más destacados y la descripción de las hipótesis más actuales sobre su origen, evolución y naturaleza recurrente. Obviamente, incluye fenómenos como las lentes gravitacionales y la utilización de indicadores basados en las líneas de absorción, cuyos procesos de formación son tratados con detalle. Finalmente, la introducción a la formación de galaxias incluye aspectos tales como la evolución de campos de densidad, masa de

Jeans bariónica, teoría lineal de la perturbación, perturbaciones estadísticas y los colapsos gravitacionales no lineales.

Los temas incluidos en el programa quedan resumidos en la lista siguiente:

Morfología y clasificaciones. La escala de distancias. Velocidades: el sistema de referencia de la RF. Propiedades fotométricas de las galaxias. Dinámica y masas de galaxias. Relaciones de escala. Poblaciones estelares. Colisiones. Galaxias con formación estelar intensa. Galaxias activas. Cúmulos de galaxias. Estructuras a gran escala. El universo a gran desplazamiento al rojo. Efecto Sachs-Wolf.- Formación de galaxias.

### **Bibliografía:**

- **Theoretical Astrophysics: Volume 3, Galaxies and Cosmology**, Padmanabhan T., 2002, (Cambridge)
- **Galaxies and Galactic Structure**, Elmegreen D., 1998, (Upper Saddle River: Prentice Hall)
- **Changing Ideas on the Nature of the Cosmos**, Harrison E.R., 2003, (Cambridge), Jones M. & Lambourne R., editors, 2003
- **An Introduction to Galaxies and Cosmology**, (Cambridge: Cambridge).
- **Galaxies and the Cosmic Frontier**, Waller, W. & Hodge, P. 2003, (Cambridge: Harvard)
- **Measuring the Universe**, Webb, S. 1999, (Berlin: Springer)
- **Galaxies and Cosmology**, Combes, F. et al., 2004 (Berlin: Springer)
- **Galaxies**, Binney & Merrifield 1998: (Princeton)
- **Galaxy Dynamics**, Binney & Tremaine 1988 (Princeton)
- **Active Galactic Nuclei**, Krolik 1998 (Princeton)
- **An Introduction to Active Galactic Nuclei**, Peterson 1997, (Cambridge)
- **Galaxy Morphology and Classification**, Sidney van den Bergh 1998, (Cambridge)
- **The Distribution of The Galaxies**, William C. Saslaw, 1999 (Cambridge)
- **Temperature Structure And Chemical Abundances in Gaseous Nebulae**, Manuel Peimbert 2001 Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica,; (astro-ph/0106063)
- **Dynamics Of Galaxies**, Giuseppe Bertin 2000 (Cambridge)
- **Normal Nearby Galaxies**, Marc Sauvage 2005 (Springer)

**Enlaces:** [Astronomy Education Resources](#)

**600613      Cosmología Física****Profesor/es:** Rosa Domínguez, Gustavo Yepes**Tipo:** Obligatoria**Curso:** 1**Semestre:** 2**Créditos ECTS:** 6=150h**Teoría:** 30h**Prácticas:** 15h**Trabajo Personal:** 105h**Prerrequisitos:** Ninguno.**Metodología docente:** Clases magistrales, problemas y trabajos.**Tipo de evaluación:** Exámenes y exposición de trabajos.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

Conocer las teorías actuales sobre el origen y evolución del Universo. Conocer los datos observacionales en que se basan estas teorías.

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Introducción a la Cosmología Física: Cosmografía. Modelos Dinámicos del Universo. Historia Térmica del Universo. Determinación de los Parámetros Cosmológicos Nucleosíntesis Primordial. La Radiación Cósmica de Fondo de Microondas (RFM). El Universo no homogéneo: observaciones. Observaciones de las anisotropías de la RFM a diferentes escalas angulares. Inhomogeneidades de la componente de materia: la Estructura a Gran Escala. Movimientos peculiares de galaxias a gran escala: Campos de velocidades peculiares. Teoría Lineal de Perturbaciones en modelos de Friedmann. Anisotropías de la Radiación de Fondo: claves para su interpretación teórica. Evolución no lineal de perturbaciones. Epílogo: el paradigma cosmológico actual.

## 600614 Técnicas Experimentales en Astrofísica

**Profesor/es:** Jaime Zamorano, David Montes

**Tipo:** Obligatoria

**Curso:** 1

**Semestre:** 2

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Haber cursado Fundamentos de Astrofísica e Instrumentación Astronómica.

**Metodología docente:** Clases magistrales (30%), trabajos tutelados (70%).

**Tipo de evaluación:** Examen de teoría y evaluación del trabajo de prácticas.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

En esta asignatura se pretende que los estudiantes aprendan los métodos y técnicas de observación astronómica. Los estudiantes prepararán, realizarán y analizarán observaciones astronómicas aprendiendo a realizar todo el proceso de medida en astronomía desde el planteamiento hasta la obtención de datos reducidos.

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

Introducción a la observación astronómica. Programación de observaciones. Observación astronómica. Fotometría: métodos de observación y calibración. Fotometría CCD. Espectroscopía CCD. Reducción de observaciones. Recursos astronómicos en internet.

### Bibliografía:

- **Astronomy: Principles and Practice.**,  
A. E. Roy, D. Clarke. Adam Hilger Ltd., Bristo.
- **Spherical Astronomy.** ,  
R. M. Green. Cambridge University Press
- **Astrophysical Techniques**,  
C.R. Kitchin. Adam Hilger Ltd. Bristol
- **Astronomical Observations**,  
G. Walker. Cambridge University Press
- **Electronic and Computer-Aided Astronomy**,  
I. S. McLean, Ellis Horwood Ltd. John Wiley & Sons

### Enlaces:

[Observatorio UCM](#)

## 600615 Instrumentación Astronómica

**Profesor/es:** Jaime Zamorano, Jesús Gallego

**Tipo:** Obligatoria

**Curso:** 1

**Semestre:** 1

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Haber cursado Fundamentos de Astrofísica.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales (40%), trabajos (60%).

**Tipo de evaluación:** Examen de teoría y evaluación del trabajo de prácticas.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

Nuestra visión del Universo, ha cambiado dramáticamente en los últimos años debido, en parte, al desarrollo de los telescopios e instrumentación astronómica capaces de observar no sólo desde tierra sino también desde el espacio. Esta asignatura se dedica a la física de las observaciones astronómicas, estudiando en detalle los telescopios e instrumentos que se emplean en la observación desde los tradicionales empleados en el óptico y radio a los más modernos de altas energías. Se pondrá especial atención en estudiar las ventajas de observar desde el espacio y la complejidad añadida de esta técnica.

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

El proceso de medida en Astrofísica. Efectos de la atmósfera terrestre. Telescopios ópticos. Radiotelescopios. Telescopios de altas energías. Observatorios espaciales. Detectores. Parámetros fundamentales. Fotómetros. Espectrógrafos.

### Bibliografía:

- **Astrophysical Techniques**,  
C.R. Kitchin. Adam Hilger Ltd. Bristol
- **Astronomical Observations**,  
G. Walker. Cambridge University Press
- **Electronic and Computer-Aided Astronomy** ,  
I. S. McLean, Ellis Horwood Ltd. John Wiley & Sons
- **Detection of Light: from the UV to the submillimeter**,  
G. H. Rieke. Cambridge Univ. Press.

### Enlaces:

- [Astronomy Education Resources](#)
- [Telescopios](#)

## 600616 Física del Sistema Solar

**Profesor/es:** Agustín Sánchez Lavega

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 3=75h

**Teoría:** 15h

**Prácticas:** 10h

**Trabajo Personal:** 50h

**Prerrequisitos:** Los correspondientes a las troncales.

**Metodología docente:** (1) Clases basadas en presentaciones “power point” (ppt) (2) Prácticas de análisis de imágenes planetarias obtenidas por diferentes naves espaciales y medidas de formaciones meteorológicas en sus atmósferas. (3) Entrega de apuntes (presentaciones ppt impresas y artículos seleccionados). (4) Presentación de un trabajo individual sobre un aspecto concreto tratado en la asignatura.

**Tipo de evaluación:** Examen y trabajos.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

Se pretende introducir al alumno en los aspectos básicos de la física del Sistema Solar, estudiándolo en su conjunto y en detalle para cada uno de los grupos principales de cuerpos que lo constituyen (exceptuando el Sol) de manera comparativa.

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

(1) Origen, (2) Estructura y evolución dinámica, (3) Física de los planetas y satélites: Interiores y superficie, (4) Física de las atmósferas planetarias, (4) Campos magnéticos y entorno electromagnético planetario, (5) Poblaciones de cuerpos menores: asteroides, cometas, KBO, meteoritos y anillos planetarios.

### Bibliografía:

- 1) “**Planetary Sciences**”,  
I. de Pater, J. J. Lissauer, Cambridge University Press (2001)
- 2) “**The New Solar System**”,  
J. Kelly Beatty, C. Collins Petersen, A. Chaikin, The Sky Publishing Corporation, Cambridge University Press (1999)
- 3) “**Physics and Chemistry of the Solar System**”,  
J. S. Lewis, Academic Press (1997)
- 4) “**The Solar System**”,  
T. Encrenaz et al., Springer-Verlag, 3rd edition (2004)
- 5) “**Physics of the Solar System**”,  
B. Bertotti, P. Farinella, D. Vokrouhlicky, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 293 (2003).

### Enlaces:

- [Grupo de Ciencias Planetarias Universidad del País Vasco](#)

## 600617 Formación de Estrellas y Planetas

**Profesor/es:** Carlos Eiroa

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Haber cursado, o estar cursando, las siguientes asignaturas: Fundamentos de Astrofísica, Atmósferas Estelares, Estructura Interna y Evolución Estelar, Medio Interestelar, Técnicas Experimentales en Astrofísica, Instrumentación Astronómica.

**Metodología docente:** Las enseñanzas del curso se transmitirán por medio de clases magistrales, ejercicios y problemas a resolver por los alumnos, análisis crítico de los estudiantes de artículos de investigación y trabajos tutelados individuales sobre aspectos de la formación de estrellas y planetas.

**Tipo de evaluación:** Examen general sobre los contenidos de la asignatura (50 %) junto con la evaluación de problemas resueltos (15 %), análisis de artículos de investigación (15 %) y trabajos tutelados (20 %).

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

Dotar al alumno de los conocimientos teóricos y observacionales básicos relacionados con la formación de estrellas, discos planetarios y exo-planetes. El alumno obtendrá información específica sobre los aspectos más vanguardistas y métodos observacionales más sofisticados. Se pretende que el alumno pueda afrontar una investigación novedosa en los temas contemplados en la asignatura.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Generalidades. -- Estrellas y su evolución -- Regiones de formación estelar de masa alta -- Regiones de formación estelar de masa baja. Medio interestelar: Fases. Gas y polvo. Nubes moleculares. Sistemas estelares jóvenes. Función inicial de masa. Las observaciones. Procesos físicos en nubes moleculares. Transiciones moleculares. Fundamentos y aplicaciones. Calentamiento y enfriamiento. Estructura térmica de las nubes. Las observaciones. De nubes a estrellas. Equilibrio y estabilidad de las nubes moleculares. El colapso de núcleos densos. Protoestrellas. Clases evolutivas. Formación estelar múltiple. Las observaciones. Impacto de la formación estelar en el medio circundante. Jets y chorros moleculares. Máseres. Efectos de la formación estelar masiva. Las observaciones. Estrellas pre-secuencia principal. Contracción quasi-estática. Estrellas T-Tauri. Estrellas Herbig Ae/Be. Las observaciones. Discos circunestelares: productos de la formación estelar. Evolución de discos circunestelares. Discos de acreción. Discos protoplanetarios. Discos "debris". Discos planetarios. Las observaciones. Planetas y sistemas planetarios. Planetas y sistemas planetarios. Crecimiento de las partículas de polvo. Planetesimales. Formación de planetas. Sistemas planetarios. Escenarios. Métodos de observación de planetas exo-solares. Las observaciones. El futuro.

**Bibliografía:**

- **The Origin of stars.** M. D. Smith, Imperial College Press, 2004
- **The formation of stars.** S. W. Stahler, F. Palla Wiley- VCH, 2004
- **From dust to stars.** N. Shultz Springer Verlag, 2005
- **Accretion Processes in Star formation,** L. Harmann Cambridge University Press, 1998
- **Protostars and Planets IV.** Mannings, Boss, Russell Arizona Press, 2000

## 600618 Estructura y Dinámica de la Galaxia

**Profesor/es:** Manuel Cornide

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 4.5=112h

**Teoría:** 22.5h

**Prácticas:** 12.5h

**Trabajo Personal:** 77h

**Prerrequisitos:** Haber cursado, o estar cursando, las siguientes asignaturas: Fundamentos de Astrofísica, Astronomía y Mecánica Celeste.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales y trabajo tutelado.

**Tipo de evaluación:** Examen escrito u oral con preguntas teóricas y resolución de problemas. Se valorará la asistencia a clase y la participación en las discusiones que en ella se susciten, asimismo se evaluará la realización voluntaria de trabajos.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

Estudio en profundidad de la cinemática y de la teoría del potencial galácticos para aplicarlos a los temas que se enumeran más adelante en el apartado "Contenido". Se pretenderá que el alumno no sólo domine los aspectos teóricos de la asignatura, sino que además adquiera destreza en el manejo de datos reales (manejo de catálogos y bases de datos) y en desarrollo de programas de cálculo.

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

Repaso y puesta al día de conceptos básicos de astronomía y astrofísica. Descripción de la Galaxia. - Técnicas de recuento de estrellas y su distribución espacial; análisis de las poblaciones estelares. - Estudio de la cinemática estelar, definiciones de Sistema Local de Reposo y el análisis del movimiento solar; paralajes estadísticas. - Cálculo de las componentes de la velocidad espacial estelar. Análisis de la cinemática de las estrellas del disco y de la componente esferoidal. Estudio de la rotación galáctica y obtención de la ley general de rotación. - Estudio en profundidad de diferentes modelos de potenciales hasta llegar a la formulación del potencial galáctico con multicomponentes surgido de las investigaciones más recientes. Análisis de los diferentes métodos del cálculo de la masa total de la Galaxia. - Órbitas estelares: circulares, con sus perturbaciones, y generales; métodos numéricos para su cálculo. Estructura espiral de la Galaxia; ondas de densidad: teoría lineal. - Dinámica de cúmulos estelares: ecuaciones del movimiento de estrellas pertenecientes al cúmulo. Dispersión de velocidades en el cúmulo: tiempo de relajación y recorrido libre medio. Desintegración de cúmulos y escape de estrellas. -Efecto de la rotación galáctica: ruptura por efecto de marea.

### Bibliografía:

- **Spherical Astronomy.** R. M. Green. Ed.: Cambridge University Press
- **Orbital Motion.** A. E. Roy. Ed.: Adam Hilger
- **Galactic Astronomy.** D. Mihalas, J. Binney. Ed.: Freeman and Company

- **Galactic Dynamics.** J. Binney, S. Tremaine. Ed.: Princeton University Press
- **Dynamical Evolution of Globular Clusters.** L. Spitzer Jr. Ed.: Princeton University Press

600619 **Poblaciones Estelares en Cúmulos y Galaxias****Profesor/es:** Ángeles Díaz**Tipo:** Optativa**Curso:** 1/2**Semestre:** 1/3**Créditos ECTS:** 6=150h**Teoría:** 30h**Prácticas:** 15h**Trabajo Personal:** 105h**Prerrequisitos:** El curso precisa, además de conocimientos básicos sobre Física, haber cursado las asignaturas de: Fundamentos de Astrofísica, Estructura Interna y Evolución Estelar, Atmósferas Estelares, Medio Interestelar y Astrofísica Extragaláctica.**Metodología docente:** Lecciones magistrales, clases prácticas tutorizadas, trabajo bibliográfico.**Tipo de evaluación:** Al finalizar la asignatura se realizará una prueba evaluadora sobre su contenido. Además se realizarán trabajos prácticos y monográficos adjudicados por el profesor.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

El estudio de las poblaciones estelares en cúmulos y galaxias es actualmente uno de los métodos fundamentales para estudiar la formación y evolución de dichos sistemas estelares. En el curso se estudian en detalle las diferentes técnicas de análisis de las poblaciones junto con los resultados obtenidos al aplicarlas a galaxias y cúmulos reales. Al final del curso el alumno será capaz de construir un modelo de síntesis y de discutir críticamente los principales resultados en el campo.

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Introducción. Poblaciones estelares en la Galaxia. Cúmulos estelares. Poblaciones estelares resueltas: galaxias del Grupo Local. Poblaciones estelares integradas. Modelos empíricos y semi-empíricos de poblaciones estelares. Modelos de síntesis evolutiva. Evolución química de galaxias. Aplicación de modelos evolutivos: poblaciones estelares de galaxias elípticas, espirales e irregulares. Predicciones de los modelos de síntesis a alto corrimiento al rojo: Comparación con las observaciones.

**Bibliografía:**

- **The Structure and Evolution of Normal Galaxies.**  
D. Lynden-Bell & M. Fall Eds., 1979 Cambridge University Press
- **Evolution of Star and Gas in Galaxies.**  
B. M. Tinsley, 1980: Fundamentals of Cosmic Physics, Vol. 5. pp287-388
- **Nearly Normal Galaxies. From the Planck Time to the Present.**  
S. M. Faber Eds, 1987: Springer-Verlag, New York
- **Evolutionary Phenomena in Galaxies.**  
J. E. Beckman & B. E. J. Pagel Eds., 1989, Cambridge University Press
- **Chemical and Dynamical Evolution of Galaxies.**  
F. Ferrini, J. Franco & F. Matteucci Eds., 1990 ETS Editrice Pisa

- **Elements and the Cosmos.**  
M. G. Edmunds & R. J. Terlevich Eds., 1992: Cambridge University Press
- **Physics of Nearby Galaxies: Nature or Nurture?**  
T. X. Thuan, C. Balkowski & J. T. T. Van Eds., 1992: Editions Frontiers
- **Star Formation in Stellar Systems.**  
G. Tenorio-Tagle, M. Prieto & F. Sánchez Eds, 1992 Cambridge University Press
- **Panchromatic View of Galaxies: Their Evolutionary Puzzle.**  
G. Hensler, Ch. Thesis & J. Gallagher Eds., 1994; Editions Frontiers
- **From Stars to Galaxies: The impact of Stellar Physics on Galaxy Evolution.**  
C. Leitherer, U. Fritze-von Alvensleben & J. Huchra Eds., 1996: ASP Conf. Series Vol. 98
- **Nucleosynthesis and Chemical Evolution of Galaxies.**  
B. E. J. Pagel, 1997: Cambridge University Press
- **The Galaxy.**  
G. Gilmore & B. Carswell Eds., 1987: NATO ASI Series, Kluwer Academic Pub. Group

## 600620 Satélites Artificiales y Navegación Espacial

**Profesor/es:** Manuel Cornide

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 4.5=112h

**Teoría:** 22.5h

**Prácticas:** 12.5h

**Trabajo Personal:** 77h

**Prerrequisitos:** Conocimientos de Astronomía (coordenadas y escalas de tiempo) y Mecánica Celeste (movimiento planetario).

**Metodología docente:** Lecciones magistrales y trabajo tutelado.

**Tipo de evaluación:** Examen escrito u oral con preguntas teóricas y resolución de problemas. Se valorará la asistencia a clase y la participación en las discusiones que en ella se susciten, asimismo se evaluará la realización voluntaria de trabajos.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

El estudio de satélites artificiales y vuelos espaciales desde el punto de vista dinámico y cinemático; no se abordará, por tanto, los aspectos instrumentales ni los detalles de ingeniería. Se pretende que el alumno aprenda a calcular la posición, movimiento y hacer el seguimiento de los vehículos espaciales; calcular y analizar órbitas y realizar estudios de viabilidad de misiones espaciales. Los alumnos realizarán prácticas numéricas basadas en casos reales, tendrán a su disposición bases de datos y elaborarán sus propios programas de cálculo.

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

Introducción. Tipos de satélites.- Maniobras básicas: lanzamiento; puesta en órbita geocéntrica; variación de plano orbital.- Cálculo de la posición y efemérides. Seguimiento. Visibilidad y eclipses- Perturbaciones de la órbita: fundamentos teóricos. Perturbaciones debidas al potencial terrestre y a las atmósferas.-Cálculo de órbitas: métodos de Laplace y Gauss; corrección de órbitas.- Vuelos espaciales: hipótesis básicas. Órbitas de transferencia entre planetas: órbitas de Hohmann, elípticas, parabólica e hiperbólicas. Ventanas de lanzamiento- Amplificación de velocidad mediante asistencia gravitatoria.-Transferencia Tierra-Luna.

### Bibliografía:

- **Spherical Astronomy.**  
R. M. Green. Ed.: Cambridge University Press
- **Celestial Mechanics.**  
L. G. Taff. Ed.: John Wiley & Sons
- **Fundamentals of Celestial Mechanics.**  
J. M. A. Danby. Ed.: Willmann-Bell Inc.
- **Physics of the Earth and the Solar System.**  
B. Bertotti, A. Farinella. Ed.: Kluwer Academic Publishers

- **Orbital Motion.**  
A. E. Roy. Ed.: Adam Hilger
- **Basics of Space Flight.**  
L. M. Celnikier. Ed.: Editions Frontières
- **Theory of Interplanetary Flights.**  
G. A. Gurzadyan. Ed.: Gordon and Breach
- **Satellite Orbits.**  
Models, methods, applications. Montenbruck, E. Gill. Ed.: Springer Verlag
- **Satellites. Orbits and missions.**  
M. Capderou. Ed.: Springer Verlag France

## **600622 Ampliación de Técnicas Experimentales en Astrofísica**

**Profesor/es:** Jesús Gallego

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 2/4

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 15h

**Prácticas:** 30h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Haber cursado, o estar cursando, las siguientes asignaturas:

Fundamentos de Astrofísica,

Instrumentación astronómica,

Técnicas experimentales en Astrofísica.

**Metodología docente:** Clases magistrales (40%), trabajos tutelados (60%).

**Tipo de evaluación:** Examen y memorias escritas de las Prácticas.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

El objetivo fundamental de esta asignatura es el proporcionar los conocimientos básicos de las técnicas de observación, reducción y procesado de datos en Astrofísica. Se pondrá especial énfasis en las disciplinas de infrarrojo cercano, infrarrojo lejano, ultravioleta y radioastronomía. El programa de la asignatura comprende clases de teoría y prácticas de reducción y procesado de datos astronómicos.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Astronomía en el infrarrojo: Técnicas de observación y procesado en el Infrarrojo cercano e infrarrojo lejano. Reducción de datos. Técnicas en el ultravioleta. Modos de observación, misiones espaciales, análisis de datos. Radioastronomía: métodos de observación y análisis de datos. Herramientas de reducción y análisis. Software de reducción. Recursos de Astronomía en Internet.

### **Bibliografía:**

- **Electronic and Computer-Aided Astronomy,**  
I. S. McLean, Ellis Horwood Ltd. John Wiley & Sons
- **Electronic imaging in Astronomy.**  
I.S. McLean. Wiley-Praxis
- **Handbook of infrared astronomy.**  
I. Glass. Cambridge Univ
- **Ultraviolet Astronomy.**  
Barstow and Holberg. Cambridge Univ
- **Radioastronomy.**  
Krauss. McGraw-Hill

## **600623      Análisis de Datos y Estadística Avanzada**

**Profesor/es:** Francisco Javier Gorgas, Nicolás Cardiel

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 2/4

**Créditos ECTS:** 3=75h

**Teoría:** 22.5h

**Prácticas:** 25h

**Trabajo Personal:** 27.5h

**Prerrequisitos:** Ninguno.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales (50%) y trabajo tutelado (25%) y prácticas con ordenador (25%).

**Tipo de evaluación:** Examen con ejercicios prácticos. Más prácticas y trabajos.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

La Astrofísica, como el resto de ciencias experimentales, necesita de los métodos estadísticos para interpretar correctamente los resultados de las observaciones. En este curso se introducen los métodos estadísticos y probabilísticos más relevantes para la astronomía observacional. Se intenta que la asignatura sea muy práctica, sin entrar demasiado en los detalles matemáticos teóricos que justifican los diferentes métodos. Los alumnos trabajarán con datos reales obtenidos en observaciones astronómicas y, al final del curso, serán capaces de llevar a cabo un análisis correcto de resultados observacionales en Astrofísica.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Partiendo de los conceptos básicos de distribución de probabilidad, se revisarán los diversos procedimientos de estimación de parámetros y contrastes de hipótesis, haciendo hincapié en métodos de estadística no paramétrica. Se estudiarán los métodos del análisis de la regresión y correlación, tanto simple como múltiple. Se incluyen las bases de la modelización de datos, estimación bayesiana y los experimentos factoriales. Así mismo se estudiarán los métodos de análisis de series secuenciales y el análisis multivariante.

### **Bibliografía:**

- **Practical Statistics for Astronomers,**  
Wall J.V. & Jenkins C.R., 2003, Cambridge University Press
- **Probabilidad y Estadística,**  
Walpole R.E. & Myers R.H., 1992, McGraw-Hill

**600624 Bases de Datos en Astrofísica: El Observatorio Virtual****Profesor/es:** Enrique Solano**Tipo:** Optativa**Curso:** 1/2**Semestre:** 1/3**Créditos ECTS:** 3=75h**Teoría:** 15h**Prácticas:** 10h**Trabajo Personal:** 50h**Prerrequisitos:** Ninguno.**Metodología docente:** Lecciones magistrales (60); trabajo tutelado (40%).**Tipo de evaluación:** Evaluación de los trabajos prácticos presentados.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

El objetivo final de toda misión científica es la obtención de datos de gran calidad. Para rentabilizar de forma eficiente la utilización de dichos datos, es necesario desarrollar sistemas que garanticen su perdurabilidad y permitan un fácil acceso a los mismos. La Astrofísica no ha sido ajena a esta necesidad y todas las misiones espaciales, así como la mayoría de los grandes observatorios terrestres, han desarrollado sistemas eficientes de archivo y acceso a los datos científicos que contienen. No obstante, si bien es cierto que, hoy en día, los archivos de datos constituyen una pieza fundamental en la investigación en Astrofísica tal y como lo refleja el uso intensivo que, de estos recursos, hace la comunidad científica, también lo es el hecho de que, hoy por hoy, la eficiencia en el acceso y utilización de la información procedente de más de un archivo queda seriamente limitada por la gran heterogeneidad existente entre ellos. Igualmente, el análisis de grandes volúmenes de datos no es compatible con el escenario tradicional en el que el usuario descarga la información para su posterior análisis de manera local. El Observatorio Virtual (VO, según su expresión inglesa) es un proyecto internacional que surge con el propósito de dar respuesta a estos problemas. A pesar de ser un proyecto reciente, puesto que comenzó en 2001, es innegable que el Observatorio Virtual representa una iniciativa que ha calado con enorme fuerza en la comunidad internacional tanto en su faceta científica como técnica, y que va a representar el marco de actuación en el que se van a encuadrar las actividades relacionadas con archivos astronómicos a corto plazo. Un aspecto importante en relación con este proyecto es su carácter novedoso. El desconocimiento tanto de su potencialidad como de los pasos a seguir para su aplicación puede dar lugar a su infrautilización por parte de la comunidad astronómica. Uno de los objetivos fundamentales de estas asignaturas es, por tanto, la formación y entrenamiento de las nuevas generaciones de astrónomos la definición y desarrollo de programas de investigación en el marco del Observatorio Virtual.

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Definición de Archivo Astronómico. Una visión histórica. Un ejemplo de archivo astronómico moderno: el archivo INES. Archivos multifrecuencia. Funcionalidades y características. Ejemplos de archivos multifrecuencia. El futuro de los archivos astronómicos: el Observatorio Virtual. Necesidad del Observatorio Virtual.

Los grandes proyectos de observación y el problema de la interoperatividad entre archivos. Los sistemas de procesos distribuidos: GRID. Minería de Datos. Prácticas: En esta parte el alumno deberá resolver casos reales mediante la utilización de bases de datos astronómicas (cálculo de distribuciones espectrales de energía, estudio de variabilidad, observaciones de objetos en distintos rangos de longitud de onda.

### **Bibliografía:**

- **"Mining the Sky"**.  
Banday, Zaroubi, Batelmann eds, 2001 Springer-Verlag
- **"Toward an International Virtual Observatory - Scientific Motivation Roadmap for Development and Current Status"**,  
Gorski et al eds., 2003 Springer-Verlag

### **Enlaces**

- [Enlaces sobre el Observatorio Virtual UCM](#)
- [IVOA, International Virtual Observatory Alliance](#)
- [EURO-VO, European Virtual Observatory](#)
- [SVO, Spanish Virtual Observatory](#)
- [NVO, National Virtual Observatory\(USA\)](#)

## **600625 Astrofísica Relativista**

**Profesor/es:** José María Ibáñez

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 2/4

**Créditos ECTS:** 3=75h

**Teoría:** 15h

**Prácticas:** 10h

**Trabajo Personal:** 50h

**Prerrequisitos:** Haber cursado, o estar cursando la asignatura: Estructura Interna y Evolución Estelar.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales (60); trabajo tutelado (40%).

**Tipo de evaluación:** Trabajos tutelados, examen tipo test.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

Formación en el correspondiente campo científico.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Resumen de evolución estelar. Enanas Blancas. Estrellas de neutrones. Galaxias activas. Chorros relativistas. Fuentes astrofísicas de radiación gravitatoria.

## 600627 Estrellas Frías y Objetos Subestelares

**Profesor/es:** David Montes

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 2/4

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Haber cursado, o estar cursando, las siguientes asignaturas:

Fundamentos de Astrofísica, Atmósferas Estelares, Formación de Estrellas y Planetas.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales 80%; trabajo tutelado 20%.

**Tipo de evaluación:** Examen escrito, participación del alumno en las clases, presentación del trabajo realizado y resultado de las prácticas.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

Proporcionar al alumno 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). Se estudiarán en detalle los fenómenos que tienen lugar en las partes más externas de sus atmósferas. Se abordarán todos los temas relacionados con la actividad magnética estelar describiendo el tipo de observaciones y técnicas utilizadas para obtener información sobre este fenómeno. Se espera que el alumno adquiera 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.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

- 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 y T).
  - Búsqueda y detección de enanas marrones y objetos de masa planetaria. - Procesos de formación y propiedades de los objetos subestelares. - Función inicial de masas.
- Prácticas:
- 1) Observación de la fotosfera y cromosfera solar.
  - 2) Análisis de espectros ópticos de alta resolución.

### **Bibliografía:**

#### **Libros:**

- *"Solar and stellar magnetic activity"*, Carolus J. Schrijver, & Cornelius Zwaan., [Cambridge University Press, 2000](#). (Cambridge Astrophysics Series, 34).
- *"Solar-Type Activity in Main-Sequence Stars"*, Gershberg, Roald E., [Springer, 2005](#). (Astronomy and Astrophysics Library)
- *"The Observation and Analysis of Stellar Photospheres"*, Gray D.F., [Cambridge University Press, 1992](#). (Cambridge Astrophysics Series, 20).
- *"FGK stars and T Tauri stars: Monograph series on nonthermal phenomena in stellar atmospheres"*, Cram L.E., & Kuhi L.V., 1989, [NASA SP-502](#).
- *"New Light on Dark Stars: Red Dwarfs, Low-Mass Stars, Brown Dwarfs"*, Reid I.N., & Hawley S.L., Springer Verlag, 2000
- *"Lectures on Solar Physics"*, H.M. Antia, A. Bhatnagar, P. Ulmschneider eds., [Lecture Notes in Physics 619](#), Springer Verlag, 2003

### Artículos de revisión:

- *"Cool Stars: Chromospheric Activity, Rotation, Kinematic and Age"*, Montes D. et al., *"Lecture Notes and Essays in Astrophysics"*, (2004). "XXIX Reunión Bienal RSEF" (Simposio de Astrofísica) [PS file](#)
- *"The Solar-Stellar Connection and Disconnection"*, K. G. Strassmeier, *"Stars as Suns: Activity, Evolution and Planets"* [2003, IAUS 219 E39](#)
- *"Stellar chromospheres"*, Linsky J. L., (1980). Annual Review of Astronomy & Astrophysics, [Volume 18, 439](#).
- *"Stellar coronal astronomy - a review"*, Favata F., & Micela G., (2003). [Space Science Reviews](#).
- *"X-ray astronomy of stellar coronae"*, Güdel M. (2004). [A&ARv, 12, 71](#)
- *"Stellar Flares and Coronal Structure - Review"*, Güdel, M., (2003). [IAU Symposium 219: Stars as Suns: Activity, Evolution, Planets](#), eds. A.K. Dupree & A.O. Benz, (ASP) in press,
- *"Starspots: A key to the stellar dynamo"*, Berdyugina S.V. , 2005, [Living Rev. Solar Phys., 2, 8](#)
- *"Surface magnetic fields and differential rotation of solar-like stars"*, J.-F. Donati, *"Magnetism and Activity of the Sun and Stars"*, eds: Arnaud J., Meunier N. (2003). [EDP Sciences, EAS 9, 169](#)
- *"Surface magnetic fields of late-type stars"*, J.-F. Donati, *"Solar and Stellar Activity: Similarities and Differences"*, eds: C.J. Butler and J.G. Doyle (1999). ASP Conf. Series, [vol. 158, p. 27](#)
- *"Spot Mapping in Cool Stars"*, A. Collier Cameron, *"Astrotomography, Indirect Imaging Methods in Observational Astronomy"*, eds: H.M.J. Boffin, D. Steeghs and J. Cuypers, (2001). Lecture Notes in Physics, [vol. 573, p.183](#)
- *"Stellar Prominences"*, A. Collier Cameron, *"Recent Insights into the Physics of the Sun and Heliosphere"*, eds. P. Brekke, B. Fleck, & J.B. Gurman. (2001), [IAU Symposium 203 p. 229](#).
- *"Magnetic activity in binary stars"*, K. G. Strassmeier, *"Binary stars: selected topics on observations and physical processes"*. eds.: F. C. Lázaro, M. J. Arévalo, Lecture notes in physics, Springer, (2001). [vol. 563, p. 48](#)
- *"Doppler Imaging of Cool Dwarf Stars"*, K. G. Strassmeier, *"Very Low-mass Stars and Brown Dwarfs"*. eds.: R. Rebolo and M. R. Zapatero-Osorio (2000). [Cambridge University Press, p.215](#)

- **"Solar Physics: From the Deep Interior to the Hot Corona"**, Mullan D.J., "From the Sun to the Great Attractor" D. Page and J.G. Hirsch eds., (2000) [Lecture Notes in Physics, vol. 556, p.1](#)
- **"Sunspots: An overview"**, Solanki S.K., (2003) [A&ARv 11, 153](#)
- **"Advances in Solar-Stellar Astrophysics"**, Haisch B., Schmitt J.H.M.M., (1996) [PASP 108, 113](#)

### Resúmenes de congresos:

- **"Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun, Cambridge Workshop"**, [13th (2004)], - [12th (2001)], - [11th (1999) ASP Conf. Ser. vol. 223], - [10th (1997) ASP Conf. Ser. vol. 155]
- **"The Stars as Suns: Activity, Evolution, and Planets"**, A. Dupree, & A. Benz, eds., (2003). [IAU Symposium 219](#)
- **"Magnetism and activity of the Sun and stars"**, J. Arnaud & N. Meunier, eds., (2003). [EDP Sciences, EAS Vol. IX](#)
- **"Sunspots & Starspots"**, Potsdam Thinkshop, (May 6-10, 2002, Potsdam, Germany), [Poster Papers](#)
- **"Solar and Stellar Activity: Similarities and Differences"**, C.J. Butler & J.G. Doyle, eds. (1998) [ASP Conf. Ser., vol. 158](#)
- **"Mechanisms of Chromospheric and Coronal Heating"**, Ulmschneider P., Priest E.R., Rosner R., eds. (1991) [Springer-Verlag](#)

### Enlaces

- [Astronomy Education Resources](#)
- [Grupo de Actividad Estelar](#) del Departamento de Astrofísica de la UCM
- [Centros de Investigación en Actividad estelar](#)

**600628 Historia de la Astronomía****Profesor/es:** Javier Ordóñez**Tipo:** Optativa**Curso:** 1/2**Semestre:** 2/4**Créditos ECTS:** 3=75h**Teoría:** 15h**Prácticas:** 10h**Trabajo Personal:** 50h**Prerrequisitos:** Haber cursado las asignaturas obligatorias.**Metodología docente:** Explicaciones de textos, trabajos en grupos.**Tipo de evaluación:** Exposiciones en el grupo de pequeños temas de investigación.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

Análisis de la evolución de la astronomía, análisis de la evolución de conceptos metodológicos en astronomía.

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Astronomía a simple vista: la herencia de china y babilonia. Astronomía computacional antigua: Modelos helenísticos y su herencia. Renacimiento: Copérnico. Astronomía telescópica: el barroco. Astronomía y mecánica: Newton y los newtonianos. La astronomía estelar primitiva. La nueva astronomía: la astrofísica del XIX. La evolución del universo: conjeturas y teorías.

## 600629 Formación y Evolución de Galaxias

**Profesor/es:** Rosa Domínguez

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Haber cursado o estar cursando las asignaturas siguientes: Poblaciones Estelares en Cúmulos y Galaxias y Astrofísica Computacional.

**Metodología docente:** Clases de teoría y problemas (60%), trabajos tutelados (15%) y prácticas con ordenador (25%).

**Tipo de evaluación:** Examen y trabajos.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

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

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

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

UNIDAD 2. ESCENARIOS y MODELOS: a) Escenarios para la formación estelar (feedback, multiescala y turbulencia). b) Escenarios para la formación y evolución de galaxias (Modelos analíticos y semianalíticos. Procesos estelares. Procesos dinámicos e hidrodinámicos (choques, turbulencia)). c) Escenarios para el enriquecimiento químico.

UNIDAD 3. SIMULACIONES NUMÉRICAS: a) Repaso de técnicas numéricas (N-cuerpos, hidrodinámicas) b) Resultados de simulaciones. c) Comparación con datos observacionales. UNIDAD 4. PRÁCTICAS: simulaciones por ordenador, su visualización y su análisis.

## **600630      Astronomía y Mecánica Celeste**

**Profesor/es:** Elisa de Castro

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 15h

**Trabajo Personal:** 105h

**Prerrequisitos:** Los correspondientes al módulo nivelador.

**Metodología docente:** -

**Tipo de evaluación:** Examen escrito de teoría y problemas. Desarrollo de prácticas y problemas propuestos a lo largo del curso (hasta un 30%). Se valorarán otras contribuciones.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

De un lado, proporcionar las nociones básicas, relativas a los sistemas de referencia y escalas de tiempo utilizados en Astronomía, no sólo para localizar los objetos celestes, sino también para estudiar sus movimientos. Se incidirá de forma especial en todos los aspectos de aplicación práctica. El alumno va a adquirir destreza en orientación, conocimiento del cielo, manejo de catálogos y atlas, diseño de pautas de observación astronómica y comprensión de los fundamentos de observatorios virtuales. Por otro lado, se aprenderán conceptos fundamentales de la Mecánica Celeste. Partiendo de los principios de la mecánica en sus distintas aproximaciones y perspectivas de interés para la Astrofísica: movimiento planetario, teoría de perturbaciones, problema de tres cuerpos, sistemas binarios.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Sistemas de coordenadas: horizontales, horarias, ecuatoriales, eclípticas, galácticas, plano-tangentes. Escalas de tiempo: sidéreo, solar, dinámico. Corrección de coordenadas: refracción, paralaje, precesión, aberración, deflexión gravitacional. Movimiento planetario: movimiento de dos cuerpos; parámetros orbitales. Problema de tres cuerpos: problema restringido. Mareas y acoplamiento (órbita y rotación). Perturbaciones: seculares y resonantes.

### **Bibliografía**

- **Text-Book on spherical Astronomy.**  
W.Smart, Cambridge Univ. Press (6 edición)
- **Spherical Astronomy.** ,  
R. M. Green., Cambridge University Press
- **Astronomy: Principles and Practice.,**  
A. E. Roy, D. Clarke. Adam Hilger Ltd., Bristo.
- **Orbital Motion,**  
A.E. Roy

- **Solar System Dynamics,**  
Murray C.D., Dermott, S.F. Caambridge University Press

### **Enlaces**

- [Efemérides \(UCM\)](#)
- [Reloj sidéreo](#)
- [Reloj atómico](#)
- [Esfera celeste y movimiento diurno \(enlace a página de Walter-Fendt\)](#)
- [Trigonometría esférica](#)

## 600631 Astrofísica Computacional

**Profesor/es:** Gustavo Yepes

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 6=150h

**Teoría:** 30h

**Prácticas:** 50h

**Trabajo Personal:** 70h

**Prerrequisitos:** Haber cursado alguna asignatura de cálculo computacional a nivel de introducción, así como las asignaturas obligatorias del master.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales (60%); trabajo tutelado (40%).

**Tipo de evaluación:** Examen y prácticas de ordenador.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

Conocer los métodos numéricos que se utilizan para la modelización en ordenador de los principales fenómenos astrofísicos. El alumno adquirirá destreza en el manejo de sistemas informáticos y en la programación de alto nivel.

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

Introducción histórica. Campos de aplicación en Astrofísica. Métodos Numéricos básicos: interpolación, raíces, integración y diferenciación numérica, resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias, métodos espectrales (FFT). Procesos astrofísicos más relevantes: Gravitación, física de fluidos. Fenómenos de transporte. Fenómenos no conservativos: enfriamiento, calentamiento, formación estelar. Simulación numérica de estos procesos: Gravitación: Método de N-cuerpos. Algoritmos más importantes. Dinámica de gases: Ecuaciones de Euler. Métodos numéricos eulerianos. Método SPH. Magnetohidrodinámica: Ecuaciones de la MHD. Métodos numéricos eulerianos y SPH Hidrodinámica Relativista: Ecuaciones de conservación relativistas. Métodos numéricos. Aplicaciones. Fenómenos de Transporte: Transporte radiativo. Métodos eulerianos para tratar la ecuación de transporte. Métodos Montecarlo. Hidrodinámica y reacciones termonucleares: Modelos de explosión de supernovas. Prácticas: desarrollo de prácticas numéricas en alguno de los temas que se han visto en el curso.

### Bibliografía

- **Numerical Recipes in Fortran**,  
(Press et al, CUP)
- **Computational Methods for Astrophysical flow**  
(Leveque et al, Springer)

## 600632 Propiedades de las Galaxias en Diferentes Épocas Cosmológicas

**Profesor/es:** Jesús Gallego

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 2/4

**Créditos ECTS:** 4.5=112h

**Teoría:** 22.5h

**Prácticas:** 12.5h

**Trabajo Personal:** 77h

**Prerrequisitos:** Haber cursado o estar cursando, las siguientes asignaturas:

Astrofísica extragaláctica,.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales (70%), trabajo tutelado (30%).

**Tipo de evaluación:** Evaluación continua.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

Los objetivos de esta asignatura son el proporcionar 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.

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

Regímenes de desplazamiento al rojo: Corrección K. Trazadores de la formación estelar, abundancias y masas. Distribuciones espectrales de energía y desplazamientos al rojo fotométricos. Exploraciones de galaxias y campos profundos. Proyectos instrumentales. El exceso de galaxias débiles azules. Galaxias a desplazamiento al rojo en torno a 1: Galaxias ultraluminosas en el infrarrojo lejano. Evolución de las propiedades de las galaxias: morfología, función de luminosidad, tasa de formación estelar, abundancias, propiedades estructurales y dinámicas. Galaxias a desplazamiento al rojo entorno a 2 y 3: El desierto de desplazamientos al rojo. Galaxias con discontinuidad de Lyman. Sistemas absorbentes a alto desplazamiento al rojo. Galaxias activas en diferentes épocas del Universo. Galaxias extremadamente lejanas: detección propiedades.

### Bibliografía

- **Nucleosynthesis and Chemical Evolution of Galaxies.** B. E. J. Pagel, 1997, Cambridge University Press
- **Multiwavelength mapping of galaxy formation and evolution,** A. Renzini, R. Bender, Eds., 2005, Springer
- **The young Universe: Galaxy formation and evolution at intermediate and high redshift,** S. Dodorico, A. Fontana, 1998, PASP conf series 146
- **The Hubble Deep Field,** M. Livio, S. M. Fall, P. Madu, Eds., 1998, STScI Symposium Series 11, Cambridge University Press

## **600633      Astrofísica Molecular**

**Profesor/es:** José Cernicharo

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 3=75h

**Teoría:** 15h

**Prácticas:** 10h

**Trabajo Personal:** 50h

**Prerrequisitos:** Haber cursado, o estar cursando las asignaturas obligatorias.

**Metodología docente:** Clases magistrales problemas y trabajos.

**Tipo de evaluación:** Examen y trabajos.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

Formación en el correspondiente campo científico.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

El papel de las moléculas en la evolución física de las nubes interestelares. Física molecular. Procesos químicos en el MI. Formación de grandes moléculas en el MI. Química en estrellas frías. Química primordial. Transferencia de radiación. Observación de líneas y su interpretación. Discos protoplanetarios.

## 600634 Últimas Fases de la Evolución Estelar

**Profesor/es:** Manuel Rego, M<sup>a</sup> José Fernández-Figueroa

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 1/3

**Créditos ECTS:** 3=75h

**Teoría:** 15h

**Prácticas:** 10h

**Trabajo Personal:** 50h

**Prerrequisitos:** Haber cursado la asignatura obligatoria Fundamentos de Astrofísica y haber cursado o estar cursando la asignatura obligatoria Estructura Interna y Evolución Estelar.

**Metodología docente:** Lecciones magistrales (70%), trabajos tutelados (30%).

**Tipo de evaluación:** Examen de teoría, evaluación del trabajo tutelado y de los trabajos prácticos realizados.

### **Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

El conocimiento de las fases finales de la vida de las estrellas a través de las observaciones astronómicas y modelos teóricos que expliquen las propiedades de las enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros. Análisis de los espectros y curvas de luz de las Novas y Supernovas y construcción de modelos que explican las propiedades observadas. Estudio de los sistemas binarios de rayos X y de sus discos de acreción, desde el punto de vista observacional y teórico en especial de aquellos candidatos a tener un agujero negro.

### **Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Estudio de las fases finales o muerte de las estrellas. Comienza por las estrellas poco masivas, aquellas que en la Secuencia Principal tienen masas menores que 8-10 masas solares, y van a morir como enanas blancas pudiendo pasar por la fase de Nebulosas Planetarias. Las estrellas más masivas sufrirán una explosión de supernova de tipo II, colapso del núcleo, y darán lugar a una estrella de neutrones o a un agujero negro, dependiendo de la masa residual del núcleo después de la explosión. Se estudian estos objetos finales y sus propiedades observacionales; las estrellas de neutrones como pulsares y los candidatos a agujeros negros en los sistemas binarios. Finalmente, la evolución de los sistemas binarios que sí contienen una enana blanca dan lugar a las Novas o a las Supernovas de tipo Ia dependiendo de la transferencia de masa de la estrella compañera del sistema binario. Si la estrella receptora de masa en el sistema binario es una estrella de neutrones o un agujero negro tenemos los llamados sistemas binarios de rayos X.

### **Bibliografía**

- **Stellar Astrophysics**,  
R. Q. Huang and K. N. YU, Springer
- **Theoretical Astrophysics Volume II: Stars and Stellar Systems**,  
T. Padmanabhan, Cambridge University Press
- **Stellar Evolution and Stability**,  
G. S. Bisnovatyi-Kogan, Springer

## 600635 Física de Plasmas

**Profesor/es:** Ana Inés Gómez de Castro

**Tipo:** Optativa

**Curso:** 1/2

**Semestre:** 2/4

**Créditos ECTS:** 3=75h

**Teoría:** 15h

**Prácticas:** 10h

**Trabajo Personal:** 50h

**Prerrequisitos:** Electromagnetismo y Física del Plasma Básica.

**Metodología docente:** Clases magistrales, 50%. Método del caso aplicado a algunos problemas sencillos de física del plasma, 20%. Ejercicios, 30%.

**Tipo de evaluación:** Prueba objetiva (examen) y trabajos realizados en clase.

### Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:

El principal objetivo de este curso es familiarizar a los estudiantes con las características básicas de los plasmas y proporcionar la formación necesaria para que aprendan a tratar algunos problemas básicos relacionados con los plasmas astronómicos (generación de vientos, discos de acrecimiento, procesos disipativos y turbulencia en medios magnetizados).

### Contenido (breve descripción de la asignatura):

El curso se articula en 4 partes:

*Parte 1.* Características generales de los plasmas astronómicos (desde los halos galácticos o el medio intergaláctico a las atmósferas de las estrellas y los vientos). Frecuencia del plasma y frecuencia sincrotrón. Parámetros fundamentales de los plasmas: números de Reynolds magnético y viscoso, números de Prandtl y de Hartmann. Plasma. Implicaciones de la equipartición de energía. Fracción de ionización y su relevancia en los procesos del plasma. Interacción plasma-radiación.- *Parte 2.* Ecuaciones del plasma (continuidad, ecuación del movimiento, ecuación de estado y de la energía) y su particularización en el límite de la magnetohidrodinámica. Ecuación de inducción y aproximación de difusión. Plasmas congelados. Ley de Ohm y conductividad del plasmas. Procesos disipativos en plasmas magnetizados. Difusión ambipolar.- *Parte 3.* Motores astronómicos. Vientos estelares. Modelo de Weber & Davis para el viento solar. Generación de flujos bipolares: del modelo de Sakurai a los vientos propulsados por discos de acrecimiento. Mecanismos de generación y disipación de energía magnética en este contexto. Disipación de energía magnética. Interacción gravito-magnética entre la fuente del campo gravitacional y el disco. El efecto Ghosh & Lamb y sus elaboraciones posteriores.- *Parte 4.* Turbulencia en plasmas astronómicos. Observaciones y trazadores (funciones de correlación de densidad, de velocidad y de campo), dimensión fractal, función inicial de masas, anomalías químicas. Escalas características de la turbulencia MHD y frecuencias de corte: difusión ambipolar. Formalismo básico de las ecuaciones de la MHD incompresible.

## **Bibliografía**

### Bibliografía Básica:

Introduction to Space Physics, by M.G. Kivelson y C.T. Russel. Cambridge University Press, New York, (1995).

Solar Magnetohydrodynamics, E.R. Priest. Reidel Pub. Company (1987)

Magnetic fields and star formation: theory versus observations, Edited by Ana I. Gomez de Castro et al., Kluwer Academic Publishers, The Netherlands (2004)

## **Enlaces**

<http://www.mat.ucm.es/~aig/docencia/PlasmasAstronomicos/ProgramaAstrofisica.htm>

**600636 Astrofísica de Altas Energías****Profesor/es:** Miguel Mas-Hesse**Tipo:** Optativa**Curso:** 1/2**Semestre:** 2/4**Créditos ECTS:** 3=75h**Teoría:** 15h**Prácticas:** 10h**Trabajo Personal:** 50h**Prerrequisitos:** Haber cursado, o estar cursando, las siguientes asignaturas: Fundamentos de Astrofísica.**Metodología docente:** Lecciones magistrales (60%); trabajo tutelado (40%).**Tipo de evaluación:** Evaluación de la calidad del trabajo tutelado realizado durante el curso. Este trabajo tendrá una relación directa con el programa del curso.**Objetivos, destrezas y competencias que se van a adquirir:**

El objetivo de la asignatura será el estudio de los procesos físicos que dan lugar a la emisión en altas energías (UV, X, gamma) en el universo. Asimismo, se describirán las técnicas instrumentales desarrolladas para poder detectar este rango de radiación electromagnética. El alumno recibirá una formación básica en el campo de la astrofísica de altas energías que le permitirá comenzar un proyecto de investigación doctoral en ese campo.

**Contenido (breve descripción de la asignatura):**

Propiedades de la radiación en los rangos UV, X y gamma. Resumen histórico de la evolución de la astrofísica de altas energías. Visión actual del Universo en distintos rangos de energía. Instrumentación de altas energías: Telescopios y detectores en el rango UV, Telescopios y detectores en el rango X y Telescopios detectores en el rango gamma. Objetos emisores de altas energías: Objetos estelares, Sistemas binarios, Agujeros negros de origen estelar, Objetos extragalácticos, Galaxias dominadas por formación estelar, Núcleos activos de galaxias. Medio difuso. Medio interestelar. Medio intergaláctico y cúmulos de galaxias.

**Bibliografía****"High Energy Astrophysics"**

Malcolm S. Longair, Cambridge University Press (Vols. 1 y 2)

|  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
| <b>Nombre asignatura:</b>  | Bases físicas de la Astronomía  | Código: 600647                |
| <b>Especialidad/modulo</b>   | <b>Créditos ECTS</b>  | <b>Tipo</b>                   |
|  | 6   | Obligatoria <sup>(1)</sup>    |
| <b>Horas teoría</b>  | <b>Horas prácticas</b>  | <b>Horas trabajo personal</b> |
| 40   | 20  | 90                            |
| <b>Profesor/es</b>   | Elisa de Castro Rubio (UCM), Cristobal Fernández Pineda(UCM), Montserrat Ortíz Ramis(UCM) |                               |
| <b>3.3.1. Objetivos específicos de aprendizaje</b>   |   |                               |
| <p>Proporcionar, a los estudiantes procedentes de Titulaciones diferentes a la de Física, los conocimientos básicos generales y algunos específicos dentro de las distintas ramas, para facilitarles el aprendizaje del resto de asignaturas que configuran el Master de Astrofísica. Se hará hincapié principalmente en los conceptos físicos fundamentales, métodos de análisis y aplicaciones prácticas. Después de cursar la asignatura, el alumno será capaz de comprender y asimilar con mayor facilidad los conceptos que se le proporcionen en el desarrollo curricular posterior. Asimismo, habrá adquirido las destrezas y competencias básicas que más adelante perfeccionará.</p>  |   |                               |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura)</b>  |   |                               |
| <p><b>Termodinámica y Física Estadística:</b> Principio termodinámicos. Equilibrio y estabilidad. Estadística cuántica. Aplicaciones ( gas de bosones, gas de fermiones, radiación térmica...)</p> <p><b>Física Atómica:</b> Átomos de un electrón y polielectrónicos. Modelo del campo central y aproximaciones. Emisión y absorción de radiación por átomos.</p> <p><b>Mecánica de Fluidos:</b> Ecuaciones del fluido. Fluidos compresibles. Ondas elásticas. Fluidos en rotación Inestabilidades. Turbulencia</p>   |   |                               |
| <b>3.3.2 Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en ECTS</b>   |   |                               |
| <p>Dado su carácter y objetivos, la asignatura se impartirá de forma intensiva antes de iniciar el resto de la programación docente del Master. Durante dos semanas se impartirán 6 horas diarias distribuidas en horario de mañana y tarde.(60h) Otras dos semanas se dedicarán a trabajo personal del alumno incluyendo, al final de cada una de ellas, un período para el control de aprendizaje y evaluación final.</p> <p>La docencia se formalizará con clases presenciales, en las que se explicarán los contenidos del temario, propuestas y desarrollo de aplicaciones prácticas.</p> <p>La horas de trabajo personal se repartirán en horas dedicadas a la comprensión de conceptos y aspectos formales (40h). El resto (50h) se dedicará a la resolución aplicaciones propuestas, desarrollo de trabajos.</p> |   |                               |
| <b>3.3.3 Criterios y métodos de evaluación</b>   |   |                               |
| <p>Examen teórico práctico (30%)<br/> Exposición y defensa de trabajos (25%)<br/> Resolución de problemas propuestos (25%)<br/> Participación en clases presenciales y tutorías (20%)</p>  |   |                               |

|   |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
| <b>Nombre asignatura:</b>   | Complementos prácticos de investigación      | Código: 600648                |
| <b>Especialidad/modulo</b>  | <b>Créditos ECTS</b>                         | <b>Tipo</b>                   |
|   | 3  | Optativa                      |
| <b>Horas teoría</b>   | <b>Horas prácticas</b>                       | <b>Horas trabajo personal</b> |
| 5   | 20   | 50                            |
| <b>Profesor/es</b>  | Nicolás Cardiel, David Montes, Santos Pedraz |                               |
| <b>3.3.1. Objetivos específicos de aprendizaje</b>  |  |                               |
| <p>Introducir al alumno en la preparación, desarrollo y posterior análisis de unas observaciones astronómicas profesionales.</p> <p>Los alumnos interaccionarán con astrónomos profesionales y se familiarizarán con los aspectos cotidianos de la investigación, aprendiendo la base del trabajo científico en un Observatorio Astronómico. Adquirirán destrezas propias de la profesión así como la relación y trabajo con otros profesionales.</p>   |  |                               |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura)</b>   |  |                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción a la preparación de unas observaciones astronómicas profesionales.</li> <li>- Familiarización con la instrumentación astronómica disponible en un observatorio profesional como el de Calar Alto (Almería).</li> <li>- Control del telescopio, instrumentación y detector, análisis en tiempo real de las observaciones obtenidas.</li> <li>- Desarrollo de un proyecto de investigación real.</li> <li>- Reducción y análisis de las observaciones realizadas.</li> </ul>  |  |                               |
| <b>3.3.2 Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en ECTS</b>  |  |                               |
| <p>Los alumnos realizarán una estancia de al menos dos noches en un observatorio astronómico profesional como el de Calar Alto en Almería. Durante las observaciones utilizarán solo el telescopio e instrumento que observatorio autorice, pero visitarán también otros telescopios y se les explicará el funcionamiento del resto de instrumentación avanzada del observatorio.</p> <p>Cada grupo de alumnos desarrollará un proyecto de investigación realizando todas sus fases: preparación, planificación, desarrollo de las observaciones, comprobación de la calidad de la observaciones en tiempo real y análisis de los resultados.</p> |  |                               |
| <b>3.3.3 Criterios y métodos de evaluación</b>  |  |                               |
| Evaluación del trabajo de prácticas.  |  |                               |
| <b>3.3.4 Recursos para el aprendizaje</b>   |  |                               |
| <p>Clases con presentaciones informáticas, estancia de dos noches en un observatorio Astronómico profesional (como el observatorio de Calar Alto en Almería) acceso a la Biblioteca de Alumnos, a las bibliotecas de investigación de los departamentos y a la hemeroteca de la facultad, aula de informática (en la medida de lo posible según el desarrollo de la planificación docente), páginas www, consultas bibliográficas.</p>  |  |                               |
| <b>3.3.5 Idiomas en que se imparte</b>  |  |                               |
| Español (opcionalmente en inglés si hay estudiantes extranjeros que lo precisen).   |  |                               |
| <b>Observaciones</b>  |  |                               |
| <p>La asignatura es optativa en el plan de estudios del Máster de Astrofísica. Se basa en conocimientos adquiridos por los alumnos en las asignaturas obligatorias: Fundamentos de Astrofísica, Técnicas Experimentales en Astrofísica e Instrumentación Astronómica. Es también recomendable cursar las asignaturas optativas: Astronomía y Mecánica Celeste y Ampliación de Técnicas Experimentales en Astrofísica.</p>   |  |                               |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
| <b>Nombre asignatura:</b>   | Física de rayos cósmicos y radiación gamma      | Código: 600649                |
| <b>Especialidad/modulo</b>  | <b>Créditos ECTS</b>                            | <b>Tipo</b>                   |
|   | 4,5 (112 horas)                                 | Optativa                      |
| <b>Horas teoría</b>   | <b>Horas prácticas</b>                          | <b>Horas trabajo personal</b> |
| 22,5  | 12,5  | 77                            |
| <b>Profesor/es</b>  | MV Fonseca, JL Contreras, JA Barrio, F Arqueros |                               |
| <b>3.3.1. Objetivos específicos de aprendizaje</b>  |   |                               |
| <p>El reciente desarrollo de nuevas técnicas de detección de rayos cósmicos y de radiación gamma de alta energía en los últimos años, ha permitido abrir otras ventanas de observación del universo, y nuevas formas de comprender los procesos físicos en las condiciones extremas que suceden en los objetos estelares cósmicos. El alumno aprenderá las técnicas de medida de los rayos cósmicos (protones, electrones, núcleos pesados, etc), de la radiación gamma de alta energía, de los neutrinos solares y estelares de muy alta energía, de las ondas gravitacionales etc.) con detectores terrestres . También conocerá los resultados de una nueva rama de la Astrofísica, la de las fuentes emisoras de radiación gamma de muy altas energías, cuyas medidas se hacen con telescopios en el suelo que miden de luz Cherenkov atmosférica producida por la radiación cósmica gamma.</p> |   |                               |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura)</b>   |   |                               |
| <p>Rayos cósmicos y radiación gamma. Medidas en Tierra y en satélites. Física de los procesos de interacción materia-radiación en la atmósfera. Física de Altas Energías. Detectores de radiación cósmica en distintos rangos de energías. Detectores de radiación gamma de alta energía. Telescopios de formación de imágenes de luz Cherenkov atmosférica. Detectores de neutrinos. Detectores de ondas gravitacionales. Resultados experimentales. Modelos. Astrofísica de muy altas energías con telescopios Cherenkov.</p>   |   |                               |
| <b>3.3.2 Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en ECTS</b>  |   |                               |
| <p>Clases teóricas. Evaluación práctica de los conocimientos (2 ECTS)<br/>Clases prácticas. Laboratorios de Astropartículas. (0.5 ECTS).<br/>Elaboración de trabajos personales individuales (2 ECTS).</p>  |   |                               |
| <b>3.3.3 Criterios y métodos de evaluación</b>  |   |                               |
| Teoría (40%), prácticas (10%), Trabajo personal (50%)   |   |                               |
| <b>3.3.4 Recursos para el aprendizaje</b>   |   |                               |
| Se dispone de material de laboratorio, bibliográfico y de medios audio visuales.  |   |                               |
| <b>3.3.5 Idiomas en que se imparte</b>  |   |                               |
| Español, Ingles.  |   |                               |
| <b>Observaciones</b>  |   |                               |
|   |   |                               |

|   |  |                               |                |
|---|--|-------------------------------|----------------|
| <b>Nombre asignatura:</b>   | <b>Temas Avanzados en Astrofísica y Cosmología I</b>             |                               | Código: 600650 |
| <b>Especialidad/modulo</b>  | <b>Créditos ECTS</b>   | <b>Tipo</b>                   |                |
|   | 4.5  | Optativa                      |                |
| <b>Horas teoría</b>   | <b>Horas prácticas</b>   | <b>Horas trabajo personal</b> |                |
| 23  | 12   | 77                            |                |
| <b>Profesor/es</b>  | Santiago Arribas Moco-roa, Alexander Knebe, Guillermo Muñoz-Caro |                               |                |
| <b>3.3.1. Objetivos específicos de aprendizaje</b>  |  |                               |                |
| Formación en aquellos aspectos mas recientes de la Astrofísica y Cosmología. Ver mas detalles en Contenidos   |  |                               |                |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura)</b>   |  |                               |                |
| <p>1. Introducción a la espectroscopía de campo Integral y sus aplicaciones. (Prof. Santiago Arribas).</p> <p>i) Describir el concepto de espectroscopía de campo integral (ECI) y sus ventajas con relación a técnicas de espectroscopia clásicas.</p> <p>ii) Estudiar las aproximaciones técnicas fundamentales de ECI. Comparación entre ellas, y ejemplos de instrumentos disponibles en la actualidad y en desarrollo.</p> <p>iii) Discutir algunos resultados científicos basados en ECI.</p> <p>2. Gravitational Lensing. (Profesor. Alexander Knebe)</p> <p>The currently favoured standard model of cosmology rests upon the assumption that the Universe is primarily filled with some sort of unknown Dark Energy as well as yet undiscovered Dark Matter. Gravitational Lensing is one of the promising methods to probe the effects of both these rather intriguing components. The objective of this course is to understand the underlying principles of gravitational lensing and its relevance for the present era of "precision cosmology"</p> <p>1. Introduction. 2. History of Gravitational Lensing. 3. Basics of Gravitational Lensing. 3.1 Lensing by point masses. 3.2 Lensing by extended mass distributions. 4. Lensing Phenomena. 4.1 Strong lenses in the Universe. 4.2 Weak lenses in the Universe. 5. Future Gravitational Lensing and Cosmology</p> <p>3. El ciclo del hielo y el polvo en el Universo. (Profesor: Guillermo Muñoz Caro). Conocimientos teóricos, observacionales y experimentales sobre la formación, evolución y composición de las partículas de polvo en el espacio. últimos hallazgos referentes polvo e hielos astrofísicos. Formación de materia orgánica astrobiológica por irradiación de hielos interestelares. Prácticas con uno de los sistemas experimentales más avanzados para el estudio de hielos interestelares.</p> <p>Contenidos: 1) Formación de polvo, 1) Formación de polvo en atmósferas estelares y su incorporación al medio interestelar, (2) Composición y estructura del polvo interestelar y los mantos de hielo: observaciones y técnicas de laboratorio, (3) Introducción a las simulaciones de laboratorio de los procesos que ocurren en partículas de polvo en hielos, (4) Acreción y desorción de mantos de hielo en nubes densas, (5) Procesamiento ultravioleta e iónico de hielos interestelares y circunestelares, formación de materia orgánica, (6) la Nebulosa Solar, (7) Formación</p> |  |                               |                |

y composición de cometas, condritas carbonáceas y partículas de polvo interplanetario, (8) El aporte de materia extraterrestre a la Tierra primitiva y el origen de la vida.

**Bibliografía:**

- Lectures on Gravitational Lensing, Ramesh Narayan & Matthias Bartelmann, 1996, astro-ph/9606001
- Gravitational Lensing in Astronomy, Joachim Wambsganss, 2998, Living Reviews, <http://www.livingreviews.org/Articles/Volume1/1998-12wamb>
- Gravitational Lenses, Peter Schneider, 1992, Springer Verlag
  
- The Dusty Universe A. Evans, Editorial: J. Wiley (1994)
- Formation and Evolution of Solids in Space Eds. J. M. Greenberg & A. Li, Editorial: NATO ASI Series, Series C. Mathematical and Physical Sciences, vol. 523 (1999)

|  |
|--|
| <b>3.3.2 Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en ECTS</b> |
| Clases magistrales, problemas, simulaciones experimentales                           |
| <b>3.3.3 Criterios y métodos de evaluación</b>                                       |
| Trabajos y examen  |
| <b>3.3.4 Recursos para el aprendizaje</b>  |
|  |
| <b>3.3.5 Idiomas en que se imparte</b>   |
| Español e Inglés   |
| <b>Observaciones</b>   |
| Los temas impartidos podrán cambiar anualmente                                       |

|  |   |                               |                |
|--|---|-------------------------------|----------------|
| <b>Nombre asignatura:</b>  | <b>Temas Avanzados en Astrofísica y Cosmología II</b> |                               | Código: 600651 |
| <b>Especialidad/modulo</b>   | <b>Créditos ECTS</b>                                  | <b>Tipo</b>                   |                |
|  | 4.5   | Optativa                      |                |
| <b>Horas teoría</b>  | <b>Horas prácticas</b>                                | <b>Horas trabajo personal</b> |                |
| 23   | 12  | 77                            |                |
| <b>Profesor/es</b>   | A designar anualmente por los coordinadores.          |                               |                |
| <b>3.3.1. Objetivos específicos de aprendizaje</b>   |   |                               |                |
| Resultados recientes obtenidos preferentemente en los campos de la Cosmología Observacional. Proyectos que impliquen experiencias y observaciones desde tierra y el espacio, en fase de ejecución o previstos a corto plazo. Resultados recientes en los distintos campos de la Astrofísica. observacionales. Serán impartidos por investigadores implicados en los campos correspondientes. |   |                               |                |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura)</b>  |   |                               |                |
| A lo largo del curso recibirá el alumno abundante información actualizada para que pueda familiarizarse, completar y actualizar y profundizar sus conocimientos en astrofísica y la cosmología.  |   |                               |                |
| <b>3.3.2 Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en ECTS</b>   |   |                               |                |
| Clases de teoría y problemas (40%), trabajos tutelados 40%, discusión de artículos científicos 20% .   |   |                               |                |
| <b>3.3.3 Criterios y métodos de evaluación</b>   |   |                               |                |
| Trabajos y problemas. Participación del alumno.  |   |                               |                |
| <b>3.3.4 Recursos para el aprendizaje</b>  |   |                               |                |
| Clases con presentaciones informáticas y presenciales. Discusión sobre temas propuestos.   |   |                               |                |
| <b>3.3.5 Idiomas en que se imparte</b>   |   |                               |                |
| Español e Inglés   |   |                               |                |
| <b>Observaciones</b>   |   |                               |                |
| Los temas impartidos podrán cambiar anualmente   |   |                               |                |

|   |   |                               |                |
|---|---|-------------------------------|----------------|
| <b>Nombre asignatura:</b>   | <b>Radiación de Fondo de Microondas y Estructura a Gran Escala del Universo</b> |                               | Código: 600652 |
| <b>Especialidad/modulo</b>  | <b>Créditos ECTS</b>  | <b>Tipo</b>                   |                |
|   | 6   | Optativa                      |                |
| <b>Horas teoría</b>   | <b>Horas prácticas</b>  | <b>Horas trabajo personal</b> |                |
| 40  | 20  | 90                            |                |
| <b>Profesor/es</b>  | Coordinador: Fernando Atrio Barandela   |                               |                |
| <b>3.3.1. Objetivos específicos de aprendizaje</b>  |   |                               |                |
| Conocimiento de los procesos físicos que ocurren en el universo en las etapas más tempranas de su evolución y su influencia en la formación de galaxias y estructuras a gran escala. Cada alumno analizará algún artículo reciente para fomentar su capacidad crítica desarrollar su manejo comprensión de la bibliografía.   |   |                               |                |
| <b>Contenido (breve descripción de la asignatura)</b>   |   |                               |                |
| Evolución de perturbaciones en universos de Friedmann y origen de estructura a gran escala. Observaciones de la distribución de materia; catálogos. Función de correlación y espectro de potencia de las perturbaciones en la distribución de materia; su medida a partir de catálogos de galaxias. Espectro de potencias de Harrison-Zel'dovich. Propagación de un campo radiativo en un Universo de Friedmann in homogéneo. Origen de las anisotropías en la Radiación de Fondo: efecto Sachs-Wolfe, Sachs-Wolfe integrado, oscilaciones acústicas en la superficie de última dispersión. Modelos adiabáticos e isocurvos. Observaciones recientes e implicaciones para los modelos de formación de estructura. Parámetros cosmológicos. efecto Sunyaev-Zeldovich: gas caliente en cúmulos y anisotropías secundarias en la radiación de fondo. |   |                               |                |
| <b>3.3.2 Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en ECTS</b>  |   |                               |                |
| Clases magistrales y propuesta de problemas de cuyas soluciones se da acceso completo a los alumnos, estimulando así su iniciativa investigadora y el trabajo personal. Eventualmente, según el desarrollo de la planificación docente, se contempla la posibilidad de proponer otro tipo de prácticas y trabajos tutelados.  |   |                               |                |
| <b>3.3.3 Criterios y métodos de evaluación</b>  |   |                               |                |
| A lo largo del curso se entregarán hojas de ejercicios que los alumnos que habrán de entregar (65% de la nota final). Habrán de entregar una discusión elaborada sobre algún problema relacionado con el contenido del curso, sacado de la literatura científica más reciente 35% de la nota final .  |   |                               |                |
| <b>3.3.4 Recursos para el aprendizaje</b>   |   |                               |                |
| Pizarra, clases con presentaciones informáticas, una muy razonablemente dotada Biblioteca de Alumnos, acceso a las bibliotecas de investigación de los departamentos y a la hemeroteca de la facultad, aula de informática (en la medida de lo posible según el desarrollo de la planificación docente), páginas www, consultas bibliográficas.   |   |                               |                |
| <b>3.3.5 Idiomas en que se imparte</b>  |   |                               |                |
| Español (opcionalmente en inglés si hay estudiantes extranjeros que lo precisen)  |   |                               |                |
| <b>Observaciones</b>  |   |                               |                |
| .   |   |                               |                |