



# Máster en Física y Tecnologías Físicas

## 60029 - Astrofísica Relativista, astropartículas y Cosmología

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 5.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **José Vicente García Esteve** esteve@unizar.es
- **Gloria Luzón Marco** luzon@unizar.es
- **Javier Redondo Martín** jredondo@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Dada la naturaleza multidisciplinar del curso se recomienda tener adquiridos conceptos de Física de Partículas, Física Nuclear y Relatividad especial, así como nociones de Física Estadística y Termodinámica. Son aconsejables, además, conocimientos básicos de algunas técnicas experimentales en estos campos.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

El calendario del curso, una vez acordado, se encuentra disponible en las páginas oficiales de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza en <https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>

Visita a las instalaciones del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC): la fecha será acordada entre profesores y estudiantes, teniendo en cuenta la disponibilidad de dichas instalaciones.

Las presentaciones orales (ver más abajo) se realizarán en el periodo reservado para los test de evaluación continua.

---

### Inicio

---

#### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Describir la geometría del Universo y la métrica de Schwarzschild's como soluciones de las ecuaciones de Einstein.
- 2:** Identificar diferentes candidatos a Materia Oscura.

- 3: Comparar diferentes teorías de Energía Oscura y analizar los esfuerzos experimentales.
- 4: Describir la Radiación del Fondo Cósmico de Microondas y analizar el espectro de anisotropías.
- 5: Describir el espectro de Rayos Cósmicos y calcular los flujos a nivel del mar y en profundidad.
- 6: Estimar los ritmos de detección de neutrinos y candidatos a Materia Oscura.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Este curso examina las bases teóricas y observacionales del Universo y sus constituyentes. Las observaciones actuales en el campo de la Física de Astropartículas y de la Cosmología han permitido alcanzar un alto nivel de desarrollo y precisión tanto de teorías como en observaciones o experimentos dedicados y son una parte sustancial del currículum de curso. Durante el curso se profundizará en estos aspectos y, debido al carácter multidisciplinario del curso, se ampliarán los conocimientos y competencias ya adquiridas en de Física de Partículas, Física Nuclear, técnicas experimentales en Física de Partículas y Mecánica Cuántica.

---

## Contexto y competencias

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Se introducirá a los estudiantes en la investigación de fenómenos en los campos de la Astrofísica Relativista, de la Física de Astropartículas y de la Cosmología. Los temas del curso son adecuados para estudiantes interesados en conocer las diferentes técnicas para la observación del Cosmos, así como las herramientas tanto experimentales como teóricas utilizadas para comprender fenómenos astrofísicos y el Universo como un todo. Tras el curso, el estudiante será capaz de profundizar en estas líneas, que muestran actualmente una rápida evolución.

Los estudiantes conocerán la composición de los rayos cósmicos. Entrarán en contacto con algunos de los esfuerzos experimentales más importantes en el campo de la física de neutrinos y de detección de la Materia Oscura galáctica: mecanismos de detección, detalles experimentales y valoración de los resultados.

Se recomienda el curso a aquellos estudiantes interesados en conocer el estado de la detección de astropartículas, análisis de datos de fenómenos raros, conceptos novedosos de detectores, técnicas de ultra bajo fondo radioactivo, infraestructuras subterráneas, etc.

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

El curso ofrecerá a los estudiantes una revisión profunda de los últimos resultados experimentales y de las teorías aceptadas en la actualidad en el campo de la astrofísica relativista, las astropartículas y la cosmología. Cubre una serie de tópicos que complementan la formación de los estudiantes siguiendo una línea de investigación teórica y también para aquellos interesados en una formación más técnica o experimental en Física de Partículas (junto con los cursos de "Física de Partículas", "Interacción de Radiación y Materia" y "Sistemas de detección de Radiación"). Además los contenidos del curso suelen despertar el interés de la mayor parte de graduados en Física.

#### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1: Consolidar las habilidades básicas y las interrelaciones entre los diferentes campos de la Física y de las Tecnologías Físicas (CE3)

- 2:** Integrar los conocimientos, manejar la complejidad y formular juicios con información limitada, en el área de la Física y de las Tecnologías Físicas (CE4)
- 3:** Profundizar en el análisis, procesamiento e interpretación de los datos experimentales (CE5)
- 4:** Reconocer la naturaleza de los rayos cósmicos, su naturaleza y métodos de detección
- 5:** Comprender la relevancia del neutrino en la física solar y en cosmología
- 6:** Estudiar en profundidad la naturaleza del modelo estándar de cosmología, su evidencia observacional y descripción teórica.
- 7:** Tener un conocimiento de las propiedades de la materia oscura, candidatos y técnicas observacionales
- 8:** Comprender la aceleración del universo, el papel de la energía oscura y las observaciones de supernovas asociadas.
- 9:** Entender la naturaleza del universo evolutivo y de las distintas eras gobernadas por las propiedades de las partículas elementales que lo constituyen.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

El desarrollo actual de nuestra comprensión del Universo se encuentra, en estos momentos, en una edad dorada dadas las recientes observaciones que llevan a una cosmología de gran precisión. Estas observaciones continuarán en el previsible futuro y serán más precisas con el desarrollo de la tecnología.

La naturaleza multidisciplinar de este curso lo hace particularmente relevante para la formación de los estudiantes, ya que requiere la aplicación de diferentes herramientas teóricas y los pone en contacto con diferentes técnicas experimentales.

La Física de Astropartículas es un campo de la Física en expansión donde coinciden el desarrollo de detectores, la Física de Partículas, la Cosmología, la Astronomía y la Física Nuclear. Debido a esto, los tópicos cubiertos requieren una aproximación multidisciplinar que enriquece fuertemente la educación de los estudiantes. En España, el Laboratorio Subterráneo de Canfranc ha permitido tener una amplia experiencia en este campo y en los próximos años se espera que la participación internacional en este laboratorio junto con el trabajo de grupo nacionales impulsen la Física de Astropartículas y de profesionales formados en la ciencia y tecnología de este tipo de estudios.

Además el curso permitirá a los estudiantes desarrollar habilidades de crítica y análisis, muy útiles para enfrentar muchos de los problemas en Física y áreas relacionadas. Por otra parte, como los estudios de Máster son un puente al lugar de trabajo o a futuros estudios de doctorado, su instrucción se verá complementada en formas que van más allá de las puramente académicas al estar en contacto con investigadores que trabajan en estas líneas.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** Resolver problemas y trabajos prácticos a lo largo del curso en una evaluación continua: un 30% de la nota final se obtendrá de esta forma.

- 2:** Desarrollar y defender un Proyecto guiado sobre uno de los temas tratados a lo largo del curso: 70% de la calificación final. El proyecto se debe presentar en formato escrito y defendido en una presentación oral en el periodo reservado para la evaluación continua siguiendo el calendario académico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

## Examen Global

El curso ha sido diseñado fundamentalmente para estudiantes que asistan de forma presencial a las clases. Sin embargo, también habrá pruebas de evaluación para aquellos que no puedan asistir o para los que no hayan superado la evaluación continua. El examen consistirá en un cuestionario conectado con los resultados esperados del curso

Este examen global se realizará en una de las dos convocatorias oficiales, durante los periodos de examen establecidos por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Tendrá dos sesiones: teórica y práctica sobre los contenidos (30% de la nota) y defensa individual del proyecto guiado (70% de la nota final). Todos los estudiantes tienen derecho a este examen global. Para aquellos que hayan aprobado el curso en evaluación continua, este examen es opcional y la nota mejor prevalecerá.

---

## Actividades y recursos

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las actividades de aprendizaje del curso se han diseñado para alcanzar un conocimiento profundo de los fenómenos físicos en el campo de la astrofísica relativista, las astropartículas y la cosmología. Las actividades intentan implicar al estudiante en su propio aprendizaje. El curso consiste en tres actividades bien separadas: profundización en los tópicos del curso incluyendo clases magistrales y charlas, discusiones, resolución de problemas sencillos, visita al LSC ... (3 ECTS); aprendizaje basado en casos y selección de problemas propuestos (1 ECTS); elaboración y defensa de un proyecto guiado sobre alguno de los tópicos del curso (1 ECTS).

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

- 1:** Estas asignaturas tratan los principales tópicos de la información para complementar el estudio de problemas físicos en el contexto de la Astrofísica relativista, Astropartículas y Cosmología. Tales clases tendrán los siguientes tópicos:

1. Relatividad general. Cosmología observacional.
2. Modelo estándar de la Cosmología Moderna. El principio cosmológico. La métrica de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW). Estructura causal.
3. Inflación: Problemas del Modelo Estándar. El paradigma inflacionario. La constante cosmológica.
4. Cronología del Universo: Big Bang. Nucleosíntesis. El fondo cósmico de ondas gravitacionales (GWB). El fondo cósmico de radiación de microondas (CMB). La formación de estructuras. Reionización. Formación de galaxias. Futuro del Universo.
5. Rayos cósmicos. Historia. Rango de energías. Fuentes y tipos de rayos cósmicos. Espectro a nivel del mar y flujos. Producción y modos de detección. Rayos cósmicos de ultra alta energía. Búsqueda de antimateria
6. Neutrinos de alta energía y telescopios de neutrinos.
7. Materia Oscura. Teorías. Candidatos a Materia Oscura. Búsquedas directa e indirecta.
8. Energía Oscura. Ecuación de Friedmann y parámetro de aceleración. Estudios recientes y experimentos

- 2:** Ejercicios y análisis de casos en pequeño grupo, guiados por el profesor y dirigidos a la aplicación de los conocimientos básicos adquiridos.

- 3:** Visita al Laboratorio Subterráneo de Canfranc, participando en algunas de las actividades propuestas y preparación del informe correspondiente.
- 4:** Preparación, exposición oral y discusión con la clase, de un trabajo de investigación guiado sobre uno de los tópicos del curso.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

El calendario tiene que ser determinado y será anunciado con antelación.

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**