

68355 - Cosmología I: el Universo temprano

Información del Plan Docente

Año académico: 2022/23

Asignatura: 68355 - Cosmología I: el Universo temprano

Centro académico: 100 - Facultad de Ciencias

Titulación: 628 - Máster Universitario en Física del Universo: Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas

Créditos: 6.0

Curso: 01

Periodo de impartición: Primer semestre

Clase de asignatura: Optativa

Materia:

1. Información Básica

1.1. Objetivos de la asignatura

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

El origen y evolución del universo son temas que resultan igualmente fascinantes para científicos y profanos. De hecho, preguntas como "¿por qué estamos aquí?" o "¿cómo surgió todo?" han acompañado al ser humano desde la antigüedad. Resulta sorprendente que en la actualidad podemos dar respuestas científicas a estas cuestiones, reformuladas en preguntas del tipo "¿cómo se formaron los elementos químicos?" o "¿cuál ha sido la historia térmica del universo?".

La cosmología es una disciplina científica relativamente moderna que comenzó tras la formulación de la relatividad general por Albert Einstein. Los hitos que han marcado su desarrollo han sido, fundamentalmente: el descubrimiento de la expansión del universo en 1929, el de la radiación de fondo de microondas en 1964 y el de que el universo se expande de manera acelerada en 1998. Es sin embargo en este siglo XXI cuando la cosmología ha entrado en una era de precisión que ha conseguido establecer el modelo "Lambda-CDM" como "modelo de concordancia" del Big Bang que explica una gran cantidad de observaciones diversas y a distintas escalas sobre nuestro universo.

El objetivo central de la asignatura es precisamente familiarizarse con este modelo de consenso, que contiene ingredientes que van más allá de la física de partículas conocida como "modelo estándar": la existencia de materia oscura y energía oscura, mucho más importantes que la materia y radiación ordinarias en la mayor parte de la historia del universo, y un mecanismo que genera las pequeñas perturbaciones iniciales, a partir de las cuales se generan las estructuras en el cosmos, tal como inflación.

Se realizará una descripción detallada de este modelo cosmológico estándar, así como de las distintas evidencias experimentales que llevan a él, y del formalismo que permite explicar las perturbaciones sobre el universo homogéneo y que se reflejan en las anisotropías de la radiación de fondo y en la estructura a gran escala.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con el siguiente Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>), de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia para contribuir en cierta medida a su logro: Objetivo 4: Educación de calidad;

1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Esta asignatura se encuadra, junto con *Cosmología II: formación de estructuras en el universo*, y *Relatividad general y ondas gravitacionales*, en la materia *Cosmología y relatividad*. La presente asignatura es importante para cursar la *Cosmología II*, ya que esta última se refiere al crecimiento de estructuras a gran escala en el universo y utilizará resultados y nociones vistas en *Cosmología I*. Por otra parte, si bien es conveniente cursar la *Relatividad general y ondas gravitacionales* para enmarcar la presente asignatura en un contexto más amplio, no resulta imprescindible, ya que aquí se partirá de las soluciones de las ecuaciones de Einstein sin derivarlas y simplemente se introducirán los resultados de relatividad general que resulten estrictamente necesarios.

Existen además conexiones entre la *Cosmología I* y otras asignaturas del máster: por un lado, con las dos asignaturas de la materia de *Física de astropartículas* (neutrinos, materia oscura); por otro, con asignaturas de la materia de *Física de partículas* (modelos de inflación de teoría de campos y teoría y fenomenología del modelo estándar), así como con parte de la materia de *Astrofísica* (astrofísica observacional y energía oscura).

Es, por tanto, una asignatura transversal a varias de las líneas que pueden seguirse en el máster.

1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

En su mayor parte, la asignatura puede cursarse de modo independiente, aunque resulta conveniente tener conocimientos generales de física de partículas. En ciertos momentos, se apelará a nociones de teoría de campos que, no obstante, se explicarán adecuadamente.

Aunque no es imprescindible, resulta interesante cursar la asignatura *Relatividad y ondas gravitacionales* para enmarcar esta asignatura en un contexto más amplio. Por otro lado, resulta muy conveniente cursar esta asignatura para cursar después *Cosmología II*.

2. Competencias y resultados de aprendizaje

2.1. Competencias

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para:

- Integrarse como investigador o técnico cualificados en equipos de investigación en los ámbitos de Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas.
- Utilizar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en los ámbitos del Título.
- Analizar, tratar e interpretar datos experimentales obtenidos en experimentos de los ámbitos del Título.
- Enfrentarse a problemas y desarrollos teóricos en los ámbitos del Título.
- Profundizar en un tema de investigación y conocer los avances más recientes y las actuales líneas de investigación en los ámbitos de Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas.
- Conocer los ingredientes esenciales del modelo cosmológico estándar y las evidencias experimentales en las que se apoya.
- Comprender cómo se describe la expansión de un universo homogéneo, así como la generación y propagación de perturbaciones.
- Entender la información proporcionada por el fondo cósmico de microondas y sus anisotropías.

2.2. Resultados de aprendizaje

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

- Conocer la ley de Hubble, la descripción de la expansión del universo mediante coordenadas comóviles y la medida de distancias en términos del "redshift" o corrimiento al rojo.
- Deducir la evolución del factor de escala en situaciones de dominio de radiación o materia, o de una constante cosmológica.
- Manejar las distintas formas de la métrica del espacio-tiempo para los tres tipos de geometrías espaciales del universo.
- Saber cuáles son los parámetros del modelo cosmológico Lambda-CDM y cómo se obtienen a partir de las observaciones experimentales.
- Describir la historia térmica del universo y la nucleosíntesis primordial, así como las condiciones genéricas para los mecanismos de bariogénesis.
- Enunciar el problema del horizonte y conocer los fundamentos de las teorías inflacionarias, así como la descripción de las perturbaciones que producen.
- Saber analizar el espectro de potencia de las anisotropías presentes en el fondo de radiación de microondas.

2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Como ya se ha indicado anteriormente, la cosmología es una disciplina transversal a muchos de los contenidos ofrecidos en el máster. De hecho, varios de los resultados de aprendizaje de la presente asignatura son de gran importancia en otras asignaturas de astrofísica, astropartículas o física de partículas. Ejemplos de esta conexión son la relevancia de la expansión del universo en la descripción de la propagación de astropartículas y de ondas gravitacionales, así como en las observaciones astrofísicas de fuentes cósmicas, o las cotas que ofrece la cosmología a la suma de la masa de los neutrinos.

Aparte de la relevancia de lo expuesto para un futuro investigador en las distintas áreas mencionadas, la cosmología está hoy día en una edad de oro observacional, con un modelo firmemente establecido por las observaciones, pero en el que también existen discrepancias que podrían ser indicaciones de nueva física, como la que existe en las medidas de la constante de Hubble. Por ello, el dominio de los conceptos y resultados de aprendizaje de la asignatura permitirá al estudiante iniciarse en un campo de investigación prometedor y de gran actualidad.

3. Evaluación

3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

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

- Valoración de informes y trabajos escritos (20%)
- Valoración de análisis de casos, resolución de problemas, cuestiones y otras actividades (30%)
- Valoración de exposiciones orales de trabajos (10%)
- Valoración de las pruebas de evaluación (30%)
- Evaluación del trabajo computacional (10%)

La nota final se obtendrá según el porcentaje asignado a cada actividad de evaluación. Para superar la asignatura, esta nota final debe ser igual o superior a 5.0 y no inferior a 4.0 en cada una de las actividades.

Superación de la asignatura mediante una prueba global única

La asignatura ha sido diseñada para estudiantes que asistan a las clases presenciales en el aula y realicen las actividades de evaluación anteriormente expuestas. Sin embargo, habrá también una prueba de evaluación para aquellos estudiantes que no hayan realizado las actividades de evaluación o no las hayan superado.

Esta prueba de evaluación global se realizará en las fechas establecidas por la Facultad de Ciencias y consistirá en una evaluación de los mismos resultados de aprendizaje que en las pruebas de evaluación continua.

Calificación de Matrícula de Honor

Se otorgará la calificación de matrícula de Honor a estudiantes que consigan las calificaciones máximas, siempre y cuando sea por encima de 9.0.

4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

4.1. Presentación metodológica general

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

- Clases magistrales participativas
- Aprendizaje basado en problema
- Resolución de casos
- Prácticas computacionales
- Exposiciones orales de trabajos
- Trabajos escritos
- Tutorías
- Trabajo en pequeños grupos
- Trabajo y estudio personal
- Pruebas de evaluación

4.2. Actividades de aprendizaje

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

- Participación y asistencia a lecciones magistrales de forma presencial o telemática: 30 horas presenciales.
- Análisis de casos, puesta en común y debate sobre los contenidos de la asignatura: 10 horas, 7 presenciales.
- Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura: 10 horas, 7 presenciales.
- Realización de prácticas de computación: 10 horas, 7 presenciales.
- Realización y presentación escrita de trabajos: 20 horas no presenciales.
- Realización y presentación oral de trabajos: 10 horas, 1 presencial.
- Tutorías de forma presencial o telemática: 10 horas, 5 presenciales.
- Estudio individual: 40 horas no presenciales.
- Pruebas de evaluación escrita u oral: 3 horas presenciales.
- Debates en foro de discusión: 7 horas no presenciales.

Las actividades docentes y de evaluación se llevarán a cabo de modo presencial salvo que, debido a la situación sanitaria, las disposiciones emitidas por las autoridades competentes y por la Universidad de Zaragoza obliguen a realizarlas de forma telemática o semi-telemática con aforos reducidos rotatorios.

4.3. Programa

1. Introducción a la historia del universo. Ley de Hubble.
2. Cosmología de Friedmann-Robertson-Walker.
3. Termodinámica del Universo. Historia térmica, nucleosíntesis. Bariogénesis.

4. Evidencias de la expansión acelerada del Universo. El fondo cósmico de microondas.
5. Inflación. Anisotropías del fondo cósmico de microondas.

4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las fechas serán establecidas y anunciadas por los profesores al inicio del curso.

Las clases comenzarán y finalizarán en las fechas indicadas por la Facultad de Ciencias.

- Clases de teoría y problemas: 2/3 sesiones por semana.
- Clases de prácticas de computación: serán anunciadas por los profesores a comienzo del curso.
- Sesiones de evaluación: fechas a decidir.

4.5. Bibliografía y recursos recomendados

<http://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=68355>