

ÍNDICE

1. Denominación del título
2. Ámbito y rama de conocimiento
3. Centro o centros de impartición
4. Datos de la titulación
5. Estructura del proyecto formativo de la titulación
6. Resultados de aprendizaje de la titulación
7. Estructura de la titulación
8. Definición de las asignaturas
9. Resultados de aprendizaje de las asignaturas
10. Planificación temporal de la titulación
11. Áreas de conocimiento vinculadas
12. Asignaturas punto de control de competencias transversales
13. Tabla de adaptación de asignaturas
14. Historial del documento

1. DENOMINACIÓN DEL TÍTULO

Máster Universitario en Física del Universo: Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas
Master Degree in Physics of the Universe: Cosmology, Astrophysics, Particles, and Astroparticles

2. ÁMBITO Y RAMA DE CONOCIMIENTO

Ámbito de conocimiento
Física y astronomía
Rama de conocimiento
Ciencias

3. CENTRO o CENTROS DE IMPARTICIÓN

Centro
Facultad de Ciencias (Zaragoza)

4. DATOS DE LA TITULACIÓN

ECTS de la titulación	60
Modalidad	Presencial
Título habilitante	No
Mención dual	No
Título conjunto	No
Tipo interdisciplinar	Interdisciplinar (6 ECTS)

5. ESTRUCTURA DEL PROYECTO FORMATIVO DE LA TITULACIÓN

Distribución del plan de estudios en créditos ECTS, por tipo de formación. Las asignaturas **optativas** refieren al número de créditos ofertados. Las **prácticas externas** refieren a las prácticas obligatorias.

Tipo de formación	Créditos ECTS	N. de asignaturas
Obligatorias (OB)	15	2
Optativas a cursar (OP)	66	11
Prácticas externas obligatorias (PE)	0	0
Trabajo fin de máster (TFM)	15	1
Total créditos ECTS	96	14
Complementos formativos (CF)	0	0

6. RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA TITULACIÓN

6.1 Conocimientos:

CON-1. Describir las líneas de investigación puntera en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas

- Revisar tópicos de investigación puntera en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas, presentados en clases temáticas.

CON-2. Citar los grandes centros e instalaciones donde se desarrolla este tipo de investigación para tener una visión global y actual de la investigación en estos temas

- Identificar los principales observatorios y centros internacionales dedicados a la detección de neutrinos, rayos gamma, rayos cósmicos y ondas gravitacionales.
- Informar sobre observatorios astrofísicos para entender su funcionamiento, incluyendo visita al Observatorio Astrofísico de Javalambre.
- Identificar las características principales de los grandes centros e instalaciones de física de altas energías, relacionando su función con los objetivos de investigación que persiguen.
- Revisar las principales instalaciones para la búsqueda de materia oscura: laboratorios subterráneos, instalaciones para la búsqueda de axiones, o grandes telescopios.
- Identificar las características distintivas de las instalaciones de aceleradores de partículas relevantes en la exploración de nuevos candidatos a materia oscura.
- Describir instalaciones donde se desarrolla la investigación en astrofísica, física de partículas y astropartículas: centros de aceleradores, laboratorios subterráneos, observatorios, y otros centros de investigación.

CON-3. Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación

- Discutir la contribución de misiones espaciales, redes de telescopios terrestres, y otros experimentos en el avance de la astrofísica multimensajero.
- Discutir la importancia de las redes internacionales de detección (como GCN, SNEWS) para coordinar observaciones multimensajero y maximizar su eficacia.
- Identificar los fundamentos y consecuencias de los aspectos relativistas de la radiación y sus efectos cuánticos.
- Reconocer e interpretar la electrodinámica cuántica como introducción a las teorías gauge, siendo la invariancia gauge local el punto de partida para la formulación de las interacciones fundamentales.
- Discutir la cuantización de campos en el formalismo funcional y de operadores, y explicar el rol de las simetrías en teoría cuántica de campos.
- Describir el Modelo Estándar de la Física de Partículas.
- Describir los grandes instrumentos actuales en observatorios terrestres, así como las principales misiones espaciales, y los grandes observatorios de ondas gravitacionales.
- Identificar los diferentes tipos de instrumentación astronómica, dependiendo de su longitud de onda.

- Describir los principales experimentos de física de partículas (como ATLAS, CMS, LHCb o Belle II), reconociendo sus metas científicas y la magnitud de las colaboraciones internacionales que los sostienen.
- Describir los principales candidatos a materia oscura en el Universo, incluyendo sus propiedades teóricas, características observacionales y posibles vías de detección.
- Describir las técnicas experimentales más frecuentes en los experimentos de búsqueda de materia oscura, tanto de forma directa como indirecta.
- Revisar los experimentos más importantes dedicados a la detección directa de WIMPs y de axiones.
- Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación.

CON-4. Explorar a fondo las teorías fundamentales que explican la evolución del universo, la estructura de los astros y la naturaleza de las partículas subatómicas

- Inferir con la conservación de energía y momento, y con el transporte de energía en una estrella, las ecuaciones básicas de la estructura estelar.
- Discutir las componentes de una estrella (gas ideal, radiación, gas de electrones degenerados) y la producción de energía nuclear.
- Discutir las hipótesis que conducen a las ecuaciones de Einstein para el campo gravitatorio e identificar el límite newtoniano de estas ecuaciones.
- Demostrar la existencia de ondas gravitacionales en la aproximación lineal a las ecuaciones de Einstein.
- Explicar los principios básicos de la inflación y describir las características principales de la dinámica de los campos escalares durante este proceso.
- Describir los procesos físicos responsables de la historia térmica del universo.
- Identificar las limitaciones del Modelo Estándar de Física de Partículas y debatir sus posibles extensiones.
- Discutir teorías actuales en el ámbito de la cosmología, la astrofísica y la física de partículas, presentadas en las clases temáticas y en seminarios impartidos por expertos.

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Describir la evolución estelar temprana y la evolución posterior a la secuencia principal.
- Explicar la formación y evolución de galaxias en el contexto cosmológico, a través de procesos de acreción, fusión e interacción galáctica.
- Relacionar la morfología galáctica y las propiedades de las poblaciones estelares, la dinámica interna y el medio intergaláctico.
- Describir elementos de técnicas de simulación numérica para el estudio de interacciones galácticas y evolución de galaxias en entornos densos.
- Revisar métodos espectroscópicos y fotométricos para el análisis de poblaciones estelares y la determinación de parámetros físicos de galaxias.
- Discutir el análisis de líneas de absorción en el Lyman-alpha forest y su relación con la estructura a gran escala del universo.
- Describir los mecanismos de emisión de partículas y radiación en fenómenos astrofísicos extremos, como explosiones de supernovas, estallidos de rayos gamma o núcleos galácticos activos.
- Revisar el papel de los neutrinos en astrofísica y cosmología: en la formación de las grandes estructuras, o en el fondo cósmico de microondas.
- Discutir el marco teórico que explica las oscilaciones de neutrinos y los puntos todavía abiertos como naturaleza Dirac o Majorana, mecanismos de generación de masa o escala absoluta.
- Revisar los diferentes experimentos dedicados a la medida de las oscilaciones de neutrinos, a su escala de masa absoluta o a su naturaleza Dirac o Majorana.
- Comparar las ecuaciones de equilibrio hidrostático para un fluido con simetría esférica en la teoría de Newton y en la relatividad general.
- Revisar las herramientas matemáticas y computacionales que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en física de partículas.
- Revisar el modelo Λ CDM distinguiendo los aspectos cinemáticos, basados en las métricas FLRW y las distancias cosmológicas, de los dinámicos, definidos por las ecuaciones de Friedmann y los componentes del universo, para comprender su evolución.

- Identificar las propiedades del espectro de anisotropías del CMB y relacionarlas con perturbaciones de densidad y las características iniciales del Universo.
- Discutir el marco teórico que explica los diversos modelos y candidatos a materia oscura, el axión, la física de la partícula de Higgs y anomalías en la física de sabor.
- Revisar medidas experimentales existentes sobre la búsqueda de nueva física, búsquedas indirectas y experimentos de altas energías, así como las herramientas para su análisis e interpretación final.
- Discutir las motivaciones teóricas y experimentales para la materia oscura: evidencias astrofísicas y cosmológicas.
- Explicar los mecanismos de producción de materia oscura y axiones en el Universo primitivo y su impacto en cosmología y astrofísica.
- Inferir las propiedades del axión que predicen diferentes teorías e identificar parámetros y propiedades clave para su posible detección.
- Examinar los modelos cosmológicos, astrofísicos y de física de partículas presentados en las clases temáticas y en seminarios impartidos por expertos.

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

- Identificar telescopios, detectores, espectrógrafos y otros dispositivos avanzados que recopilan y analizan luz y partículas para la obtención de datos astrofísicos.
- Diseñar un montaje experimental que incluya el ensamblaje de un detector de partículas y su cadena de procesado de señal.
- Describir las técnicas de detección de rayos gamma, rayos cósmicos y neutrinos de alta energía, según tipo de partícula, energía y flujo esperado.
- Identificar el detector más adecuado para cada tipo de aplicación, en función radiación, rango de energía o propósito.
- Discutir la aplicación de la física de los detectores de astropartículas y física de partículas en áreas como la energía, la medicina o la industria.
- Identificar telescopios, detectores, espectrógrafos y otros dispositivos avanzados que recopilan y analizan la luz, las partículas y otros datos cósmicos para estudiar el origen, la evolución y la composición del universo.

CON-7. Discutir las técnicas experimentales utilizadas en este ámbito para detectar e identificar las señales obtenidas en la instrumentación

- Reconocer las diferentes formas de interacción de las partículas con la materia.
- Explicar cómo funciona un detector de partículas y cuál ha sido su evolución histórica.
- Reconocer las señales que deja la interacción de la radiación en los materiales usados comúnmente como detectores.
- Revisar técnicas experimentales para identificar y controlar o reducir las diferentes fuentes de radiación de fondo.

CON-8. Revisar las herramientas matemáticas que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en cosmología, astrofísica y física de partículas

- Revisar las herramientas matemáticas necesarias para describir la evolución estelar y la creación de galaxias.
- Reconocer y explicar las herramientas matemáticas empleadas en la formulación de la relatividad general, con énfasis en el cálculo tensorial y la geometría diferencial aplicados a la solución de Schwarzschild para un campo gravitatorio con simetría esférica.
- Reconocer y describir las herramientas matemáticas empleadas en la formulación de los conceptos y teorías fundamentales de la cosmología, como las ecuaciones de Friedmann y la métrica FLRW.
- Describir matemáticamente los procesos de colisión, desintegración y producción de partículas.
- Reconocer los conceptos básicos de geometría diferencial, análisis tensorial y grupos y álgebras de Lie de especial importancia en cosmología, relatividad general y física de partículas.

CON-9. Comprender los métodos estadísticos necesarios para el análisis e interpretación de datos obtenidos en experimentos o simulaciones en el ámbito del Título

- Identificar herramientas de análisis de los datos obtenidos en la cadena de procesamiento de la señal de un detector de partículas: de la adquisición de datos al resultado final.
- Discutir diferentes herramientas de análisis de los datos obtenidos en un detector de partículas.
- Discutir diferentes herramientas de análisis e interpretación de los datos registrados en telescopios, detectores, espectrógrafos y otros dispositivos utilizados en la astrofísica observacional.
- Revisar los métodos numéricos y de análisis de datos de utilidad en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas.
- Discutir los conceptos fundamentales de probabilidad y estadística aplicados a los campos de la física de partículas, astrofísica y cosmología.

CON-10. Identificar las herramientas computacionales utilizadas para la formulación de teorías, tratamiento de datos, o simulaciones

- Revisar la instrumentación que permite el procesamiento de la señal obtenida en los detectores.
- Revisar algunos datos proporcionados por experimentos de rayos gamma y rayos cósmicos y las conclusiones obtenidas tras su análisis.
- Revisar datos experimentales sobre oscilaciones de neutrinos y entender cómo se han extraído conclusiones sobre los parámetros de estas oscilaciones.
- Seleccionar herramientas computacionales para la realización de simulaciones en función de las diferentes aplicaciones.
- Identificar bases de datos sobre decaimientos nucleares, interacciones de partículas y contaminación radioactiva.
- Reconocer y enumerar las herramientas computacionales más comunes en el análisis de datos observacionales, la simulación numérica y la formulación de modelos en cosmología.
- Identificar herramientas estadísticas y computacionales necesarias para el análisis e interpretación de datos obtenidos en los experimentos de detección de materia oscura.
- Identificar bases de datos con información y herramientas para astronomía y física de partículas.

6.2 Habilidades:

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Examinar las observaciones de estrellas y de objetos compactos a partir de las ecuaciones básicas de la estructura estelar y de las propiedades de la materia estelar.
- Clasificar las galaxias según la secuencia de Hubble y otros criterios morfológicos y estructurales.
- Interpretar observaciones de galaxias activas y cuásares en el marco de modelos de núcleos galácticos activos (AGN).
- Examinar modelos de formación estelar y evolución química para explicar las propiedades de las poblaciones estelares en galaxias.
- Seleccionar teorías sobre aceleración en fuentes astrofísicas y los mecanismos de producción de rayos cósmicos, rayos gamma y neutrinos de alta energía.
- Analizar teorías sobre rayos cósmicos de muy alta energía y su conexión con las propiedades observadas, como espectro y composición, así como las de otros mensajeros.
- Debatir la relevancia de las ondas gravitacionales como mensajero complementario para estudiar la fusión de agujeros negros y estrellas de neutrones.
- Evaluar algunas de las consecuencias experimentales de las ecuaciones de Einstein: dilatación del tiempo, deflexión de la luz por un cuerpo masivo y precesión del perihelio.
- Analizar con métodos computacionales y numéricos las soluciones de Schwarzschild y de Kerr.
- Abordar y resolver un problema en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas.
- Analizar las predicciones de diferentes modelos sencillos de Teoría Cuántica de Campos y comparar con los resultados experimentales.

- Aplicar la ecuación de Boltzmann para describir fenómenos fuera del equilibrio, como la formación de reliquias de materia oscura y la nucleosíntesis primordial.
- Ser capaz de sintetizar nuevas ideas y técnicas y analizar el contexto teórico para realizar predicciones y explicar las observaciones en física de partículas.
- Comparar modelos de nueva física de acuerdo con el contenido de partículas, simetrías de la teoría y sus predicciones.
- Analizar datos físicos cuantitativos y cualitativos para convertirlos en información útil para la construcción o verificación de teorías físicas.
- Evaluar y seleccionar teorías de materia oscura como explicación a observaciones astrofísicas y cosmológicas.
- Analizar críticamente las limitaciones del modelo estándar de cosmología (Λ CDM), destacando la necesidad de incluir un nuevo componente material en el Universo.
- Comparar y categorizar candidatos a la materia oscura del Universo.
- Debatir sobre las teorías presentadas en las clases que explicarían observaciones astrofísicas y cosmológicas.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Usar relaciones de homología para desarrollar modelos sencillos para diferentes fases de la evolución estelar.
- Utilizar la estadística de Fermi para describir determinados objetos compactos.
- Construir modelos matemáticos sencillos para tratar diferentes fases de la evolución estelar y comparar sus predicciones con resultados observaciones.
- Derivar las expresiones que describen las oscilaciones de neutrinos en el vacío y analizar cómo estas se modifican en presencia de materia.
- Calcular la energía y el momento transportado por ondas gravitacionales, así como su producción en la aproximación cuadrupolar.
- Resolver problemas asociados a soluciones exactas de las ecuaciones de Einstein, como la métrica de Schwarzschild o de Kerr, identificando sus principales implicaciones físicas en astrofísica relativista.
- Diseñar y formular matemáticamente teorías y modelos sencillos para problemas físicos y/o nuevas ideas.
- Implementar técnicas para minimizar aberraciones en sistemas ópticos, evaluando soluciones como diseño de lentes especiales, óptica adaptativa y calibraciones computacionales.
- Aplicar técnicas matemáticas y modelos teóricos de la cosmología (como la relatividad general, ecuaciones de Friedmann y perturbaciones cosmológicas) para resolver problemas relacionados con la evolución y estructura del universo.
- Analizar e interpretar críticamente datos observacionales (como el corrimiento al rojo, la radiación cósmica de fondo o la distribución de galaxias) para contrastarlos con predicciones teóricas y evaluar la validez de diferentes modelos cosmológicos.
- Evaluar a nivel fenomenológico la situación actual de la física de partículas y la astrofísica e identificar las principales teorías físicas y sus límites de validez o problemas abiertos.
- Describir matemáticamente los factores que intervienen en la eficiencia de detección de diferentes candidatos de materia oscura.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

- Revisar la base matemática de la resolución numérica de ecuaciones diferenciales y su aplicación computacional a la estructura estelar.
- Diseñar y realizar simulaciones computacionales para entender el funcionamiento de la instrumentación utilizada en la detección de rayos gamma, rayos cósmicos y neutrinos.
- Utilizar herramientas matemáticas y computacionales para modelar la propagación de partículas en medios galácticos y extragalácticos.
- Analizar datos de radiación astrofísica utilizando herramientas específicas para interpretar fenómenos como agujeros negros, supernovas, y formación estelar y astrofísica extragaláctica.

- Desarrollar la reducción de observaciones astronómicas a través de la realización de observaciones astrofísicas (Observatorio de Javalambre) y/o uso de datos de acceso público de otras instalaciones similares.
- Construir modelos matemáticos parametrizados que respondan a resultados de fenomenología, y evaluar la validez del modelo o teoría propuesto.
- Utilizar métodos matemáticos, estadísticos y computacionales para formular hipótesis, idear experimentos, e interpretar datos.
- Diseñar e implementar modelos simplificados que describan el papel de axiones y WIMPs como candidatos a materia oscura, comparando sus predicciones con observaciones astrofísicas y cosmológicas disponible.
- Plantear y resolver problemas y desarrollos teóricos en cosmología, astrofísica y física de partículas.
- Desarrollar y trabajar de forma colaborativa en proyectos de software.
- Diseñar un montaje experimental para la detección de partículas.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Aplicar técnicas estadísticas para caracterizar distribuciones de galaxias en grandes relevamientos astronómicos.
- Lograr un resultado a partir de la información recabada en el laboratorio, mediante técnicas de análisis de datos, herramientas estadísticas, y simulaciones.
- Diseñar sistemas de detección para propósitos específicos, elegir una cadena electrónica para procesar una señal, y analizar los datos adquiridos.
- Implementar herramientas estadísticas y métodos computacionales para procesar e interpretar datos experimentales de rayos cósmicos, rayos gamma y multimensajeros, evaluando la significancia de los resultados y comparándolos con modelos teóricos.
- Interpretar y analizar los datos recogidos en el laboratorio usando software genérico o específico.
- Calcular la edad del universo en función de los parámetros cosmológicos, utilizando herramientas analíticas y numéricas.
- Aplicar técnicas estadísticas y computacionales (como ajuste de parámetros cosmológicos, inferencia bayesiana, simulaciones Monte Carlo o análisis de catálogos de galaxias) al estudio de datos cosmológicos, incluyendo la radiación cósmica de fondo, el corrimiento al rojo y las estructuras a gran escala.
- Realizar predicciones de una teoría dada, utilizando métodos de cálculo analítico y simulación numérica.
- Aplicar métodos matemáticos, estadísticos y computacionales al análisis de datos de experimentos de materia oscura.
- Analizar e interpretar datos utilizando métodos numéricos y estadísticos.
- Interpretar la información que aparece en las bases de datos de observaciones astrofísicas.

HAB-5. Utilizar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación

- Programar un entorno multi-instrumento de adquisición de medidas.
- Implementar simulaciones para estudiar interacciones de partículas y procesos de detección, y crear proyectos de simulación centrados en aplicaciones.
- Ser capaz de lograr un resultado a partir de la información recabada en el laboratorio, mediante técnicas de análisis de datos, herramientas estadísticas, y simulaciones.
- Diseñar métodos eficaces para la supresión de fondo, adaptados a cada configuración experimental.
- Crear configuraciones experimentales para diversas aplicaciones, como detectores de bajo fondo radioactivo, tecnología nuclear o física médica.
- Emplear herramientas informáticas de simulación cosmológica (por ejemplo, códigos de evolución de perturbaciones como CAMB o CLASS, y simulaciones N-body) para modelar la expansión del universo, la formación de estructuras y la evolución de la radiación cósmica de fondo.
- Aplicar entornos de análisis de datos científicos (como Python con librerías especializadas: NumPy, SciPy, Astropy, Matplotlib, Healpy) para procesar, visualizar y comparar resultados de simulaciones y observaciones cosmológicas.

- Utilizar lenguajes de programación y software especializados para desarrollar cálculos, análisis de datos y simulaciones relacionados con los candidatos a materia oscura.
- Aplicar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación.

HAB-6. Aplicar técnicas observacionales e instrumentales al trabajo experimental en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas.

- Discutir la aplicación de detectores CCDs para astronomía óptica y las antenas para astronomía de radiofrecuencias.
- Explicar el efecto de la atmósfera terrestre sobre las observaciones astronómicas y los fundamentos de la óptica adaptativa.
- Describir las principales aberraciones ópticas (como esférica, cromática, coma y astigmatismo) y sus causas en sistemas ópticos astronómicos.
- Interpretar el diseño y funcionamiento de un telescopio básico.
- Clasificar las diferentes formas de radiación astrofísica (como rayos X, gamma, y ondas de radio) y sus fuentes en el universo.
- Utilizar observaciones de interferometría con radio telescopios para la toma de imágenes y el estudio de agujeros negros.
- Realizar prácticas en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) en el ámbito de física de partículas y astropartículas.
- Realizar prácticas observacionales en Galáctica con el apoyo de investigadores del Centro de estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA).

6.3 Competencias:

CTR-1. Valores democráticos y sostenibilidad. Desarrollar el compromiso con la sociedad en la que vivimos para que ésta prospere a través de las dimensiones de los valores democráticos y de la sostenibilidad, materializada en el marco global que la defina en cada momento

- Realizar acciones individuales o colectivas para lograr el progreso de la sociedad y la mejora del planeta.

CTR-2. Trabajo en equipo. Colaborar activamente con un grupo de personas para lograr una meta común sumando los diferentes talentos

- Empatizar con las personas del equipo tanto en cuestiones que tienen relación con las tareas como con las relaciones interpersonales.
- Abordar los problemas en el funcionamiento del equipo de manera asertiva tratando de detectar de manera preventiva las situaciones complicadas.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

CTR-4. Inteligencia emocional. Comprender y regular las emociones propias y las de los demás para interactuar y participar de una manera eficaz y constructiva en la vida social y profesional

- Reconocer las emociones de las personas que nos rodean para poder anticiparse a posibles conductas y situaciones derivadas de dichas emociones.
- Saber mediar de manera propositiva ante situaciones de disenso buscando los puntos de encuentro y valorando la diferencia de opinión.

CTR-5. Innovación y Creatividad. Diseñar y realizar una tarea nueva o un proyecto de forma diferente utilizando creatividad y curiosidad para aportar valor con actitud emprendedora.

- Tener capacidad de mejora para aportar valor.
- Asumir riesgos utilizando estrategias que permitan prever y evaluar los resultados.

CTR-6. Autoaprendizaje permanente. Utilizar el aprendizaje de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo y flexible a lo largo y ancho de la vida para formar parte de una ciudadanía activa, motivada e integrada favoreciendo la mejora de empleo o el desarrollo personal

- Ser eficiente en la selección de los recursos de aprendizaje multidisciplinar que permitan la mejora de empleo o el desarrollo personal.

CTR-7. Comunicación. Comunicar los resultados del trabajo científico, de forma oral o escrita, en castellano o inglés, a un público especializado o general, de un modo claro y sin ambigüedades

- Realizar y defender un trabajo de investigación sobre un tema actual de cosmología, la astrofísica y la física de partículas.
- Participar en actividades de divulgación científica.
- Ser capaz de comunicar, de forma clara y concisa, los resultados de una investigación a un público especializado, en formato oral y escrito, en español o en inglés.

CTR-8. Trabajo autónomo: Organizar, planificar y llevar a cabo un trabajo científico-técnico de forma autónoma

- Planificar, coordinar y desarrollar pequeños proyectos científico- técnicos de forma autónoma.
- Ser capaz de organizar, planificar y realizar una trabajo científico de forma autónoma.

7. ESTRUCTURA DE LA TITULACIÓN

Módulo	Interdisciplinar (6 ECTS)
Materia	Interdisciplinar (6 ECTS)
Asignaturas	Interdisciplinar (6 ECTS)

Módulo	Obligatorio (15 ECTS)
Materia	Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas (9 ECTS)
Asignaturas	Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas (9 ECTS)
Materia	Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas (6 ECTS)
Asignaturas	Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas (6 ECTS)

Módulo	Optativo (60 ECTS)
Materia	Astrofísica (12 ECTS)
Asignaturas	Astrofísica estelar y extragaláctica (6 ECTS)
	Astrofísica observacional (6 ECTS)
Materia	Cosmología y gravitación (12 ECTS)
Asignaturas	Relatividad general y ondas gravitacionales (6 ECTS)
	Cosmología (6 ECTS)
Materia	Física de astropartículas (12 ECTS)

Asignaturas	Física de astropartículas: rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos (6 ECTS)
	Física de astropartículas: el Universo oscuro (6 ECTS)
Materia	Física de partículas (12 ECTS)
Asignaturas	Teoría de campos y partículas (6 ECTS)
	Fenomenología de física de partículas (6 ECTS)
Materia	Tecnología e instrumentación (12 ECTS)
Asignaturas	Detectores de partículas: fundamentos físicos, diseño y operación (6 ECTS)
	Aplicaciones de los detectores de partículas en ciencia y tecnología (6 ECTS)

Módulo	Trabajo Fin de Máster (15 ECTS)
Materia	Trabajo Fin de Máster (15 ECTS)
Asignaturas	Trabajo Fin de Máster (15 ECTS)

8. DEFINICIÓN DE LAS ASIGNATURAS

Módulo	Interdisciplinar	
Materia	Interdisciplinar	
Asignatura	Nombre	Interdisciplinar
	Nombre en Inglés	
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Cualquier semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	
	Observaciones	

Módulo		Obligatorio
Materia	Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas	
Asignatura	Nombre	Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas
	Nombre en Inglés	Methods and techniques in cosmology, astrophysics, and particle physics
	Tipología	Obligatoria
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Anual
	Mención Dual	No
	ECTS	9
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	(1) Innovación y creatividad; y (2) Autoaprendizaje permanente
	Área de conocimiento vinculada	(1) Astronomía y Astrofísica; (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear; y (3) Física Teórica
	Observaciones	
Materia	Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas	
Asignatura	Nombre	Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas
	Nombre en Inglés	Current topics in cosmology, astrophysics, and particle physics
	Tipología	Obligatoria
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Anual
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	(1) Trabajo en equipo; y (2) Inteligencia emocional
	Área de conocimiento vinculada	(1) Astronomía y Astrofísica; (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear; y (3) Física Teórica

Observaciones

Módulo

Optativo

Materia	Astrofísica	
Asignatura	Nombre	Astrofísica estelar y extragaláctica
	Nombre en Inglés	Stellar and extragalactic astrophysics
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Primer semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Astronomía y Astrofísica
	Observaciones	
	Observaciones	
Asignatura	Nombre	Astrofísica observacional
	Nombre en Inglés	Observational astrophysics
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Segundo semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	(1) Astronomía y Astrofísica; y (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear
	Observaciones	
	Observaciones	

Materia	Cosmología y gravitación	
Asignatura	Nombre	Relatividad general y ondas gravitacionales
	Nombre en Inglés	General relativity and gravitational waves
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Primer semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Física Teórica
	Observaciones	
Asignatura	Nombre	Cosmología
	Nombre en Inglés	Cosmology
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Segundo semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	(1) Astronomía y Astrofísica; y (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear
	Observaciones	
Materia	Física de astropartículas	
Asignatura	Nombre	Física de astropartículas: rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos

	Nombre en Inglés	Astroparticle Physics: gamma rays, neutrinos, and cosmic rays
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Primer semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Física Atómica, Molecular y Nuclear
	Observaciones	
Asignatura	Nombre	Física de astropartículas: el Universo oscuro
	Nombre en Inglés	Astroparticle Physics: the dark Universe
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Segundo semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Física Atómica, Molecular y Nuclear
	Observaciones	

Materia	Física de partículas	
Asignatura	Nombre	Teoría de campos y partículas
	Nombre en Inglés	Field theory and particles
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	

	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Primer semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Física Teórica
	Observaciones	
Asignatura	Nombre	Fenomenología de física de partículas
	Nombre en Inglés	Particle physics phenomenology
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Segundo semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Física Teórica
	Observaciones	

Materia	Tecnología e instrumentación	
Asignatura	Nombre	Detectores de partículas: fundamentos físicos, diseño y operación
	Nombre en Inglés	Particle detectors: physical foundations, design and operation
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Primer semestre
	Mención Dual	No

	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Física Atómica, Molecular y Nuclear
	Observaciones	
Asignatura	Nombre	Aplicaciones de los detectores de partículas en ciencia y tecnología
	Nombre en Inglés	Applications of particle detectors in science and technology
	Tipología	Optativa
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Segundo semestre
	Mención Dual	No
	ECTS	6
	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	
	Área de conocimiento vinculada	Física Atómica, Molecular y Nuclear
	Observaciones	

Módulo	Trabajo Fin de Máster	
Materia	Trabajo Fin de Máster	
Asignatura	Nombre	Trabajo Fin de Máster
	Nombre en Inglés	Master Thesis
	Tipología	Trabajo fin de Máster
	Ámbito (si FB)	
	Curso	Primer curso
	Semestre o Semestres	Anual
	Mención Dual	No
	ECTS	15

	Idioma	(1) Español; y (2) Inglés
	Modalidad	Presencial
	Punto Control	(1) Democracia y sostenibilidad; y (2) Pensamiento crítico
	Área de conocimiento vinculada	(1) Astronomía y Astrofísica; (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear; y (3) Física Teórica
	Observaciones	

9. RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LAS ASIGNATURAS

Asignatura	Astrofísica estelar y extragaláctica
CON-4. Explorar a fondo las teorías fundamentales que explican la evolución del universo, la estructura de los astros y la naturaleza de las partículas subatómicas • Inferir con la conservación de energía y momento, y con el transporte de energía en una estrella, las ecuaciones básicas de la estructura estelar. • Discutir las componentes de una estrella (gas ideal, radiación, gas de electrones degenerados) y la producción de energía nuclear.	
CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas • Describir la evolución estelar temprana y la evolución posterior a la secuencia principal. • Explicar la formación y evolución de galaxias en el contexto cosmológico, a través de procesos de acreción, fusión e interacción galáctica. • Relacionar la morfología galáctica y las propiedades de las poblaciones estelares, la dinámica interna y el medio intergaláctico. • Describir elementos de técnicas de simulación numérica para el estudio de interacciones galácticas y evolución de galaxias en entornos densos. • Revisar métodos espectroscópicos y fotométricos para el análisis de poblaciones estelares y la determinación de parámetros físicos de galaxias. • Discutir el análisis de líneas de absorción en el Lyman-alpha forest y su relación con la estructura a gran escala del universo.	
CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada • Identificar telescopios, detectores, espectrógrafos y otros dispositivos avanzados que recopilan y analizan luz y partículas para la obtención de datos astrofísicos.	
CON-8. Revisar las herramientas matemáticas que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en cosmología, astrofísica y física de partículas • Revisar las herramientas matemáticas necesarias para describir la evolución estelar y la creación de galaxias.	
HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas • Examinar las observaciones de estrellas y de objetos compactos a partir de las ecuaciones básicas de la estructura estelar y de las propiedades de la materia estelar. • Clasificar las galaxias según la secuencia de Hubble y otros criterios morfológicos y estructurales. • Interpretar observaciones de galaxias activas y cuásares en el marco de modelos de núcleos galácticos activos (AGN).	

- Examinar modelos de formación estelar y evolución química para explicar las propiedades de las poblaciones estelares en galaxias.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Usar relaciones de homología para desarrollar modelos sencillos para diferentes fases de la evolución estelar.
- Utilizar la estadística de Fermi para describir determinados objetos compactos.
- Construir modelos matemáticos sencillos para tratar diferentes fases de la evolución estelar y comparar sus predicciones con resultados observaciones.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

- Revisar la base matemática de la resolución numérica de ecuaciones diferenciales y su aplicación computacional a la estructura estelar.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Aplicar técnicas estadísticas para caracterizar distribuciones de galaxias en grandes relevamientos astronómicos.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura

Detectores de partículas: fundamentos físicos, diseño y operación

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

- Diseñar un montaje experimental que incluya el ensamblaje de un detector de partículas y su cadena de procesamiento de señal.

CON-7. Discutir las técnicas experimentales utilizadas en este ámbito para detectar e identificar las señales obtenidas en la instrumentación

- Reconocer las diferentes formas de interacción de las partículas con la materia.
- Explicar cómo funciona un detector de partículas y cuál ha sido su evolución histórica.
- Reconocer las señales que deja la interacción de la radiación en los materiales usados comúnmente como detectores.

CON-9. Comprender los métodos estadísticos necesarios para el análisis e interpretación de datos obtenidos en experimentos o simulaciones en el ámbito del Título

- Identificar herramientas de análisis de los datos obtenidos en la cadena de procesamiento de la señal de un detector de partículas: de la adquisición de datos al resultado final.

CON-10. Identificar las herramientas computacionales utilizadas para la formulación de teorías, tratamiento de datos, o simulaciones

- Revisar la instrumentación que permite el procesamiento de la señal obtenida en los detectores.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Lograr un resultado a partir de la información recabada en el laboratorio, mediante técnicas de análisis de datos, herramientas estadísticas, y simulaciones.

- Diseñar sistemas de detección para propósitos específicos, elegir una cadena electrónica para procesar una señal, y analizar los datos adquiridos.

HAB-5. Utilizar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación

- Programar un entorno multi-instrumento de adquisición de medidas.

CTR-2. Trabajo en equipo. Colaborar activamente con un grupo de personas para lograr una meta común sumando los diferentes talentos

- Empatizar con las personas del equipo tanto en cuestiones que tienen relación con las tareas como con las relaciones interpersonales.
- Abordar los problemas en el funcionamiento del equipo de manera asertiva tratando de detectar de manera preventiva las situaciones complicadas.

Asignatura

Física de astropartículas: rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos

CON-2. Citar los grandes centros e instalaciones donde se desarrolla este tipo de investigación para tener una visión global y actual de la investigación en estos temas

- Identificar los principales observatorios y centros internacionales dedicados a la detección de neutrinos, rayos gamma, rayos cósmicos y ondas gravitacionales.

CON-3. Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación

- Discutir la contribución de misiones espaciales, redes de telescopios terrestres, y otros experimentos en el avance de la astrofísica multimensajero.
- Discutir la importancia de las redes internacionales de detección (como GCN, SNEWS) para coordinar observaciones multimensajero y maximizar su eficacia.

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Describir los mecanismos de emisión de partículas y radiación en fenómenos astrofísicos extremos, como explosiones de supernovas, estallidos de rayos gamma o núcleos galácticos activos.
- Revisar el papel de los neutrinos en astrofísica y cosmología: en la formación de las grandes estructuras, o en el fondo cósmico de microondas.
- Discutir el marco teórico que explica las oscilaciones de neutrinos y los puntos todavía abiertos como naturaleza Dirac o Majorana, mecanismos de generación de masa o escala absoluta.
- Revisar los diferentes experimentos dedicados a la medida de las oscilaciones de neutrinos, a su escala de masa absoluta o a su naturaleza Dirac o Majorana.

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

- Describir las técnicas de detección de rayos gamma, rayos cósmicos y neutrinos de alta energía, según tipo de partícula, energía y flujo esperado.

CON-10. Identificar las herramientas computacionales utilizadas para la formulación de teorías, tratamiento de datos, o simulaciones

- Revisar algunos datos proporcionados por experimentos de rayos gamma y rayos cósmicos y las conclusiones obtenidas tras su análisis.
- Revisar datos experimentales sobre oscilaciones de neutrinos y entender cómo se han extraído conclusiones sobre los parámetros de estas oscilaciones.

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Seleccionar teorías sobre aceleración en fuentes astrofísicas y los mecanismos de producción de rayos cósmicos, rayos gamma y neutrinos de alta energía.
- Analizar teorías sobre rayos cósmicos de muy alta energía y su conexión con las propiedades observadas, como espectro y composición, así como las de otros mensajeros.

- Debatir la relevancia de las ondas gravitacionales como mensajero complementario para estudiar la fusión de agujeros negros y estrellas de neutrones.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Derivar las expresiones que describen las oscilaciones de neutrinos en el vacío y analizar cómo estas se modifican en presencia de materia.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

- Diseñar y realizar simulaciones computacionales para entender el funcionamiento de la instrumentación utilizada en la detección de rayos gamma, rayos cósmicos y neutrinos.
- Utilizar herramientas matemáticas y computacionales para modelar la propagación de partículas en medios galácticos y extragalácticos.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Implementar herramientas estadísticas y métodos computacionales para procesar e interpretar datos experimentales de rayos cósmicos, rayos gamma y multimensajeros, evaluando la significancia de los resultados y comparándolos con modelos teóricos.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura

Relatividad general y ondas gravitacionales

CON-4. Explorar a fondo las teorías fundamentales que explican la evolución del universo, la estructura de los astros y la naturaleza de las partículas subatómicas

- Discutir las hipótesis que conducen a las ecuaciones de Einstein para el campo gravitatorio e identificar el límite newtoniano de estas ecuaciones.
- Demostrar la existencia de ondas gravitacionales en la aproximación lineal a las ecuaciones de Einstein.

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Comparar las ecuaciones de equilibrio hidrostático para un fluido con simetría esférica en la teoría de Newton y en la relatividad general.

CON-8. Revisar las herramientas matemáticas que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en cosmología, astrofísica y física de partículas

- Reconocer y explicar las herramientas matemáticas empleadas en la formulación de la relatividad general, con énfasis en el cálculo tensorial y la geometría diferencial aplicados a la solución de Schwarzschild para un campo gravitatorio con simetría esférica.

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Evaluar algunas de las consecuencias experimentales de las ecuaciones de Einstein: dilatación del tiempo, deflexión de la luz por un cuerpo masivo y precesión del perihelio.
- Analizar con métodos computacionales y numéricos las soluciones de Schwarzschild y de Kerr.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Calcular la energía y el momento transportado por ondas gravitacionales, así como su producción en la aproximación cuadrupolar .
- Resolver problemas asociados a soluciones exactas de las ecuaciones de Einstein, como la métrica de Schwarzschild o de Kerr, identificando sus principales implicaciones físicas en astrofísica relativista.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura

Teoría de campos y partículas

CON-2. Citar los grandes centros e instalaciones donde se desarrolla este tipo de investigación para tener una visión global y actual de la investigación en estos temas

CON-3. Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación

- Identificar los fundamentos y consecuencias de los aspectos relativistas de la radiación y sus efectos cuánticos.
- Reconocer e interpretar la electrodinámica cuántica como introducción a las teorías gauge, siendo la invariancia gauge local el punto de partida para la formulación de las interacciones fundamentales.
- Discutir la cuantización de campos en el formalismo funcional y de operadores, y explicar el rol de las simetrías en teoría cuántica de campos.
- Describir el Modelo Estándar de la Física de Partículas.

CON-4. Explorar a fondo las teorías fundamentales que explican la evolución del universo, la estructura de los astros y la naturaleza de las partículas subatómicas

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Revisar las herramientas matemáticas y computacionales que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en física de partículas.

CON-8. Revisar las herramientas matemáticas que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en cosmología, astrofísica y física de partículas

CON-9. Comprender los métodos estadísticos necesarios para el análisis e interpretación de datos obtenidos en experimentos o simulaciones en el ámbito del Título

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Abordar y resolver un problema en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas.
- Analizar las predicciones de diferentes modelos sencillos de Teoría Cuántica de Campos y comparar con los resultados experimentales.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Diseñar y formular matemáticamente teorías y modelos sencillos para problemas físicos y/o nuevas ideas.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura

Aplicaciones de los detectores de partículas en ciencia y tecnología

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

- Identificar el detector más adecuado para cada tipo de aplicación, en función radiación, rango de energía o propósito.
- Discutir la aplicación de la física de los detectores de astropartículas y física de partículas en áreas como la energía, la medicina o la industria.

CON-7. Discutir las técnicas experimentales utilizadas en este ámbito para detectar e identificar las señales obtenidas en la instrumentación

- Revisar técnicas experimentales para identificar y controlar o reducir las diferentes fuentes de radiación de fondo.

CON-9. Comprender los métodos estadísticos necesarios para el análisis e interpretación de datos obtenidos en experimentos o simulaciones en el ámbito del Título

- Discutir diferentes herramientas de análisis de los datos obtenidos en un detector de partículas.

CON-10. Identificar las herramientas computacionales utilizadas para la formulación de teorías, tratamiento de datos, o simulaciones

- Seleccionar herramientas computacionales para la realización de simulaciones en función de las diferentes aplicaciones.
- Identificar bases de datos sobre decaimientos nucleares, interacciones de partículas y contaminación radioactiva.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Interpretar y analizar los datos recogidos en el laboratorio usando software genérico o específico.

HAB-5. Utilizar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación

- Implementar simulaciones para estudiar interacciones de partículas y procesos de detección, y crear proyectos de simulación centrados en aplicaciones.
- Ser capaz de lograr un resultado a partir de la información recabada en el laboratorio, mediante técnicas de análisis de datos, herramientas estadísticas, y simulaciones.
- Diseñar métodos eficaces para la supresión de fondo, adaptados a cada configuración experimental.
- Crear configuraciones experimentales para diversas aplicaciones, como detectores de bajo fondo radioactivo, tecnología nuclear o física médica.

CTR-2. Trabajo en equipo. Colaborar activamente con un grupo de personas para lograr una meta común sumando los diferentes talentos

- Empatizar con las personas del equipo tanto en cuestiones que tienen relación con las tareas como con las relaciones interpersonales.
- Abordar los problemas en el funcionamiento del equipo de manera asertiva tratando de detectar de manera preventiva las situaciones complicadas.

Asignatura	Astrofísica observacional
-------------------	---------------------------

CON-2. Citar los grandes centros e instalaciones donde se desarrolla este tipo de investigación para tener una visión global y actual de la investigación en estos temas

- Informar sobre observatorios astrofísicos para entender su funcionamiento, incluyendo visita al Observatorio Astrofísico de Javalambre.

CON-3. Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación

- Describir los grandes instrumentos actuales en observatorios terrestres, así como las principales misiones espaciales, y los grandes observatorios de ondas gravitacionales.
- Identificar los diferentes tipos de instrumentación astronómica, dependiendo de su longitud de onda.

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

- Identificar telescopios, detectores, espectrógrafos y otros dispositivos avanzados que recopilan y analizan luz y partículas para la obtención de datos astrofísicos.

CON-9. Comprender los métodos estadísticos necesarios para el análisis e interpretación de datos obtenidos en experimentos o simulaciones en el ámbito del Título

- Discutir diferentes herramientas de análisis e interpretación de los datos registrados en telescopios, detectores, espectrógrafos y otros dispositivos utilizados en la astrofísica observacional.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Implementar técnicas para minimizar aberraciones en sistemas ópticos, evaluando soluciones como diseño de lentes especiales, óptica adaptativa y calibraciones computacionales.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

- Analizar datos de radiación astrofísica utilizando herramientas específicas para interpretar fenómenos como agujeros negros, supernovas, y formación estelar y astrofísica extragaláctica.
- Desarrollar la reducción de observaciones astronómicas a través de la realización de observaciones astrofísicas (Observatorio de Javalambre) y/o uso de datos de acceso público de otras instalaciones similares.

HAB-6. Aplicar técnicas observacionales e instrumentales al trabajo experimental en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas.

- Discutir la aplicación de detectores CCDs para astronomía óptica y las antenas para astronomía de radiofrecuencias.
- Explicar el efecto de la atmósfera terrestre sobre las observaciones astronómicas y los fundamentos de la óptica adaptativa.
- Describir las principales aberraciones ópticas (como esférica, cromática, coma y astigmatismo) y sus causas en sistemas ópticos astronómicos.
- Interpretar el diseño y funcionamiento de un telescopio básico.
- Clasificar las diferentes formas de radiación astrofísica (como rayos X, gamma, y ondas de radio) y sus fuentes en el universo.
- Utilizar observaciones de interferometría con radio telescopios para la toma de imágenes y el estudio de agujeros negros.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.

- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura	Cosmología
-------------------	------------

CON-4. Explorar a fondo las teorías fundamentales que explican la evolución del universo, la estructura de los astros y la naturaleza de las partículas subatómicas

- Explicar los principios básicos de la inflación y describir las características principales de la dinámica de los campos escalares durante este proceso.
- Describir los procesos físicos responsables de la historia térmica del universo.

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Revisar el modelo Λ CDM distinguiendo los aspectos cinemáticos, basados en las métricas FLRW y las distancias cosmológicas, de los dinámicos, definidos por las ecuaciones de Friedmann y los componentes del universo, para comprender su evolución.
- Identificar las propiedades del espectro de anisotropías del CMB y relacionarlas con perturbaciones de densidad y las características iniciales del Universo.

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

- Identificar telescopios, detectores, espectrógrafos y otros dispositivos avanzados que recopilan y analizan la luz, las partículas y otros datos cósmicos para estudiar el origen, la evolución y la composición del universo.

CON-8. Revisar las herramientas matemáticas que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en cosmología, astrofísica y física de partículas

- Reconocer y describir las herramientas matemáticas empleadas en la formulación de los conceptos y teorías fundamentales de la cosmología, como las ecuaciones de Friedmann y la métrica FLRW.

CON-10. Identificar las herramientas computacionales utilizadas para la formulación de teorías, tratamiento de datos, o simulaciones

- Reconocer y enumerar las herramientas computacionales más comunes en el análisis de datos observacionales, la simulación numérica y la formulación de modelos en cosmología.

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Aplicar la ecuación de Boltzmann para describir fenómenos fuera del equilibrio, como la formación de reliquias de materia oscura y la nucleosíntesis primordial.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Aplicar técnicas matemáticas y modelos teóricos de la cosmología (como la relatividad general, ecuaciones de Friedmann y perturbaciones cosmológicas) para resolver problemas relacionados con la evolución y estructura del universo.
- Analizar e interpretar críticamente datos observacionales (como el corrimiento al rojo, la radiación cósmica de fondo o la distribución de galaxias) para contrastarlos con predicciones teóricas y evaluar la validez de diferentes modelos cosmológicos.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Calcular la edad del universo en función de los parámetros cosmológicos, utilizando herramientas analíticas y numéricas.
- Aplicar técnicas estadísticas y computacionales (como ajuste de parámetros cosmológicos, inferencia bayesiana, simulaciones Monte Carlo o análisis de catálogos de galaxias) al estudio de datos cosmológicos, incluyendo la radiación cósmica de fondo, el corrimiento al rojo y las estructuras a gran escala.

HAB-5. Utilizar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación

- Emplear herramientas informáticas de simulación cosmológica (por ejemplo, códigos de evolución de perturbaciones como CAMB o CLASS, y simulaciones N-body) para modelar la expansión del universo, la formación de estructuras y la evolución de la radiación cósmica de fondo.
- Aplicar entornos de análisis de datos científicos (como Python con librerías especializadas: NumPy, SciPy, Astropy, Matplotlib, Healpy) para procesar, visualizar y comparar resultados de simulaciones y observaciones cosmológicas.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura

Fenomenología de física de partículas

CON-2. Citar los grandes centros e instalaciones donde se desarrolla este tipo de investigación para tener una visión global y actual de la investigación en estos temas

- Identificar las características principales de los grandes centros e instalaciones de física de altas energías, relacionando su función con los objetivos de investigación que persiguen.

CON-3. Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación

- Describir los principales experimentos de física de partículas (como ATLAS, CMS, LHCb o Belle II), reconociendo sus metas científicas y la magnitud de las colaboraciones internacionales que los sostienen.

CON-4. Explorar a fondo las teorías fundamentales que explican la evolución del universo, la estructura de los astros y la naturaleza de las partículas subatómicas

- Identificar las limitaciones del Modelo Estándar de Física de Partículas y debatir sus posibles extensiones.

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Discutir el marco teórico que explica los diversos modelos y candidatos a materia oscura, el axión, la física de la partícula de Higgs y anomalías en la física de sabor.
- Revisar medidas experimentales existentes sobre la búsqueda de nueva física, búsquedas indirectas y experimentos de altas energías, así como las herramientas para su análisis e interpretación final.

CON-8. Revisar las herramientas matemáticas que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en cosmología, astrofísica y física de partículas

- Describir matemáticamente los procesos de colisión, desintegración y producción de partículas.

CON-9. Comprender los métodos estadísticos necesarios para el análisis e interpretación de datos obtenidos en experimentos o simulaciones en el ámbito del Título

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Ser capaz de sintetizar nuevas ideas y técnicas y analizar el contexto teórico para realizar predicciones y explicar las observaciones en física de partículas.
- Comparar modelos de nueva física de acuerdo con el contenido de partículas, simetrías de la teoría y sus predicciones.
- Analizar datos físicos cuantitativos y cualitativos para convertirlos en información útil para la construcción o verificación de teorías físicas.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Evaluar a nivel fenomenológico la situación actual de la física de partículas y la astrofísica e identificar las principales teorías físicas y sus límites de validez o problemas abiertos.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

- Construir modelos matemáticos parametrizados que respondan a resultados de fenomenología, y evaluar la validez del modelo o teoría propuesto.
- Utilizar métodos matemáticos, estadísticos y computacionales para formular hipótesis, idear experimentos, e interpretar datos.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Realizar predicciones de una teoría dada, utilizando métodos de cálculo analítico y simulación numérica.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura

Física de astropartículas: el Universo oscuro

CON-2. Citar los grandes centros e instalaciones donde se desarrolla este tipo de investigación para tener una visión global y actual de la investigación en estos temas

- Revisar las principales instalaciones para la búsqueda de materia oscura: laboratorios subterráneos, instalaciones para la búsqueda de axiones, o grandes telescopios.
- Identificar las características distintivas de las instalaciones de aceleradores de partículas relevantes en la exploración de nuevos candidatos a materia oscura.

CON-3. Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación

- Describir los principales candidatos a materia oscura en el Universo, incluyendo sus propiedades teóricas, características observacionales y posibles vías de detección.
- Describir las técnicas experimentales más frecuentes en los experimentos de búsqueda de materia oscura, tanto de forma directa como indirecta.
- Revisar los experimentos más importantes dedicados a la detección directa de WIMPs y de axiones.

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Discutir las motivaciones teóricas y experimentales para la materia oscura: evidencias astrofísicas y cosmológicas.
- Explicar los mecanismos de producción de materia oscura y axiones en el Universo primitivo y su impacto en cosmología y astrofísica.
- Inferir las propiedades del axión que predicen diferentes teorías e identificar parámetros y propiedades clave para su posible detección.

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

CON-10. Identificar las herramientas computacionales utilizadas para la formulación de teorías, tratamiento de datos, o simulaciones

- Identificar herramientas estadísticas y computacionales necesarias para el análisis e interpretación de datos obtenidos en los experimentos de detección de materia oscura.

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Evaluar y seleccionar teorías de materia oscura como explicación a observaciones astrofísicas y cosmológicas.
- Analizar críticamente las limitaciones del modelo estándar de cosmología (ΛCDM), destacando la necesidad de incluir un nuevo componente material en el Universo.
- Comparar y categorizar candidatos a la materia oscura del Universo.

HAB-2. Resolver problemas en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas

- Describir matemáticamente los factores que intervienen en la eficiencia de detección de diferentes candidatos de materia oscura.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

- Diseñar e implementar modelos simplificados que describan el papel de axiones y WIMPs como candidatos a materia oscura, comparando sus predicciones con observaciones astrofísicas y cosmológicas disponible.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Aplicar métodos matemáticos, estadísticos y computacionales al análisis de datos de experimentos de materia oscura.

HAB-5. Utilizar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación

- Utilizar lenguajes de programación y software especializados para desarrollar cálculos, análisis de datos y simulaciones relacionados con los candidatos a materia oscura.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

Asignatura

Interdisciplinar

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

CTR-6. Autoaprendizaje permanente. Utilizar el aprendizaje de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo y flexible a lo largo y ancho de la vida para formar parte de una ciudadanía activa, motivada e integrada favoreciendo la mejora de empleo o el desarrollo personal

Asignatura

Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas

CON-8. Revisar las herramientas matemáticas que permiten la formulación de los conceptos, principios, teorías o modelos estudiados en cosmología, astrofísica y física de partículas

- Reconocer los conceptos básicos de geometría diferencial, análisis tensorial y grupos y álgebras de Lie de especial importancia en cosmología, relatividad general y física de partículas.

CON-9. Comprender los métodos estadísticos necesarios para el análisis e interpretación de datos obtenidos en experimentos o simulaciones en el ámbito del Título

- Revisar los métodos numéricos y de análisis de datos de utilidad en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas.
- Discutir los conceptos fundamentales de probabilidad y estadística aplicados a los campos de la física de partículas, astrofísica y cosmología.

CON-10. Identificar las herramientas computacionales utilizadas para la formulación de teorías, tratamiento de datos, o simulaciones

- Identificar bases de datos con información y herramientas para astronomía y física de partículas.

HAB-3. Construir modelos matemáticos y/o computacionales sencillos para explicar observaciones actuales en cosmología, astrofísica y la física de partículas e intentar hacer predicciones

- Plantear y resolver problemas y desarrollos teóricos en cosmología, astrofísica y física de partículas.
- Desarrollar y trabajar de forma colaborativa en proyectos de software.
- Diseñar un montaje experimental para la detección de partículas.

HAB-4. Aplicar técnicas estadísticas y computacionales al análisis de datos obtenidos en observaciones astrofísicas y cosmológicas o en experimentos de física de partículas y astropartículas

- Analizar e interpretar datos utilizando métodos numéricos y estadísticos.
- Interpretar la información que aparece en las bases de datos de observaciones astrofísicas.

HAB-5. Utilizar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación

- Aplicar técnicas y herramientas informáticas de modelización, simulación y análisis de datos más comunes en este tipo de investigación.

CTR-5. Innovación y Creatividad. Diseñar y realizar una tarea nueva o un proyecto de forma diferente utilizando creatividad y curiosidad para aportar valor con actitud emprendedora.

- Tener capacidad de mejora para aportar valor.
- Asumir riesgos utilizando estrategias que permitan prever y evaluar los resultados.

CTR-6. Autoaprendizaje permanente. Utilizar el aprendizaje de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo y flexible a lo largo y ancho de la vida para formar parte de una ciudadanía activa, motivada e integrada favoreciendo la mejora de empleo o el desarrollo personal

- Ser eficiente en la selección de los recursos de aprendizaje multidisciplinar que permitan la mejora de empleo o el desarrollo personal.

CTR-8. Trabajo autónomo: Organizar, planificar y llevar a cabo un trabajo científico-técnico de forma autónoma

- Planificar, coordinar y desarrollar pequeños proyectos científico- técnicos de forma autónoma.

Asignatura

Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas

CON-1. Describir las líneas de investigación puntera en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas

- Revisar tópicos de investigación puntera en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas, presentados en clases temáticas.

CON-2. Citar los grandes centros e instalaciones donde se desarrolla este tipo de investigación para tener una visión global y actual de la investigación en estos temas

- Describir instalaciones donde se desarrolla la investigación en astrofísica, física de partículas y astropartículas: centros de aceleradores, laboratorios subterráneos, observatorios, y otros centros de investigación.

CON-3. Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación

- Revisar grandes experimentos y colaboraciones internacionales en este campo de investigación.

CON-4. Explorar a fondo las teorías fundamentales que explican la evolución del universo, la estructura de los astros y la naturaleza de las partículas subatómicas

- Discutir teorías actuales en el ámbito de la cosmología, la astrofísica y la física de partículas, presentadas en las clases temáticas y en seminarios impartidos por expertos.

CON-5. Revisar los modelos cosmológicos, la dinámica estelar y las interacciones fundamentales entre partículas

- Examinar los modelos cosmológicos, astrofísicos y de física de partículas presentados en las clases temáticas y en seminarios impartidos por expertos.

CON-6. Identificar instrumentación utilizada en cosmología, astrofísica y física de partículas: telescopios espaciales, detectores de ondas gravitacionales, detectores de partículas, y la electrónica asociada

CON-7. Discutir las técnicas experimentales utilizadas en este ámbito para detectar e identificar las señales obtenidas en la instrumentación

HAB-1. Seleccionar la teoría adecuada para explicar observaciones y realizar predicciones en cosmología, astrofísica y la física de partículas

- Debatir sobre las teorías presentadas en las clases que explicarían observaciones astrofísicas y cosmológicas .

HAB-6. Aplicar técnicas observacionales e instrumentales al trabajo experimental en cosmología, astrofísica, física de partículas y astropartículas.

- Realizar prácticas en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) en el ámbito de física de partículas y astropartículas.
- Realizar prácticas observacionales en Galáctica con el apoyo de investigadores del Centro de estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA).

CTR-1. Valores democráticos y sostenibilidad. Desarrollar el compromiso con la sociedad en la que vivimos para que ésta prospere a través de las dimensiones de los valores democráticos y de la sostenibilidad, materializada en el marco global que la defina en cada momento

- Realizar acciones individuales o colectivas para lograr el progreso de la sociedad y la mejora del planeta.

CTR-2. Trabajo en equipo. Colaborar activamente con un grupo de personas para lograr una meta común sumando los diferentes talentos

- Empatizar con las personas del equipo tanto en cuestiones que tienen relación con las tareas como con las relaciones interpersonales.
- Abordar los problemas en el funcionamiento del equipo de manera asertiva tratando de detectar de manera preventiva las situaciones complicadas.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

CTR-4. Inteligencia emocional. Comprender y regular las emociones propias y las de los demás para interactuar y participar de una manera eficaz y constructiva en la vida social y profesional

- Reconocer las emociones de las personas que nos rodean para poder anticiparse a posibles conductas y situaciones derivadas de dichas emociones.
- Saber mediar de manera propositiva ante situaciones de disenso buscando los puntos de encuentro y valorando la diferencia de opinión.

CTR-7. Comunicación. Comunicar los resultados del trabajo científico, de forma oral o escrita, en castellano o inglés, a un público especializado o general, de un modo claro y sin ambigüedades

- Realizar y defender un trabajo de investigación sobre un tema actual de cosmología, la astrofísica y la física de partículas.
- Participar en actividades de divulgación científica.

Asignatura Trabajo Fin de Máster

CTR-1. Valores democráticos y sostenibilidad. Desarrollar el compromiso con la sociedad en la que vivimos para que ésta prospere a través de las dimensiones de los valores democráticos y de la sostenibilidad, materializada en el marco global que la defina en cada momento

- Realizar acciones individuales o colectivas para lograr el progreso de la sociedad y la mejora del planeta.

CTR-3. Pensamiento crítico. Razonar de manera reflexiva sobre un tema siendo capaz de deliberar sobre su validez sometiendo las convicciones propias y externas a debate

- Mostrar una actitud crítica ante la multiplicidad de puntos de vista y disciplinas implicadas en un determinado evento, concepto o información.
- Ser capaz de cambiar de lógica de pensamiento, sabiendo medir la validez de la utilizada y juzgando su nivel de adecuación.

CTR-5. Innovación y Creatividad. Diseñar y realizar una tarea nueva o un proyecto de forma diferente utilizando creatividad y curiosidad para aportar valor con actitud emprendedora.

- Tener capacidad de mejora para aportar valor.
- Asumir riesgos utilizando estrategias que permitan prever y evaluar los resultados.

CTR-6. Autoaprendizaje permanente. Utilizar el aprendizaje de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo y flexible a lo largo y ancho de la vida para formar parte de una ciudadanía activa, motivada e integrada favoreciendo la mejora de empleo o el desarrollo personal

- Ser eficiente en la selección de los recursos de aprendizaje multidisciplinar que permitan la mejora de empleo o el desarrollo personal.

CTR-7. Comunicación. Comunicar los resultados del trabajo científico, de forma oral o escrita, en castellano o inglés, a un público especializado o general, de un modo claro y sin ambigüedades

- Ser capaz de comunicar, de forma clara y concisa, los resultados de una investigación a un público especializado, en formato oral y escrito, en español o en inglés.

CTR-8. Trabajo autónomo: Organizar, planificar y llevar a cabo un trabajo científico-técnico de forma autónoma

- Ser capaz de organizar, planificar y realizar una trabajo científico de forma autónoma.

10. PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LA TITULACIÓN

10.1 Distribución de Asignaturas

Distribución del plan de estudios en créditos ECTS, por tipo de formación. Las asignaturas **optativas** refieren al número de créditos ofertados.

Curso 1					
Semestre 1			Semestre 2		
Asignaturas	Tipo	ECTS	Asignaturas	Tipo	ECTS
Astrofísica estelar y extragaláctica	OP	6	Aplicaciones de los detectores de partículas en ciencia y tecnología	OP	6
Detectores de partículas: fundamentos físicos, diseño y operación	OP	6	Astrofísica observacional	OP	6
Física de astropartículas: rayos gamma, neutrinos y rayos	OP	6	Cosmología	OP	6

cósmicos					
Relatividad general y ondas gravitacionales	OP	6	Fenomenología de física de partículas	OP	6
Teoría de campos y partículas	OP	6	Física de astropartículas: el Universo oscuro	OP	6
Asignaturas que se imparte en cualquiera de los dos semestres					
Interdisciplinar				OP	6
Asignaturas anuales					
Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas				OB	9
Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas				OB	6
Trabajo Fin de Máster				TFM	15
Total ECTS Curso 1					96

10.2 Oferta Total de Asignaturas Optativas

Asignaturas	Curso	Semestre	ECTS
Astrofísica estelar y extragaláctica	Primer curso	Primer semestre	6
Detectores de partículas: fundamentos físicos, diseño y operación	Primer curso	Primer semestre	6
Física de astropartículas: rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos	Primer curso	Primer semestre	6
Relatividad general y ondas gravitacionales	Primer curso	Primer semestre	6
Teoría de campos y partículas	Primer curso	Primer semestre	6
Aplicaciones de los detectores de partículas en ciencia y tecnología	Primer curso	Segundo semestre	6
Astrofísica observacional	Primer curso	Segundo semestre	6
Cosmología	Primer curso	Segundo semestre	6
Fenomenología de física de partículas	Primer curso	Segundo semestre	6
Física de astropartículas: el Universo oscuro	Primer curso	Segundo semestre	6
Interdisciplinar	Primer curso	Cualquier semestre	6

10.3 Distribución de Asignaturas por Especialidades

No hay asignaturas asignadas a especialidades

11. ÁREAS DE CONOCIMIENTO VINCULADAS

Asignaturas	Áreas de conocimiento vinculadas
Astrofísica estelar y extragaláctica	Astronomía y Astrofísica
Detectores de partículas: fundamentos físicos, diseño y operación	Física Atómica, Molecular y Nuclear
Física de astropartículas: rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos	Física Atómica, Molecular y Nuclear
Relatividad general y ondas gravitacionales	Física Teórica
Teoría de campos y partículas	Física Teórica
Aplicaciones de los detectores de partículas en ciencia y tecnología	Física Atómica, Molecular y Nuclear
Astrofísica observacional	(1) Astronomía y Astrofísica; y (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear
Cosmología	(1) Astronomía y Astrofísica; y (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear
Fenomenología de física de partículas	Física Teórica
Física de astropartículas: el Universo oscuro	Física Atómica, Molecular y Nuclear
Interdisciplinar	Sin áreas de conocimiento vinculadas
Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas	(1) Astronomía y Astrofísica; (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear; y (3) Física Teórica
Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas	(1) Astronomía y Astrofísica; (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear; y (3) Física Teórica
Trabajo Fin de Máster	(1) Astronomía y Astrofísica; (2) Física Atómica, Molecular y Nuclear; y (3) Física Teórica

12. ASIGNATURAS PUNTO DE CONTROL DE COMPETENCIAS TRANSVERSALES

Denominación competencia transversal	
Democracia y sostenibilidad	
Asignaturas de la competencia transversal	ECTS
Trabajo Fin de Máster	15
Trabajo en equipo	
Asignaturas de la competencia transversal	ECTS
Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas	6
Pensamiento crítico	

Asignaturas de la competencia transversal	ECTS
Trabajo Fin de Máster	15

Inteligencia emocional

Asignaturas de la competencia transversal	ECTS
Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas	6

Innovación y creatividad

Asignaturas de la competencia transversal	ECTS
Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas	9

Autoaprendizaje permanente

Asignaturas de la competencia transversal	ECTS
Métodos y técnicas en cosmología, astrofísica y física de partículas	9

13. TABLA DE ADAPTACIÓN DE ASIGNATURAS

PLAN DE ESTUDIOS 1393/2007		PLAN DE ESTUDIOS 822/2021	
Asignaturas	ECTS	Asignaturas	ECTS
Técnicas de bajo fondo radiactivo	6.0	Aplicaciones de los detectores de partículas en ciencia y tecnología	6.0
(1) Astrofísica Estelar (6 ECTS); y (2) Astrofísica Extragaláctica (6 ECTS)	12.0	Astrofísica estelar y extragaláctica	6.0
Astrofísica Observacional	6.0	Astrofísica observacional	6.0
(1) Cosmología I: el Universo temprano (6 ECTS); y (2) Cosmología II: Formación de estructuras en el Universo (6 ECTS)	12.0	Cosmología	6.0
Física e ingeniería de detectores de partículas	6.0	Detectores de partículas: fundamentos físicos, diseño y operación	6.0
(1) Teoría y fenomenología del Modelo Estándar de física de partículas (6 ECTS); y (2) Física de partículas más allá del Modelo Estándar (6 ECTS)	12.0	Fenomenología de física de partículas	6.0
Física de astropartículas II: el universo oscuro	6.0	Física de astropartículas: el Universo oscuro	6.0
Física de astropartículas I: rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos	6.0	Física de astropartículas: rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos	6.0

Relatividad General y ondas gravitacionales	6.0	Relatividad general y ondas gravitacionales	6.0
Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas	6.0	Temas actuales en cosmología, astrofísica y física de partículas	6.0
(1) Electrodinámica: interacción de radiación y materia (6 ECTS); y (2) Teoría Cuántica de Campos (6 ECTS)	12.0	Teoría de campos y partículas	6.0

14. HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Versión: v1.0 (14/11/2025)

Fecha de aprobación en Comisión de Garantía de Calidad: 09/04/2024

Fecha de aprobación en Junta de Centro: 26/06/2024

Fecha de aprobación en Comisión de Estudios de Posgrado: 25/06/2025