

# **Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado**

## **Máster Universitario en Astrofísica**

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA :**

**Astrofísica de altas Energías y Astropartículas  
(2022 - 2023)**

## 1. Datos descriptivos de la asignatura

Asignatura: <b>Astrofísica de altas Energías y Astropartículas</b>	Código: <b>275461215</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centro: <b>Escuela de Doctorado y Estudios de Postgrado</b></li> <li>- Lugar de impartición: <b>Facultad de Ciencias. Sección de Física</b></li> <li>- Titulación: <b>Máster Universitario en Astrofísica</b></li> <li>- Plan de Estudios: <b>2013 (Publicado en 2014-02-11)</b></li> <li>- Rama de conocimiento: <b>Ciencias</b></li> <li>- Itinerario / Intensificación:</li> <li>- Departamento/s: <b>Astrofísica</b></li> <li>- Área/s de conocimiento: <b>Astronomía y Astrofísica</b></li> <li>- Curso: <b>1</b></li> <li>- Carácter: <b>Optativo</b></li> <li>- Duración: <b>Segundo cuatrimestre</b></li> <li>- Créditos ECTS: <b>6,0</b></li> <li>- Modalidad de impartición: <b>Presencial</b></li> <li>- Horario: <b>Enlace al horario</b></li> <li>- Dirección web de la asignatura: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></b></li> <li>- Idioma: <b>Castellano e inglés</b></li> </ul>	

## 2. Requisitos para cursar la asignatura

## 3. Profesorado que imparte la asignatura

Profesor/a Coordinador/a: <b>PABLO RODRIGUEZ GIL</b>
- Grupo: <b>G1 (único) para las clases teóricas. Primera parte de la asignatura.</b>
<b>General</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre: <b>PABLO</b></li> <li>- Apellido: <b>RODRIGUEZ GIL</b></li> <li>- Departamento: <b>Astrofísica</b></li> <li>- Área de conocimiento: <b>Astronomía y Astrofísica</b></li> </ul>
<b>Contacto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teléfono 1: <b>922318136</b></li> <li>- Teléfono 2: <b>922605200 (ext. 5506)</b></li> <li>- Correo electrónico: <b><a href="mailto:prodrigu@ull.edu.es">prodrigu@ull.edu.es</a></b></li> <li>- Correo alternativo: <b><a href="mailto:priguez@iac.es">priguez@iac.es</a></b></li> <li>- Web: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></b></li> </ul>
Tutorías primer cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Martes	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	12
Todo el cuatrimestre		Miércoles	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	12
Todo el cuatrimestre		Jueves	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	12

Observaciones: Despacho número 12 del Departamento de Astrofísica (tercera planta del Edificio de Física y Matemáticas, Sección de Física, Facultad de Ciencias). No obstante, pueden solicitarse tutorías fuera de este horario por correo electrónico, que podrían ser presenciales o telemáticas.

**Tutorías segundo cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Martes	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	12
Todo el cuatrimestre		Miércoles	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	12
Todo el cuatrimestre		Jueves	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	12

Observaciones: Despacho número 12 del Departamento de Astrofísica (tercera planta del Edificio de Física y Matemáticas, Sección de Física, Facultad de Ciencias). No obstante, pueden solicitarse tutorías fuera de este horario por correo electrónico, que podrían ser presenciales o telemáticas.

**Profesor/a: RAMON JESUS GARCIA LOPEZ**

- Grupo: **G1 (único) para las clases teóricas. Segunda parte de la asignatura.**

<p><b>General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre: <b>RAMON JESUS</b></li> <li>- Apellido: <b>GARCIA LOPEZ</b></li> <li>- Departamento: <b>Astrofísica</b></li> <li>- Área de conocimiento: <b>Astronomía y Astrofísica</b></li> </ul>						
<p><b>Contacto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teléfono 1: <b>922318131</b></li> <li>- Teléfono 2: <b>922605386</b></li> <li>- Correo electrónico: <b>rjgarcia@ull.edu.es</b></li> <li>- Correo alternativo: <b>rgl@iac.es</b></li> <li>- Web: <b>http://www.campusvirtual.ull.es</b></li> </ul>						
<p><b>Tutorías primer cuatrimestre:</b></p>						
Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	7
Todo el cuatrimestre		Martes	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	7
Todo el cuatrimestre		Jueves	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	7
<p>Observaciones: Se ruega concertar día y hora a través del correo electrónico o teléfono, para que sea más eficiente.</p>						
<p><b>Tutorías segundo cuatrimestre:</b></p>						
Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	7
Todo el cuatrimestre		Martes	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	7
Todo el cuatrimestre		Jueves	17:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	7

Observaciones: Se ruega concertar día y hora en clase, o a través del correo electrónico o teléfono, para que sea más eficiente.

**Profesor/a: JOSEFA BECERRA GONZÁLEZ**

- Grupo: **G1 (único) para las clases teóricas. Segunda parte de la asignatura.**

**General**

- Nombre: **JOSEFA**  
- Apellido: **BECERRA GONZÁLEZ**  
- Departamento: **Astrofísica**  
- Área de conocimiento: **Astronomía y Astrofísica**

**Contacto**

- Teléfono 1:  
- Teléfono 2:  
- Correo electrónico: **jbecerra@ull.es**  
- Correo alternativo: **jbecerra@iac.es**  
- Web: **http://www.campusvirtual.ull.es**

**Tutorías primer cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Jueves	09:00	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
Todo el cuatrimestre		Jueves	15:00	18:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica

Observaciones: Al margen de los horarios de tutoría, pueden contactarme cualquier día de la semana y organizamos las tutorías en el horario más adecuado para el alumno.

**Tutorías segundo cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	09:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica n.15
Todo el cuatrimestre		Lunes	18:00	19:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica

Observaciones: Al margen de los horarios de tutoría, pueden contactarme cualquier día de la semana y organizamos las tutorías en el horario más adecuado para el alumno.

#### 4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura:  
Perfil profesional:

#### 5. Competencias

##### Competencia Específicas

**CE1** - Comprender los esquemas conceptuales básicos de la Astrofísica

##### Competencias Generales

**CG2** - Comprender las tecnologías asociadas a la observación en Astrofísica y al diseño de instrumentación  
**CG4** - Evaluar los órdenes de magnitud y desarrollar una clara percepción de situaciones físicamente diferentes que muestren analogías permitiendo el uso, a nuevos problemas, de sinergias y de soluciones conocidas

##### Competencias Básicas

**CB6** - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación  
**CB7** - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios  
**CB8** - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios  
**CB10** - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

##### Exclusiva de la Especialidad en Observación e Instrumentación

**CX12** - Comprender el origen de las partículas de alta energía y de las astropartículas y su potencial de diagnóstico

#### 6. Contenidos de la asignatura

##### Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

Profesor: Dr. Pablo Rodríguez Gil

##### Temas

1. PROCESOS DE RADIACIÓN Y FUENTES CÓSMICAS: Acreción. Fuentes acretantes. Fuentes no acretantes. Otras fuentes de rayos X. Otras fuentes de rayos gamma.
2. SISTEMAS DE DETECCIÓN: Naturaleza de la detección de rayos gamma. Interacción de la materia con los rayos gamma. Detectores (semiconductores, contadores de centelleo, etc). Apantallamiento y colimación. Limitaciones prácticas.
3. TÉCNICAS DE IMAGEN: Cuasi imágenes. Detectores colimados. Métodos de imagen directa. Detectores capaces de formar una imagen. Moduladores de imágenes.
4. SENSIBILIDAD EN EL CONTINUO Y EN LÍNEAS DE EMISIÓN: Cálculo de la sensibilidad. Sensibilidad en el continuo. Parámetros asociados a la sensibilidad del telescopio. Sensibilidad en líneas espectrales.
5. MISIONES ESPACIALES: Selección de la órbita. Vida de la misión. Capacidad de la lanzadera. Otros factores técnicos.
6. PROYECTO PRÁCTICO EN EQUIPO INTERNACIONAL: Definición de la misión. Objetivos científicos. Detectores. Estimaciones de la sensibilidad. Eficiencia. Optimización del diseño

Profesor Dr. Ramón J. García López y profesora Dra. Josefa Becerra González

### **Temas**

1. El Universo violento.
2. Rayos cósmicos.
3. Rayos gamma de muy alta energía.
4. Objetos astrofísicos con muy altas energías.
5. Técnicas de observación de rayos cósmicos y rayos gamma.
6. Telescopios e instrumentos.

### **Actividades a desarrollar en otro idioma**

- La asignatura suele ser escogida por estudiantes ERASMUS+. Se proporcionará ayuda en inglés durante las clases teóricas si su competencia en español no es adecuada para el correcto aprovechamiento de las explicaciones en el aula.
- Las clases se apoyarán en la proyección de presentaciones cuyo contenido está en inglés. Estas contienen multitud de referencias y enlaces a artículos científicos en ese idioma.
- Actividad a desarrollar en inglés, supervisada por el profesor coordinador de la asignatura y profesores de la University of Southampton y la University College Dublin.

Tema: PROYECTO PRÁCTICO EN EQUIPO INTERNACIONAL SOBRE UNA MISIÓN ESPACIAL EN ALTAS ENERGÍAS: Definición de la misión. Objetivos científicos. Detectores. Estimaciones de la sensibilidad. Eficiencia. Optimización del diseño.

El alumnado tendrá que recurrir a artículos científicos escritos en inglés para el desarrollo de los proyectos.

Este proyecto internacional está descrito en la publicación: Dean y Pérez Fournon, 2003, European Journal of Physics, 24, S25, "Design course in space astronomy".

## 7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

### Descripción

En las clases teóricas el profesorado expone los contenidos de los temas.

En la primera parte de la asignatura se organizan los grupos de trabajo para el proyecto práctico en equipo internacional que tendrá lugar en periodo docente en una semana cercana a las vacaciones de Semana Santa, durante la visita a la ULL de los grupos de estudiantes y profesorado de la University of Southampton y la University College Dublin.

En la semana del proyecto práctico internacional el alumnado de la ULL trabaja con los estudiantes de la University of Southampton y la University College Dublin en grupos de 6-7 supervisados por el profesor coordinador de la asignatura y el profesorado visitante. Los resultados de los trabajos de cada grupo se presentarán en inglés en una sesión conjunta de todos los grupos.

La segunda parte de la asignatura se dividirá en una parte teórica sobre astropartículas y rayos gamma, seguida por una parte práctica en la que el alumnado trabajará en el análisis de datos de rayos gamma tomados con el satélite Fermi, así como también en la simulación de datos de rayos gamma de muy alta energía en el contexto de la futura red de telescopios Cherenkov CTA. Esta parte práctica se realizará en grupos. La evaluación de esta parte de la asignatura se basará en la presentación de los resultados de la práctica.

### Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases teóricas	40,00	0,00	40,0	[CX12], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE1]
Realización de trabajos (individual/grupal)	14,00	50,00	64,0	[CX12], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE1]
Asistencia a tutorías	6,00	0,00	6,0	[CX12], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE1]
Estudio/preparación de Clases	0,00	40,00	40,0	[CX12], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE1]



Total horas	60,00	90,00	150,00	
		Total ECTS	6,00	

## 8. Bibliografía / Recursos

### Bibliografía Básica

Longair, M. S. (1992): *High Energy Astrophysics* (segunda edición). Cambridge University Press (Enlace a Biblioteca ULL)

Lena, P. (2012): *Observational Astrophysics*. Springer (Enlace a libro on-line ULL)

Bird, A. J., Pérez Fournon, I., & Knigge, C. (2014): *Design Course in Gamma Ray Astronomy*, Dept. of Physics and Astronomy, University of Southampton

### Bibliografía Complementaria

Charles, P. & Seward, F. (1995): *Exploring the X-ray Universe*. Cambridge University Press (Enlace a Biblioteca ULL)

Kidger, M. R., Pérez-Fournon, I., & Sánchez, F. (1999): *Internet Resources for Professional Astronomy*. Cambridge University Press (Enlace a Biblioteca ULL)

Rybicki, G. B. & Lightman, A. P. (1983): *Radiative Processes in Astrophysics*. Wiley (Enlace a Biblioteca ULL)

Frank, J., King, A. R., & Raine, D. J. (1992): *Accretion Power in Astrophysics*. Cambridge University Press (Enlace a Biblioteca ULL)

### Otros Recursos

Recursos en internet sobre astrofísica de altas energías y astropartículas proporcionados por el profesorado de la asignatura y disponibles también en los ordenadores del Centro de Cálculo del Alumnado del Departamento de Astrofísica. Las diapositivas en las que se apoyan las clases magistrales estarán disponibles en el Aula Virtual.

## 9. Sistema de evaluación y calificación

### Descripción

Esta asignatura, por la obligatoriedad de la participación de todo el alumnado en las actividades prácticas (Southampton, Dublín y Fermi), será **únicamente de evaluación continua**.

La evaluación de la primera parte de la asignatura, *Astrofísica de altas energías*, tendrá en cuenta en la evaluación continua: participación activa en clase y durante el proyecto internacional (20%) y la presentación individual de los resultados de este proyecto (50%).

La evaluación de la segunda parte de la asignatura, *Astropartículas*, estará basada en un informe de un trabajo práctico en grupo (30%).

Por lo tanto, el 70% de la nota final vendrá de la primera parte de la asignatura y el 30% de la segunda. Esto ha sido tenido en cuenta para la ponderación presentada en la siguiente tabla de estrategia evaluativa.

#### Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
Trabajos y proyectos	[CX12], [CB10], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE1]	Participación activa en el proyecto internacional. Realización de las tareas concretas asignadas en el grupo de prácticas. Capacidad de liderazgo y de trabajo en grupo.	42,50 %
Informes memorias de prácticas	[CX12], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE1]	A) Proyecto internacional  Contenido científico de la presentación. Calidad de la presentación. Corrección y precisión de las respuestas a las preguntas en las reuniones de supervisión y en la presentación final en inglés.  B) Práctica sobre astropartículas  Conocimientos teóricos y prácticos presentados en el trabajo en grupo sobre astropartículas.	57,50 %

## 10. Resultados de Aprendizaje

Esta asignatura está diseñada para introducir a los estudiantes en los conceptos básicos de la astrofísica de muy altas energías.

Los primeros temas hacen un repaso de los fenómenos astrofísicos que configuran el “universo violento”, es decir, aquellos en los que se genera una ingente cantidad de energía que sólo puede ser observada mediante técnicas muy especializadas. Una parte importante del desarrollo de la asignatura se da en el marco de una colaboración docente con la University of Southampton (Reino Unido) y la University College Dublin (Irlanda). Los estudiantes aprenderán los principales procesos de emisión en rayos X y gamma, los detectores y sistemas de formación de imagen en satélites espaciales y aplicarán dichos conocimientos a un trabajo práctico de diseño de una nueva misión espacial de altas energías en grupos internacionales de estudiantes (La Laguna, Southampton y Dublín), supervisados por los profesores de la asignatura de la ULL y profesores de Southampton y Dublín. Los objetivos de la colaboración internacional en la que se encuadra parte de esta asignatura están descritos en la publicación: Dean y Pérez Fournon, 2003, *European Journal of Physics*, 24, S25, “Design course in space astronomy”.

Por otra parte, se proporciona una descripción de la fenomenología básica de las partículas elementales según el modelo estándar y se trata la relación entre partículas cargadas muy energéticas (rayos cósmicos) y fotones de muy alta energía

(rayos gamma) para discutir cómo algunas partículas pueden ser aceleradas hasta grandes energías. Por último, se hace un recorrido por las tres grandes colaboraciones internacionales en este campo en las que están involucradas la ULL y el Instituto de Astrofísica de Canarias.

## 11. Cronograma / calendario de la asignatura

### Descripción

– Semanas 1 a 7

Temas 1 a 5 de Astrofísica de Altas Energías.

Clases teóricas de Astrofísica de Altas Energías.

Preparación del proyecto práctico en equipo internacional.

- Semana 8

Aplicación práctica de los temas 1 a 5 de Astrofísica de Altas Energías.

Proyecto práctico en equipo internacional de Astrofísica de Altas Energías.

- Semanas 9 a 15

Temas 1 a 6 de Astropartículas.

Clases teóricas de Astropartículas (semanas 9 a 11).

Aplicación práctica y proyecto de Astropartículas (semanas 12 a 15).

### Segundo cuatrimestre

Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:	Tema 1 (Astrofísica de Altas Energías)		2.00	5.00	7.00
Semana 2:	Tema 1 (Astrofísica de Altas Energías)		4.00	5.00	9.00
Semana 3:	Tema 2 (Astrofísica de Altas Energías)		4.00	5.00	9.00

Semana 4:	Tema 3 (Astrofísica de Altas Energías)		4.00	5.00	9.00
Semana 5:	Tema 4 (Astrofísica de Altas Energías)		4.00	5.00	9.00
Semana 6:	Tema 5 (Astrofísica de Altas Energías)		4.00	5.00	9.00
Semana 7:	Tema 6 (Astrofísica de Altas Energías)		3.00	5.00	8.00
Semana 8:	Proyecto práctico en equipo internacional		7.00	15.00	22.00
Semana 9:	Tema 1 y 2 (Astropartículas)		4.00	2.00	6.00
Semana 10:	Tema 3 y 4 (Astropartículas)		4.00	2.00	6.00
Semana 11:	Tema 5 y 6 (Astropartículas)		4.00	2.00	6.00
Semana 12:	Parte práctica de Astropartículas, introducción a las técnicas de análisis de datos		4.00	4.00	8.00
Semana 13:	Parte práctica de Astropartículas, análisis datos de Fermi		4.00	10.00	14.00
Semana 14:	Parte práctica de Astropartículas, simulaciones CTA		4.00	10.00	14.00
Semana 15:	Parte práctica de Astropartículas, desarrollo del proyecto práctico del alumnado		4.00	10.00	14.00
<b>Total</b>			<b>60.00</b>	<b>90.00</b>	<b>150.00</b>