

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

## **Máster Universitario en Astrofísica**

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA :**

**Física de Objetos Compactos y Procesos de Acreción  
(2022 - 2023)**

## 1. Datos descriptivos de la asignatura

Asignatura: Física de Objetos Compactos y Procesos de Acreción	Código: 275461223
<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>3,0</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

<b>Profesor/a Coordinador/a: IGNACIO GONZALEZ MARTINEZ-PAIS</b>
- Grupo: <b>G1</b>
<b>General</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre: <b>IGNACIO</b></li><li>- Apellido: <b>GONZALEZ MARTINEZ-PAIS</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>922318144</b></li><li>- Teléfono 2: <b>659797748</b></li><li>- Correo electrónico: <b>igonzal@ull.es</b></li><li>- Correo alternativo: <b>igm@iac.es</b></li><li>- Web: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></b></li></ul>
<b>Tutorías primer cuatrimestre:</b>

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Jueves	13:30	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Todo el cuatrimestre		Viernes	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Todo el cuatrimestre		Lunes	10:30	11:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Todo el cuatrimestre		Lunes	13:30	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:30	11:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Observaciones:						
<b>Tutorías segundo cuatrimestre:</b>						
Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	10:30	11:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Todo el cuatrimestre		Lunes	13:30	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:30	11:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Todo el cuatrimestre		Jueves	13:30	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20

Todo el cuatrimestre		Viernes	12:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	20
Observaciones:						

**Profesor/a: PABLO RODRIGUEZ GIL**

- Grupo: **G1**

**General**  
 - Nombre: **PABLO**  
 - Apellido: **RODRIGUEZ GIL**  
 - Departamento: **Astrofísica**  
 - Área de conocimiento: **Astronomía y Astrofísica**

**Contacto**  
 - Teléfono 1: **922318136**  
 - Teléfono 2: **922605200 (ext. 5506)**  
 - Correo electrónico: **prodrigu@ull.edu.es**  
 - Correo alternativo: **prguez@iac.es**  
 - Web: **http://www.campusvirtual.ull.es**

**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.

#### 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
- CE6** - Comprender la estructura de la materia siendo capaz de solucionar problemas relacionados con la interacción entre la materia y la radiación en diferentes rangos de energía
- CE7** - Saber encontrar por sí mismos soluciones a problemas astrofísicos concretos utilizando bibliografía específica con una mínima supervisión. Saber desenvolverse de forma independiente en un proyecto de investigación novedoso
- CE10** - Utilizar la instrumentación científica actual (tanto la basada en Tierra como en el Espacio) y conocer sus tecnologías innovadoras.

##### Competencias Generales

- CG1** - Conocer las técnicas matemáticas y numéricas avanzadas que permitan la aplicación de la Física y de la Astrofísica a la solución de problemas complejos mediante modelos sencillos
- 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 de Teoría y Computación

**CX4** - Comprender la Física que explica los objetos compactos y los discos de acreción.

## 6. Contenidos de la asignatura

### Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

- Profesor: Dr. Ignacio González Martínez-Pais

#### Módulo I: Física de Objetos Compactos

- 1.- REPASO DE LA FÍSICA DE LA MATERIA DEGENERADA. Gases de fermiones a baja temperatura. Ecuación de estado de Chandrasekhar.
- 2.- ENANAS BLANCAS. Introducción. Polítropos. Modelo de Chandrasekhar. Correcciones electrostáticas. Resultados sobre modelos de enanas blancas. Enfriamiento de enanas blancas.
- 3.- ECUACIONES DE ESTADO DE LA MATERIA CONDENSADA. Introducción. Ecuaciones de estado hasta el "neutron drip". Ecuaciones de estado por encima del "neutron drip".
- 4.- ESTRELLAS DE NEUTRONES. Introducción. Modelos de estrellas de neutrones. Estructura interna. Púlsares.
- 5.- AGUJEROS NEGROS. Introducción. Agujeros negros de Schwarzschild. Agujeros negros de Kerr. Termodinámica de agujeros negros.

- Profesor: Dr. Pablo Rodríguez Gil

- Temas (epígrafes):

#### Módulo II: Procesos de Acreción

- 6.- ACRECIÓN: CONCEPTOS BÁSICOS. Introducción. El límite de Eddington. Acreción esférica. Acreción no esférica.
- 7.- DISCOS DE ACRECIÓN FINOS. Introducción. Las hipótesis. Estructura radial. Balance energético. El modelo de Shakura y Sunyaev. Inestabilidades.
- 8.- OTRAS ESTRUCTURAS DE ACRECIÓN. Introducción. Flujos advectivos. La capa límite. Acreción magnética
- 9.- ACRECIÓN EN SISTEMAS BINARIOS. El potencial de Roche. Transferencia de masa. Variables Cataclísmicas. Binarias de rayos X.

### Actividades a desarrollar en otro idioma

Las presentaciones proyectadas en el aula durante las clases y los artículos recomendados al alumnado para una mayor profundización en los temas están en inglés.

## 7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

### Descripción

En las clases teóricas el profesorado expone los contenidos de los temas y propone problemas aclaratorios. Además, a lo largo del curso propone algunos trabajos sencillos para que el alumnado los realice de forma autónoma.

### 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	21,00	23,00	44,0	[CE1], [CG2], [CG4], [CB6], [CB8], [CE6], [CG1], [CX4]
Clases prácticas (aula/laboratorio/centro de calculo/observatorio)	7,00	8,00	15,0	[CE10], [CG2], [CG4], [CB6], [CB7], [CB8], [CB10], [CE6], [CG1], [CE7], [CX4]
Realización de trabajos (individual/grupal)	0,00	6,00	6,0	[CE1], [CE10], [CG2], [CG4], [CB6], [CB7], [CB8], [CB10], [CE6], [CG1], [CE7], [CX4]
Preparación de exámenes	0,00	8,00	8,0	[CE1], [CG4], [CB6], [CB8], [CB10], [CE6], [CG1], [CE7], [CX4]
Realización de exámenes	2,00	0,00	2,0	[CG4], [CB7], [CB8], [CE7], [CX4]
Total horas	30,00	45,00	75,00	
		Total ECTS	3,00	

## 8. Bibliografía / Recursos

### Bibliografía Básica

Módulo I: Física de Objetos Compactos

\* Shapiro S. L., Teukolsky S. A.: *Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars*. John Wiley & Sons (Enlace Biblioteca ULL)

Módulo I: Física de Objetos Compactos

\* Camenzind M.: Compact Objects in Astrophysics. Springer (Enlace Biblioteca ULL)

Módulo II: Procesos de Acreción

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

#### Bibliografía Complementaria

\* Martínez González Martínez-Pais I., Shahbaz T., Casares J. (eds.): *Accretion Processes in Astrophysics*. Cambridge University Press (Enlace biblioteca ULL)

\* Kato S., Inagaki S., Mineshige S. Fukue J. (eds.): *Physics of Accretion Disks*. Advances in Astronomy and Astrophysics Vol. 2. Gordon and Breach science publishers

\* Lázaro C., Arévalo M. J. (eds.): *Binary Stars: Selected Topics on Observations and Physical Processes*. EADN School XII, LNP 563. Springer (Enlace Biblioteca ULL)

\* Lewin W. H. G., van Paradijs J., van den Heuvel E.P.J.: *X-ray Binaries*. Cambridge astrophysics series 26. Cambridge University Press (Enlace Biblioteca ULL)

\* Lipunov V. M.: *Astrophysics of Neutron Stars*. Springer-Verlag (Enlace Biblioteca ULL)

\* Luminet J.-P.: *Black Holes*. Cambridge University Press (Enlace Biblioteca ULL)

\* Papantonopoulos E. (ed.): *Physics of Black Holes: A Guided Tour*. Springer-Verlag

\* Shakura N. I., Sunyaev R. A.: *Black Holes in Binary Systems. Observational Appearance*. A&A, 1973, 24, 337 (Enlace al artículo)

\* Warner B.: *Cataclysmic Variables*. Cambridge Astrophysics Series 28. Cambridge University Press (Enlace Biblioteca ULL)

#### Otros Recursos

La asignatura está integrada en el Campus Virtual de la Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado de la ULL:  
<https://campusdoctoradoyposgrado.ull.es>.

## 9. Sistema de evaluación y calificación

### Descripción

La evaluación continua se realizará en base a dos pruebas, una para cada módulo, cada una de ellas con un peso del 50% en la nota de la asignatura. La primera tendrá lugar a mitad del curso, una vez se termine de impartir el primer módulo, y la segunda en la fecha fijada en el calendario oficial de exámenes. El alumnado que no supere la primera prueba, o no la realice, tendrá la oportunidad de hacerlo en esa misma fecha junto con la prueba correspondiente al segundo módulo.

Se podrá renunciar a la evaluación continua mediante notificación a través del aula virtual antes de transcurrido un mes desde el inicio del cuatrimestre, en cuyo caso se concurrirá a evaluación única en dos llamamientos no excluyentes en segunda convocatoria en las fechas establecidas.

Las pruebas se realizarán usando el aula virtual de la asignatura y consistirán en cuestionarios multiopción con solo una respuesta correcta entre opciones equiprobables. Se penalizarán las respuestas incorrectas de acuerdo a la estadística. Cada una de estas pruebas constará de 15 preguntas y tendrá una duración de 45 minutos. Para aprobar la asignatura es



necesario obtener una calificación de al menos un 4 (sobre 10) en cada uno de los dos módulos. En caso de no llegar al 4 (sobre 10) en alguno de ellos, la nota FINAL será la menor entre la media de las dos pruebas y 4.

Al alumnado que no supere la asignatura en la primera convocatoria se le guardará la nota de las pruebas aprobadas, de modo que en sucesivas convocatorias solo tenga que examinarse de la materia que tengan suspendida. Por otra parte, en caso de tener una prueba aprobada pero la asignatura suspendida, podría presentarse al examen de toda la asignatura si así lo decidiese.

Dado que la estrategia evaluativa tiene una parte importante de evaluación continuada a lo largo del curso, es importante el seguimiento diario de la asignatura, especialmente de forma presencial con la asistencia a las clases teóricas y de problemas, y realizar los ejercicios propuestos.

#### Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
Pruebas de respuesta corta	[CX4], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CG1], [CE10], [CE7], [CE6], [CE1]	Prueba multiopción con solo una respuesta correcta entre opciones igualmente probables. Se penalizan las respuestas incorrectas de acuerdo a la estadística.	50,00 %
Pruebas de desarrollo	[CX4], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CG1], [CE10], [CE7], [CE6], [CE1]	Evaluación continua. Se valora el rigor de los conocimientos aplicados a la resolución de los ejercicios planteados, además de llegar al resultado final correctamente.	50,00 %

## 10. Resultados de Aprendizaje

Esta asignatura proporciona al estudiantado, por una parte, conocimientos introductorios en la teoría de acreción y sus aplicaciones en escenarios astrofísicos concretos, en especial en sistemas binarios compactos. Se pretende que conozca sus fundamentos, la metodología para su estudio y el estado actual en las investigaciones.

El alumnado recibirá una introducción a la teoría y fundamentos de la física de los tres tipos de objetos compactos conocidos: enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros. Con esta introducción, estará en condiciones de profundizar en el campo de investigación a nivel profesional en caso de que lo necesitase.

## 11. Cronograma / calendario de la asignatura

### Descripción

La asignatura se desarrolla durante la segunda mitad del segundo cuatrimestre.

La temporización es a título orientativo para un grupo de clase promedio; puede sufrir cambios dependiendo de los conocimientos previos del grupo y de la organización docente.

Segundo cuatrimestre					
Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 9:	1	Media hora para la presentación de la asignatura. Clases teóricas ("Enanas Blancas") y prácticas en aula.	4.00	4.50	8.50
Semana 10:	2	Clases teóricas y prácticas en aula ("Estrellas de Neutrones").	4.00	3.50	7.50
Semana 11:	3	Clases teóricas y prácticas en aula ("Agujeros Negros")	4.00	5.00	9.00
Semana 12:	3 y 4	Clases teóricas y prácticas en aula ("Agujeros Negros" y "Conceptos básicos de acreción").	4.00	5.00	9.00
Semana 13:	5	Clases teóricas y prácticas en aula ("Discos de Acreción Finos").	4.00	8.00	12.00
Semana 14:	6	Clases teóricas y prácticas en aula ("Otras Estructuras de Acreción")	4.00	5.00	9.00
Semana 15:	7	Clases teóricas y prácticas en aula ("Acreción en Sistemas Binarios").	4.00	5.00	9.00
Semana 16 a 18:	Examen y preparación del examen		2.00	9.00	11.00
Total			30.00	45.00	75.00