



## FICHA IDENTIFICATIVA

### DATOS DE LA ASIGNATURA

**Código:** 43296  
**Nombre:** Astrofísica estelar  
**Ciclo:** Máster Universitario Oficial  
**Créditos ECTS:** 6  
**Curso académico:** 2025-26

### TITULACIONES

Titulación	Centro	Curso	Periodo
2150 - Máster Universitario en Física Avanzada	Facultat de Física	1	Primer cuatrimestre

### MATERIAS

Titulación	Materia	Carácter
2150 - Máster Universitario en Física Avanzada	Astrofísica avanzada	OPTATIVA

### COORDINACIÓN

ALOY TORAS MIGUEL ANGEL

## RESUMEN

Conceptos básicos de Física Estelar. Etapas evolutivas avanzadas y evolución tras la Secuencia Principal. Enanas Blancas. Estrellas de Neutrones. Astrofísica de Agujeros Negros. Supernovas y Colapso Estelar. Acreción en Astrofísica. Estrellas binarias de rayos X. Actividad galáctica. Chorros relativistas.



## CONOCIMIENTOS PREVIOS

### RELACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS DE LA MISMA TITULACIÓN

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

### OTROS TIPOS DE REQUISITOS

Los alumnos deberían haber cursado una asignatura equivalente a la de Astrofísica de tercero del grado de física, así como haber tomado como optativa la Relatividad y Cosmología de cuarto de grado de física. En todo caso, si estas asignaturas no han sido cursadas, el estudiante debería poseer los siguientes conocimientos previos:

1. Análisis matemático y rudimentos de física de fluidos.
2. Evolución estelar y Astrofísica básica.
3. Mecánica Hamiltoniana y Lagrangiana.
4. Relatividad Especial y General.
5. Campos eléctricos y magnéticos: radiación electromagnética.

Puesto que las clases se impartirán en inglés, un nivel B2 o equivalente sería necesario para poder seguir la asignatura.

## COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE

-

Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

Comprender de una forma sistemática el campo de estudio de la Física y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.

Comprender la fase terminal de las estrellas que conduce a la formación de objetos compactos (enanas blancas, estrellas de neutrones o agujeros negros) incluyendo el



colapso estelar que precede a la formación de estos objetos, incluyendo también fenómenos como las supernovas y las erupciones de rayos gamma.

Comprender los fundamentos teóricos de la física estelar y cómo se forman y evolucionan las estrellas a partir de aplicación de las leyes de la física.

Concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.

Elaborar una memoria clara y concisa de los resultados de su trabajo y de las conclusiones obtenidas en el área de la Física.

Estar en disposición para seguir los estudios de doctorado y la realización de un proyecto de tesis doctoral.

Evaluar la validez de un modelo o teoría propuesto por otros miembros de la comunidad científica.

Exponer y defender públicamente el desarrollo, resultados y conclusiones de su trabajo en el área de la Física.

Ostentar la preparación para tomar decisiones correctas en la elección de tareas y en su ordenación temporal en su labor investigadora y/o profesional.

Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.

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.

Que los/las estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

Que los/las 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.

Que los/las estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

Que los/las estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

Realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el área de la Física.

Saber modelizar matemáticamente los problemas físicos sencillos nuevos, conectados con problemas conocidos. Ser capaz de expresar en términos matemáticos nuevas ideas.

Saber organizarse para planificar y desarrollar el trabajo dentro de un equipo con eficacia y eficiencia.



Ser capaces de obtener y de seleccionar la información y las fuentes relevantes para la resolución de problemas, elaboración de estrategias y asesoramiento a clientes.

Ser capaz de gestionar información de distintas fuentes bibliográficas especializadas utilizando principalmente bases de datos y publicaciones internacionales en lengua inglesa.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

### 1. Introducción y conceptos básicos

Luminosidades y magnitudes aparentes. Masas y radios estelares. Relación Masa-Luminosidad. Temperaturas estelares. Tipos espectrales. Diagramas de Hertzsprung-Russell. Poblaciones estelares. El Sol: magnitudes fundamentales. Ecuaciones de estructura estelar. El teorema del Virial.

### 2. Resumen de evolución estelar

Resumiremos las trayectorias evolutivas más representativas de las estrellas en función de sus masas. Cuatro trayectorias evolutivas separadas y paradigmáticas serán consideradas: estrellas de baja masa, estrellas de masa intermedia, estrellas masivas y estrellas supermasivas.

### 3. Enanas blancas.

Ecuaciones de estado. Estructura y estabilidad. Enfriamiento. Enanas blancas en sistemas binarios: supernovas termonucleares.

### 4. Estrellas de neutrones.

Ecuaciones de estado. Estructura y estabilidad. Púlsares. Magnetosferas de estrellas de neutrones. Proto-estrellas de neutrones. Enfriamiento. Estrellas de neutrones en sistemas binarios.

### 5. Supernovas y colapso estelar

Propiedades observacionales de explosiones supernova. Relación entre el colapso estelar y las supernovas hidrodinámicas. Física del colapso. Fase de rebote. Fase post-rebote. Aspectos básicos para la supervivencia del choque tras el rebote. El mecanismo de explosión retardado. Convección y rotación como elementos que ayudan a explotar una supernova. El papel del campo magnético en el mecanismo de explosión de supernovas.



## 6. Acreción en Astrofísica. I. Afluencia.

Se proporcionará al estudiante una visión amplia de los escenarios astrofísicos en los que la acreción es el elemento clave para convertir energía gravitatoria en otros tipos de energía que dan lugar a multitud de fenomenologías observadas. Consideraremos el caso de acreción en sistemas binarios y en núcleos activos de galaxias, y estudiaremos en profundidad el caso de acreción en discos geoméricamente delgados, introduciendo el modelo básico de disco de Shakura-Sunyaev. Se desarrollarán los conceptos necesarios para entender los procesos de acreción estacionaria, haciendo énfasis en los casos en los que el objeto central (acretor) sea un objeto compacto (típicamente un agujero negro). Estudiaremos las soluciones de agujero negro tipo Kerr y la dinámica de partículas prueba alrededor de agujeros negros. Espectro de masas y evidencias observacionales de la existencia de agujeros negros.

## 7. Acreción en Astrofísica. II. Efluvios.

Consideraremos los mecanismos más relevantes de extracción de energía a partir de procesos de acreción, en particular el mecanismo de Blandford-Znajek y Blandford-Payne. Física de chorros relativistas en binarias y galaxias activas: composición, dinámica y transporte de energía. Impacto en el medio interestelar e intergaláctico y relevancia astrofísica.

### VOLUMEN DE TRABAJO (HORAS)

#### ACTIVIDADES PRESENCIALES

Actividad	Horas
Teoría	39,00
Seminario	3,00
Otras actividades	4,00
<b>Total horas</b>	<b>46,00</b>

#### ACTIVIDADES NO PRESENCIALES

Actividad	Horas
Asistencia a otras actividades	3,00
Elaboración de trabajos individuales o en grupo	20,00
Estudio y trabajo autónomo	30,00
Preparación de clases	35,00
Preparación de actividades de evaluación	10,00
Resolución de casos prácticos	6,00
<b>Total horas</b>	<b>104,00</b>

### METODOLOGÍA DOCENTE

MD1 ¿ Clases teóricas lección magistral participativa.

MD3 ¿ Resolución de problemas.



MD4 ¿ Problemas.

MD5 ¿ Seminarios.

MD8 ¿ Conferencias de expertos.

## EVALUACIÓN

SE1 - Exámenes escritos sobre las clases de teoría y prácticas: basados en los resultados del aprendizaje y en los objetivos específicos de cada asignatura.

SE3 - Evaluación continua del estudiante en las clases de teoría y prácticas: asistencia participativa y realización de ejercicios en el aula.

SE5 - Evaluación de las actividades no presenciales relacionadas con las clases de teoría y prácticas: memorias y/o informes de las prácticas entregados.

SE7 - Presentación oral y exposición de trabajos en el aula.

El examen contribuirá a un 40% de la nota total, siendo necesario obtener más de 4 puntos de 10 en el mismo para poder aprobar la asignatura. El 60% de la nota se obtiene por evaluación continua. En esta parte, los ejercicios individuales contribuyen en un 30%, y los trabajos en grupos en otro 30%.

Este sistema de evaluación se aplicará tanto a la primera como a la segunda convocatoria.

## BIBLIOGRAFÍA

- Referencia b1: Kippenhahn, R. Weigert, H., Stellar Structure and Evolution. Second Edition, Springer-Verlag, Berlin (1991)
- Referencia b2: Karttunen et al., Fundamental Astronomy. Fifth Edition., Springer-Verlag, Berlin



(2007)

- Referencia b3: Janka, H.-T., Conditions for shock revival by neutrino heating in core-collapse supernovae, *A&A*, 368, 527 (2001)
- Referencia b4: Filippenko, A., Optical spectra of Supernovae, *ARAA*, 35, 309 (1997)
- Referencia b5: Vedrenne, G. & Atteia, J.L., *Gamma-Ray Bursts: The brightest explosions in the Universe*. Springer; Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK (2009)
- Referencia b6: Shapiro, S.L., Teukolsky, S.A., *Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars*. John Wiley and Sons, Nueva York (1983)
- Referencia b7: M. Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics: White Dwarfs, Neutron Stars and Black Holes*, Springer-Verlag, Berlin (2005)
- Referencia b8: Frank, J., King, A. Raine, D., *Accretion Power in Astrophysics. Second Edition*, Cambridge University Press, Cambridge (1992)
- Referencia c1: Arnett, D., *Supernovae and Nucleosynthesis*. Princeton University Press (1996)
- Referencia c2: Clayton D.D., *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*. Chicago University Press (1983)
- Referencia c3: G.S. Bisnovatyi-Kogan, *Stellar Physics II*, Springer-Verlag Berlín (2001)
- Referencia c4: T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics (vol. I: Astrophysical Processes; vol. II: Stars and Stellar Systems)* Cambridge University Press (2001)
- Referencia c5: LeVeque, R.J., Mihalas, E., Dorfi, E.A., Müller, E. *Computational Methods for Astrophysical Fluid Flow: Saas-Fee Advanced Course 27. Lecture Notes 1997*. Swiss Society for Astrophysics and Astronomy (Saas-Fee Advanced Courses) Springer, 1998
- Referencia c6: Piran, T., The physics of gamma-ray bursts, *Reviews of Modern Physics*, 76, 1143 (2005)
- Referencia c7: N.K. Glendenning, *Compact Stars: Nuclear Physics, Particle Physics, and General Relativity, Second Edition*, Springer-Verlag, Berlin (2000)



- Referencia c8: Mészáros, P., High-Energy Radiation from Magnetized Neutron Stars. The University of Chicago Press (1992)
- Referencia c9: Boettcher, M., Harris, D.E., Krawczynski, H., Relativistic Jets from Active Galactic Nuclei, Wiley-VCH, Weinheim (2012)
- Referencia c10: C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler, Gravitation. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA (1973)