Guía docente de la asignatura

Física Estelar (M53/56/2/3)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 02/07/2025

Máster	Máster Universitario en Física y Matemáticas - Fisymat
MÓDULO	Módulo I: Astrofísica
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	6	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Se recomienda conocimientos generales de astrofísica, física nuclear, física estadística, termodinámica y física de fluidos.

En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia#contenidoo

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

La asignatura proporciona una visión sistemática de los procesos físicos que determinan la estructura y evolución de las estrellas. Se desarrollan las ecuaciones diferenciales fundamentales que gobiernan el equilibrio hidrostático, el transporte de energía (radiativo, conductivo y convectivo) y la evolución temporal de las propiedades estelares. Se abordan las fuentes de energía internas, la composición química y las reacciones nucleares responsables de la nucleosíntesis. Asimismo, se estudian las distintas etapas evolutivas de las estrellas, desde su formación hasta las fases finales, incluyendo los fenómenos específicos asociados a la evolución en sistemas binarios.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723
06/05/2026 - 10:43
Pág. 1 de 8

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en 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 (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- 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.
- CB9 - Que los 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.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG04 - Saber comunicarse con la comunidad académica y científica en su conjunto, con la empresa y con la sociedad en general acerca de la Física y/o Matemáticas y sus implicaciones académicas, productivas o sociales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos
- CE02 - Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas
- CE03 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos matemáticos avanzados, y profundizar en los distintos campos de las matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE05 - Saber obtener e interpretar datos de carácter físico y/o matemático que puedan ser aplicados en otras ramas del conocimiento
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas
- CE07 - Capacidad para comprender y poder aplicar conocimientos avanzados de matemáticas y métodos numéricos o computacionales a problemas de biología, física y astrofísica, así como elaborar y desarrollar modelos matemáticos en ciencias, biología e

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:43
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723 Pág. 2 de 8

ingeniería.
- CE08 - Capacidad de modelar, interpretar y predecir a partir de observaciones experimentales y datos numéricos

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT03 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad de crítica y autocrítica
- CT05 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en 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 (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- 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.
- CB9 - Que los 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.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG04 - Saber comunicarse con la comunidad académica y científica en su conjunto, con la empresa y con la sociedad en general acerca de la Física y/o Matemáticas y sus implicaciones académicas, productivas o sociales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos
- CE02 - Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:43
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723 Pág. 3 de 8

- CE03 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos matemáticos avanzados, y profundizar en los distintos campos de las matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE05 - Saber obtener e interpretar datos de carácter físico y/o matemático que puedan ser aplicados en otras ramas del conocimiento
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas
- CE07 - Capacidad para comprender y poder aplicar conocimientos avanzados de matemáticas y métodos numéricos o computacionales a problemas de biología, física y astrofísica, así como elaborar y desarrollar modelos matemáticos en ciencias, biología e ingeniería.
- CE08 - Capacidad de modelar, interpretar y predecir a partir de observaciones experimentales y datos numéricos

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT03 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad de crítica y autocrítica
- CT05 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno comprenderá:

- los conceptos básicos de la física estelar y la astrofísica en general

- las ecuaciones, los diferentes procesos y los modelos numéricos que rigen la evolución y la estructura física de las estrellas

- las ecuaciones de estado de la materia en condiciones muy diversas

- los mecanismos de generación, transporte y pérdida de energía

- las reacciones nucleares relevantes y la síntesis de los elementos químicos

- las técnicas observacionales actuales, interpretando los datos experimentales

- los límites que se derivan de las aproximaciones realizadas en los modelos teóricos, desarrollando la capacidad suficiente para realizar propuestas de mejora.

- los órdenes de magnitud y los tiempos característicos asociados a un determinado problema, desarrollando la capacidad de aplicarlos a situaciones físicamente diferentes que muestren analogías.

- el papel de las estrellas como componentes básicos de las galaxias y del Universo.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:43
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723 Pág. 4 de 8

TEÓRICO

Tema 1: Estructura estelar

Introducción a la evolución estelar. Parámetros observacionales. Diagrama Hertzsprung-Russell. Principios de conservación de equilibrio Mecánico y Térmico. Ecuaciones de estructura estelar. Teorema del Virial. Ecuación de estado. Procesos adiabáticos. Polítropos.

Tema 2: Fuentes y transporte de energía

Transporte de energía: Radiación, convección y conducción. Opacidad. Luminosidad de Eddington. Reacciones termonucleares y ritmos de reacción. Principales cadenas y ciclos de combustión nuclear. Otros procesos nucleares de interés astrofísico. Relaciones homólogas y criterios de estabilidad.

Tema 3: Evolución estelar

Formación estelar y pre-secuencia principal. Límites de masa estelar: enanas marrones y planetas. Edad cero y secuencia principal. Estimación de edades de cúmulos estelares. Evolución en la rama de las gigantes: estrellas RGB y AGB. Formación de enanas blancas. Estrellas masivas y supernovas de colapso gravitatorio.

Tema 4: Evolución estelar en sistemas binarios.

Supernovas termonucleares o SNIa. Aplicaciones cosmológicas de las SNIa. Binarias cataclísmicas. Novas. Erupciones de rayos X. Estrellas gigantes binarias y anomalías químicas.

Tema 5: Objetos compactos

Estructura y evolución de enanas blancas. Masa límite de Chandrasekhar. Estrellas de neutrones: estructura y evolución. Ecuación de estado: ecuación de Tolman-Volkov-Openheimer. Púlsares: diagrama P-Pdot y sistemas binarios. Agujeros negros: dinámica. Métrica de Schwarzschild y de Kerr. Ondas gravitacionales.

Tema 6: Pulsaciones estelares.

Astrosismología: relación periodo-luminosidad. Análisis de señal: prewhitening. Pulsaciones esféricas adiabáticas y no adiabáticas. Oscilaciones radiales y no radiales. Mecanismos de pulsación. Identificación modal: regímenes asintóticos. Pulsaciones en alta rotación.

PRÁCTICO

La componente Práctica de la asignatura consiste:

- Ejercicios (problemas)
- Actividades teórico-prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723
06/05/2026 - 10:43
Pág. 5 de 8

- Stellar Structure and evolution, Pols, O. R.: https://www.astro.ru.nl/~onnop/education/stev_utrecht_notes/

- An Introduction to Modern Stellar Astrophysics, Ostlie, D.A. & Carrol, B.W., Pearson.

- Lecture notes on Stellar Oscillations, Christensen-Dalsgaard, J.: http://astro.phys.au.dk/jcd/oscilnotes/

- Asteroseismology (Lecture Notes). Aerts, C.: http://www.spaceinn.eu/wp content/uploads/lecturenotes/astero2007.pdf

- Compact objects in Astrophysics, Camenzind, M.: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-49912-1/

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Lamers, H. J. G. L. M., Levesque, E. M.: Understanding stellar evolution. IOP Astronomy.

- Kippenhahn, R., Weigert, A., Weiss, A.: Stellar Structure and Evolution. Springer.

- Bisnovatyi-Kogan, G. S.: Stellar physics. Springer

- Clayton, D.D.: Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis. University of Chicago Press.

- Gray, D.F.: The Observation and Analysis of Stellar Phothospheres. Cambridge University Press.

- José, J. Stellar Explosions and Nucleosynthesis, CRC Taylor and Francis.

- Glendening, N.K.: Compact Stars. Springer.

ENLACES RECOMENDADOS

Artículos especializados en astrofísica: NASA/ADS (harvard.edu)

Sociedad Española de Astronomía: Sociedad española de astronomía | (sea-astronomia.es)

Instituto de Astrofísica de Canarias: http://www.iac.es/

Instituto de Astrofísica de Andalucía: http://www.iaa.es/

Modelos de estrellas masivas: ORFEO http://orfeo.iaps.inaf.it/

Modelos de estrellas de baja masa e intermedia: FRUITY http://fruity.oa-teramo.inaf.it/

Montreal white dwarf data base: https://www.montrealwhitedwarfdatabase.org/

GEAS Project: http://astronomy.nmsu.edu/geas/labs/html/lab06.shtml

The 3D Nuclide Chart: https://people.physics.anu.edu.au/~ecs103/chart3d/

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:43
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723 Pág. 6 de 8

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral
- MD04 Seminarios
- MD05 Tutorías académicas
- MD06 Realización de trabajos individuales o en grupos
- MD07 Análisis de fuentes y documentos
- MD08 Sesiones de discusión y debate
- MD09 Seguimiento del TFM

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

E1: Evaluación de los resultados de las actividades propuestas por el profesor. Ponderación: 50%.

E2: Presentación oral de trabajos desarrollados de forma autónoma. Ponderación: 50%.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

En evaluación **extraordinaria** la calificación se hará de acuerdo al siguiente baremo:

- E1: Realización de exámenes parciales o finales escritos u orales. Ponderación: 100%

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrá acogerse a la evaluación única final el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas. Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

En evaluación **única final** la calificación se hará de acuerdo al siguiente baremo:

- E1: Realización de exámenes parciales o finales escritos u orales. Ponderación: 100%

INFORMACIÓN ADICIONAL

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:43
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723 Pág. 7 de 8

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos(https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

SOFTWARE LIBRE

- MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics): https://docs.mesastar.org/en/latest/
- GYRE (Stellar Oscillation Code): https://gyre.readthedocs.io/en/stable/

MESA es un código de evolución estelar en código abierto, modular y con una gran comunidad muy activa. GYRE es un código abierto para el cálculo de oscilaciones estelares.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): 2C9F39ACD75932AB5023E0E0BD5BB723
06/05/2026 - 10:43
Pág. 8 de 8