

Guía docente de la asignatura

## Física Estelar (M53/56/3/3)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 18/07/2023

**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.

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

Las ecuaciones diferenciales de la evolución estelar.

Transporte de energía por radiación y conducción.

Estabilidad y transporte de energía por convección.

Fuentes de energía.

Composición química y reacciones nucleares.

Fases de la evolución estelar.

Evolución en sistemas binarios.

### 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 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

#### 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

Realización de ejercicios.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Stellar Structure and evolution, Pols, O. R.:  
[https://www.astro.ru.nl/~onnop/education/stev\\_utrecht\\_notes/](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 Photospheres. 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 \(harvard.edu\)](https://www.nasa.gov/data/ads)

Sociedad Española de Astronomía: [Sociedad española de astronomía | \(sea-astronomia.es\)](http://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.iaa.es/>

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/>

## 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

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) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

