



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

ASIGNATURA / **COURSE TITLE**

Estructura y Evolución Estelar / [Stellar Structure and Evolution](#)

1.1. **Código / Course number**

32552

1.2. **Materia / Content area**

Astrofísica Estelar / [Stellar Astrophysics](#)

1.3. **Tipo / Course type**

Formación Obligatoria / [Compulsory Subject](#)

1.4. **Nivel / Course level**

Máster / [Master](#)

1.5. **Curso/ Year**

2018/19

1.6. **Trimestre / Trimester**

Segundo / [Second \(T2\)](#)

1.7. **Número de créditos / Credit allotment**

6 ECTS / 150 h.

1.8. **Idioma / Language**

Español y Inglés / [Spanish and English](#)

1.9. **Requisitos previos / Prerequisites**

Admisión al Máster / [Admission to the Master courses](#)



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

1.10. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

La asistencia es muy recomendable / [Attendance is highly advisable](#)

1.11. Datos del equipo docente / **Faculty data**

Docentes / [Lecturer\(s\)](#) **A/Prof. Patricia Sanchez Blazquez (coordinator)**
Departamento de Física Teórica/ [Department of Theoretical Physics](#)
Facultad de Ciencias / [Faculty of Science](#)
Módulo 8, Despacho 314 / [Module 8, Room 314](#)
Teléfono / [Phone](#): ---
Correo electrónico/[Email](#):
Página web / [Web page](#): <http://www.ft.uam.es/>
Horario de atención al alumnado/[Office hours](#): con cita previa /[with appointment](#)

Docentes / [Lecturer\(s\)](#) **Prof. Angeles Diaz**
Departamento de Física Teórica/ [Department of Theoretical Physics](#)
Facultad de Ciencias / [Faculty of Science](#)
Módulo 8, Despacho 314 / [Module 15, Room 313](#)
Teléfono / [Phone](#): ---
Correo electrónico/[Email](#):
Página web / [Web page](#): <http://www.ft.uam.es/>
Horario de atención al alumnado/[Office hours](#): con cita previa /[with appointment](#)

1.12. Objetivos del curso / **Course objectives**

RESULTADOS DE APRENDIZAJE:

1. Adquisición de los conceptos fundamentales de Astrofísica. Nomenclatura y lenguaje de la Astrofísica.
2. Aprendizaje de las propiedades y características de las estrellas como sistemas físicos.
3. Formación básica para el desarrollo de una posterior actividad investigadora en el campo de la astrofísica. Iniciar y estimular el interés por la práctica de dicha actividad investigadora.

Estos resultados de aprendizaje contribuyen a la adquisición de las siguientes competencias del curso:



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES:

CG3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo la bibliografía especializada en Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

CG4 - Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y/o experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

CG5 - 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.

CG2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica de nueva generación y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

CG1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a la Física Teórica: Partículas Elementales, Cosmología y Astrofísica.

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 (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.



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:

CE6 - La adquisición de conocimientos avanzados, tanto desde el punto de vista teórico (nuevos conceptos y teorías, desarrollos formales, herramientas matemáticas avanzadas, etc.) como experimental (resultados experimentales que han conducido a nuevas teorías, técnicas experimentales avanzadas, etc.), en la física de partículas, astrofísica y cosmología.

CE7 - La adquisición de conocimientos en la vanguardia de la investigación en las áreas de física de partículas, astrofísica y cosmología: teorías y experimentos actualmente en desarrollo, problemas abiertos de las teorías consolidadas, y nuevas áreas de investigación resultantes de la interconexión de diferentes disciplinas.

CE8 - La capacidad para realizar un análisis crítico de una teoría o experimento reciente o de vanguardia en las áreas de física de partículas, astrofísica y cosmología, basándose en la consistencia lógica del desarrollo formal, la rigurosidad de las técnicas (matemáticas o experimentales) empleadas, y la consistencia con los conocimientos previos. Asimismo, la capacidad de síntesis de nuevas ideas y técnicas (tanto teóricas como experimentales) para abordar los problemas abiertos de las teorías consolidadas en la física de partículas, astrofísica y cosmología.

CE9 - La capacidad de comunicar los conocimientos avanzados en la física de partículas, astrofísica y cosmología: descripción del fenómeno tanto desde un punto de vista teórico (conceptos, desarrollos formales, técnicas matemáticas) como experimental (resultados obtenidos de las observaciones, técnicas utilizadas) y su comprensión en el contexto de las teorías ya consolidadas.

CE10 - La capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física de partículas, astrofísica y cosmología, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas matemáticas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

1.13. Contenidos del programa / **Course contents**

INTRODUCCION

Propiedades observacionales de las estrellas. Relación Masa-Luminosidad. Diagrama H-R. Abundancias químicas. Poblaciones estelares.

PARTE I. ESTRUCTURA ESTELAR (TEORIA DE LOS INTERIORES ESTELARES).

TEMA 1. ESTRUCTURA MECANICA DE LAS ESTRELLAS

Ecuación de movimiento de una estrella. Equilibrio hidrostático y desviaciones del equilibrio. El teorema del virial. Aplicaciones del teorema del virial. Escalas de tiempo.

TEMA 2. LA EQUACION DE ESTADO.

Gas completamente ionizado; el gas ideal con radiación. Estudio de un gas parcialmente ionizado. Presión de radiación. Gas de electrones degenerados. Degeneración completa y degeneración parcial. Otros efectos.

TEMA 3. EQUILIBRIO TERMICO.

Expansión o contracción de una configuración gaseosa. Equilibrio térmico en una estrella. Energía total de una estrella. Transporte de Energía.

TEMA 4. GENERACION DE ENERGIA NUCLEAR.

Secciones eficaces. Liberación de energía. Ritmos de reacción medios. Combustión de hidrógeno. Reacciones nucleares posteriores.

TEMA 5. OPACIDAD.

Procesos que contribuyen a la opacidad en las estrellas. Opacidad media de Rosseland. Ley de Kramer. Dependencia de las diferentes fuentes de opacidad de

TEMA 6. ESTABILIDAD EN LAS ESTRELLAS.

Inestabilidad dinámica frente a movimientos convectivos. Criterios de Schwarzschild y de Ledoux. Transporte de energía por convección. La teoría de la "longitud de mezcla". Soluciones y casos límite.

TEMA 7. CONDICIONES DE CONTORNO.

Condiciones de Contorno nulas. Envolturas Radiativas. Envolturas Convectivas.

TEMA 8. MODELOS ESTELARES SIMPLES.

Modelos estelares politrópicos. Ecuación de Lane-Emden: soluciones y sus propiedades. Energía potencial y energía total de un politropo. Esferas isotermas. Ecuación isoterma de Lane-Emden. Modelo estándar de Eddington. Modelo de fuente uniforme. Modelo de Cowling o de fuente puntual. Aplicación a estrellas. El Sol como un politropo. Obtención de la masa límite de Chandrasekhar. Estrellas supermasivas. Estrellas completamente convectivas. Contracción de un politropo. Línea de Hayashi y regiones prohibidas del Diagrama H-R. Limitaciones de modelos completamente



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

convectivos. Estrellas homólogas. Contracción homóloga. Modelos químicamente inhomogéneos. Efectos de una opacidad variable

TEMA 9. CALCULO NUMERICO DE LA ESTRUCTURA ESTELAR Y SU EVOLUCION

Ecuaciones y condiciones de contorno. Soluciones numéricas a las ecuaciones diferenciales. Cálculo de modelos estelares. La evolución con el tiempo.

TEMA 10. ESTRUCTURA INICIAL DE LAS ESTRELLAS.

Secuencia principal de edad zero (ZAMS). Estructura inicial de estrellas en la parte superior de la secuencia principal. Construcción de modelos. Resultados y comparación con las observaciones. Dependencia de los resultados de la composición química. Estructura inicial de estrellas en la parte inferior de la secuencia principal. Resultados y comparación con las observaciones. Modelos para estrellas de la Población II: estrellas subenanas. El problema de la abundancia de helio en estrellas subenanas. Estrellas dominadas por transporte radiativo. Estrellas predominantemente convectivas. La región “prohibida”.

PARTE II: EVOLUCION ESTELAR

TEMA 1. EVOLUCION ANTES DE LA SECUENCIA PRINCIPAL.

Inestabilidad gravitacional. Criterio de Jeans. Fragmentación. Estudio del colapso de una esfera homogénea: fase de caída libre, formación de un objeto condensado y acreción. Fase ópticamente delgada, procesos de radiación y formación de un núcleo hidrostático. Teoría de Hayashi. Formación de protoestrellas.

TEMA 2. LA SECUENCIA PRINCIPAL

ZAMS. Evolución durante la fusión nuclear de hidrógeno. La evolución del Sol. Test a los modelos solares.

TEMA 3. EVOLUCION DESPUES DE LA SECUENCIA PRINCIPAL I.

Evolución de estrellas de masa intermedia. Evolución de estrellas de baja masa. Producción de elementos s.

TEMA 4. EVOLUCION DESPUES DE LA SECUENCIA PRINCIPAL II.

Fases finales de la evolución de estrellas masivas.

TEMA 5. RESIDUOS DE LA EVOLUCION ESTELAR: OBJETOS COLAPSADOS.

Estrellas enanas blancas. Estructura, propiedades y evolución. Estrellas de neutrones. Modelos. Estrellas de neutrones en rápida rotación: púlsares. Agujeros negros. Procesos de acreción de materia sobre objetos colapsados en sistemas binarios: emisión de rayos

TEMA 6. SUPERNOVAS

Clasificación de supernovas. Supernovas como fase final de estrellas masivas. Supernovas tipo Ia. Nucleosíntesis explosiva.



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

TEMA 7. INTERPRETACION TEORICA DEL DIAGRAMA HR DE CUMULOS ESTELARES.
 Propiedades de las isócronas. Interpretación de los diagramas HR. Conexión entre las trazas evolutivas y las isócronas. Comparación con cúmulos globulares. Medidas de poblaciones estelares.

1.14. Referencias de consulta / **Course bibliography**

- *The internal constitution of the stars*. Arthur S. Eddington. 1926. Cambridge Science Classics.
- *Structure and Evolution of the Stars*. M. Schwarzschild. 1958. Dover Pub. Inc., New York.
- *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*. D. Clayton. 1968. McGraw Hill Inc., New York
- *Stellar Structure and Evolution*. R. Kippenhahn & A. Weigert. 1990. Springer-Verlag.
- *The Stars*. E.L. Schatzman & F. Praderie. 1993. Springer-Verlag.
- *Stellar Interiors*. C.J. Hansen & S.D. Kawaler. 1994. Springer-Verlag
- *Evolution of stars and stellar populations*, M. Salaris & S. Cassisi, 2005, John Wiley & Sons
- *An introduction to the theory of stellar structure and evolution*, C. J. Hansen, S.D. Kawaler & V. Trimble, 2000, Cambridge University Press.



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

2. Métodos docentes / Teaching methodology

Actividades presenciales

- Clases teóricas: Exposición de contenidos teóricos por parte del profesor con referencias directas a casos reales.
- Clases prácticas: Resolución de problemas y ejercicios por parte del profesor y alumnos. Presentación de trabajos de alumnos.

Actividades dirigidas

- Trabajos individuales y/o en grupo: Resolución de problemas y ejercicios. Consultas de bases de datos astronómicos. Trazado de diagramas HR en base a datos de catálogos astronómicos. Clasificación de espectros estelares e identificación de líneas en base a espectros estelares públicos
- Docencia en red: Bases de datos. Catálogos fotométricos y librerías de espectros.
- Tutorías: (Incluidas virtuales)

3. Tiempo de trabajo del estudiante / Student workload

30 horas de docencia teórica

15 horas de docencia práctica

101 horas no presenciales

4 horas de tutorías y exposición de trabajos

Posibles ajustes puntuales, según las circunstancias

Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS = 150 h



Asignatura:	Estructura y Evolución Estelar
Código:	32552
Centro:	Facultad de Ciencias, UAM
Titulación:	Máster Física Teórica
Nivel:	Máster
Tipo:	Obligatoria
Nº de créditos:	6 ECTS

4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

- Realización y defensa pública de un trabajo en el cual se requiera la profundización, por parte del alumno, en temas actuales abordados por la asignatura y/o sobre el trabajo de investigación original realizado por el estudiante. 20%
- Realización y defensa de los casos prácticos y problemas teóricos planteados por el profesor en clase. 20%
- Realización de un examen al final del curso. 60%

Los mismos criterios se aplicarán en la convocatoria extraordinaria.

5. Cronograma* / Course calendar

Semana/ Week	Contenido/ Contents	Horas presenciales/ Contact hours	Horas no presenciales/ Independent study time
Semana 1-5	Introducción+ Parte 1	4.5h/semana	9.18 /semana
Semana 6-10	Parte 2 +resumen	4.5h/semana	9.18 /semana
Semana 11	Examen. Evaluación y exposición de trabajos	4 horas	9.18 /semana

*Este cronograma tiene carácter orientativo.