



| | |
|-----------------|--------------------------------|
| 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

2017/18

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.

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. PROPIEDADES OBSERVABLES DE LAS ESTRELLAS.

Posiciones y distancias. Brillo estelar. Absorción interestelar. Análisis espectral. Diagrama Color-Magnitud. Masas estelares. Pulsaciones estelares. Actividad Estelar.

TEMA 2. LA EQUACION DE ESTADO.



| | |
|-----------------|--------------------------------|
| 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 |

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. Casos límite.

TEMA 3. EQUILIBRIO HIDROSTATICO.

Estimación de la presión interna y temperatura estelares. Límites a la presión central. El teorema del virial. Soluciones simples a la ecuación del equilibrio hidrostático. Modelos politrópicos.

TEMA 4. TRANSPORTE DE ENERGIA.

Ecuación de la conservación de energía a escalas global y local. Escalas temporales significativas para la evolución estelar. Transporte radiativo de la energía a través de la estrella. Transporte de energía por conducción. 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. Ecuación general del transporte de energía.

TEMA 5. RELACION MASA-LUMINOSIDAD

Estrellas dominadas por transporte radiativo. Estrellas predominantemente convectivas. La región "prohibida".

TEMA 5. GENERACION DE ENERGIA NUCLEAR.

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

TEMA 6. 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 convectivos. Estrellas homólogas. Contracción homóloga. Modelos químicamente inhomogéneos. Efectos de una opacidad variable.

TEMA 7. 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 8. 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.



| | |
|-----------------|--------------------------------|
| 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 |

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.

Evolución de estrellas de masa intermedia. Evolución de estrellas de baja masa.

TEMA 4. 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.

TEMA 5. FASES FINALES DE LA EVOLUCION ESTELAR: SINTESIS DE ELEMENTOS.

Fases finales de la evolución de estrellas masivas. Explosiones de Supernova.

TEMA 6. 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 X.

RESUMEN Y COMPARACION CON LAS OBSERVACIONES

Resumen de la teoría de la evolución estelar en base al Teorema del Virial. Trazas evolutivas en el diagrama H-R. Efectos de pérdida de masa. Construcción de isocronas. Comparación con observaciones de cúmulos estelares. Determinación de la edad y composición química de cúmulos estelares. Estadísticas estelares. Tasa de formación de estrellas: función de luminosidad y función inicial de masa. Tasa de muerte de las estrellas: número de enanas blancas y tasas de explosiones de supernovas.



| | |
|-----------------|--------------------------------|
| 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 |

1.14. 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.
- *An Introduction to the Study of Stellar Structure*. S. Chandrasekhar. 1958. Dover Pub. Inc., New York.
- *Principles of Stellar Structure*. Volume I: Physical Principles. Volume II: Application to Stars. J.P. Cox and R.T. Giuli. 1968. Gordon & Breach Science Pub. Inc., New York.
- *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*. D. Clayton. 1968. McGraw Hill Inc., New York
- *The stars: their structure and evolution*. R.J. Tayler. 1970. Taylor and Francis Ltd., London & Philadelphia.
- *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.