

Guía docente

230862 - CAS - Astrofísica Computacional

Última modificación: 19/06/2024

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona
Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA PARA LA INGENIERÍA (Plan 2018). (Asignatura optativa).

Curso: 2024 **Créditos ECTS:** 4.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: SANTIAGO TORRES GIL

Otros: Primer quadrimestre:
ROBERTO RADDI - 10
ALBERTO REBASSA MANSERGAS - 10
SANTIAGO TORRES GIL - 10

CAPACIDADES PREVIAS

Aunque el curso es auto-contenido, un conocimiento previo de conceptos básicos de Astrofísica, Mecánica de Fluidos y Estadística es varorable.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Básicas:

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 juicio.

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.

METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura combinará la docencia tradicional con el uso de ordenadores, aprendizaje basado en proyectos y ejercicios. Una vez introducida la correspondiente base teórica el alumno ejercitará sus conocimientos de forma práctica mediante la realización de ejercicios numéricos y pequeñas simulaciones (bien sea utilizando software existente o desarrollando pequeños programas), en régimen de semi-presencialidad. Eventualmente alguna de las sesiones se podría desarrollar 'on-line' si el profesor lo considera necesario. La asignatura contempla la posibilidad de complementar los contenidos docentes mediante la impartición de seminarios especializados.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo principal del curso es aprender una variedad de técnicas numéricas que son comunes en muchas áreas de Astrofísica y Cosmología. Se explicará un conjunto de técnicas básicas que son útiles tanto a estudiantes con un perfil observacional (bases de datos astronómicas masivas, reducción automática de datos observados, reducción y calibración de datos espectroscópicos.) y estudiantes interesados en la astrofísica teórica (incluyendo problemas con carga de cálculo intensiva, como hidrodinámica tridimensional, o modelos de evolución química y dinámica usando técnicas Monte Carlo).

Al concluir el curso el estudiante habrá adquirido un buen nivel en técnicas numéricas avanzadas, como hidrodinámica multidimensional usando una aproximación Lagrangiana, redes de reacciones nucleares, extracción de información de datos espectroscópicos, algoritmos eficientes para tratar bases de datos astronómicas. En resumen, el fin último es que el estudiante sea capaz de tratar de forma satisfactoria los problemas más exigentes de la Astrofísica moderna usando las herramientas y técnicas numéricas apropiadas.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	36,0	36.00
Horas aprendizaje autónomo	64,0	64.00

Dedicación total: 100 h

CONTENIDOS

Astrofísica Computacional

Descripción:

PROGRAMA

1. Hidrodinámica Multidimensional
 - 1.1 Formalismos Lagrangiano y Euleriano
 - 1.2 Ecuaciones hidrodinámicas de Euler
 - 1.3 Tipo de códigos hidrodinámicos usados en evolución estelar
 - 1.4 El método Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)
 - 1.5 Introducción a la Magnetohidrodinámica multidimensional con SPH
2. Aplicaciones astrofísicas de los métodos Monte Carlo
 - 2.1 Definición de conceptos básicos
 - 2.1.1 Números aleatorios vs. números pseudoaleatorios
 - 2.2 Algoritmos de generación de números aleatorios
 - 2.2.1 Propiedades estadísticas deseables
 - 2.2.2 Tipos de generadores: a) generador congruencial lineal; b) generador congruencial multiplicativo; c) generador de Tausworth
 - 2.2.3 Buenos y malos generadores. Técnicas de mejora.
 - 2.3 Métodos de transformación
 - 2.3.1 Distribución uniforme y transformación lineal.
 - 2.3.2 Técnica de inversión.
 - 2.3.3 Método de Box-Muller.
 - 2.3.4 Método del rechazo.
 - 2.4 Aplicaciones de los métodos Monte Carlo en Astrofísica
 - 2.4.1 Cúmulos globulares
 - 2.4.2 La Galaxia
3. Órbitas galácticas
 - 3.1 Galaxias: una visión general

- 3.1.1 Nuestra propia galaxia, la Vía Láctea
- 3.1.2 La estructura de la Vía Láctea: disco delgado y grueso, bulbo, halo
- 3.1.3 Cinemática galáctica
- 3.2. Simulaciones de órbita con galpy
- 3.2.1 Órbitas estelares
- 3.2.1.1 Sistemas de coordenadas
- 3.2.1.2 Paralajes y distancias, movimientos propios y velocidades
- 3.2.2 Introducción a galpy
- 3.2.3 Potenciales galácticos: potenciales esféricos, de disco, triaxiales
- 3.3 Aplicaciones de la órbita galáctica
- 3.3.1 El volumen local y la población de enanas blancas
- 3.3.2 Cúmulos, grupos en movimiento y corrientes estelares
- 3.3.3 Brazos espirales y la barra galáctica
- 3.3.4 Química y cinemática galáctica

4. Técnicas de análisis de datos espectroscópicos .

- 4.1 Introducción a la astronomía observacional
- 4.1.1 Telescopios.
- 4.1.2 Cámaras CCD.
- 4.1.3 El espectro electromagnético.
- 4.1.4 Introducción a la espectroscopía.
- 4.2 Reducción de datos
- 4.2.1 Imágenes de bias y corrección de bias.
- 4.2.2 Espectros de flat-field y corrección de flat-field.
- 4.2.3 Extracción del espectro unidimensional.
- 4.3 Calibración
- 4.3.1 Lámparas de calibración y calibración en longitud de onda.
- 4.3.2 Estrellas estándar y calibración en flujo.
- 4.4 Análisis de datos
- 4.4.1 Reducción y calibración de espectros reales.

Competencias básicas:

CB6, CB7, CB8, CB10.

Competencias generales:

CG1, CG3.

Competencias transversales:

CT4, CT5.

Competencias específicas:

CE1, CE2.

Objetivos específicos:

Conocer las bases científicas de un subconjunto de métodos numéricos muy usados en astrofísica computacional. Trabajar ejemplos prácticos de algoritmos relacionados con esos métodos y construir programas prácticos de cálculo/simulación asociados a esos métodos. Un ejemplo sería la elaboración de un código básico de simulación hidrodinámica en tres dimensiones adaptado a la simulación de una explosión o del colapso de una nube de gas autogravitante..

Actividades vinculadas:

El curso se complementa con al menos un Seminario de 1.30-2h de duración impartido por un investigador externo experto en alguna de las técnicas explicadas en el curso.

Dedicación: 100h

Grupo grande/Teoría: 36h

Aprendizaje autónomo: 64h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

- 1) Asistencia continua a las sesiones teóricas
- 2) Resolución satisfactoria de los ejercicios prácticos propuestos en clase.
- 3) Realización adecuada i exposición de los proyectos de trabajo desarrollados durante el curso.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Teniendo en cuenta que el número de estudiantes no es elevado éstas se decidirán a lo largo del curso.
la evaluación de Computational Astrophysics no contempla la realización de pruebas de re-evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Monaghan, J.J. "Smoothed Particle Hydrodynamics". Monaghan J.J. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol 30, 1992 [en línea]. [Consulta: 02/06/2022]. Disponible a: https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1992ARA%26A..30..543M/ADS_PDF.
- Teukolsky, W.H, Vetterling, S.A, Flannery, B. Numerical Recipes: the art of scientific computing. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, 2007. ISBN 9780521880688.
- Kroese, D.P., Taimre, Z., Botev, Z.I.. Handbook of Monte Carlo methods. first. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2011. ISBN 9780470177938.
- Binney, J.; Tremaine, S. Galactic dynamics [en línea]. 2nd ed. Princeton: Princeton University Press, 2008 [Consulta: 04/07/2023]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=7174916>. ISBN 9781400828722.

RECURSOS

Otros recursos:

El curso se sustenta en recursos sencillos, como material audiovisual y algoritmos de cálculo aportados por los profesores de la asignatura.