



Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Matemáticas (curso 2021-2022)

Responsable de tutorización: Juan Calvo Yagüe

Departamento: Matemática Aplicada

Correo electrónico: juan-calvo@ugr.es

Responsable de cotutorización:

Departamento:

Correo electrónico:

(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)

Estudiante que propone el trabajo:

Título del trabajo: Revisión de métodos de simulación computacional para el problema de N cuerpos en Astrofísica

Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):

- Complementario de profundización
- Divulgación de las Matemáticas
- Docencia e innovación
- Herramientas informáticas
- Iniciación a la investigación

Materias del grado relacionadas con el trabajo: Ecuaciones Diferenciales I y II, Mecánica Celeste, Métodos Numéricos II

Descripción y resumen de contenidos:

Es bien conocido que el problema clásico de N cuerpos no admite un tratamiento analítico satisfactorio salvo en casos excepcionales. Si el número de cuerpos que queremos describir es reducido, los algoritmos habituales de integración numérica para ecuaciones diferenciales ordinarias suelen dar aproximaciones suficientemente precisas. Esto deja de ser así cuando el número de cuerpos que interactúan gravitatoriamente es elevado.

A falta de teorías físicas lo suficientemente satisfactorias, buena parte de la Astrofísica moderna se basa en el estudio de sistemas de muchas partículas mediante simulaciones numéricas. Para este tipo de situaciones es habitualmente imposible realizar una integración numérica directa del sistema de N cuerpos asociado, ya que el número de interacciones a resolver es del orden de N^2 y en los problemas de interés actuales N puede variar fácilmente entre 10^5 y 10^{12} . Ha sido necesario diseñar trucos y aproximaciones específicos para tratar con este tipo de situaciones. El propósito de este trabajo es presentar algunos de los algoritmos tradicionalmente más utilizados en este campo y realizar una búsqueda bibliográfica con el objetivo de describir el estado del arte en esta cuestión, junto con los avances que se han realizado en la Astrofísica de las últimas décadas gracias a estas herramientas.

Actividades a desarrollar:

- *Repaso de la teoría matemática elemental del problema de N cuerpos*
- *Repaso de métodos numéricos para ecuaciones diferenciales ordinarias*
- *Revisión bibliográfica de fuentes sobre algoritmos de simulación para problemas de N cuerpos en Astrofísica. Búsqueda de nuevas referencias.*
- *Descripción de algunos de los algoritmos más utilizados para realizar simulaciones de muchos cuerpos (Barnes-Hut tree codes, particle mesh methods). Comparación de las propiedades de los algoritmos tratados.*
- *Estudio de la utilidad de los algoritmos presentados en contextos astrofísicos.*

Objetivos matemáticos planteados

Repaso de fundamentos sobre la materia tratados durante la carrera (dificultad baja)

Revisión bibliográfica y búsqueda de nuevas fuentes (dificultad media)

Descripción de algoritmos para simulaciones de muchos cuerpos (dificultad alta)

Aplicaciones de los algoritmos presentados en problemas de interés en Astrofísica (dificultad media)

Bibliografía para el desarrollo matemático de la propuesta:

- The Cambridge N-body lectures. Editado por S. J. Aarseth, C. A. Tout y R. A. Mardling. Springer, 2008.

Otras referencias (si procede):

- Bertschinger, Edmund (1998). "Simulations of structure formation in the universe". Annual Review of Astronomy and Astrophysics. **36** (1): 599–654.

- K. Heitmann et al., Large-Scale Simulations of Sky Surveys. Computing in Science & Engineering 16 (2014).



Firma del estudiante
(solo para trabajos propuestos por alumnos)

Firma del responsable de tutorización
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del responsable de cotutorización
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

En Granada, a 27 de Abril de 2021