



Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas (curso 2021-2022)

Responsable de tutorización: Juan Soler Vizcaíno

Correo electrónico: jsoler@ugr.es

Departamento: Matemática Aplicada

Área de conocimiento: Matemática Aplicada

Responsable de cotutorización: Pablo Hurtado Fernández

Correo electrónico: phurtado@onsager.ugr.es

Departamento: Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia

Área de conocimiento: Física de la Materia Condensada

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

Estudiante que propone el trabajo: Pilar Pérez Piedra

Título: El modelo de Vicsek de partículas autopropulsadas

Número de créditos: 6 ECTS 12 ECTS

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

- 1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
- 2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
- 3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
- 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
- 5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
- 6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

Descripción y resumen de contenidos:

En la naturaleza se observan diferentes sistemas de agentes que interactúan: bandadas de aves, escuelas de peces, enjambres de insectos, células o bacterias, opinión, finanzas, etc. Son ejemplos de sistemas autoorganizados que pueden producir estructuras coherentes estables a gran escala (excede el tamaño típico del agente en varios órdenes de magnitud), y sin un líder con capacidad cognitiva de planificarla, surgiendo de la interacción local entre los agentes. Surge el comportamiento colectivo emergente como la formación de biofilms en el caso de bacterias o la defensa colectiva contra el ataque de un depredador en bandadas de pájaros. Aparentemente los conceptos de evolución y desorden (entropía) frente a la autoorganización son de alguna manera contradictorios. Por otra parte, surge el concepto de criticalidad que relaciona las transiciones de fase entre un estado desordenado y uno autoorganizado, no necesariamente conectada a la temperatura. El modelo Vicsek [4,5] describe partículas autopropulsadas con velocidad constante, donde el orden de orientación puede explicarse en términos de interacciones de alineación entre las velocidades de los agentes. Se han analizado varias variantes, en las que se agregan términos cohesivos adicionales o donde las interacciones se eligen topológicamente en lugar de métricamente. La velocidad evoluciona de acuerdo con una ecuación de Langevin de primer orden. Es necesario estudiar las leyes de conservación asociadas a simetrías (en particular, el rotacional) del sistema o la existencia de una inercia conductual que media el efecto de la fuerza social [1]. A escalas muy grandes, estos modelos están descritos por límites hidrodinámicos [2,3].

Actividades a desarrollar:

- Análisis del modelo original de Vicsek. Leyes de conservación, preservación de momentos.
- Estudio de variantes del modelo. Comparación y simulaciones numéricas.
- Límites hidrodinámicos y de campo medio de los modelos de Vicsek.
- Posibles extensiones y aplicaciones.

Objetivos planteados

Comprensión del modelo de Vicsek, comparación con otros modelos (Cucker-Smale, ...).

Estudio de las propiedades de simetría y leyes de conservación.

Variantes del modelo y estudio computacional.

Análisis de límites hidrodinámicos y de campo medio.

Aplicaciones de los modelos a otros campos.

Bibliografía

- [1] Al. Cavagna, L. D. Castello, I. Giardina, T. Grigera, A. Jelic, S. Melillo, T. Mora, L. Parisi, E. Silvestri, M. Viale, A. M. Walczak, Flocking and turning: A new model for self-organized collective motion, *J. Stat. Phys.* 158 (2015) 601–627.
- [2] P. Degond, A. Frouvelle, J-G Liu, S. Motsch, L. Navoret, Macroscopic models of collective motion and self-organization, *Séminaire Laurent Schwartz - EDP et applications (2012-2013)*, Exposé no I, 27 p.
- [3] M.C. Marchetti, J.F. Joanny, S. Ramaswamy, T.P. Liverpool, J. Prost, et al.: Hydrodynamics of soft active matter. *Rev. Mod. Phys.* 85, 1143 (2013).
- [4] T. Vicsek, A. Czirók, E. Ben-Jacob, I. Cohen, and O. Shochet. Novel type of phase transition in a system of self-driven particles. *Physical Review Letters*, 75(6):1226–1229, 1995.
- [5] T. Vicsek and A. Zafeiris. Collective motion. *Physics Reports*, 517(3):71–140, 2012.

Firma del estudiante
(solo para trabajos propuestos por alumnos)

Firma del responsable de tutorización

Firma del responsable de cotutorización (*en su caso*)

En Granada, a 18 de mayo de 2021