



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Estudio y simulación del Kinetic Exclusion Process y su relación con la Teoría de Fluctuaciones Macroscópicas

Descripción general (resumen y metodología):

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo el estudio del Kinetic Exclusion Process (KEP), un modelo estocástico de gases en red que describe la difusión no lineal acoplada de partículas y energía, con exclusión de sitio y colisiones energéticas entre partículas. Este modelo se sitúa entre dos paradigmas fundamentales de la física fuera del equilibrio: el Simple Symmetric Exclusion Process (SSEP) y el Kipnis-Marchioro-Presutti (KMP) model, lo que lo convierte en un campo ideal para el desarrollo de nuevas técnicas analíticas y numéricas en el estudio de fluctuaciones hidrodinámicas y la Teoría de Fluctuaciones Macroscópicas (MFT).

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el Kinetic Exclusion Process (KEP) y su relación con modelos clásicos de transporte fuera del equilibrio. Se buscará derivar sus ecuaciones hidrodinámicas utilizando la teoría de grandes desviaciones y validar los resultados a través de simulaciones computacionales. Además, se analizará la aplicación de la Macroscopic Fluctuation Theory (MFT) en el modelo, permitiendo comprender mejor las fluctuaciones en sistemas fuera del equilibrio.

Bibliografía básica:

C. Gutiérrez-Ariza and Pablo I. Hurtado, The kinetic exclusion process: A tale of two fields, J. Stat. Mech. (2019) 103203

Pablo I. Hurtado, Optimal paths and dynamical symmetry breaking in the current fluctuations of driven diffusive media, arXiv:2501.09629

L. Bertini, A. D. Sole, D. Gabrielli, G. Jona-Lasinio and C. Landim, Macroscopic fluctuation theory, Rev. Mod. Phys. 87(2), 593 (2015)

S. De Groot and P. Mazur, Non-Equilibrium Thermodynamics, Dover Books on Physics, New York (2013)

Antonio Prados, Antonio Lasanta and Pablo I. Hurtado, Nonlinear Driven Diffusive Systems with Dissipation: Fluctuating Hydrodynamics, Phys. Rev. E 86, 031134 (2012)

Pablo I. Hurtado, Antonio Lasanta and Antonio Prados, Typical and rare fluctuations in nonlinear driven diffusive systems with dissipation, Phys. Rev. E 88, 022110 (2013)

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

El trabajo se estructurará en tres bloques principales:

- Revisión teórica del KEP y su contexto histórico: Se estudiará la evolución de los modelos de transporte en física estadística, desde los primeros desarrollos del SSEP y el modelo de KMP hasta la introducción del KEP como una generalización que acopla transporte de partículas y energía. Se derivarán sus ecuaciones hidrodinámicas utilizando la hipótesis de equilibrio local y herramientas de teoría de grandes desviaciones, ecuaciones maestras y procesos de Markov en redes.

- Simulación numérica: Se implementará una simulación computacional del modelo. Se explorará la dinámica del sistema en distintos regímenes de transporte y se validará la teoría hidrodinámica obtenida en el punto anterior.

- Se presentará la Macroscopic Fluctuation Theory (MFT) como marco teórico para el estudio de desviaciones grandes en sistemas fuera del equilibrio. Se estudiará su formulación variacional basada en ecuaciones de Hamilton-Jacobi y se explorará su conexión con las ecuaciones de fluctuaciones hidrodinámicas en el KEP, discutiendo posibles aplicaciones y extensiones del modelo.

Este estudio permitirá profundizar en el comportamiento del KEP y su relevancia dentro de los modelos de transporte, además de consolidar herramientas matemáticas y computacionales aplicables a una amplia variedad de sistemas fuera del equilibrio.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: PABLO IGNACIO HURTADO FERNÁNDEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Correo electrónico: phurtado@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: Sharan Belani

Correo electrónico: sharan@correo.ugr.es