



Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a: Carlos Pérez Espigares

Departamento y Área de Conocimiento: Electromagnetismo y Física de la Materia Condensada

Cotutor/a:

Departamento y Área de Conocimiento:

Título del Trabajo: Estudio del fenómeno de sincronización a través del modelo de Kuramoto

Tipología del Trabajo:

(Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)

(Marcar con X)

| | | | |
|---------------------------------------|---|---|--|
| 1. Revisión bibliográfica | X | 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio | |
| 2. Estudio de casos teórico-prácticos | X | 5. Elaboración de un proyecto | |
| 3. Trabajos experimentales | | 6. Trabajo relacionado con prácticas externas | |

Breve descripción del trabajo:

La sincronización en grandes poblaciones con individuos que interacciones entre sí es uno de los fenómenos más importantes y estudiados en física. Ejemplos de sincronización abundan en la naturaleza y se pueden encontrar en una gran variedad de sistemas como luciérnagas, neuronas, ritmos circadianos, algunos ciclos hormonales, metrónomos o incluso en los aplausos tras un buen espectáculo. Se trata por tanto de un fenómeno colectivo de un equipo de individuos que se comunican de alguna manera entre sí. ¿Pero cuáles son los requisitos mínimos para que se dé un fenómeno de sincronización entre diferentes entes individuales? En este trabajo se abordará esta pregunta y otras muchas partir del estudio de un modelo matemático conocido como el modelo de Kuramoto, propuesto por el físico japonés Yoshiki Kuramoto en 1984, en el que cada miembro de la población se trata como un oscilador acoplado a los demás.

Objetivos planteados:

- Estudio de la sincronización para acoplamiento de campo medio. Estabilidad de las soluciones, límite de tamaño infinito y efectos de tamaño finito
- Modelo de campo medio incluyendo fuerzas de ruido blanco. Diagrama de fases.
- Variaciones del modelo de Kuramoto: Modelos de corto alcance, introducción de desorden y de campos externos.
- Simulación numérica del modelo de Kuramoto.

Metodología:

Para abordar el estudio que aquí se propone, se hará uso principalmente de simulaciones por ordenador. Estas se realizarán a partir de los métodos Monte Carlo aplicados al modelo de Kuramoto. A nivel analítico, se comenzará suponiendo que la constante de acoplamiento es igual para todos los osciladores (acoplamiento de campo medio). A su vez se hará uso de ecuaciones en derivadas parciales para estudiar la evolución temporal de la densidad de osciladores. También se aplicarán ecuaciones diferenciales estocásticas para abordar el problema al introducir fuerzas de ruido blanco.



Bibliografía:

- 1) Y. Kuramoto, *Chemical Oscillations, Waves and Turbulence* Springer, New York (1984).
- 2) S. H. Strogatz, and R. E. Mirollo, *Stability of incoherence in a population of coupled oscillators*, J. Stat. Phys. 63, 613 (1991).
- 3) M. E. J. Newman and G. T. Barkema, *Monte Carlo Methods in Statistical Physics*, Clarendon Press, (1999).
- 4) L. L. Bonilla, J. C. Neu, and R. Spigler, *Nonlinear stability of incoherence and collective synchronization in a population of coupled oscillators*, J. Stat. Phys. 67, 313 (1992).
- 5) J. A. Acebrón, and R. Spigler, *Adaptive frequency model for phase-frequency synchronization in large populations of globally coupled nonlinear oscillators*, Phys. Rev. Lett. 81, 2229 (1998).
- 6) J. A. Acebrón, L. L. Bonilla, C. J. P. Vicente, F. Ritort and R. Spigler, *The Kuramoto model: A simple paradigm for synchronization phenomena*, Rev. Mod. Phys. 77, 1 (2005)

A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG

Alumno/a propuesto/a: Jorge Déniz Rivero

Granada, 16 de Mayo 2022