

Puede aparecer el fenómeno ratchet en los sistemas simétricos?

Niurka Rodríguez Quintero¹, Elías Zamora-Sillero¹ y Franz G. Mertens²

(1) Departamento de Física Aplicada I, E. U. P., Universidad de Sevilla, Virgen de África 7, 41011 Sevilla, Spain

(2) Institution Physikalisches Institut, Universität Bayreuth, D-85440, Germany niurka@euler.us.es, <http://euler.us.es/~niurka/>

A pesar de que en determinados sistemas físicos el promedio de las fuerzas externas es igual a cero, es posible observar que las partículas o solitones se mueven preferentemente en una dirección (efecto ratchet). El fenómeno "Soliton Ratchets" es solo la generalización del efecto ratchet a los sistemas extendidos (aparece en ecuaciones no lineales en derivadas parciales con soluciones tipo solitón). Este tipo de transporte dirigido, tanto en sistemas de partículas como en los sistemas extendidos, está relacionado con el movimiento de los átomos en las redes ópticas, con la propagación del flujo magnético en las Uniones Josephson y parece estar sobre la base del principio de funcionamiento de los motores moleculares [1].

Este fenómeno aparece generalmente como consecuencia del rompimiento de alguna de las simetrías relevantes del sistema (que debe permanecer fuera del equilibrio). Sin embargo, también puede manifestarse en problemas, donde las perturbaciones sean completamente simétricas. Este es el caso precisamente de los modelos estudiados en las referencias [2] y [3]. Motivados por estos trabajos, recientemente nosotros hemos estudiado la propagación del solitón de sine-Gordon en el siguiente sistema:

$$\phi_{tt} - \phi_{xx} + \sin(\phi)[1 + \epsilon_1 \sin(\omega_1 t + \theta_1)] = -\beta\phi_t + \epsilon_2 \sin(\omega_2 t + \theta_2) + \epsilon_3,$$

donde con los sub índices se denotan las derivadas del campo con respecto al espacio x y al tiempo t ; β representa el coeficiente de disipación; ϵ_1 , ω_1 , θ_1 y ϵ_2 , ω_2 , θ_2 son la amplitud, la frecuencia y la fase de las fuerzas periódicas paramétrica y aditiva, respectivamente. Además hemos considerado una fuerza constante ϵ_3 con el objetivo de investigar la rectificación del movimiento inducido por esta fuerza por parte de las fuerzas periódicas.

Para estudiar este modelo hemos utilizado una teoría de coordenadas colectivas [4] con dos variables colectivas. Por una parte este estudio teórico nos ha permitido describir el mecanismo ratchet como un efecto de resonancia entre el momento del solitón y su anchura. Por otra parte, hemos podido calcular de forma aproximada la velocidad promedio del centro del solitón en función de los parámetros de las fuerzas periódicas y del coeficiente de disipación.

Hemos demostrado que: i) el movimiento inducido por una fuerza constante puede ser rectificado por la combinación de las dos fuerzas periódicas estudiadas; ii) el efecto ratchet puede ser optimizado por el coeficiente de disipación, a través de las fases de las fuerzas periódicas o variando la relación entre las frecuencias.

En esta presentación también mostraremos la verificación de estos resultados teóricos mediante simulaciones numéricas del problema original.

[1] Special issue on Ratchets and Brownian Motors: Basics, Experiments and Applications, edited by H. Linke Appl. Phys. A **75** (2002). P. Reimann Phys. Rep. **361**, 57 (2002).

[2] G. Costantini et al. Phys. Rev. **E65**, 051103 (2002).

[3] A. Sukstanskii et al. Phys. Rev. Lett. **75**, 3029 (1995). Yu. S. Kivshar et al. *ibid.* **77**, 582 (1996).

[4] Niurka R. Quintero et al. Physica **D197**, 63 (2004). Sara Cuenda et al. Chaos **15**, 023502 (2005).