

Vida y muerte de los kinks calientes

Salman Habib¹ y Grant Lythe²

¹*Applied Maths, University of Leeds*

²*T8, Los Alamos National Laboratory.*

Los kinks son estructuras coherentes no lineales en una dimensión espacial. A temperatura finita existe un balance dinámico entre la nucleación y la aniquilación de pares kink-antikink cuando se establece el equilibrio. En este trabajo se presentan simulaciones de la EDP estocástica que corresponde a un campo del tipo ϕ^4 , en las que explícitamente se siguen las trayectorias de kinks.

El modelo ϕ^4 es interesante porque representa a una clase de sistemas con solitones.¹ La ecuación en forma adimensional es

$$\partial_{tt}^2 \phi = \partial_{xx}^2 \phi + \phi(1 - \phi^2) - \eta \partial_t \phi + \xi(x, t), \quad (1)$$

donde $\langle \xi(x, t) \xi(x', t') \rangle = 2\eta\beta^{-1} \delta(x - x') \delta(t - t')$ y β es el inverso de la temperatura. En las simulaciones se utiliza un método de diferencias finitas con algoritmo de segundo orden y se usan del orden de 10^6 puntos.²

Un kink es una estructura localizada que conecta los mínimos del potencial $\phi = \pm\phi_0 = \pm 1$. El kink estático frío en $x = x_0$ es $\phi_k = \tanh((x - x_0)/\sqrt{2})$, con energía $E_k = \sqrt{8/9}$. Un antikink frío en $x = x_0$ es $\phi_a = -\tanh((x - x_0)/\sqrt{2})$ y tiene la misma energía que un kink. Los kinks alternan en el espacio con los antikinks (Figura 1), con una densidad proporcional a $\exp(-\beta E_k)$.³

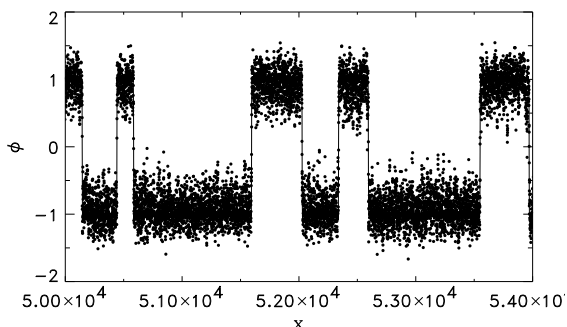


FIG. 1. **Parte de una configuración.** Cada punto negro es ϕ para un valor de x en un instante. Denominamos como kinks y antikinks las partes más estrechas, casi verticales de la configuración. Aquí $\beta = 8$.

En nuestras simulaciones se sigue el movimiento de cada uno de los kinks y se nota la aparición de cada par kink/antikink nuevo (nucleación). Se observa que el número de sucesos de nucleación por unidad de tiempo y de longitud es proporcional al cuadrado de la densidad de kinks en equilibrio, es decir proporcional a $\exp(-2\beta E_k)$.⁴ Se distinguen los pares kink-antikink fieles (en que los dos miembros siguen vivos) de los kinks y antikinks supervivientes (el otro miembro del par ya ha sido aniquilado). El suceso más frecuente es la aniquilación mutua de pares que han sido creados conjuntamente (I en Figura 2). Sin embargo, los kinks supervivientes, creados en sucesos de aniquilación no-geminal (II ó III en Figura 2), tienen una esperanza de vida más larga.

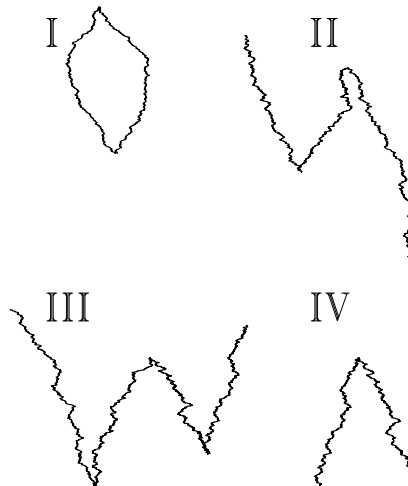


FIG. 2. **Los procesos que cambian el número de kinks.** I Aniquilación mutua de pares; II Aniquilación con un kink superviviente; III Aniquilación entre dos pares; IV Aniquilación de supervivientes.

Cuando el sistema es “sobre-amortiguado” ($\eta > 1$), se puede describir la dinámica con un modelo sencillo en el cual los kinks y antikinks, nacidos en pares, se difunden. Cuando un kink y un antikink se encuentran, se aniquilan. Dicho modelo predice que el número de sucesos de nucleación por unidad de tiempo es proporcional al cuadrado de la densidad de kinks en equilibrio y permite obtener una estimación de las escalas de tiempo y de espacio que corresponden a los tipos de aniquilación representados en la Figura 2. La escala de tiempo más corta es la que corresponde a la aniquilación mutua de pares que son creados conjuntamente. La escala de tiempo mayor corresponde a la vida media de un kink superviviente.

¹ A. R. Bishop, J. A. Krumhansl and S.E. Trullinger, *Physica D* **1** 44 (1980).

² Salman Habib and Grant Lythe, *Phys. Rev. Lett.* **84** 1070 (2000).

³ F. J. Alexander and S. Habib, *Phys. Rev. Lett.* **71** 955 (1993).

⁴ M. Buttiker and T. Christen, *Phys. Rev. Lett.* **75** 1895 (1995).

⁵ Salman Habib, Katja Lindenberg, Grant Lythe and Carmen Molina-París. *J. Chem. Phys.* **115** 73-89 (2001)