

Rectificación e inversión de corriente inducidos por inestabilidad en el estado fundamental

L. Dinis¹, E.M. González², J.V. Anguita³, J.M.R. Parrondo¹ y J.L. Vicent²

¹ Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid

² Departamento de Física de Materiales. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid

³ Instituto de Microelectrónica de Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 28670 Tres Cantos.

Los dispositivos superconductores están resultando una herramienta adecuada para el estudio de los mecanismos de rectificación en sistemas colectivos, en los que la interacción entre las partículas es importante. Son abundantes los experimentos en los que una película superconductora se estructura utilizando centros de anclaje de forma asimétrica. Debido a la interacción de los vórtices superconductores con los centros asimétricos es posible conseguir la rectificación del movimiento de los vórtices, estimulados mediante una fuerza externa con simetría temporal, constituyendo un ejemplo de lo que se conoce como “rocking ratchet”¹. El interés de los dispositivos “ratchet” de vórtices es doble: pueden manifestar nuevos mecanismos colectivos por los que se produce la rectificación por un lado, y por otro contribuir a desentrañar la física de los vórtices en superconductores.

Las inversiones en la dirección de rectificación en estos dispositivos han sido explicadas mediante modelos unidimensionales o por medio de la coexistencia de vórtices anclados o intersticiales moviéndose en direcciones opuestas¹. También se han estudiado modelos bidimensionales de forma numérica, obteniéndose inversión de corriente solo cuando existen vórtices intersticiales (no anclados) en el estado fundamental ($T = 0$)². La inversión se explica mediante mecanismos basados en la interacción local entre vórtices y centros de anclaje.

Sin embargo, la inversión de corriente ocurre en sistemas experimentales en los que los intersticiales no están presentes en el estado fundamental³. Esta inversión de corriente desaparece al incrementar la temperatura o la intensidad del anclaje.

Nuestras simulaciones numéricas indican que la inversión de corriente se debe a un nuevo mecanismo colectivo: una inestabilidad del estado fundamental selectiva respecto del signo de la fuerza externa aplicada³.

La figura 1 muestra el mecanismo para una situación con tres vórtices por centro de anclaje triangular. El panel de la izquierda muestra una configuración inicial con un solo vórtice intersticial y un centro triangular con un vórtice de menos. La dirección natural de rectificación de los vórtices es “hacia arriba” en la figura, esto es, en el sentido indicado por las puntas de los triángulos. Esta rectificación ocurre para fuerzas suficientemente intensas, sin embargo, para fuerzas débiles la rectificación presenta el sentido contrario.

El panel superior derecho corresponde a una foto fija de los vórtices tras haber evolucionado durante un tiempo suficientemente largo bajo la acción de una fuerza constante positiva (en la dirección de las puntas de los

triángulos). El panel inferior derecho corresponde a la evolución durante el mismo tiempo bajo la acción de una fuerza de igual módulo pero sentido negativo. Como se aprecia comparando ambos paneles, el número de vórtices intersticiales, libres para moverse, es mucho mayor en el panel inferior. El movimiento en la dirección positiva se produce de forma columnar, limitándose a las columnas en las que existe un defecto, tanto si es un vórtice de más como una ausencia de un vórtice. Cuando los vórtices se mueven siguiendo una fuerza externa negativa, el movimiento acaba propagándose a toda la muestra, dando lugar a la inversión de corriente observada para fuerzas débiles.

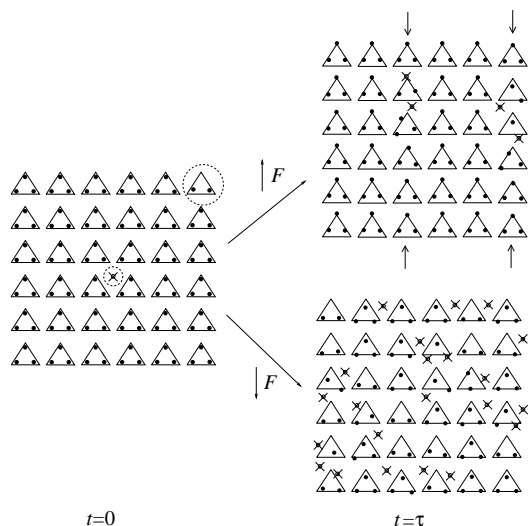


Figura 1. Mecanismo de la rectificación negativa. Fotos fijas provenientes de las simulaciones. Condición inicial (izquierda) y configuraciones tras la evolución durante $\tau = 6.5 \times 10^{-9}$ s con fuerza positiva (derecha arriba) y negativa (derecha abajo). Las flechas indican las únicas 2 columnas que presentan movimiento para fuerza positiva. Como se puede observar, el número de vórtices intersticiales es mucho mayor cuando la fuerza aplicada es negativa.

* ladinis@fis.ucm.es

¹ J.E. Villegas, S. Savelev, F. Nori, E.M. González, J.V. Anguita, R. Garcia, and J.L. Vicent, *Science* **302**, 1188 (2003)

² C.J. Olson-Reichhardt and C. Reichhardt, *Physica C* **432**, 125 (2005).

³ L. Dinis, E.M. González, J.V. Anguita, J.M.R. Parrondo y J.L. Vicent, *Phys. Rev. B* **76**, 212507 (2007)