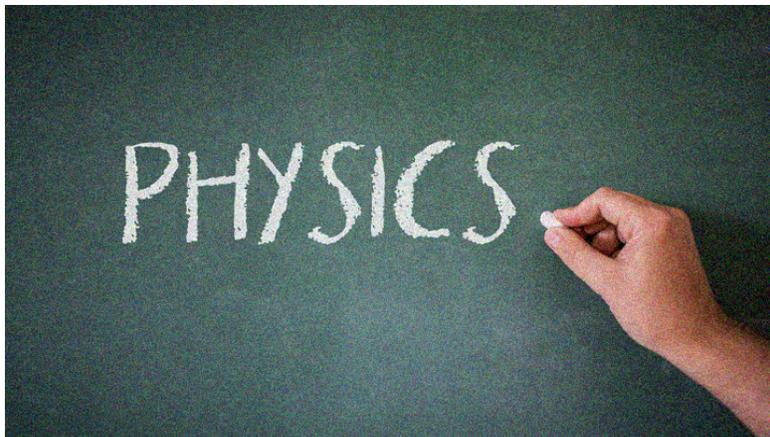


01/03/2019

## Electrodinámica dual en "spin-ices"



"Las cargas magnéticas no existen en la naturaleza en forma de partículas elementales (libres y al vacío)" es uno de los dogmas de la física más arraigado. Muchos grupos de investigación han intentado demostrar, aún sin éxito, el contrario publicando trabajos sobre la necesidad de la existencia de carga magnética para la "cuantización" de la carga eléctrica, las propiedades de los monopolos y sus consecuencias en electrodinámica dual. Sin embargo, en este estudio, se ha analizado las dos transiciones de fases termodinámica de unos compuestos que mimetizan las propiedades de las cargas magnéticas, los "spin-ices". En la segunda fase, se ha observado la formación de cargas magnéticas libres que constituyen un plasma magnético.

Uno de los "dogmas" de la Física que más perduran como verdad incontrovertible, muy a pesar de la tenacidad en intentar demostrar que es falso por parte de grupos y científicos ilustres es aquel que establece que el flujo del campo vectorial de inducción magnética  $B$  a través de una superficie cerrada cualquiera es nulo, lo cual se puede traducir concluyendo que los monopolos o cargas magnéticas no existen en la naturaleza en forma de partículas elementales. Y esto es así, por ahora, aunque en los lejanos tiempos de 1931, P.A.M. Dirac publicara un prístino y seminal artículo [1] en el que venía a decir que para que la "cuantización" de la carga eléctrica fuera una realidad era necesaria la existencia de la carga magnética. Posteriormente a este año, muchos trabajos se han publicado concernientes a esta investigación, así como las propiedades

de estos monopolos y consecuencias sobre la llamada Electrodinámica dual. Sin embargo, al parecer, hasta ahora ha sido infructuosa la detección empírica de tales cargas en partículas elementales libres y en el vacío.

Sin embargo en el interior de algunos materiales, los denominados "spin-ices", que son compuestos de cualquier lantánido, junto con titanio y oxígeno, en proporción 2-2-7 por molécula, con estructura cristalina del tipo de pirocloro y a una temperatura entre 0.07 y 1.00 kelvin, entidades denominadas cuasipartículas, que son estados excitados resultantes de modificaciones de sus estructuras magnéticas globales, mimetizan las propiedades que se supone que deben tener las cargas o monopolos magnéticos [2,3]. F.I. López Bara and F. López Aguilar [4], analizaron las dos transiciones de fase termodinámicas de estos compuestos. La primera de ellas entre 0.10 y 0.20 kelvins transita el sistema global de un estado fundamental con imanación cero a un condensado de Bose cuyos componentes individuales son dipolos magnéticos que se forman a estas temperaturas. Este análisis se presenta en el artículo "Two fluid model in low energy excited states within the spin-ice systems ". En él, se dan de forma explícita y analítica las condiciones que deben cumplirse para que el condensado de Bose se convierta en un BEC (Bose-Einstein condensate). En una segunda transición de fase de segundo orden, los dipolos se rompen y se forman cargas magnéticas libres que constituyen un plasma magnético. La temperatura de transición a este plasma magnético puede variar entre 0.6 y 1.0 kelvin en compuestos spin-ices naturales. Tanto el análisis de las dos fases como sus transiciones se analizan mediante potenciales termodinámicos y a partir de los cuales se proporcionan de forma analítica los calores específicos y la entropía; los valores de entropía de saturación ( $NK \ln 2$ ) se obtienen en el límite de la fase de plasma y la residual de Pauling [ $0.5NK \ln(1.5)$ ] en el estado BEC a  $T < 0.07$  kelvin. El estudio de la Electrodinámica dual en este plasma puede llegar a conducir a la posible construcción de dispositivos "magnetronicos" en semejanza dual a los dispositivos electrónicos.

### **Dr. Fernando López Aguilar**

Departamento de Física  
Universitat Autònoma de Barcelona  
[Fernando.Lopez@uab.cat](mailto:Fernando.Lopez@uab.cat)

## **Referencias**

### **Bibliografía de referencia**

- [1] Dirac, P. A. M. (1931). **Quantized Singularities in the Electromagnetic Field**. *Proc. Roy. Soc.*, Vol. A133, 60.
- [2] Castelnovo, C., R. Moessner, and S. L. Sondhi, (2008). **Magnetic monopoles in spin ice**. *Nature*, Vol. 451, 42-45.
- [3] Bramwell, S. T., S. R. Giblin, S. Calder, R. Aldus, D. Prabhakaran, and T. Fennell, (2009). **Measurement of the charge and current of magnetic monopoles in spin ice**. *Nature*, Vol. 461, 956-960, 2009.

### **Artículo de referencia**

[4] López-Bara F.I., and F. López-Aguilar (2018). **Two fluid model in low energy excited states within spin-ice systems**. *Scientific Reports*, 6303(8). DOI: [10.1038/s41598-018-34529-x](https://doi.org/10.1038/s41598-018-34529-x).

[View low-bandwidth version](#)