

Efecto túnel cuántico en polos magnéticos

La observación de la relajación magnética, a bajas temperaturas, en diferentes sistemas, permite descubrir fenómenos cuánticos de efecto túnel

Javier Tejada y E. M. Chudnovsky

Los imanes atraen clavos, plumillas, llaves y demás objetos de hierro. Si suspendemos un imán de un hilo apuntará siempre hacia el norte. La invención de la brújula por los chinos, en torno al siglo XI, se basó en ese fenómeno; una brújula no es más que un imán que puede girar libremente. Gracias al trabajo de los físicos de los siglos XVIII y XIX, sabemos que ese algo misterioso que genera la atracción entre imanes es el campo magnético.

Para representar el campo magnético imaginamos líneas invisibles que atraviesan cualquier punto del espacio. La densidad de las líneas es proporcional a la magnitud del campo; la dirección de las mismas determina la orientación de la brújula. La Tierra constituye un gran imán. Las líneas que representan el campo magnético terrestre son casi paralelas

a los meridianos terrestres. Este campo, pese a su extrema debilidad, es capaz de orientar una brújula en la dirección de sus líneas de campo.

Para mostrar la estructura del campo que crea un imán, denominamos polo norte y polo sur magnéticos a cada uno de los extremos. La interacción entre dos imanes, por ejemplo la Tierra y la brújula, se puede explicar como una fuerza de atracción entre dos polos distintos y una fuerza de repulsión entre polos iguales. Podemos, pues, afirmar que la brújula se orienta a lo largo de un meridiano porque su polo norte magnético es atraído por el polo sur magnético de la Tierra y el polo sur por el polo norte magnético de ésta.

Para aludir a la intensidad del magnetismo en el hierro o cualquier otro sólido, hablamos de momento magnético, M . Los buenos imanes poseen momentos magnéticos grandes. El portador elemental del magnetismo en los sólidos es el electrón, cuyo momento magnético, predicho por la teoría cuántica, recibe el nombre de magnetón de Bohr.

En un sólido no magnético, el cobre por ejemplo, los momentos magnéticos de los electrones están orientados aleatoriamente en el espacio y se contrarrestan entre sí; el momento magnético resultante es cero. En un sólido magnético —el hierro—, muchos electrones tienen sus momentos magnéticos orientados en una misma dirección; sumados, originan un momento

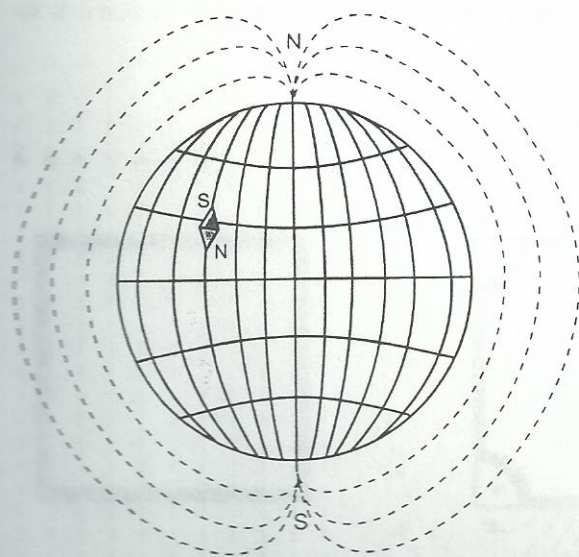
magnético macroscópico y constituyen el fenómeno del ferromagnetismo.

Sustancias ferromagnéticas comunes son el hierro, el cobalto, el níquel y sus aleaciones correspondientes; en un centímetro cúbico de estos materiales hay unos 10^{23} electrones, cuyos momentos magnéticos pueden llegar a orientarse en la misma dirección. Si se multiplica el magnetón de Bohr por este número resulta que el valor del momento magnético de un material ferromagnético es $M \sim 10^3$ emu por centímetro cúbico ("emu" es la unidad de momento magnético en el sistema electromagnético de unidades). El efecto del ferromagnetismo desaparece a una temperatura superior a la de Curie, que para el hierro es de 1043 grados C.

La mayoría de los objetos de hierro que utilizamos en la vida diaria no son imanes. Se comportan como tales después de colocarlos bajo la influencia de un intenso campo magnético. Ello se debe a que el orden ferromagnético (esto es, el alineamiento paralelo de los momentos magnéticos de los electrones) no es uniforme en los sólidos, sino que en el interior de éstos aparecen dominios de orientación dispar.

El tamaño de los dominios ferromagnéticos abarca entre un micrometro y décimas de milímetro, variación que depende de la dirección e intensidad del último campo

JAVIER TEJADA y E. M. CHUDNOVSKY llevan varios años estudiando el efecto cuántico en los fenómenos de magnetización. Tejada es catedrático del estado sólido en la Universidad de Barcelona. Chudnovsky, miembro de la Sociedad Americana de Física, enseña en la Universidad metropolitana de Nueva York.



1. ORIENTACION de los polos magnéticos de una brújula en el seno del campo magnético terrestre. Las líneas que representan este campo magnético corren casi paralelas a los meridianos.