

El monopolio magnético

José Fco. Récamier Angelini
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos
Instituto de Ciencias Físicas,
UNAM, Cuernavaca

¿Has visto alguna vez a un monopolio magnético? Seguramente no. Cuando tomas un imán en tus manos, éste tiene tanto un polo norte como un polo sur, si lo partes en dos pedazos, cada uno de éstos se convierte en un imán con dos polos cada uno. No importa cuantas veces dividas al imán, siempre encuentras que el resultado es un par de imanes, este hecho ha sido observado en la naturaleza desde que el hombre inició el estudio del magnetismo y tiene como resultado una ley empírica que nos dice que no existe una carga magnética aislada esto es, no existe un monopolio magnético. Esta es una de las cuatro leyes de la electrodinámica, que es una de las teorías de la física clásica más completas que ha logrado desarrollar la humanidad. La teoría de la electrodinámica fue desarrollada hacia fines del siglo XIX y nos explica el comportamiento de fenómenos tales como la propagación de la luz, reflexión, refracción, interferencia, propagación de señales desde la tierra hasta un satélite, el movimiento de partículas cargadas en presencia de campos electromagnéticos, la existencia de la aurora boreal, etc.

La teoría de la electrodinámica nos dice que cuando se tienen cargas eléctricas en movimiento (corrientes eléctricas) se generan campos magnéticos y que al cambiar los campos magnéticos se generan campos eléctricos, esto es, los campos eléctrico y magnético están íntimamente relacionados uno con otro.

Esta simetría de los campos eléctrico y magnético se rompe cuando se considera el hecho de que la fuente para el campo eléctrico es una carga eléctrica fundamental, la del electrón, mientras que no hay tal para el campo magnético. No hay o aún no la hemos encontrado? En caso de existir, una carga magnética daría una mayor simetría a la teoría de la electrodinámica, además, como mostró P.

A. M. Dirac, se explicaría uno de los enigmas fundamentales de la física, el de la cuantización de la carga eléctrica. ¿Por qué la carga eléctrica de cualquier objeto es un múltiplo entero de una carga fundamental?

Fue Dirac quien, a finales de la década de los 20's se preguntó que pasaría si existiese una carga magnética aislada, esto es, un monopolio magnético. Dirac encontró que la existencia de un monopolio magnético no se contraponía con la mecánica cuántica siempre y cuando la magnitud de dicha carga satisficiera una cierta condición. Esto no quiere decir que los monopolos magnéticos deban existir, sino más bien que la existencia o no de éstos debe ser comprobada por el experimento. Cabe hacer notar que la mecánica cuántica es una teoría que trata de explicar el comportamiento del mundo microscópico y la precisión con la que puede describir procesos microscópicos es impresionante, sin embargo, existen aún una serie de preguntas fundamentales que no han tenido respuesta en el marco de la mecánica cuántica. Dirac desarrolló una extensión a la mecánica cuántica no relativista de Schroedinger y Heisenberg incorporando efectos relativistas obteniendo una teoría aún más precisa que la anterior. Uno de los logros más conocidos de esta teoría relativista es la predicción de la existencia de la antimateria.

Al resolver la ecuación de Schroedinger para una carga eléctrica que se mueve en presencia de una carga magnética, Dirac encontró que, para poder existir, la magnitud de la carga magnética debería de ser un múltiplo entero de $hc/2e$ en donde h es la llamada constante de Planck, c es la velocidad de la luz en el vacío y e la carga del electrón. Usando el resultado experimental $hc/e^2 = 137$ se obtiene, para la carga magnética más pequeña posible una magnitud de $(137/2)e$ un número mucho mayor que la carga del electrón. La relación entre la magnitud de la carga magnética y la de la carga eléctrica nos dice que, de existir una carga magnética, entonces la



P. A. M. Dirac, a finales de la década de los 20's se preguntó que pasaría si existiese una carga magnética aislada, esto es, un monopolio magnético.

carga eléctrica deberá tomar un valor mínimo dado, esto es, nos explica la cuantización de la carga eléctrica. La importancia de la existencia de un monopolio magnético es pues incuestionable, ahora es necesario buscarlos y encontrar al menos uno de ellos. Desde hace ya muchos años, se han dedicado muchos esfuerzos para localizar a un monopolio magnético. Una posibilidad es utilizar aceleradores de partículas para crear una pareja monopolio-anti monopolio, sin embargo, hasta el momento no se ha logrado crear a dicha pareja. Una posible razón para esto es el hecho de que, de existir, el monopolio magnético sería un objeto grande, con una masa en

reposo tan grande que la energía que puede obtenerse actualmente de los aceleradores de partículas es insuficiente. Otra opción es buscarlos en los rayos cósmicos, esta radiación, que proviene del espacio exterior, tiene una energía mucho más grande que la que podemos obtener a partir de cualquier máquina construida por el hombre. Es factible entonces que haya monopolos magnéticos entre los rayos cósmicos.

Esta posibilidad ha sido explorada por diversos grupos de investigadores. En el año de 1982, Blas Cabrera publicó en el Physical Review Letters (una de las revistas con mayor prestigio en física) un artículo en donde reportaba

que después de haber efectuado mediciones por más de tres meses, había logrado identificar el paso de un monopolio magnético a través de su detector. Este reporte indicando la existencia del monopolio magnético no fue el primero, y seguramente tampoco el último. En la misma revista, en el año de 1975, Price y sus colaboradores publicaron un artículo en donde tras analizar las marcas dejadas en una cámara de ionización por rayos cósmicos, encontraron que la única explicación posible era que un monopolio magnético había atravesado la cámara. Es claro que cuando se publica un resultado de esta relevancia, grupos de investigadores del resto del mundo tratan de reproducir el experimento para cerciorarse de que la interpretación del mismo es adecuada. Hasta el momento no ha sido posible reproducir dichos resultados.

En caso de existir, los monopolos magnéticos deben ser estables ya que las leyes de la electrodinámica nos indican que debe haber conservación de carga, entonces, es posible que los monopolos que viajan en los rayos cósmicos se encuentren atrapados en nuestros alrededores. En 1995 H. Jeon y M. Longo reportaron en Physical Review Letters haber analizado más de 331 kilogramos de material entre ellos 112 kilogramos de meteoritos, buscando monopolos magnéticos atrapados. Su resultado fue negativo, no encontraron monopolos alguno.

Más recientemente, M. Huber, B. Cabrera, M. Taber y R. Gardner publicaron un artículo (Physical Review Letters, 64, 835 (1990)) en donde reportan que habiendo utilizado un detector más preciso y confiable que el usado para el estudio de 1982, realizaron la búsqueda de monopolos durante 547 días consecutivos y el resultado obtenido fue en esta ocasión negativo, esto los hace proponer que el flujo de monopolos magnéticos que atraviesa la tierra es 2000 veces más pequeño que el estimado en 1982 dando un límite superior de $7.2 \times 10^{-13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ con un nivel de confianza del 90%.

La búsqueda continúa y aunque los resultados han sido negativos hasta el momento, la ilusión de encontrar un monopolio magnético y de esta manera aclarar uno de los enigmas fundamentales de la naturaleza sigue en pie.