

Jak wykorzystać ukryty magnetyzm elektronów w kryształach?

Różnorodność materiałów posiadających właściwości magnetyczne jest ogromna i znacznie większa niż może się wydawać. Pamiątkowe magnesy do lodówki, które przywozimy z wakacji, zabawki dla dzieci w formie wagoników, które łączą się ze sobą niewidzialną siłą, wreszcie dyski twarde typu HDD – wszystkie te przedmioty, które w języku potocznym nazywamy „magnetycznymi”, zawierają w istocie elementy ferromagnetyczne. Choć zachowują się one w sposób widowiskowy, to tak naprawdę tylko jeden z wielu możliwych sposobów zachowania materii wynikający z ułożenia atomów w kryształach i ich momentów magnetycznych. Antyferromagnetyków jest w otaczającym nas świecie znacznie więcej, choć trudno je nam na co dzień zidentyfikować, ponieważ ich właściwości magnetyczne są znacznie bardziej ukryte ze względu na naprzemienne ułożenie momentów magnetycznych, które powoduje ich kompensację. Mimo to, stanowiły one w ostatniej dekadzie przedmiot intensywnych badań ze względu na potencjał wykorzystania tych ukrytych cech w elektronice.

Badania te doprowadziły do zaskakujących wniosków. Przewidziano grupę materiałów, które łączą cechy ferro- i antyferromagnetyków, nazwaną altermagnetykami. Wciąż są one magnetycznie skompensowane – poprzez naprzemienne ułożenie momentów magnetycznych atomów – ale moment magnetyczny elektronów, które podróżują przez kryształ może spontanicznie porządkować się w jednym szczególnym kierunku. A zatem to część kryształu – podróżujące elektrony – staje się „magnetyczna” w potocznym rozumieniu. Niestety, istnieje szereg trudności w eksperymentalnym zaobserwowaniu takich zjawisk. Po pierwsze, stany elektronowe w kryształach powinny być odpowiednio obsadzone, co opisuje parametr zwany poziomem Fermiego. Po drugie, podróż elektronów w kryształach, czyli prąd elektryczny, musi zachodzić w odpowiednim, ściśle określonym kierunku. To sprawia, że istnieją dopiero pierwsze, pojedyncze doniesienia potwierdzające eksperymentalnie zachowanie altermagnetyczne w tlenku rutenu.

Jednak takich materiałów powinno być znacznie więcej! Niniejszy projekt bierze za cel półprzewodnikowe altermagnetyki takie jak tellurek manganu – badanie procesu otrzymywania, poziomu Fermiego i możliwości jego manipulacji oraz różnic we właściwościach elektrycznych wzdłuż różnych kierunków kryształu co pozwoli na zweryfikowanie użyteczności takich materiałów do potencjalnych zastosowań w elektronice takich jak generowanie prądów spinowych lub efekty gigantycznego i tunelowego magnetooporu. Generowanie prądu spinowego z półprzewodzących altermagnetyków może mieć istotne znaczenie dla elektroniki opartej na spinie, czyli tzw. spintroniki. Może ona pozwolić na znaczne ograniczenie mocy potrzebnej do korzystania z urządzeń elektronicznych i do zapisu danych co posiada istotne aspekty ekonomiczne, społeczne i ekologiczne znacznie wykraczające poza fizykę.