

Relaksacje łańcuchów spinowych w magnetykach molekularnych: eksperymentalne badania roli anizotropii

Michał Rams

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Tematyka dynamiki łańcuchów spinowych obejmuje wiele ciekawych zjawisk. Przypomnieniem tego jest ostatnia nagroda Nobla jaką otrzymał Duncan Haldane, m.in. za teorię łańcuchów spinowych, która zawierała aspekty topologii. Najnowszym tematem, który dotarł do popularnej prasy w marcu 2017, są *kryształy czasowe* zaobserwowane w łańcuchach spinowych zbudowanych z jonów spułapkowanych i okresowo pobudzanych atomów.

Projekt dotyczy badań dynamiki eksperymentalnej realizacji łańcuchów spinowych: materiału z odpowiednią strukturą krystaliczną, która łączy jony metali z niemagnetycznymi ligandami. Przykład takiej struktury jest pokazany na rysunku po prawej. Jony Co(II) są połączone mostkami (NCS)₂ w łańcuchy. Spiny są zlokalizowane na jonach metalu, podczas gdy mostki pośredniczą w oddziaływaniu wymiennym pomiędzy spinami.

W takich układach w bardzo niskich temperaturach dynamika spinów spowalnia. W skrajnym przypadku prowadzi to do powstania histerezy magnetycznej, nawet przy braku uporządkowania dalekiego zasięgu. Bardziej precyzyjnie, pojawia się powolna relaksacja magnetyzacji, to znaczy układ reaguje na zmiany pola magnetycznego z opóźnieniem.

Zjawisko to przewidziane przez R. Glaubera w latach 60-tych doczekało się eksperymentalnej realizacji dopiero w 2002. Obecnie znanych jest zaledwie kilkanaście różnych magnesów jednołańcuchowych, ponieważ trudno jest znaleźć kryształ spełniający naraz potrzebne warunki. Wymagane są: (i) duża anizotropia spinów, (ii) silne oddziaływanie wymienne wzdłuż łańcuchów, oraz (iii) zaniedbywalne oddziaływanie pomiędzy łańcuchami. W 2009 odkryto, że bardzo podobne zjawisko powolnych relaksacji zachodzi w kryształach quasi-jedno-wymiarowych w fazie uporządkowanej magnetycznie.

Relaksacja łańcucha spinów zależy od procesów, które prowadzą do przewrócenia wszystkich spinów w łańcuchu (na rysunku: z góry na dół lub odwrotnie). Jeżeli jeden spin w środku łańcucha obróci się to będą mogli obrócić się jego sąsiedzi i takie fale przesuwają się do obu końców łańcucha. Proces relaksacji może być badany poprzez pomiar bariery energetycznej potrzebnej, żeby proces się zaczął. Jeżeli bariera jest mała w porównaniu z energią termiczną, to łańcuch przewraca się spontanicznie, co nazywane jest efektem superparamagnetycznym. To samo zjawisko ogranicza gęstość zapisu magnetycznego w komputerowych twardych dyskach.

Projekt zawiera przygotowanie rodziny kryształów $M(\text{NCX})_2L_2$ ($M = \text{Co}, \text{Fe}$, $X = \text{S}, \text{Se}$, $L =$ różne ligandy) zawierających takie łańcuchy spinów, badania ich własności magnetycznych i procesów związanych z superparamagnetyzmem. Modyfikacje łańcuchów, poprzez celowe zmiany struktury krystalicznej pozwolą zoptymalizować różne parametry wpływające na barierę energetyczną, a w ten sposób również na proces relaksacji.

