

Nicholas Sedlmayr
Institute of Physics, Maria Curie-Skłodowska University

Relaksacja i dynamika w topologicznych materiałach kwantowych w warunkach nierównowagowych

Dziedzina materii topologicznej poczyniła wielkie nadzieje w zakresie tego, co można by osiągnąć w zastosowaniach oraz w badaniach podstawowych dotyczących stanów egzotycznych, gdyby tylko można było tworzyć i kontrolować topologicznie chronione mody, które istnieją w układach topologicznych. Oprócz wyzwań eksperymentalnych pozostaje wiele otwartych kwestii teoretycznych, którymi należy się zająć, zanim projekt będzie mógł zostać zrealizowany. W tym projekcie proponujemy odpowiedzieć na kilka z tych kluczowych pytań.

Topologia może wydawać się dziwnym działem matematyki pomocnym w zrozumieniu fizyki fazy skondensowanej, jako że można by powiedzieć, iż zajmuje się obiektami skręconymi, zdeformowanym lub odlanymi. Jednakże w ciągu ostatnich kilku lat stała się ona jednym z głównych filarów naszego zrozumienia materii skondensowanej. W przypadku fizyki ciała stałego, topologia śledzi te abstrakcyjne twory, które pozostają niezmiennie, podczas gdy parametry materiałowe lub czynniki zewnętrzne ulegają zmianie. Źródłem takiej zmiany może między innymi być zewnętrzne pole magnetyczne, temperatura, zewnętrzna siła wywołująca ucisk lub liczba dostarczonych elektronów. Pod pewnymi warunkami w obliczu takich czynników zewnętrznych można podać niezmiennik topologiczny, który zdefiniuje grupę układów topologicznie równoważnych, mogących w sposób ciągły zmieniać się jedne w drugie.

Ogromne zainteresowanie sprawami topologii wzbudziły zwłaszcza dwie idee. Pierwsza z nich to stwierdzenie, iż topologia może wprost dostarczać informacji na temat silnie chronionych i trudnych do zniszczenia stanów, które istnieją na krawędziach pewnych materiałów. Druga zaś sugeruje, iż niektóre z tych "krawędziowych stanów" mogłyby być niezmiernie przydatne do osiągnięcia kolejnego kroku milowego w rozwoju technologii, a mianowicie do budowy komputera kwantowego. Zagadnienia związane z topologią i stanami krawędziowymi w różnych strukturach materii są więc nie tylko po prostu interesujące, lecz krytyczne z punktu widzenia związanych z nimi możliwymi osiągnięciami technologicznymi.

Jedną z metod sterowalności tymi układami jest wyprowadzenie ich poza stan termicznej równowagi. W ten sposób mody brzegowe mogą być przemieszczane, niszczone lub tworzone. Celem obecnego projektu jest zbadanie tych modów brzegowych oraz rozwinięcie metod badawczych niezbędnych do zrozumienia ich natury. Określimy ponadto w jaki sposób można uogólnić koncepcję topologii takich układów w oparciu o wielkości fizyczne, zazwyczaj zdefiniowane tylko w równowadze termicznej i niskich temperaturach, na warunki odbiegające od równowagi.