

Procesy transportu energii w układach kwantowych sprzężonych z termostatami

Interferencja zwykle kojarzy się ze zjawiskami falowymi: falami elektromagnetycznymi lub mechanicznymi (dźwiękowymi, wodnymi, sejsmicznymi). Obserwowana też jest kwantowa interferencja związana z dualizmem korpuskularno-falowym: obiekty materialne mogą również zachowywać się jak fale. Wizjonerski obszar eksploracji fizyki kwantowej, *koherentna kalorytronika*, bada jeszcze inny i nowo odkryty rodzaj zjawisk interferencji: przepływ energii (ciepła) w układach kwantowych w stanach dalekich od równowagi termodynamicznej. Pierwsze nowatorskie eksperymenty zjawisk interferencji w przepływie ciepła były przeprowadzone przez F. Giazotto i M. J. Martínez-Pérez, *Nature* 492, 401 (2012) i dotyczyły transportu ciepła w SQUID-zie (w nadprzewodzącym pierścieniu z 2 złączami Josephsona) sprzężonym z dwoma termostatami. Wkład do przewodnictwa cieplnego pochodzi zarówno od “zwykłych” elektronów jak i od par Coopera, które tunelują przez złącze Josephsona. Ta czysto kwantowa (interferencyjna) część transportowanego ciepła poprzez zjawisko tunelowania zależy od różnicy faz funkcji falowych par Coopera i może być kontrolowana za pomocą zewnętrznego pola magnetycznego. Nasze badania wpisują się w podobny nurt koherentnej kalorytroniki i będą skoncentrowane na analizie transportu energii w modelowych układach kwantowych sprzężonych z dwoma termostatami o różnych temperaturach i różnych funkcjach spektralnych indukujących w konsekwencji różny charakter dysypacji energii.

Pierwsza klasa problemów dotyczyć będzie transportu energii w ściśle rozwiązywalnych układach kwantowych składających się z dwóch oddziałujących podukładów, z których każdy oddziałuje ze swoim kwantowym termostatem. Kwantowość podukładów może powodować pojawienie się zjawisk interferencyjnych w transporcie energii nie istniejących w makroświecie, które są opisywane tradycyjną fizyką statystyczną i termodynamiką. W szczególności warunki początkowe mogą odgrywać decydującą rolę w dynamice przepływu energii: w chwili początkowej dwa podukłady mogą być lub mogą nie być w stanie splątanim (kwantowe korelacje). Ponadto charakter oddziaływania z termostatem (modelowany przez gęstość spektralną lub funkcję dysypacji) odgrywa istotną rolę w zjawiskach transportu: fluktuacje otoczenia mogą być skorelowane lub nieskorelowane. Modele ściśle rozwiązywalne pozwalają badać procesy w przypadku silnego sprzężenia z termostatami, a to nie jest w zasięgu tradycyjnej fizyki statystycznej. Zamierzamy także rozważać termostaty fermionowe i spinowe. Czy różne statystyki kwantowe termostatu mogą decydować o własnościach transportu energii? Na to pytanie będziemy chcieli odpowiedzieć.

Druga klasa problemów dotyczyć będzie transportu energii w układach słabo sprzężonych z termostatami. Jako przykładowy układ badany będzie nieliniowy oscylator, jeden z podstawowych i uniwersalnych modeli pojawiający się często w optyce kwantowej, fizyce materii skondensowanej (transport w kryształach), fizyce statystycznej czy fizyce zimnych atomów (periodyczne pole w sieciach optycznych wytworzonych przez wiązki laserowe). Dobrze znanym eksperymentalnie realizowalnym przykładem jest rf-SQUID (nadprzewodzący pierścień z 1 złączem Josephsona umieszczony w polu magnetycznym). Innym badanym układem będzie nienadprzewodzący kubit strumieniowy sprzężony z dwoma termostatami o różnych temperaturach.

Obserwowany intensywny proces miniaturyzacji powoduje rozwój nanotechnologii, a to z kolei wymaga zrozumienia zjawisk i procesów zachodzących w bardzo małych obszarach przestrzennych i czasowych. W szczególności niesłychanie istotnym zagadnieniem jest transport energii w różnych postaciach w mikro- i nanostrukturach takich jak molekularne złącza, nanocyndry, kropki kwantowe, nanodrutki czy fotoniczne metamateriały. Należy oczekiwać, że wychodząc na przeciw potrzebom szeroko rozumianej nanotechnologii wyniki naszych prac badawczych mogą służyć praktycznej implementacji odkryć kalorytroniki. Niezależnie od tego, badania nasze pozwolą również zmierzyć się z szeregiem *fundamentalnych* zagadnień nierównowagowej fizyki statystycznej, jak np. wpływ czysto kwantowych efektów w transporcie energii takich jak kwantowe splątanie czy kwantowa interferencja.