

Opis popularno-naukowy projektu: *Termodynamika Nierównowagowa Elektronów w Układach Kropek Kwantowych*

Ostatnie lata przyniosły burzliwy rozwój technologii i miniaturyzacji elektroniki do skali nanometrów. Wiemy, że w układach tej skali istotną rolę odgrywają procesy kwantowe. A co z termodynamiką tak małych układów, kiedy przez układ płynie prąd? Ostatnie dwie dekady przyniosły znaczący rozwój termodynamiki statystycznej. Wychodząc poza limit liniowej odpowiedzi sformułowano twierdzenie fluktuacyjne, które jest uogólnieniem twierdzenia fluktuacyjno-dyssypacyjnego. Najnowszy krok to połączenie stochastycznej termodynamiki z teorią informacji, pokazanie jak można wykorzystać informacje o fluktuacjach termicznych do kontroli termodynamiki w nanoukładach. Można powiedzieć, że po 150 latach demon Maxwella został przyjęty, jako pełnoprawny uczestnik w procesach termodynamicznych.

Celem projektu jest zbadanie własności termodynamicznych elektronów w nanostrukturach z kropkami kwantowymi. Są to wdzięczne obiekty badań ze względu na łatwość kontrolowania ich struktury elektronowej, precyzyjne pomiary temperatury i potencjałów chemicznych w elektrodach. Łatwo i dość precyzyjne można mierzyć przewodność oraz obsadzenie kropek kwantowych (poprzez tzw. kontakty punktowe) i badać dynamikę przeskoków z częstotliwością rzędu GHz. W projekcie planujemy przeprowadzić analizę indywidualnych procesów przeskoku i ich wzajemnych korelacji, procesów dotychczas pomijanych. Interesuje nas poznanie natury skorelowanego przepływu ładunku oraz ciepła w celu określenia korelacji produkcji entropii i wymiany informacji. Szczególne korelacje prądów ładunkowych i cieplnych płynących w różnych kanałach przewodnictwa mogą prowadzić do lokalnego chłodzenia lub grzania układu. W tym kontekście na szczególną uwagę zasługują układy dwudzielne, czyli składające się z dwóch oddziałujących podukładów. Można w nich zrealizować koncepcję demona Maxwella, który czerpiąc z podukładu informacje na temat procesów przeskoku redukuje jego entropię poprzez ujemne sprzężenie zwrotne. Nowe podejścia nierównowagowej termodynamiki stochastycznej będą również użyte do analizy przeskoków w układach hybrydowych z elektrodą nadprzewodzącą, do określenia korelacji przeskoków pojedynczych elektronów i par Coopera.

Znaczenie tych badań jest znacznie szersze, podobne procesy termodynamiczne występują w reakcjach chemicznych i biologicznych.