

Michał Kaczor

Wpływ parametrów układu na splątanie kwantowe w łańcuchach spinowych sprzężonych z otoczeniem w postaci rezerwuaru bozonów

STRESZCZENIE:

Niniejsza praca obejmuje analizę wybranych modeli łańcuchów spinowych pod kątem ilościowego określenia splątania pomiędzy dwoma spinami łańcucha. Splątanie zostało wyznaczone najpierw w układzie izolowanym znajdującym się w stanie równowagi termicznej z otoczeniem. Następnie przeprowadzono analizę splątania w czasie dla układu otwartego z hybrydową dynamiką oddziaływań z otoczeniem: sam łańcuch znajduje się w rezerwuarze bozonowym o charakterze markowiańskim (utrata informacji z łańcucha do otoczenia jest nieodwracalna), układ taki jest opisywany przy pomocy równania Lindblada. Spiny łańcucha, między którymi splątanie nie jest wyznaczane, traktowane są jako otoczenie niemarkowiańskie i "wyłącza" się je z analizy poprzez redukcję macierzy gęstości. Stosowaną miarą ilościowego splątania jest zgodność, określona przez Wootersa i Hilla. Obliczenia potrzebne do przygotowania niniejszej rozprawy zostały wykonane numerycznie, przy użyciu autorskich procedur opartych na algorytmie Rungego - Kuty szóstego rzędu, które zostały wykorzystane do iteracyjnego rozwiązania równania Lindblada. Na podstawie wstępnych analiz ogólnych rozwiązań równania Lindblada i uzyskanych rezultatów obliczeń numerycznych wyciągnięto następujące wnioski: najbardziej korzystne warunki dla splątania termalnego obserwuje się w łańcuchach możliwie krótkich, szczególnie takich o parzystej liczbie spinów. W materiałach opisywanych przez model Heisenberga typu XXX całka wymiany powinna być ujemna i o możliwie wysokiej wartości bezwzględnej, aby zapewnić wysokie splątanie w stanie równowagi termicznej; taką samą właściwość obserwuje się również w modelu typu XXZ dla całki J_z , zaś dla całki J_x jej znak nie ma znaczenia z punktu widzenia splątania, a jedynie jej wartość bezwzględna - im jest ona większa, tym większe jest splątanie. Dla układów opisywanych modelem XYZ wpływ poszczególnych całek wymiany na wartość splątania jest bardziej skomplikowany, można natomiast stwierdzić, że dla łańcuchów o parzystej liczności w celu uzyskania wysokiego splątania, iloczyn trzech całek wymiany odpowiadających kierunkom prostopadłym, powinien być ujemny. Jednorodne pole magnetyczne przejawia jednoznacznie negatywny wpływ na splątanie, wyjątkiem jest jedynie małe pole dla krótkich łańcuchów o nieparzystej liczbie spinów. Niejednorodne pole magnetyczne może wzmacniać splątanie w stanach o małej wartości splątania, jednak obniża jego wartość w układach o wysokim splątaniu wyjściowym. Oddziaływania nadwymienne Działoszyńskiego - Moriyi mają nieznacznie negatywny wpływ na splątanie w większości analizowanych układów. Oddziaływania Kaplana - Shekthkmana - Entina - Wohlmana - Aharony'ego nieznacznie podnoszą wartości splątania w układach silnie splątanych, natomiast w układach przygotowanych w stanie termalnym o niewielkim splątaniu obniżają to splątanie. Oddziaływania trójspinowe okazały się mieć pozytywny wpływ na splątanie w układach o nieparzystej liczbie spinów. Analiza ewolucji czasowej stanu układu spinowego w otoczeniu bozonowym o charakterze markowiańskim pozwoliła z kolei wyciągnąć następujące wnioski: dla układów, w których pod uwagę brane były tylko oddziaływania wymienne, najbardziej odporne na utratę splątania w procesie dekoherencji były łańcuchy, dla których $|J_z| < J_x$. Stałe w czasie pole magnetyczne nie miało wpływu na proces dekoherencji. Pole czasowo zależne powodowało wzrost splątania, jednak efekt ten można było wykorzystać jedynie dla krótkich łańcuchów, oraz wymagało to uzależnienia częstotliwości zmian pola od liczby wzbudzeń magnetycznych łańcucha w stanie początkowym układu. Oddziaływania Działoszyńskiego - Moriyi oraz Kaplana - Shekthkmana - Entina - Wohlmana - Aharony'ego w niemalże każdej rozważanej sytuacji okazywały się niekorzystne z punktu widzenia splątania, zaś oddziaływania trójspinowe mogą charakteryzować się pozytywnym wpływem na wielkość splątania w krótkich łańcuchach, w dłuższych jednak ich wpływ staje się niekorzystny.

