

Tae-Hun Lee

Etiudy Rewolucyjnej 32A,
02-643 Warszawa

Warszawa, 04.10.2024

Streszczenie rozprawy doktorskiej ***“Objectivity in open quantum systems”***

Od narodzin mechaniki kwantowej, powiązanie świata makroskopowego z mikroskopowym wciąż nie zostało konsekwentnie wyjaśnione, pomimo naszego przekonania, że obiekty mikroskopowe są fundamentalnymi składnikami świata makroskopowego. W ostatnich latach popularny pogląd na mechanizm stojący za przejściem od kwantowo-klasycznym jest taki, że rozróżnienie między tymi światami wynika z efektu zbiorowego, znanego jako dekoherencja i spowodowanego oddziaływaniem z dużą liczbą niekontrolowanych stopni swobody.

Niniejsza praca doktorska bada zaawansowane mechanizmy dekoherencji w dwóch prostych, ale ważnych teoretycznych modelach otwartych układów kwantowych: oscylatora harmonicznego oddziałującego ze otoczeniem oscylatorowym, nazywanego modelem kwantowego ruchu Browna (QBM), albo z otoczeniem spinowym, nazywanego modelem bozon-spin. Celem pracy jest zbadanie śladów klasyczności, pojawiających się pod wpływem oddziaływania z otoczeniem, tak jak zaproponowano to w programie kwantowego darwinizmu. Bardziej konkretnie, szukamy „obiektywności” wyłaniającej się ze stanów kwantowych, opierając się na rozwinięciu idei kwantowego darwinizmu, zwanym strukturami rozgłoszeniowymi (SBS). Są to specyficzne wielocząstkowe struktury stanów kwantowych, które kodują operacyjne pojęcie obiektywności.

W kwantowym darwinizmie, proces ukłasyznienia poprzez oddziaływanie z otoczeniem przebiega dzięki przekazywaniu informacji z układu do otoczenia. Z tego powodu przy badaniu dynamiki skupiamy się na sytuacji, w której stan centralnego oscylatora jest bliski stanowi klasycznemu i nie jest zbyt zaburzany przez oddziaływanie z otoczeniem. Nie jest to typowym podejściem w teorii układów otwartych, np. tych opartych na równaniu master i przybliżeniu Born-Markov. Wybieramy realistyczne warunki początkowe otoczenia, takie jak stan termiczny. Do opisu przekazu informacji używamy rozróżnialności stanów kwantowych otoczenia. Nieco dokładniej mówiąc, aby zidentyfikować obiektywność w strukturze stanu kwantowego, wyprowadzamy i badamy współczynniki dekoherencji oraz uogólnione nakładanie się stanów (ang. generalized state overlap), które mierzą odpowiednio dekoherencję i stopień rozróżnialności stanów otoczenia.

Jednym z wyników pracy są uzyskane dwie różne skale długości związane z dekoherencją i rozróżnialnością w obu modelach. Może to wydać się zaskakujące, ponieważ zwyczajowo skala dekoherencji jest traktowana jako skala ukłasychnienia. Konsekwencje dla obiektywności są następujące: i) im większa liczba podsystemów otoczenia jest branych pod uwagę, tym lepsza obiektywność, ii) czynniki dekoherencji i uogólnione nakładanie się spełniają relację typu komplementarności, iii) rozróżnialność jest trudniejsza do uzyskania niż dekoherencja. W szczególności w modelu bozon-spin początkowy pęd centralnego oscylatora oraz ewolucja swobodna spinów otoczenia odgrywają kluczową rolę w obiektywności. Przy okazji tego modelu, znaleźliśmy również interesujące zastosowanie teorii Floquet-a.

Na koniec badamy obiektywność z punktu widzenia procesów informacji kwantowej. Pracując w modelu bozon-spin, traktujemy przekaz informacji do otoczenia jako kanał kwantowy. Analizujemy wielkość Holevo, która opisuje maksymalny możliwy transfer informacji do środowiska spinowego, rozumiany jako górne ograniczenie na pojemność odpowiedniego kanału kwantowego. Stanowi to interesujący przykład zastosowania wersji twierdzenia Holevo dla zmiennych ciągłych do otwartych układów kwantowych i przejścia kwantowego-klasycznego.

Tae-Hun Lee

