

Dr hab. Andrzej Grudka, prof. UAM

Poznań, 11 września 2016

Wydział Fizyki

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza

w Poznaniu

Recenzja rozprawy doktorskiej Mgr. Piotra Ćwiklińskiego
pt. Novel approach to thermodynamics:
single-shot quantum thermodynamics
and equilibration of quantum states

Praca doktorska Mgr. Piotra Ćwiklińskiego została napisana pod kierunkiem prof. dr. hab. Michała Horodeckiego. Liczy 225 stron i składa się z czterech rozdziałów oraz trzech dodatków. Praca poświęcona jest dwóm zagadnieniom. Pierwszym z nich jest problem dochodzenia układów do równowagi termodynamicznej, a drugim teoria zasobów w termodynamice. Przejdę teraz do szczegółowego omówienia pracy.

Wstęp zawiera krótkie wprowadzenie w tematykę pracy. Co ważne, Autor omawia prace innych naukowców, co pozwala na łatwe umieszczenie tematyki pracy w kontekście prowadzonych badań naukowych.

Rozdział drugi poświęcony jest dochodzeniu stanów kwantowych do równowagi. Na początku Doktorant omawia niezbędne pojęcia z matematyki. Są to grupa unitarna, miara Haara, unitarny zespół Gaussa. Omawia On również, co rozumie przez dochodzenie do równowagi termodynamicznej. Oryginalnym wynikiem jest obliczenie skal czasowych układów w procesie dochodzenia do równowagi. Autor rozważa dynamikę opisywaną przez losowe Hamiltoniany wybrane zgodnie z miarą Haara. Pokazuje, że średnia skala czasowa jest określona przez średnią odwrotność przerwy energetycznej Hamiltonianu. Wynik ten uważam za ważny wkład w dziedzinę.



RPW/35101/2016 P
Data: 2016-09-16

W dalszej kolejności Autor omawia proces dekoherencji. Interesuje go, w jaki sposób w procesie pomiaru von Neumanna pojawiają się obiektywne wyniki. Jednym z podejść do tego problemu są tzw. struktury rozpraszania widma. W podejściu tym informacja o wynikach pomiaru przechowywana jest w stanach środowiska dostępnych dla różnych obserwatorów, którzy zaobserwują te same wyniki pomiarów - w tym sensie wyniki będą obiektywne. Doktorant analizuje losowe Hamiltoniany wybrane zgodnie z unitarnym zespołem Gaussa. Dla takich Hamiltonianów, dostatecznie dużego układu i długich czasów struktura rozpraszania widma jest osiągnięta. Jest to ładne dopełnienie badań nad strukturą rozpraszania widma.

W ostatniej części tego rozdziału Autor rozważa tzw. kwantowe unitarne t-design i losowe sieci kwantowe. Następnie używa ich do szacowania przerw energetycznych lokalnych Hamiltonianów działających na n qubitów. W szczególności pokazuje, że w omówionym wcześniej procesie dochodzenia do równowagi można zastąpić miarę Haara przez 4-design. Należy podkreślić, że większość rezultatów w tym rozdziale otrzymano w sposób analityczny. Wyjątek stanowią rezultaty numeryczne dotyczące szacowania przerw energetycznych Hamiltonianów. Można wyciągnąć wniosek, że Doktorant dobrze opanował metody losowe oraz teorię grup.

Rozdział trzeci poświęcony jest zasobom w termodynamice kwantowej. Autor najpierw omawia podstawowe pojęcia: operacje zaszumione i ich wersja z katalizatorem, majoryzacja, operacje termiczne, termomajoryzacja oraz podstawowe pojęcia z termodynamiki. Następnie Doktorant stawia pytanie o to, jakie są ograniczenia na przekształcenie jednego stanu w drugi pod wpływem operacji termicznych. W szczególności interesuje Go, jak zachowują się koherencje. Odpowiada na to pytanie dla stanów qubitów w Lemacie 39. Co więcej znajduje on optymalną operację unitarną wykonującą żądane przekształcenie.

Operacje termiczne są praktycznie niemożliwe do wykonania w laboratorium. Dlatego też Autor wprowadził podklasę operacji termicznych, które już są możliwe do wykonania w laboratorium. Następnie pokazuje on, że za pomocą tych operacji, możliwa jest transformacja jednego stanu w drugi pod warunkiem, że drugi stan jest diagonalny w bazie energii oraz spełnione są pewne dodatkowe warunki. Odpowiednie wyniki przedstawione są w twierdzeniach 49-52. Dbalność o to, żeby rozważane operacje były możliwe do wykonania w laboratorium jest cechą dobrego fizyka. Na uznanie zasługuje fakt, że Doktorant w tym rozdziale posługuje się umiejętnie teorią majoryzacji.

Rozprawa napisana jest ładnym językiem i ma przejrzystą strukturę. Najpierw wyraźnie jest sformułowany cel badawczy, a potem przedstawione jego rozwiązanie. Wyniki są przedstawione w postaci precyzyjnie sformułowanych twierdzeń. Na końcu każdego rozdziału znajduje się podsumowanie.

Obowiązkiem recenzenta jest również przedstawienie uwag krytycznych. W równaniu 2.9 brakuje znaku całki (porównaj równanie 2.8). Autor posługuje się różnymi normami. Uważam, że warto by je zdefiniować, tak jak normę Schattena na stronie 74. Na stronie 139 znajduje się takie zdanie. "For qutrits, we provided a family of initial and final states rho and sigma that by Enhanced Thermal Operations, one can transform rho into sigma exactly, but it is not possible under Thermal Operations." Uważam, że wątek ten Autor mógłby rozwinąć.

Podsumowując pragnę stwierdzić, że Mgr Piotr Ćwikliński otrzymał wiele interesujących wyników, które zostały opublikowane w trzech artykułach, a dwa kolejne są dostępne jako preprinty. Przedstawiona rozprawa doktorska spełnia wszystkie ustawowe i zwyczajowe kryteria stawiane rozprawom doktorskim (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki). Wnoszę o dopuszczenie jej autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Ze względu na wagę otrzymanych wyników stawiam wniosek o wyróżnienie pracy.

Andrzej Grudka