

mgr inż. Damian Kołaczek

Katedra Informatyki Stosowanej i Fizyki Komputerowej

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Dynamika stanów kwantowych w przestrzeni fazowej”

Głównym zagadnieniem poruszonym w pracy doktorskiej jest dynamika stanów kwantowych w ujęciu przestrzenno-fazowym dla przypadku układów izolowanych. Podstawowym obiektem opisującym stan układu w przestrzeni fazowej jest funkcja Wignera. Ewolucja czasowa tej funkcji jest określona poprzez równanie Moyala, które w granicy klasycznej ma strukturę równania Liouville'a znanego z mechaniki statystycznej.

Podobnie jak w przypadku równania Schrödingera, generator w równaniu Moyala jest sumą dwóch niekomutujących operatorów samosprzężonych związanych z częścią kinetyczną oraz potencjalną hamiltonianu, a rozwiązanie tego równania jest zadane poprzez operator ewolucji czasowej należący do jednoparametrowej silnie ciągłej grupy unitarnej. Z uwagi na to, że w ogólnym przypadku bardzo trudno jest wyznaczyć działanie takiego operatora na funkcję Wignera, zastosowana została metoda *exponential operator splitting*, która polega na przybliżeniu dokładnego operatora ewolucji czasowej poprzez iloczyn kilku operatorów unitarnych, z których każdy jest generowany przez jeden operator powiązany bądź z częścią kinetyczną, bądź z częścią potencjalną hamiltonianu. Działanie typu operatorów na funkcję Wignera można bardzo efektywnie wyznaczyć numerycznie.

W rozdziale 4, który został poświęcony najważniejszym rezultatom matematycznym, przedstawiono i udowodniono twierdzenie dotyczące oszacowania od góry błędu lokalnego w normie przestrzeni Hilberta dla metody *exponential operator splitting* w przypadku abstrakcyjnego równania ewolucyjnego. Następnie przedstawiono zastosowanie tego twierdzenia do równania Moyala na przestrzeni Hilberta $L^2(\mathbb{R}^2)$. Zwieńczeniem tych rozważań jest sformułowanie i udowodnienie twierdzenia dotyczącego oszacowania od góry błędu globalnego, to jest błędu końcowego po wykonaniu większej liczby kroków czasowych według metody *exponential operator splitting* dla równania Moyala.

W rozdziale 5 omówiono najważniejsze rezultaty fizyczne dotyczące ewolucji czasowej stanów kwantowych, które uzyskano dzięki zastosowanemu algorytmowi numerycznemu, którego dokładność szacowano w poprzednim rozdziale. W pierwszej części rozpatrywano układy związane w postaci różnych studni potencjału, gdzie jako stan początkowy przyjęto stan koherentny, to jest stan gaussowski minimalizujący zasadę nieokreśloności Heisenberga. W drugiej części rozpatrywano układ rozproszony w postaci gładkiej bariery potencjału, gdzie jako stan początkowy przyjęto zdeformowany stan kota Schrödingera. Stan kota Schrödingera jest to stan kwantowy będący superpozycją dwóch rozsuniętych przestrzennie stanów koherentnych, natomiast defekt jest związany ze zmniejszeniem amplitudy wyrazu interferencyjnego w funkcji Wignera, co prowadzi do redukcji czystości tego stanu.

Kraków 03.11.2022

Damian Kołaczek