

Prof. dr hab. Robert Alicki

Gdynia, 15 stycznia 2024 r.

Międzynarodowe Centrum Teorii

Technologii Kwantowych

Uniwersytet Gdański

Recenzja osiągnięcia habilitacyjnego dr **Małgorzaty Białous** p.t. *„Funkcje korelacji widmowych w badaniu układów kwantowych i falowych”*.

Dr Małgorzata Białous przedstawiła siedem współautorskich prac opublikowanych w Phys.Rev.Lett. (jedna) i Phys.Rev. E (sześć) jako osiągnięcie habilitacyjne (oznaczone przez [H1] – [H7]). Liczba współautorów wahała się od jednego do pięciu a z załączonych oświadczeń wynika, że w większości przypadków udział kandydatki był wiodący i dotyczył wkładu w projektowanie i przeprowadzenie eksperymentu a także numerycznego opracowania danych. Sześć z siedmiu przedstawionych prac dotyczy symulacji widma hamiltonianu kwantowego opisującego nierelatywistyczną cząstkę poruszającą się w jedno- lub dwuwymiarowej przestrzeni konfiguracyjnej nazywanej odpowiednio grafem lub bilardem. Symulacja wykorzystuje matematyczny izomorfizm między odpowiednim równaniem Schroedingera dla cząstki a równaniami opisującymi propagację mikrofal w sieciach, będących odpowiednikami grafów kwantowych lub płaskich rezonatorach symulujących bilardy kwantowe. Jedna z prac dotyczy wnęki 3D, dla której wspomniany izomorfizm nie obowiązuje.

Głównym celem tego rodzaju symulacji jest eksperymentalne testowanie hipotezy Bohigasa - Giannoniego -Schmita mówiącej, że w przypadku układów kwantowych, które w granicy klasycznej zachowują się chaotycznie, statystyczne własności widma hamiltonianu są opisywane teorią macierzy losowych. W szczególności, dla układów symetrycznych względem odwrócenia czasu, do opisu można użyć ortogonalnego zespołu Gaussa a w przypadku łamania tej symetrii unitarnego zespołu Gaussa. Natomiast dla układów całkowalnych w granicy klasycznej spodziewamy się, że statystyką poziomów energetycznych rządzi rozkład Poissona.

Dr Białous wykonywała eksperymenty w zespole prof. Leszka Sirko z Instytutu Fizyki PAN, który jest pionierem tego typu badań w skali światowej prowadzonych od 20 lat, co pokazuje pierwsza praca zespołu:

[A] O. Hul, S. Bauch, P. Pakoński, N. Savvitsky, K. Życzkowski, L. Sirko, *Experimental simulation of quantum graphs by microwave networks*, Physical Review E 69 (5), 056205 (2004).

Aby ocenić dokonany postęp i oryginalność wyników przedstawionych przez dr Białous jako osiągnięcie habilitacyjne porównam najpierw pracę [A] z pierwszą publikacją cyklu:

[H1] M. Białous, V. Yunko, Sz. Bauch, M. Ławniczak, B. Dietz, L. Sirko, *Power Spectrum Analysis and Missing Level Statistics of Microwave Graphs with Violated Time Reversal Invariance*, Phys. Rev. Lett. 117, 144101 (2016).

Trzeba zaznaczyć, że chociaż praca [H1] posiada sześciu autorów to z ich oświadczeń wynika, że wkład dr Białous był wiodący na wszystkich etapach powstawania publikacji. O ile w pracy [A] najważniejszą kwestią jest porównanie numerycznych wyników dotyczących widma z danymi eksperymentalnymi to praca [H1] skupia się na pogłębionej analizie mierzonego widma przy użyciu także, nowych w tym

kontekście, narzędzi statystycznych jak np. średnia widmowa gęstość mocy. Pozwala to uwzględnić niedoskonałości empirycznego widma takie jak losowo pominięte poziomy a także, co jest nowością, opisać ilościowo wpływ łamania symetrii względem odwrócenia czasu na statystyczne cechy widma.

Idea uwzględniania niedoskonałości mierzonych widm w stosunku do modelu teoretycznego układów kwantowych o określonym zachowaniu w granicy klasycznej, stała się myślą przewodnią dalszych publikacji należących do osiągnięcia habilitacyjnego dr Białous. I tak w kolejnej pracy [H2] dotyczącej sieci mikrofalowych, tym razem symetrycznych względem odwrócenia czasu, pokazano, że nieuniwersalne własności układu są tu spowodowane wpływem orbit periodycznych. W ostatniej pracy poświęconej symulacji grafów kwantowych [H7] zbadano wpływ lokalnych transformacji grafu typu "switch" na widmo.

Chaotyczny bilard kwantowy był symulowany za pomocą płaskiego rezonatora mikrofalowego w pracach [H3],[H4]. Częściowe łamanie symetrii względem odwrócenia czasu realizowano poprzez kontrolowane zewnętrzne pole magnetyczne obserwując interpolację między własnościami zgodnymi z ortogonalnym i unitarnym zespołem Gaussa. Przy analizie wyników uwzględniono losowo pominięte poziomy i wpływ absorpcji promieniowania czyli "otwartość" układu.

W pracy [H5] użyto prostokątnego rezonatora symulującego układ w przybliżeniu całkowalny dla potwierdzenia, po raz pierwszy w literaturze, stosowalności statystyki semi-Poissona w tym przypadku. Wnęka trójwymiarowa została użyta w pracy [H6] dla pokazania, że metody analizy wyników eksperymentalnych użyte poprzednio dla układów o niższym wymiarze potwierdzają swoją skuteczność i w tym przypadku, znacznie trudniejszym ze względu na szybko rosnącą gęstość stanów co prowadzi do nakrywania się rozmytych poziomów.

Podsumowując tę część dorobku naukowego dr Białous uważam, że spełnia ona kryterium znacznego wkładu do danej dyscypliny naukowej. Od strony eksperymentalnej badania charakteryzowały się wysoką rozdzielczością, dużą liczbą zebranych danych i szerokim zakresem zmienności parametrów. Przy analizie teoretycznej użyto nowatorskich, w tym kontekście, metod statystycznych a uzyskane wyniki wzbudziły spore zainteresowanie wśród ekspertów.

Pozostała część dorobku naukowego dr Białous jest bogata i różnorodna. Wchodzi do niej prawie 30 recenzowanych publikacji dotyczących badania różnych własności sieci i rezonatorów mikrofalowych przeprowadzonych w zespole prof. Sirko. Istotną częścią dorobku dr Białous jest udział w utworzeniu Laboratorium Technik Femtosekundowych na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, a następnie badanie w tym laboratorium ultraszybkich fotodetektorów. Zaowocowało to trzema publikacjami, w których dr Białous jest pierwszym autorem. Należy też uwzględnić doświadczenie zdobyte w Laboratorium Fizyki Atomowej na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu pod kierunkiem prof. Stanisława Łęgowskiego.

Dodając do powyższych osiągnięć rozwiniętą współpracę międzynarodową i udział w kilku grantach krajowych i międzynarodowych mogę z przekonaniem stwierdzić, że dr Małgorzata Białous spełnia formalne i zwyczajowe kryteria dla uzyskania stopnia doktora habilitowanego fizyki.

Robert Alichu