

Gdańsk, 08.02.2016

Prof. dr hab. Michał Horodecki

Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki

Uniwersytet Gdański

Krajowe Centrum Informatyki Kwantowej w Gdańsku

Ocena dorobku dr Tomasza Paterka w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Badania dr Tomasza Paterka sytuują się w obszarze informatyki kwantowej. Dr Paterek jest współautorem bądź autorem 45 prac z bazy JCR, w tym 2 w Nature, 1 w Nature Physics oraz 12 w Phys. Rev. Lett.. Jego prace były cytowane 1500 razy, zaś indeks Hirsha wynosi 15. Na osiągnięcie naukowe zgłoszone do habilitacji składa się z 11 prac w tym 6 prac w Phys. Rev. Lett., jedna w Rev. Mod. Phys. Zatem ponad połowa prac składających się na osiągnięcie naukowe jest opublikowana w bardzo prestiżowych czasopismach.

Wspólnym mianownikiem osiągnięcia naukowego są nieklasyczne korelacje, która autor podzielił na trzy klasy: korelacje związane z łamaniem nierówności Bella, kwantowe splątanie oraz tzw. dyskord (w różnych wariantach). Zbiory stanów, które wykazują powyższe rodzaje nieklasycznych korelacji stanowią rosnącą rodzinę – najmniejszy zbiór stanów łamiący nierówności Bella, większy zbiór stanów splątanych oraz największy – zbiór stanów, które są klasycznymi rozkładami prawdopodobieństwa zanurzonymi w formalizm kwantowy.

O ile teoria splątania dla dwóch układów jest bardzo dobrze rozwinięta, o tyle, w obszarze wielocząstkowym tematyka ta obfituje w problemy bardzo skomplikowane. Dr Paterek wniósł ważny wkład do badań wielocząstkowego splątania, poprzez zastosowanie wielocząstkowego tensora korelacji do kryteriów splątania oraz kryteriów łamania nierówności Bella. W tym celu, w pomysłowy sposób wykorzystano pewien wariant zasady nieoznaczoności dla antykomutujących obserwabli. Autorzy otrzymali bardzo elegancki schemat pozwalający na otrzymywanie relacji monogamii (te ostatnie mówią o tym w jaki sposób łamania nierówności Bella między układami A i B oraz między układami A i C są ze sobą powiązane: im silniejsze łamanie dla A i B, tym słabsze dla A i C).

Ważną zaletą otrzymanych kryteriów splątania jest ich nieliniowość, która zapewnia swego rodzaju uniwersalność, w przeciwieństwie do stosowanych na ogół w doświadczeniu świadków splątania, które są dopasowywane do oczekiwanego stanu. Drugą istotną cechą jest fakt, że kryteria te wyrażają się przez parametry łatwo dostępne w doświadczeniu, a także pewna elastyczność kryteriów – mianowicie często wystarczy pomierzyć jedynie część obserwabli, żeby zdetektować splątanie. Zostało to wykorzystane w doświadczeniu w grupie Haralda Weinfurtera przy udziale dr Paterka.

Innym bardzo interesującym osiągnięciem, tym razem dla trzech układów, jest ilościowy opis znanego wcześniej zjawiska dotyczącego dystrybucji splątania. Mianowicie, znany był wcześniej dość nieintuicyjny fakt, że można zwiększyć splątanie między układami A i B, przesyłając układ, który nie jest splątany z tymi układami. dr Paterek wraz z innymi autorami, pokazał, że wzrost splątania jest ograniczony przez dyskord pomiędzy tymi stanami. Jest to bardzo elegancki związek między dwoma typami nieklasycznych korelacji. Wynik ten został otrzymany niezależnie przez inną grupę i jest chyba jednym z najciekawszych wyników dotyczących dyskordu w literaturze. Popularność tego ostatniego jest w mojej opinii swoistą bańką spekulacyjną, generującą wiele cytowań, których ilość na ogół nie odzwierciedla doniosłości rezultatów. Jednak powyższa opinia w żadnej mierze nie dotyczy omawianego rezultatu dr Paterka i współpracowników, który w piękny sposób pokazuje, jak dyskord wpisuje się w teorię splątania. Warto podkreślić, że niełatwo jest znaleźć zastosowanie dyskordu, gdyż jest on niezerowy dla stanów separowalnych, których nie można użyć do większości nieklasycznych efektów. W pracach dotyczących kwantowego deficytu (których jestem współautorem) wariant dyskordu miał interpretację negatywną – ograniczał ilość pracy termodynamicznej jaką można otrzymać z układu złożonego w obecności kąpeli cieplnej. Natomiast rezultat Paterka mówi o pozytywnej wartości dyskordu – jako warunku koniecznego dystrybucji splątania. Dr Paterek asystował też teoretycznie przy doświadczeniu, które zaimplementowało powyższy efekt dystrybucji splątania poprzez stany separowalne. Pewne pozytywne zastosowania dyskordu habilitant otrzymał także w pracy [J].

Jedną z prac w mojej opinii ma mniejszą wartość, niż sugerował by to jej opis oraz fakt opublikowania jej w Phys. Rev. Lett.. Jest to praca, w której doświadczalnie implementowane są stany, które posiadają splątanie wielocząstkowe lecz nie posiadają wielocząstkowych korelacji klasycznych. Stany takie zostały otrzymane we wcześniejszej pracy, w której utożsamiono brak klasycznych korelacji ze znikaniem n-cząstkowej kowariancji dla dowolnego wyboru lokalnej bazy. Taka definicja korelacji klasycznych jest dość sztuczna i została poddana krytyce m.in. w pracy mojego współautorstwa Bennett et al. Phys. Rev. A 83, 012312 (2011). Zatem w mojej opinii, wartość omawianej pracy nie wynika z faktu, że realizuje doświadczalnie ważne zjawisko, lecz polega wyłącznie na kunszcie realizacji pewnych stanów wielocząstkowych (oczywiście włączając teoretyczną asystę, na ogół bardzo istotną w tego typu pracach).

Chciałbym tutaj umieścić pewną uwagę dotyczącą prac doświadczalnych implementujących kwantowo-informatyczne efekty. Otóż nawet jeżeli te efekty są interesujące (w przeciwieństwie do podanego wyżej przykładu), wartość realizacji nie polega na doświadczalnej weryfikacji jakiejś teoretycznej hipotezy, lecz jak zaznaczyłem powyżej, na eksperymentalnym kunszcie demonstracji efektu, co do którego wiadomo, że w zasadzie można go zrealizować. Efekty kwantowo-informatyczne nie polegają bowiem na jakiejś nieznanym fizyce badanym układzie. W implementacjach kwantowej informacji, wyzwania mają zatem na ogół charakter inżynierski, gdzie zasadniczym problemem pomysłowe dobranie sposobu realizacji pewnych idealnie pomyślanych efektów w warunkach realistycznych. Dlatego też, w mojej opinii, wartość pracy doświadczalnej w dużo mniejszym stopniu zależy od tego, jak bardzo interesujący efekt implementuje, a w znacznie większym od tego jakie należało pokonać trudności i jak pomysłowa jest implementacja.

W tym kontekście, zapewne wszystkie trzy prace doświadczalne, w których brał udział dr Paterek są wartościowe jako świadectwa wysiłku implementacyjnego. Świadczą one o tym, że dr Paterek potrafi nie tylko poruszać się po idealnym świecie kwantowego formalizmu, ale również asystować teoretycznie doświadczeniom, które ów świat przenoszą do laboratoriów. W mojej opinii najbardziej interesująca jest właśnie ta praca, która nie implementuje żadnego efektu kwantowo-informatycznego, lecz proponuje schematy detekcji splątania w niewielkiej liczbie kroków (praca [E]). Jest ona pięknym podsumowaniem zastosowania tensora korelacji do opisu kwantowych korelacji w poprzednich pracach habilitanta. Warto nadmienić, że dr Paterek współpracuje nie tylko z grupą doświadczalną Haralda Weinfurtera (z którą związki zawdzięcza swojemu promotorowi prof. Żukowskiemu), ale także z grupą doświadczalną z Australii (Brisbane), z którą współpracę nawiązał już samodzielnie.

Kończąc omówienie osiągnięcia habilitacyjnego, pragnę nadmienić, że w skład prac zgłoszonych do habilitacji wchodzi praca przeglądowa w tematyce dyskordu opublikowana w najlepszym czasopiśmie publikującym artykuły przeglądowe z fizyki – Review of Modern Physics.

Rezultaty habilitanta osiągnęły bardzo dużą liczbę cytowań. Część z nich przypisuję nadmiernej w mojej opinii cytowalności prac w tematyce dyskordu w stosunku do ważności poruszanych zagadnień. Dla przykładu praca [B] sytuująca się w tej tematyce jest cytowana 418 razy, zaś nieporównanie bardziej doniosła praca „Information causality as a physical principle” opublikowana rok wcześniej osiągnęła 173 cytowania. Jednak gdyby nawet odjąć cytowania przypadające na pracę [B] oraz przeglądową pracę [G] wciąż pozostaje bardzo wysoka liczba ok. 900 cytowań. Bardzo wysoki jest też indeks Hirscha, który wynosi 15. Niezależnie od kwalifikacji powyższej bibliometrii, z przekonaniem stwierdzam, że osiągnięcie naukowe zgłoszone przez habilitanta jest wysokiej próby, i z pewnością część rezultatów na trwale wpisze się do dziedziny informatyki kwantowej (w mojej opinii należą tu: zastosowanie tensora korelacji do badania kwantowych wielocząstkowych korelacji oraz powiązanie dyskordu z dystrybucją splątania).

Prace zgłoszone do habilitacji są wieloautorskie, należy więc przeanalizować wkład habilitanta. Z jego oświadczeń wynika, że w przypadku 6 prac, był współtwórcą pomysłu, co świadczy o zaangażowaniu na bardzo ważnym koncepcyjnym etapie. Dotyczy to m.in. bardzo eleganckiej pięcio-autorskiej pracy [D], w której również wkład procentowy jest dominujący, wynosi bowiem 39%. W pięciu pracach habilitant ma wkład do dowodzenia (czyli w zasadzie do wszystkich prac zgłoszonych do osiągnięcia habilitacyjnego, w których dowodzenie odgrywało istotną rolę). Jedna praca jest dwu-autorska, w której wkład habilitanta jest dominujący pod każdym względem. Współautor habilitanta jest początkującym naukowcem, zatem w mojej opinii, praca ta jest większym osiągnięciem niż gdyby była pracą samodzielną, bowiem jej wynikiem jest nie tylko dostarczenie rezultatów, ale także kształcenie młodej kadry naukowej.

Jeżeli chodzi o wkład procentowy, w pięciu pracach jest on dominujący: wynosi 75 % w pracy dwuautorskiej, 40% w dwóch pracach cztero-autorskich, 39% w pracy pięcio-autorskiej, 20 % w pracy ośmio-autorskiej (doświadczalnej). W kolejnych pięciu pracach, wkład habilitanta jest równy 100% podzielonym przez ilość autorów, zaś w jednej nieco mniejszy.

Zestawienie powyższego jakościowego i ilościowego wkładu pozwala stwierdzić bez żadnych wątpliwości, że habilitant ma solidny wkład w prace zgłoszone do habilitacji.

Rezultaty otrzymane przez dr Paterka, były przez niego upubliczniane na konferencjach. Dr Paterk wygłosił na konferencjach 2 zaproszone referaty oraz 12 zgłoszonych referatów. Prezentował też wielokrotnie plakaty.

Przechodząc do pozostałych kryteriów wymienionych w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dotyczącego przyznawania stopnia doktora habilitowanego pragnę podkreślić, że większość z nich jest spełniona z nadstatkiem.

Dr Paterk zdobył duże doświadczenie pracy w zagranicznych ośrodkach. Odbił osiem tygodniowych wizyt w takich ośrodkach, jedną dwumiesięczną na Uniwersytecie Wiedeńskim, lecz przede wszystkim, począwszy od 2007 r. (gdy otrzymał stopień doktora) swoją karierę kontynuuje w Singapurze, w Centrum Kwantowych Technologii, a także na Uniwersytecie Technicznym Nanyang w Singapurze. Habilitant uczestniczył w 6 grantach NCN bądź MNiSW jako wykonawca. Dwa z tych grantów należały do programów międzynarodowej współpracy – polsko-austriackiej i polsko-niemieckiej. Ponadto habilitant brał udział w zagranicznym grantie FOXi (Foundtational Questions Institute). Wreszcie habilitant osobiście pozyskał trzy granty w Singapurze.

Dr Paterk prowadził wiele zajęć, w tym wykład z mechaniki kwantowej, wykład z optyki kwantowej oraz pierwsze laboratorium fizyczne. Warto nadmienić, że jego wykład z mechaniki kwantowej był kierowany do ok. 150 studentów. Dr Paterk wypromował siedem licencjatów oraz jest opiekunem trzech kolejnych. Opiekuje się dwoma doktorantami. Na uwagę zasługuje współpraca z uczniem szkoły średniej, której wynikiem jest aplikacja na telefony komórkowe modelująca kwantowy bit.

Dr Paterk jest uczestnikiem komitetów organizacyjnych pięciu konferencji – trzech w Singapurze, dwóch w Gdańsku. Wreszcie, habilitant recenzuje prace dla najlepszych czasopism naukowych (Nature, Nature Phycis, Nature Communications, Physical Review Letters) a także jest w radzie naukowej czasopisma International Journal of Quantum Information.

Podsumowując, Dr Paterk jest w pełni niezależnym naukowcem, który publikuje w najlepszych czasopismach fizycznych, ma bogatą w współpracę międzynarodową, współpracuje zarówno z grupami teoretycznymi jak i doświadczalnymi, angażuje się dydaktycznie i organizacyjnie.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że osiągnięcia habilitanta zdecydowanie przewyższają ustawowe wymogi dotyczące habilitacji oraz rekomenduję komisji habilitacyjnej nadanie dr Tomaszowi Paterkowi stopnia doktora habilitowanego.

Michał Grono de du