

Gdańsk, 5.06.2019

dr hab. Marcin Wieśniak, prof. UG.

Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki,

Oraz

Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki

Uniwersytet Gdański

Oraz

Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych

80-308 Gdańsk

Recenzja dorobku naukowego i aktywności akademickiej dra Adama Rutkowskiego w związku z postępowaniem habilitacyjnym.

Dr Adam Józef Rutkowski w chwili złożenia wniosku był współautorem 17 publikacji. 7 z nich zostało zaliczone do osiągnięcia naukowego zdefiniowanego w Ustawie. Ponadto jedna z publikacji pojawiła w *Acta Physica Vietnamica*, czasopiśmie spoza ministerialnej listy A. Pozostałe artykuły ukazały się w następujących czasopismach 2 (2 z dzieła) w *Phys. Rev. Lett.*, 5 (1) w *Phys. Rev. A*, 1 (0) w *New Jour. Phys.*, 1 (1) w *Jour. Phys. A*, 2 (1) w *Phys. Rev. Lett.*, 3 (1) w *OSID*, 1 (1) w *Linear Algebra and its Applications*, oraz 1 (0) w *Eur. Phys. D.*. Należy więc zauważyć duży rozrzut czasopism w których publikuje dr Rutkowski. Tytuł zadeklarowanego dzieła to „Wykrywanie i analiza wybranych korelacji nielokalnych w kwantowych układach złożonych: sterowanie EPR i splątanie” i temat jest ujęty głównie pod kątem formalno-matematycznym.

Przedstawienie szczegółów dorobku habilitant zaczyna od omówienia prac H4 i H6. Kwantowe sterowanie to idea zaproponowana przez Erwina Schroedingera w 1935 roku. Jest to koncepcja pośrednia pomiędzy twierdzeniem Bella, w którym porównujemy statystykę kwantowo-mechaniczną z modelami ze lokalnymi zmiennymi ukrytymi (wszystkie strony mają opis klasyczny swoich systemów), a certyfikacją splątania, gdzie używamy lokalnych modeli kwantowych. W sterowaniu jedna ze stron miałaby opis kwantowo-mechaniczny, druga-klasyczny. W przeciwieństwie do nierówności Bella sterowanie nie reprezentuje wprost użytecznego zasobu, jednak może mieć znaczenie w kryptografii kwantowej i na rynku komputerów kwantowych, gdzie istotna jest certyfikacja, że korzystamy z urządzeń wykorzystujących kwantowe zasady przetwarzania informacji.

Prace H4 i H6 prezentują bardzo podobne wyniki, a mianowicie szczególne formy nierówności sterowania kwantowego, których łamanie może rosnać do dowolnie wysokich wartości wraz z wymiarem podukładów. Są to rezultaty oczekiwane, skoro zjawisko takie zachodzi również dla nierówności Bella. Praca H4 przedstawia sytuację, w której łamanie nierówności rośnie wraz z liczbą dostępnych operatorów Clifforda. W Pracy H6 łamanie nierówności z serii zależy od ilości znanych baz wzajemnie zbalansowanych (zwaných również bazami wzajemnie niezależnymi). Zauważmy, że wynik

z pracy H4 (wcześniejszej) jest zawarty w H6. Obserwable Clifforda są związane z transformacją Majorany, a antykomutujące operatory dla wielu kubitów muszą mieć mają wzajemnie zbalansowane bazy (po uwzględnieniu komutujących zbiorów operatorów). Praca H6 uogólnia więc H4 na przypadek ogólniejszych wymiarów. Dodatkowo zawiera ona wiele ważnych wyników pobocznych. Rozważane jest łamanie nierówności dla różnych niedoskonałości doświadczalnych, np. niedokładnie zrealizowanych baz zbalansowanych, czy ograniczona wydajność detektorów. Dużym atutem jest analiza sterowania dla stanu ściśniętej próżni, który ma duże znaczenie eksperymentalne. Minusem pracy H6 jest nietypowe osłabienie warunku wzajemnego zbalansowania baz, przez wprowadzenie wykładnika. Można tylko się domyślać, że taka forma ułatwiała obliczenia. Nie jest to jednak duża dolegliwość, gdyż dla małych odstępstw wszystkie otoczenia są do siebie podobne (w potocznym sensie).

Pozostałe prace stanowiące części zadeklarowanego osiągnięcia dotyczą świadectw (Habibant używa popularnego, ale niezbyt poręcznego tłumaczenia: świadków) splątania i odwzorowań dodatnich. Należy tu zaznaczyć, że pomimo tego, że rola samego splątania w przetwarzaniu informacji kwantowej jest ciągle dyskutowana, jego detekcja jest jednym z ważniejszych otwartych problemów o dużej złożoności. Stąd też wynika duże zapotrzebowanie na wyniki cząstkowe. Jeden z takich wyników opisany jest w pracy H1. Polega on na rozszerzeniu operatora W o dodatkowe lokalne podprzestrzenie. Jak pokazują Rutkowski i prof. P. Horodecki, rozszerzenie takie zachowuje wiele cech oryginalnego świadectwa splątania. Zachowana jest oczywiście zdolność do wykrywania splątania, nierozkładalność, a także własność napinania, która mówi, że stany produktowe, dla których wartość średnia świadectwa jest graniczna, rozpina całą przestrzeń Hilberta. Świadectwa o takiej własności są optymalne. Praca zawiera też dwa ważne wyniki: powiązanie rozszerzenia ze świadectwami splątania niezależnymi od urządzeń pomiarowych, a także przykład stanu w którym splątanie jest wykrywane przez rozszerzony operator, ale nie po policzeniu śladu po dodatkowych przestrzeniach.

Praca H3 przedstawia nową metodę otrzymywania świadectw splątania przy pomocy pewnej klasy odwzorowań. Ciekawe jest to, że odwzorowania te nie muszą być dodatnie, muszą natomiast spełniać warunek bycia surjekcją. Autorzy pracy H3 podają przykład takiego odwzorowania i realizację świadectw uzyskanych z jego pomocą.

Trzy pozostałe prace dotyczą odwzorowań dodatnich, a ponieważ na mocy izomorfizmu Choi'a-Jamiołkowskiego odwzorowania takie odpowiadają świadectwom splątania, jest to poniekąd ten sam obszar badawczy. W pracy H2 uogólniane jest odwzorowanie Millera-Olkiewicza dla układów trójwymiarowych. W efekcie autorzy dostają rodzinę stanów ze splątaniem związanym, a samo odwzorowanie okazuje się być optymalne i nierozkładalne.

Praca H5 wprowadza operację sklejaną dwóch odwzorowań. Zaproponowane sklejanie ma dosyć złożoną, ale jest ono wzorowane na mapie Millera-Olkiewicza. Autorzy pokazują, że przy spełnieniu odpowiednich warunków na odwzorowania pierwotne, sklejanie odwzorowań prowadzi do mapy nierozkładalnej, a więc powiązanych ze stanami ze splątaniem związanym. Praca prezentuje więc jak dwa dodatnie odwzorowania złożyć w jedno, nierozkładalne.

Ostatnia praca zaliczana do osiągnięcia dotyczy związku pomiędzy odwzorowaniami dodatnimi, a geometrycznymi identyfikatorami splątania. Z grubsza chodzi o to, że dla każdego zbioru wypukłego (stanów separowalnych) i punktu referencyjnego nienależącego do tego zbioru (stanu splątanego) istnieje nieujemnie określona forma biliniowa, która dla argumentów punkt referencyjny-punkt referencyjny osiąga wartość wyższą niż argumentów punkt referencyjny-dowolny stan ze zbioru. Można oczywiście formę biliniową zastąpić bardziej skomplikowanym funkcjonałem, jednak nie wnosi to

wiele nowego, skoro formy biliniowe pozwalają na detekcję splątania w każdym stanie splątanym. Autorzy pracy H7 przyjęli oczywistą strategię polegającą na przyjęciu, że forma biliniowa wyznacza „chwilowe” świadectwo splątania, styczne do zbioru stanów separowalnych i zależne od badanego stanu. Co jednak ciekawe, wyprowadzone odwzorowanie potrafi wykrywać stany niewykrywane przez formę.

Sam autoreferat (w wersji polskiej) napisany jest raczej prawidłowo. Jest trochę literówek, jednak podczas lektury drażnią przede wszystkim trzy aspekty; dwa z nich są językowe: duża ilość błędów związanych ze stosowaniem przecinków i kalki językowe z angielskiego, zwłaszcza tam, gdzie habilitant cytuje własne twierdzenia (np. na stronie 25). Uważam, że od naukowca piszącego jeden z najważniejszych dokumentów w swojej karierze większej staranności. Wiąże się to z szacunkiem do odbiorców (czasem więcej, niż trzech) i siebie. Trzeci problem to wspomniana konwencja określania operatorów liniowych mianem „świadków” splątania. Bez względu, czy potem przyjmujemy odmianę osobową, czy nieosobową, prowadzi to do niezgrabnych konstrukcji językowych. Warto zastanowić się nad zaproponowaną tu zmianą.

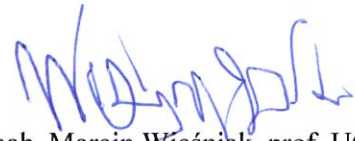
Autoreferat jest też niezwykle formalny matematycznie, co wynika z natury pracy i zainteresowań habilitanta. W szczególności na str. 13 autoreferatu definiuje on świadectwo splątania jako operator przyjmujący dodatnie wartości średnie dla wszystkich stanów separowalnych oraz ujemnej wartości dla pewnych stanów splątanych. Taka była oryginalna definicja, ale z czasem została ona uogólniona na operatory, dla których pewien zakres wartości średnich jest osiągalny tylko dla stanów splątanych. Byłoby lepiej, gdyby habilitant zwolnił czytelnika z trudu dopasowania operatora tak, by był świadectwem, czyli przyjął uogólnioną definicję i zastrzegł, że potrzebna jest mu oryginalna konwencja. Wspomnę również, że habilitant w ogóle nie dyskutuje splątania wielocząstkowego.

Wyliczę teraz pozostałe aspekty działalności habilitanta. Prowadził on 6 przedmiotów w latach 2007-20011 na UMK, oraz 7 przedmiotów na UG w ciągu dwóch ostatnich lat. O ile wiem, jego działalność dydaktyczna nie budzi żadnych kontrowersji i jest ceniona. Bierze udział w wielu przedsięwzięciach popularyzatorskich, np. opiece nad uczniami przygotowującymi się do Olimpiady Fizycznej, czy zajęciach w ramach programu „Zdolni z Pomorza”. Był członkiem Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego i Amerykańskiego Towarzystwa Optycznego. Wygłosił 10 referatów na międzynarodowych konferencjach naukowych, kierował 1 grantem NCN FUGA, w ramach którego spędził 2 lata w Krajowym Centrum Informacji Kwantowej w Sopocie. Jego pobyty w jednostkach zagranicznych (NTU w Singapurze, Harbin Institute of Technology w Chinach i Uniwersytet Oksfordzki w Wielkiej Brytanii) sumują się do dwóch miesięcy, oraz zrecenzował 17 artykułów, głównie dla Physical Review A.

W przypadku dr Rutkowskiego należy zastanowić się, w którym momencie naukowiec jest gotowy do złożenia wniosku o habilitacji. W naszym środowisku przyjęło się, że dzieje się to przy piętnastej publikacji po doktoracie. W dzisiejszych czasach istnieją jednak możliwości, by publikacje naukowe w zasadzie kupić. Ustawa mówi o istotnym wkładzie w dziedzinę, co można próbować zmierzyć liczbą cytowań. dr Rutkowski, w chwili składania wniosku miał 51 cytowań, z czego 20 pochodziło z jednej pracy. W fizyce to niewiele, ale w dziedzinie nauk matematycznych 30 to już duża liczba. W każdym razie, liczba cytowań nie jest idealnym miernikiem poziomu pracy naukowej, głównie dlatego, że nie zależy ona od samego autora.

W zamian należy rozważyć dojrzałość habilitanta. Dr Rutkowski publikuje regularnie, chociaż w bardzo różnych czasopismach. Ma duży wkład do artykułów, które są bardzo zbieżne w tematyce. Jego prace są często trudne w odbiorze, ale mogą być interesujące dla wielu grup, np. jego niegdyś macierzystego Zakładu Fizyki Teoretycznej UMK w Toruniu, czy CFT PAN w Warszawie. Pracuje w poddziedzinie,

w której trudno liczyć na dużo cytowań, gdyż nowe wyniki opierają się na pracochłonnych wynikach, a kolejne artykuły wymagają specjalistycznej wiedzy. Jego doświadczenie dydaktyczne, popularyzatorskie i organizacyjne uznaję za wystarczające, by spełnić wymogi ustawowe. Również dorobek naukowy dr Rutkowskiego oceniam jako spełniający wymogi formalne i zwyczajowe i wnioskuję o dopuszczenie dra Adama Rutkowskiego do dalszych etapów procedury habilitacji.



Dr hab. Marcin Wieśniak, prof. UG.