



Uniwersytet
ŁÓDZKI

DZIEKANAT WYDZIAŁU FIZYKI

WPŁYNEŁO

2014 -09- 03

L. dz.

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Fizyki Teoretycznej

Prof. dr hab. Jakub Rembieliński

Łódź, 23.08.2014r.

Opinia o dorobku naukowym i pracy habilitacyjnej
dra Andrzeja Dragana pt.

Relatywistyczna Informacja Kwantowa

Dr Andrzej Dragan, adiunkt w Instytucie Fizyki Teoretycznej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ukończył studia i uzyskał tytuł magistra na Wydziale Fizyki UW w roku 2001 za pracę *Homodynamiczne nierówności Bella dla optycznych stanów typu kota Schroedingera* pisaną pod kierunkiem prof. Konrada Banaszka. Stopień doktora nauk fizycznych otrzymał na tymże Wydziale w roku 2006 po obronie dysertacji *Single photon communication through noisy quantum channels*, której promotorem był prof. dr hab. Krzysztof Wódkiewicz. W latach 2008-2009 i 2010-2012, w ramach staży podoktorskich zajmował stanowisko Research Fellow w Imperial College London i w University of Nottingham.

Dorobek naukowy dra Dragana to 26 prac w tym 20 publikacji w czasopismach z listy filadelfijskiej, 1 artykuł w tomie konferencyjnym i 5 preprintów zamieszczonych w arXiv. Uzyskany sumaryczny impact factor publikacji (według listy Journal Citation Reports) wyniósł 67.5. Wg bazy Web of Science prace kandydata były cytowane 246 razy, w tym prace wchodzące w skład cyklu siedmiu publikacji stanowiącego dysertację habilitacyjną 101 razy. Andrzej Dragan publikował w czasopismach o wysokim międzynarodowym

rankingu, takich jak Physical Review (A i D) - 13 prac, Physical Review Letters - 2 prace oraz w Classical and Quantum Gravity, New Journal of Physics American Journal of Physics, Journal of Physics B i American Mathematical Monthly - po jednej pracy. Przedstawiony dorobek naukowy i jego parametry bibliograficzne kwalifikują kandydata do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

Na rozprawę habilitacyjną dra Dragana składa się 7 publikacji tworzących monotematyczny cykl prac dotyczący zagadnień relatywistycznej informacji kwantowej:

[1] A. Dragan, J. Doukas, E. Martin-Martinez, and D. E. Bruschi, Localized projective measurement of a quantum field in non-inertial frames, *Class. Quantum Grav.* 30, 235006 (2013).

[2] D. E. Bruschi, A. Dragan, A. Lee, I. Fuentes, and J. Louko, Relativistic Motion Generates Quantum Gates and Entanglement Resonances, *Phys. Rev. Lett.* 111, 090504 (2013).

[3] A. Dragan, J. Doukas, and E. Martin-Martinez, Localized detection of quantum entanglement through the event horizon, *Phys. Rev. A* 87 052326 (2013).

[4] J. Doukas, E. G. Brown, A. Dragan, and R. B. Mann, Entanglement and discord: Accelerated observations of local and global modes, *Phys. Rev. A* 87, 012306 (2013).

[5] D. E. Bruschi, A. Dragan, I. Fuentes, J. Louko, Particle and antiparticle bosonic entanglement in noninertial frames, *Phys. Rev. D* 86, 025026 (2012).

[6] A. Dragan, I. Fuentes, and J. Louko, Quantum accelerometer: Distinguishing inertial Bob from his accelerated twin Rob by a local measurement, *Phys. Rev. D* 83, 085020 (2011).

[7] D. E. Bruschi, J. Louko, E. Martin-Martinez, A. Dragan, and I. Fuentes, Unruh effect in quantum information beyond the single-mode approximation, *Phys. Rev. A* 82, 042332 (2010).

Stosowne oświadczenia współautorów o ich wkładzie do prac są załączone do dokumentacji wniosku. Wynika z nich, że wkład kandydata był dominujący.

Cykl poświęcony jest analizie splątania modów pola kwantowego i jego detekcji w przypadku gdy jeden z obserwatorów porusza się ruchem przyspieszonym (autorzy często odnoszą się do przypadku ruchu jednostajnie przyspieszonego - układu Rindlera). Biorąc pod uwagę zasadę równoważności można proponowane

podejscie postrzegać również jako próbę lokalnego opisu wpływu grawitacji na splątanie modów pola. W swojej analizie autorzy uwzględniają też problem horyzontów występujący w przypadku obserwatorów Rindlera. Jak dobrze wiadomo, splątanie stanów kwantowych musi zależeć od przyspieszenia obserwatora ze względu na relację między przestrzeniami Hilberta stanów pola obserwatorów inercjalnych i przyspieszonych zadaną przez transformacje Bogoliubowa, które nie zachowują inwariantności stanu podstawowego (próżni). W konsekwencji naruszana jest struktura iloczynów tensorowych (liczba cząstek pola nie jest inwariantem tych transformacji) a więc i splątanie. Szczególnie trudnym wyzwaniem jest zaproponowanie schematu detekcji splątania tym przypadku w świetle istniejących niejasności interpretacyjnych i problemów matematycznych. Dlatego, moim zdaniem, próba podjęta przez Andrzeja Dragana jest nie tylko ambitna lecz też ważna z naukowego punktu widzenia.

Praca [1] cyklu, w pewien sposób oparta i uogólniająca wyniki otrzymane we wcześniejszych pracach [5] i [7], poświęcona jest problemowi uzyskania modelu pomiaru splątania modów stanu splątanego dostatecznie dobrze "zlokalizowanego" w zbiorze modów przez obserwatora poruszającego się z dowolnym przyspieszeniem. Cel ten został osiągnięty poprzez uogólnienie modelu Glaubera detekcji pojedynczych modów rozważanego pola. Metoda została przetestowana na poziomie efektu Unruha i zastosowana do badania struktury próżni analizy splątania jako funkcji przyspieszenia. Pokazano, że rozmiar detektora ma wpływ na efekt Unruha i wyznaczono stosowną poprawkę. W pracy [3] wskazano na degradację splątania wraz ze wzrostem wartości przyspieszenia oraz badano i wykazano możliwość jej kompensacji poprzez manipulacje parametrami detektora. Analizowano również zachowanie splątania stanów w strefach horyzontów zdarzeń dla układów Rindlera. Z kolei w pracy [4] szczegółowo dyskutowane są różne aspekty lokalizacji stanów w zbiorze modów oraz zależność splątania i dyskordu od przyspieszenia detektora.

Praca [2] poświęcona jest problemowi wytworzenia i wzmocnienia splątania pomiędzy modami wnęki rezonansowej wykorzystując odpowiednio przyspieszony ruch jej luster. Autorzy podali procedurę wymuszania wzrostu splątania poprzez cykliczne powtarzanie określonych faz ruchu luster oraz zastosowali tę metodę do otrzymania dwu-modowego stanu ściśniętego. Jak pokazano w pracy [6], zależność splątania od przyspieszenia może być wykorzystana do wyznaczenia przyspieszenia detektora znajdującego się we wnęce w obecności pola i badano różne sytuacje wyzwalania detekcji w zależności od kinematycznych konfiguracji wnęki - detektor. Wskazano na różnicę dla prawdopodobieństw wzbudzeń detektora przy opuszczaniu wnęki i

wchodzeniu do niej w przypadku pól z masą. Autorzy powiązali ten fakt z łamaniem symetrii konforemnej przez równania ruchu tych pól.

Reasumując, przedstawione przez kandydata prace stanowią spójny tematycznie cykl. Poszczególne prace poświęcone są różnym komplementarnym aspektom teorii relatywistycznej informacji kwantowej dotyczącej układów przyspieszonych i splątania modów pól kwantowych. Według mnie stanowią poważny wkład do dziedziny. W kilku z nich spotykamy bardzo szczegółową, wyczerpującą i głęboką analizę istotnych problemów tej teorii.

W tym miejscu mam jedną uwagę krytyczną. W moim przekonaniu tytuł cyklu habilitacyjnego jest zbyt ogólny albo świadczy o przekonaniu kandydata że podał zupełnie nową i pełną teorię informacji kwantowej, co nie jest prawdą. Istnieją wcześniejsze (często pionierskie) prace - na niektóre zresztą autorzy cyklu się powołują. Poza tym w ramach teorii relatywistycznej informacji kwantowej istnieje obszar związany z relatywistycznym splątaniem spinowych stopni swobody. Teoria relatywistycznej informacji kwantowej jest dziedziną, która stoi na progu swojego rozwoju.

Poza pracami wchodzącymi w skład cyklu habilitacyjnego oraz kilku prac związanych z nim tematycznie dorobek naukowy kandydata zawiera prace dotyczące badania kwantowej nielokalności poprzez analizę stopnia łamania nierówności Bella, fotoniki a w szczególności procesowania i przesyłania informacji poprzez splątane fotony w obecności szumu. Kilka prac kandydata dotyczy oddziaływania qubitu w modelu Jamesa-Cummingsa, szczególnej teorii względności i innych zagadnień. Większość z tych prac stoi na wysokim poziomie merytorycznym i porusza ciekawe problemy fizyczne.

Kandydat wygłosił 17 wykładów na międzynarodowych konferencjach i w różnych ośrodkach badawczych na świecie. Uczestniczył w organizacji dwóch konferencji międzynarodowych w Nottingham. Brał udział w realizacji 3 projektów badawczych, w tym w dwóch w ośrodkach zagranicznych. Obecnie jest kierownikiem projektu NCN. Sześciokrotnie był beneficjentem stypendiów: European Science Foundation (dwukrotnie), Clarendon Laboratory, Fundacji Nauki Polskiej (dwukrotnie) oraz Ministra Edukacji Narodowej.

Dorobek dydaktyczny kandydata jest różnorodny i znaczący. Składa się na niego zarówno szerokie spektrum prowadzonych wykładów i ćwiczeń z różnych działów fizyki teoretycznej i matematyki jak i opieka indywidualna nad studentami różnych poziomów studiów oraz bogata działalność popularyzatorska.

Biorąc pod uwagę wartościowy dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny kandydata oraz przedstawiony do oceny habilitacyjny cykl prac, z pełnym przekonaniem popieram wniosek o stopień naukowy doktora habilitowanego dla Andrzeja Dragana. Uważam, że spełnia on wszystkie wymagania stawiane przez Ustawę o Stopniach i Tytułach Naukowych i wnoszę o dopuszczenie go do dalszych stopni procedury habilitacyjnej.



Jakub Rembieniński