



# Centrum Fizyki Teoretycznej

## Polskiej Akademii Nauk

Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

Tel. (+48 22) 847 09 20, Fax/Tel: (+48 22) 843 13 69

Email: [cft@cft.edu.pl](mailto:cft@cft.edu.pl)

NIP 525-000-92-81

REGON 000844815

---

Dr hab. Jarosław Korbicz  
Centrum Fizyki Teoretycznej PAN  
Al. Lotników 32/46,  
02-668 Warszawa

Warszawa, 08.06.2022

### **Recenzja dorobku naukowego dra Marcina Markiewicz w postępowaniu habilitacyjnym**

Osiągnięcie naukowe przedstawione przez Habilitanta to cykl dziewięciu artykułów badawczych, opublikowanych w bardzo dobrych pismach naukowych z Listy Filadelfijskiej. Cykl dotyczy niezmiernie ważnego i intensywnie badanego od lat tematu nieklasyczości w mechanice kwantowej i składa się z czterech podgrup tematycznych.

Pierwsza podgrupa, do której wchodzi prace [H5,H7], to badania Habilitanta nad splątaniem kwantowym, stanowiące częściowo kontynuację badań z doktoratu. W pracy [H7], pierwszoautorskiej i z wiodącym wkładem Habilitanta, poruszono interesujący temat wzajemnej relacji między dwoma popularnymi kryteriami splątania: kryterium odwzorowań dodatnich (Peresa-Horodeckich) i kryterium geometrycznym. Odpowiednio uogólniając to ostatnie, Autorzy pokazują jak z kryterium geometrycznego konstruować kryterium odwzorowań dodatnich i że konstrukcja odwrotna jest analitycznie niewykonalna. Stanowi to nowy i dość ważny wkład do dziedziny badań nad splątaniem. Praca [H5] z kolei wiąże dwa z tematów badań Habilitanta: nierozróżnialność cząstek (opisaną poniżej) oraz splątanie, poprzez ciekawe zastosowanie uproszczonego kryterium geometrycznego do wykrywania splątania bozonów. W pracy pokazano również jak działa otrzymane kryterium na przykładzie teoretycznej analizy splątania w kilku istotnych z punktu widzenia doświadczenia i technologii kwantowych układach, m.in. dwuskładnikowego kondensatu Bosego-Einsteina.

Prace [H8, H9] to badania nad szczególnie ważną i wciąż niedostatecznie zrozumianą formą nieklasyczości – nieklasyczością Bella. W pierwszoautorskiej pracy [H8] badana jest znana dwu-kubitowa nierówność Bella CGLMP ale z nowej perspektywy cztero-kubitowej, co pozwala lepiej zrozumieć jej budowę jako superpozycję nierówności CHSH i Mermina, oraz fakt, że nie jest ona maksymalnie łamana przez stan maksymalnie splątany. Praca [H9] natomiast przedstawia oryginalne podejściu do nierówności Bella oparte na złożoności Kołmogorowa i uniwersalnych maszynach Turinga zamiast zwyczajowo używanych

prawdopodobieństw. Interpretując odpowiednio w tym języku założenia tzw. lokalnego realizmu, Autorzy wyprowadzają algorytmiczną nierówność typu Bella a następnie pokazują jej łamanie przez pary fotonów. Co ciekawe łamanie zostało wykazane również doświadczalnie, poprzez doświadczenie optyczne wykonane przez zespół z Singapuru. Takie teoretyczno-doświadczalne prace są szczególnie cenne w dorobku każdego teoretyka.

Kolejna podgrupa, na którą składają się prace [H1, H2, H4], poświęcona jest badaniom nad zjawiskami nieklasycznymi, związanymi z nierozróżnialnością cząstek. W pracy [H4] zaproponowany jest operacyjny schemat opisu statystyki nierozróżnialnych i nieoddziałujących cząstek w duchu intensywnie badanych ostatnio tzw. Uogólnionych Teorii Probabilistycznych (z ang. GPT). Wychodząc z abstrakcyjnego opisu działania wieloportowych urządzeń optycznych przy pomocy macierzy bistochastycznych, autorzy znajdują bardzo interesujący przykład post-kwantowej statystyki, która wykazuje silniejsze własności grupowania (tzw. bunchingu) niż bozony, co stanowi pewien odpowiednik tzw. pudeł PR. Sam pomysł zastosowania podejścia typu GPT do nierozróżnialnych cząstek jak i praca są bardzo nowatorskie, co zresztą potwierdza miejsce publikacji - prestiżowy Physical Review Letters, a Habilitant ma w pracy istotny wkład. W pracach [H1, H2] zaproponowany jest z kolei „bezdotykowy”, tzn. bez bezpośredniego oddziaływania, mechanizm generowania wielociałowych stanów splątanych. Przykłady tego czysto kwantowego mechanizmu, opartego na nierozróżnialności i postselekcji, znane były już dużo wcześniej ale w pracy [H2], gdzie Habilitant ma wkład na równi z wiodącym, autorzy konstruktywnie dowodzą, że można w ten sposób wygenerować wszystkie stany splątane trzech kubitów. W pracy [H1] pomysł jest logicznie rozwinięty i zaproponowany jest nowatorski mechanizm wydajnego generowania splątanych stanów typu W dla dowolnej ilości kubitów. Obie prace pokazują solidne, systematyczne podejście do bardzo ciekawego choć trochę zapomnianego efektu.

Ostatnia podgrupa, prace [H3, H6], poświęcona jest wybranym aspektom nieklasycznych własności światła. Praca [H3] to wkład do dyskusji na temat możliwości łamania nierówności Bella przez klasyczne wiązki światła i tzw. „klasycznej kontekstualności”. Używając dobrze znanych metod grafów wyłączości oraz wprowadzonej przez jednego ze współautorów we wcześniejszej pracy nowej interpretacji obsadzania tych grafów dla stanów wielofotonowych, autorzy pokazują, że „klasyczna kontekstualność” nie istnieje, gdyż granica niekontekstualna odpowiedniej nierówności Bella jest równa algebraicznej. Równie podstawowe i szeroko dyskutowane zagadnienie nieklasyczności pojedynczego fotonu i „splątania z próżnią” poruszone jest w pracy [H6], gdzie autorzy analizują dobrze znaną nierówność Bella w tzw. schemacie TWC i pokazują, że nie jest ona łamana jeśli odrzucić ukryte założenia z oryginalnej pracy. Następnie usprawniają ją i wykazują łamanie dla odpowiednio słabych amplitud lokalnych oscylatorów używanych przy pomiarze. Cenna ze względu na poprawne

zrozumienie tego nieklasycznego efektu jest uwaga końcowa autorów, że jest to de facto efekt wielofotonowy, oparty na nierozróżnialności i przeniesieniu superpozycji na splątanie. Należy przyznać, że obie prace nie są zbyt jasno napisane, np. w [H3] niezbyt jasno wyłożony jest sens znalezionej granicy ale składam to na barki ciężkich koncepcyjnie tematów.

Przedstawione publikacje łączą się w tematyczny cykl badań nad aspektami nieklasyczności mechaniki kwantowej. Choć czasem powiązania między pracami nie są zbyt silne, odzwierciedla to jednak obecny stan całej dziedziny – nie ma jednej spójnej teorii nieklasyczności. Wszystkie prace z cyklu są wieloautorskie, przy czym zaznaczyć należy, że aż pięć z nich ma pięciu i więcej autorów. Jednak na podstawie załączonych oświadczeń można wywnioskować, że indywidualne wkłady Habilitanta są w większości prac co najmniej istotne (choć w niektórych przypadkach mogłyby być trochę wyraźniejsze). Ilość opublikowanych prac, również tych poza cyklem, oraz sumaryczny wkład wskazują jednoznacznie na solidne osiągnięcie naukowe Habilitanta. Wpływ tego osiągnięcia na dyscyplinę nauk fizycznych, a dokładniej na badania nad mechaniką kwantową, należy uznać za znaczący, co podkreślałem w opisach poszczególnych prac. Warto też przy tej okazji zwrócić uwagę na bardzo dobre wskaźniki bibliometryczne Habilitanta: 373 cytowania i wskaźnik Hirscha 10, co potwierdza zauważenie jego prac w środowisku.

Na uwagę też zasługuje dość obszerny (11 prac) dorobek po doktoracie, który nie wszedł do osiągnięcia habilitacyjnego. Są w nim m.in. trzy publikacje w bardzo prestiżowych pismach Phys. Rev. Lett. oraz PNAS. Szczególnie ciekawe to praca [O2], redefiniująca nieklasyczność korelacji w czasie, oraz praca [O8], gdzie autorzy (Habilitant i promotor jego doktoratu) skutecznie, i mam nadzieję ostatecznie, porządkują gorąco dyskutowany ostatnio temat tzw. paradoksów przyjaciela Wignera. Prace te z pewnością zdobędą spory oddźwięk.

Odnosnie pozostałych aspektów działalności naukowej Habilitanta, są one na dobrym poziomie. Habilitant po doktoracie odbył staż naukowy w trzech różnych jednostkach krajowych. Otrzymał grant NCN Fuga oraz stypendium naukowe FNP START, uczestniczył również w dwóch międzynarodowych projektach badawczych. Na swoim koncie ma cztery wystąpienia na międzynarodowych konferencjach, z czego dwa na zaproszenie, oraz był współorganizatorem jednej międzynarodowej konferencji. Ma też epizod dydaktyczny.

Podsumowując, uważam, że dorobek naukowy dra Marcina Markiewicz jest bardzo dobry i spełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane kandydatom do stopnia dra habilitowanego. Dlatego wniosek o nadanie Panu dr Marcinowi Markiewiczowi stopnia doktora habilitowanego uważam za całkowicie zasadny i wnoszę o jego przyjęcie.

dr hab. Jarosław Korbicz