

<b>Uniwersytet Wrocławski</b> <b>Wydział Fizyki i Astronomii</b> <b>DZIEKANAT</b>		
Wpłynęło do WFA	22-02-2022	Zał.
Nr z rej. brzoł. Wpływających		Poznań, 15 lutego 2022
wpl. do jedn. org	data	symbol
znak sprawy		

Dr hab. Paweł Kurzyński, prof. UAM  
Wydział Fizyki  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza  
w Poznaniu

## Opinia o dorobku i rozprawie habilitacyjnej dra inż. Artura Barasińskiego

### 1) Informacje podstawowe

- przebieg pracy zawodowej

Pan dr inż. Barasiński jest zatrudniony w dwóch placówkach naukowych: jako adiunkt w Instytucie Fizyki Teoretycznej na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego oraz jako pracownik naukowy na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Palackiego w czeskim Ołomuńcu. Wcześniej, w latach 2010-2018, był Adiunktem w Instytucie Fizyki na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego.

- rozwój naukowy (uzyskanie stopnia doktora)

Habilitant uzyskał stopień doktora w roku 2010 na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego. Jego promotorem był prof. dr hab. Andrzej Drzewiński, a rozprawa nosiła tytuł "Modelowanie własności magnetycznych związków metaloorganicznych o strukturze łańcuchowej". Warto zaznaczyć, że rozprawa doktorska była z fizyki teoretycznej, natomiast praca magisterska (2007, Politechnika Częstochowska) była z fizyki eksperymentalnej. Pan Barasiński znacząco zmienił swoją tematykę badawczą. Należy dodać, że doktorat został obroniony w trzy lata po zdobyciu stopnia magistra, co zasługuje na uznanie.

### 2) Charakterystyka dorobku naukowego

- ocena liczebności dorobku i czasopism, w których publikowano prace

Habilitant wykazał 27 prac, które ukazały się w recenzowanych czasopismach. 19 z nich powstało po uzyskaniu tytułu doktora, co stanowi solidny dorobek naukowy w przypadku osoby składającej wniosek habilitacyjny z dziedziny fizyki. Zdecydowana większość powyższych prac została opublikowana w znakomych międzynarodowych czasopismach naukowych, takich jak Physical Review Letters, Physical Review A, Physical Review B, Physical Review E, Scientific Reports, czy Quantum. Na chwilę obecną prace mają ponad 200 cytowań (ponad 150 bez autocytaowań), a indeks Hirsha habilitanta wynosi 9. Co istotne, w bazie Web of Science widać szybki wzrost cytowań w ostatnich latach.

- główne kierunki badawcze

Dr inż. Barasiński może pochwalić się bardzo zróżnicowanym dorobkiem badawczym. Swoją karierę naukową zaczynał jako eksperymentator specjalizujący się w elektronowym rezonansie paramagnetycznym. Następnie zaczął zajmować się fizyką teoretyczną, w szczególności badaniami nad teorią przejść fazowych i zjawisk krytycznych. Te ostatnie badania były podstawą jego rozprawy doktorskiej. Ostatecznie habilitant wyspecjalizował się w optyce kwantowej i kwantowej teorii informacji. Należy podkreślić, że każdy etap działalności naukowej pana Barasińskiego wiąże się z powstaniem przynajmniej kilku dobrych publikacji.

- udział kandydata w publikacjach zbiorowych

Większość prac habilitanta jest współautorska, jednak oświadczenia pana Barasińskiego i jego współpracowników jednoznacznie pokazują, że jego udział w ich powstaniu był wiodący. Ponadto habilitant może się pochwalić samodzielną publikacją w Scientific Reports.

- wykaz ważniejszych osiągnięć naukowych

Jak już wspominałem, pomijając prace wchodzące w skład osiągnięcia przedstawionego w tym wniosku, habilitant uzyskał również ciekawe wyniki w innych dziedzinach fizyki. Wymienię tutaj badania prowadzone wraz z prof. Drzewińskim, przed i po doktoracie, nad zjawiskami krytycznymi i przejściami fazowymi, w których zastosowano metody matematyczne DMRG (Density Matrix Renormalisation Group) oraz badania nad magnetyzmem molekularnym, które były prowadzone we współpracy z eksperymentatorami. Te badania doprowadziły do powstania 13 prac, które zostały opublikowane między innymi w prestiżowym Physical Review B. Kolejne bardzo ciekawe prace habilitanta są z dziedziny inżynierii kwantowej i dotyczą ultrazimnych gazów w pułapkach optycznych oraz nieliniowych oscylatorów Kerra.

Dodatkowo dr inż. Barasiński może pochwalić się udziałem w licznych grantach oraz umiejętnością pozyskiwania funduszy na własne badania. Był wykonawcą w siedmiu grantach, z czego trzy były fundowane przez czeską agencję GACR. Co najważniejsze, był kierownikiem własnego projektu "Iuventus Plus" ufundowanego przez MNiSW.

### 3) Ocena osiągnięcia habilitacyjnego wraz z uzasadnieniem co ono wnosi do nauki

- informacje podstawowe

W skład osiągnięcia habilitacyjnego pana Barasińskiego wchodzi dziesięć powiązanych tematycznie prac — jedna samodzielna i dziewięć pierwszoautorskich. Prace ukazały się w czołowych międzynarodowych czasopismach z dziedziny fizyki: Physical Review Letters, Physical Review A, Quantum i Scientific Reports. Prace wieloautorskie powstały w ramach współpracy z szeroką grupą naukowców. Oznacza to, że habilitant posiada umiejętność nawiązywania kontaktów naukowych. Co ciekawe, przedstawione prace zawierają nie tylko wyniki teoretyczne, lecz również weryfikacje eksperymentalne. Warto również zaznaczyć, że żadna z powyższych prac nie powstała we współpracy z promotorem doktoratu, co wskazuje na dużą samodzielność habilitanta.

Tematem przedstawionego osiągnięcia jest splątanie kwantowe oraz wynikające z niego tzw. korelacje nielokalne. W szczególności, habilitant koncentruje się na wykrywaniu splątania w stanach wielopoziomowych oraz wykrywaniu splątania w stanach wielocząstkowych. Jest to bardzo ciekawy i ważny problem, którym zajmują się zarówno badacze podstaw fizyki kwantowej, jak i badacze szeroko pojętych technologii kwantowych. Ponadto problem stanów splątanych ma znaczenie w wielu dziedzinach fizyki, takich jak optyka kwantowa, czy fizyka fazy skondensowanej. W chwili obecnej wiemy bardzo dużo na temat splątania niskopoziomowych stanów dwucząstkowych, jednak rozszerzenie tej wiedzy na przypadki wysokopoziomowe i wielocząstkowe jest bardzo trudne, ponieważ opis matematyczny takich układów staje się niezwykle skomplikowany. Dodatkowo wiele pojęć związanych z korelacjami dwucząstkowymi nie ma dobrze zdefiniowanych odpowiedników dla przypadków trój i więcej cząstkowych. Zatem problem podjęty przez habilitanta jest ambitny i zdecydowanie może stanowić podstawę osiągnięcia habilitacyjnego.

- omówienie wkładu poszczególnych prac

W pracach [H1] i [H2] habilitant bada specjalną klasę stanów dwukubitowych, które posiadają niepełną symetrię permutacyjną (ICPS - incomplete permutation symmetry). Takie stany są niezwykle intrygujące, gdyż w ogólności nie są maksymalnie splątane, lecz niektóre z nich zdają się wykazywać maksymalną nielokalność względem pewnych testów Bella (patrz praca [H3]). Pierwszym wynikiem powyższych prac jest wyprowadzenie warunków na tzw. ujemną częściową transpozycję (NPT — negative partial transpose), która potwierdza splątanie danego stanu. Otrzymano również wzór na ujemność (negativity — jedna z miar splątania) dla takich stanów. Ponadto pokazano, że jeżeli stan ICPS nie jest NPT (zatem jest PPT - positive partial transpose), to nie posiada on tzw. splątania związanego względem szeregu kryteriów separowalności. Zbadano również splątanie (stosując dwie różne miary) dla specjalnej podklasy stanów ICPS i pokazano jak otrzymane wyniki można zastosować do wykrywania splątania w bardziej ogólnych scenariuszach.

W pracy [H3] podjęto problem wytłumaczenia maksymalnego łamania nierówności CGLMP (Colins-Gisin-Linden-Massar-Popescu) przez stany ICPS. Fonseca i Parisio postawili hipotezę, że maksymalne łamanie przez stany ICPS jest pewnego

rodzaju anomalią, która powinna zniknąć jeśli użyje się odpowiedniej miary opartej na objętości łącania. Wyniki otrzymane przez habilitanta podważyły powyższą hipotezę.

W pracach [H4] i [H8] badano nielokalność i splątanie stanów trójkubitowych. Dokładniej, zbadano jak nielokalność trójcząstkowa w scenariuszach Svetlichnego oraz Żukowskiego-Bruknera wiąże się ze splątaniem trójcząstkowym mierzonym za pomocą three-tangle oraz three-pi. Wyprowadzono ciekawy nowy warunek dostateczny na istnienie trójcząstkowych korelacji nielokalnych (równanie 25 w autoreferacie) oraz znaleziono stany trójcząstkowo splątane, które nie są nielokalne w sensie Svetlichnego. Ponadto przeprowadzono eksperyment, w którym wygenerowano uogólnione trójcząstkowe stany GHZ (Greenbergera-Hornea-Zeilingera) na układzie dwufotonowym (trzy stopnie swobody otrzymano wykorzystując dwa stopnie polaryzacyjne i jeden położeniowy).

Prace [H5], [H6] i [H7] dotyczą roli splątania trójcząstkowego w kontrolowanej teleportacji kwantowej oraz w sieciach kwantowych. W kontrolowanej teleportacji pojawia się trzeci uczestnik protokołu, który decyduje czy pozwolić na teleportację pomiędzy pozostałymi dwoma uczestnikami, czy nie. Pokazano, że wbrew powszechnemu przypuszczeniu kontrolowaną teleportację można wykonać przy pomocy stanów bi-separowalnych, ale co ciekawe, muszą to być bi-separowalne stany mieszane. Wyniki potwierdzono w eksperymencie, w którym wykorzystano źródło czterofotonowe. Ponadto zbadano zależność wierności teleportacji oraz mocy kontroli od ilości splątania trójcząstkowego mierzonego za pomocą wspomnianej już miary three-tangle oraz miary zwanej prawdziwą zbieżnością.

W pracach [H9] i [H10] rozważano detekcję splątania wielocząstkowego przy pomocy pomiarów losowych. Zbadano prawdopodobieństwo łącania trójcząstkowego hybrydowego modelu lokalnego realizmu (łącanego przez korelacje prawdziwie trójcząstkowe) oraz lokalnego modelu standardowego (łącanego nawet przez korelacje dwucząstkowe) dla uogólnionych trójkubitowych stanów GHZ. Rozważono trzy klasy nielokalnych korelacji trójcząstkowych i zbadano prawdopodobieństwo łącania dla specjalnych podzbiorów tych korelacji. Zidentyfikowano, że dla badanej klasy stanów praktycznie całkowity wkład do prawdopodobieństwa łącania dają dwie rodziny nierówności, co znacznie upraszcza eksperymentalne testowanie takich korelacji. Następnie rozważano scenariusze, w których wiedza o lokalnym zbiorze korelacji jest ograniczona. Postawiono hipotezę, że uogólniona nierówność CHSH (Clausera-Hornea-Shimonyego-Holta) jest wystarczająca do oszacowania prawdopodobieństwa łącania dla ogólnego przypadku i potwierdzono ją numerycznie. Wyniki teoretyczne zostały również zweryfikowane eksperymentalnie.

- podsumowanie

Przedstawione osiągnięcia habilitacyjne stanowią solidny wkład do podstaw fizyki kwantowej oraz kwantowej teorii informacji. Na uznanie zasługuje fakt, że otrzymano zarówno wyniki teoretyczne, jak i doświadczalne. Te wyniki pozwalają na lepsze zrozumienie niektórych niuansów związanych z relacją pomiędzy splątaniem i nielokalnością oraz dostarczają nowych narzędzi do badania wielocząstkowych stanów splątanych.

Kompozycja samego autoreferatu jest bardzo dobra — zawiera on wszystkie istotne informacje oraz jasno przedstawia jakimi motywacjami kierował się habilitant podejmując daną tematykę badawczą. Mam tylko jeden zarzut dotyczący staranności prezentacji. Odnoszę wrażenie, że habilitant najpierw przygotował autoreferat w języku angielskim i następnie pośpiesznie przetłumaczył go na język polski. W efekcie czytelnik polskiej wersji często spotyka literówki, niepoprawne spolszczenia i dość dziwnie brzmiące anglicyzmy.

#### **4) Charakterystyka dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz innych działań na rzecz rozwoju nauki**

Dr inż. Barasiński miał okazję prowadzić wiele zajęć dla studentów. Zajęcia te były prowadzone na Uniwersytecie Zielonogórskim oraz Uniwersytecie Wrocławskim i miały bardzo szeroki zakres tematyczny. Język wykładowy był zarówno polski, jak i angielski. Ponadto habilitant opiekował się młodą kadrą naukową. Dotychczas był opiekunem dwóch licencjatów, jednej pracy magisterskiej i jednego doktoratu. Był również opiekunem pierwszego roku kierunku fizyka techniczna na Uniwersytecie Zielonogórskim oraz opiekował się praktykantem i studentem zagranicznym. Dodatkowo habilitant był opiekunem kół naukowych, brał udział w pokazach na festiwalach naukowych, wygłaszał wykłady dla licealistów oraz był w komitecie konkursu fizycznego. Pan Barasiński również zajmował się popularyzacją własnych

wyników naukowych. Brał udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach, na których wygłosił jedenaście wykładów i zaprezentował jedenaście plakatów. Na koniec należy wspomnieć działalność recenzencką dla kilku międzynarodowych czasopism naukowych. Powyższe jednoznacznie potwierdza, że habilitant ma duże doświadczenie w dziedzinie dydaktyki, popularyzacji i działalności na rzecz nauki.

#### **5) Współpraca krajowa i międzynarodowa**

Jak już wspominałem, w trakcie swojej kariery naukowej dr inż. Barasiński prowadził badania w trzech różnych polskich placówkach naukowych i jednej czeskiej. Dzięki temu miał okazję nawiązać współpracę z wieloma naukowcami z dziedziny. W gronie jego współautorów znajdują się również naukowcy z innych placówek krajowych i zagranicznych, w tym z Międzynarodowego Centrum Teorii Technologii Kwantowych w Gdańsku. Ponadto odbył on trzy kilkumiesięczne i cztery krótkie pobyty badawcze na uniwersytetach w Czechach, we Włoszech, w Niemczech oraz w Hiszpani. Wygłosił on również dziesięć seminariów w Polsce i za granicą. Podsumowując uważam, że współpraca naukowa habilitanta jest na bardzo dobrym poziomie.

#### **6) Wyróżnienia i odznaczenia**

Działalność naukowa habilitanta zaowocowała kilkoma nagrodami Rektora Uniwersytetu Wrocławskiego i Rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego oraz stypendium programu MAGMANet i stypendium MNiSW.

#### **7) Podsumowanie**

Dr inż. Barasiński zaprezentował się jako zdolny i samodzielny młody naukowiec o dużym doświadczeniu i umiejętnościach znajdowania i rozwiązywania ciekawych problemów badawczych. Sprawdził się jako koordynator własnego projektu badawczego oraz jako wykonawca w projektach koordynowanych przez inne osoby. Na szczególne uznanie zasługuje jego umiejętność prowadzenia badań zarówno z zakresu fizyki teoretycznej, jak i fizyki doświadczalnej. Uważam, że przedstawione osiągnięcia habilitacyjne zdecydowanie spełniają ustawowe i zwyczajowe kryteria, zatem wnioskuję o dopuszczenie dra inż. Barasińskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Paweł Kurzyński

