

Dr hab. Karol Bartkiewicz, prof. UAM
Instytut Spintroniki i Informatyki Kwantowej
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Opinia i o dorobku i rozprawie habilitacyjnej dra Marcina Marka Markiewicza

1) Informacje podstawowe o kandydacie

- przebieg pracy zawodowej

Dr Markiewicz od dwóch lat jest zatrudniony jako adiunkt na Uniwersytecie Gdańskim. Wcześniej pracował jako adiunkt naukowy w: Instytucie Fizyki, na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ (2015-2018), Centrum Fizyki Teoretycznej PAN (2015-2016), Instytucie Fizyki Teoretycznej, na Wydziale Fizyki UW (2014-2015). Habilitant odbył zagraniczne staże w okresie poprzedzającym nadania stopnia doktora w CQT (Singapur, 5 miesięcy), ICFO (Hiszpania, 3 miesiące), Instytucie Fizyki Uniwersytetu Wiedeńskiego (Austria, 3 miesiące), IQO-QI (Austria, 3 miesiące). Stopień doktora uzyskał we wrześniu 2014 roku. Od tego czasu habilitant zdobył spore doświadczenie zawodowe w Polsce w zakresie prowadzenia badań naukowych, czego dowodem są liczne publikacje.

Habilitant brał udział w wielu grantach, w tym międzynarodowych, jako wykonawca. Nie znalazłem jednak informacji o grantach pozyskanych przez habilitanta innych niż wewnętrzne granty uniwersyteckie oraz grant na staż podoktorski. Nie znalazłem również informacji o działalności dydaktycznej innej niż jeden kurs z algebry liniowej dla studentów pierwszego roku fizyki prowadzonym w roku akademickim 2011/2012. Działalność popularyzatorska i organizacyjna habilitanta również przedstawia się skromnie. Habilitant jednak był w Komitecie organizacyjnym jednej konferencji.

- rozwój naukowy (uzyskanie stopnia doktora)

W roku 2014 habilitant obronił na UG rozprawę doktorską pt. „Characterization and detection of multipartite entanglement” przygotowaną pod opieką prof. dr. hab. Marka Żukowskiego. Praca nad doktoratem dobrze przygotowała go do kontynuacji badań w dziedzinie teoretycznej optyki kwantowej i informacji kwantowej. Przed uzyskaniem stopnia doktora, habilitant był współautorem dwunastu prac publikowanych w czasopiśmie o międzynarodowej renomie, jak np. Physical Review Letters. Jest to rzadko spotykana ilość publikacji na tak wczesnym stopniu kariery naukowej. Od tego czasu habilitant znacznie powiększył swój dorobek.

2) Charakterystyka dorobku naukowego

- ocena liczebności dorobku i czasopism, w których publikowano prace

W autoreferacie habilitant wykazuje 20 prac (po doktoracie), których jest współautorem. Prace habilitanta ukazywały się głównie w Physical Review A (8) oraz Physical Review Letters (3). Drugie jedyną z najbardziej cenionych czasopism przez fizyków, a drugie czasopismo jest wysoko cenione przez wśród naukowców z takich dziedzin jak informatyka i optyka kwantowa oraz podstawy fizyki kwantowej. Dodatkowo kilka prac ukazało się w prestiżowych czasopiśmie takich jak np. Quantum Information (1), Quantum (2), New Journal of Physics (2), czy PNAS (1). Obecnie na Web of Science można odnaleźć nową pracę habilitanta (z maja 2022) opublikowaną w Physics Letters A, która ukazała się po złożeniu wniosku przez habilitanta.

Biorąc pod uwagę wszystkie 33 prace habilitanta, na dzień dzisiejszy według Web of Science, jego dorobek ma 383 cytowań bez autocytowań a jego H-index wynosi 10. Za lwią część cytowań odpowiada jednak jedna praca powstała przed uzyskaniem stopnia doktora, tj. w 2013 r. Przedstawione liczby są nieznacznie inne niż te deklarowane przez habilitanta, gdyż liczba cytowań wrosła z czasem. Uważam wartości tych wskaźników bibliometrycznych za adekwatnie podsumowujące dorobek naukowy habilitanta. Są to w mojej ocenie wartości odpowiadające solidnej pracy naukowej. Oczywiście sama wartość wskaźnika H nie oddaje w pełni jakości publikowanych wyników. Średnio jedna praca habilitanta jest cytowana około 12 razy. Średnią zaważy tutaj wspomniana praca bardzo wysoko cytowana, ale poza nią habilitant jest również współautorem

10 prac, które są cytowane 10 i więcej razy. Oznacza to, że prace są zauważane i doceniane przez innych badaczy w dziedzinie. Liczebność oraz jakość dorobku wyróżniają się pozytywnie.

- główne kierunki badawcze

Habilitant jest fizykiem teoretykiem specjalizującym się w informatyce, metrologii i optyce kwantowej. Większość jego prac dotyczy teoretycznych aspektów korelacji kwantowych. W autoreferacie habilitant wydzielił w zgłaszanym osiągnięciu takie kierunki badań jak: splątanie kwantowe, nierozróżnialność cząstek, nieklasyczność Bella oraz kontekstualność.

- udział kandydata w publikacjach zbiorowych

Spośród 20 prac opublikowanych po doktoracie, w 7 pracach habilitant jest pierwszym autorem (zwyczajowo miejsce zarezerwowane dla autora o dominującym wkładzie), w 3 pracach habilitant ostatnim autorem (zwyczajowo zarezerwowane dla lidera grupy badawczej). Dwie z tych ostatnich prac to prace dwuautorskie. We wszystkich pracach zbiorowych stanowiących osiągnięcie naukowe habilitant miał znaczny wkład w powstanie artykułu. Z oświadczeń habilitanta oraz współautorów wynika, że w przypadku prac [H2], [H3], [H6] i [H7] wkład habilitanta był dominujący. W szczególności, w przypadku bardzo ważnej pracy [H6] pomysł na badania wyszedł od dra Markiewicza. Świadczy to o jego samodzielności naukowej i oznacza, że habilitant jest gotowy do prowadzenia badań na własną rękę.

- wykaz najważniejszych osiągnięć naukowych

Do najważniejszych osiągnięć habilitanta, można zaliczyć między innymi pracę napisaną przed zdobyciem stopnia doktora, tj. „Noisy Metrology beyond the Standard Quantum Limit” opublikowaną w 2013 r. w *Physical Review Letters* (cytowana 131 razy wg. Web of Science), praca opisuje przypadek metrologii kwantowej, gdzie mimo nieskorelowanego szumu wzdłuż wyróżnionego kierunku istnieje możliwość uzyskania większej precyzji pomiarów niż w przypadku klasycznym.

W mojej ocenie również praca [H6] „From contextuality of a single photon to realism of an electromagnetic wave” opublikowana w 2019 r. w *npj Quantum Information* stanowi jedno z ważniejszych osiągnięć naukowe. Nie oddaje tego niestety liczba cytowań, która obecnie wynosi 7 (WoS). Praca jednak rozwiązała bardzo ważny dla dziedziny problem, z którym zmagano się bezowocnie wielu uczonych. Wyjaśnia pozorne łamanie nierówności Bella przez pola klasyczne i w moim odczuciu ma istotny wpływ na dziedzinę.

Do pozostałych osiągnięć, które warto wyróżnić zaliczam również wyniki prac: “Quantum communication complexity advantage implies violation of a Bell inequality” opublikowanej w *PNAS* 2016 r. oraz “Nonclassicality of Temporal Correlations” opublikowanej w *Phys. Rev. Lett* w r. 2015. Obie prace są cytowane ponad 20 razy i obie opisują nowe i ważne wyniki. Pierwsza z prac w dziedzinie korelacji przestrzennych a druga w dziedzinie czasowych. Wyniki tych prac mogą prowadzić do powstania nowych technologii kwantowych.

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

Osiągnięcie habilitacyjne stanowi seria publikacji zatytułowana „Przejawy nieklasyczności w układach kwantowomechanicznych i kwantowo optycznych.” Temat sugeruje różnorodność zagadnień, którą habilitant badał. W szczególności, w autoreferacie wyróżnione są cztery grupy zagadnień ze względu na ich specyfikę. Ich cechą wspólną jest nieklasyczność korelacji kwantowych.

Pierwsza wyróżniona przez habilitanta część osiągnięcia jest dedykowana detekcji splątania kwantowego za pomocą lokalnych obserwacji. W pracach [H5,H7] zbadano dwa problemy istotne dla wykrywania i charakteryzowania splątania. Pierwszym problemem jest kwestia relacji między kryterium separowalności dla układów dwuskładnikowych opartym na macierzy korelacji a kryterium opartym na odwzorowaniach dodatnich. Drugi problem dotyczy zastosowania kryterium geometrycznego do układów cząstek nierozróżnialnych. Wyniki uzyskane w pracy [H7] rozszerzają dotychczasowe sformułowanie kryterium geometrycznego, co pozwala na opracowanie nowych, lepszych metod detekcji splątania. Wyniki uzyskane w pracy [H5] dotyczą układów dwuczęściowych, gdzie każdy z podukładów składa się z dwóch modów bozonowych. Uzyskane wyniki wprowadzają nowy sposób detekcji splątania np. dla dwuczęściowych kondensatów Bosego-Einsteina lub dwudomowych stanów światła, takich jak ściśnięta próżnia fotonowa.

Druga część tematycznie wyróżniona przez habilitanta jest poświęcona nieklasycznym, w sensie nierówności Bella, właściwościom cząstek nierozróżnialnych. Wyniki zawarte w tej części zostały opisane w dość różnych pracach [H8] i [H9]. Praca [H8] zajmuje się zagadnieniem maksymalnego łamania nierówności Bella dla dwóch kutritów, które nie odpowiada stanowi maksymalnie splątanemu. W ramach wyjaśnienia habilitant proponuje zastąpienie operatora Bella dla dwóch kutritów operatorem dla czterech kubitów, gdzie bazą kutritu będzie tryplet stanów dwukubitowych. Takie podejście pozwala na szczegółową analizę stanu maksymalnie łamiącego badaną nierówność przy użyciu znanych wyników dla nierówności dwukubitowych CHSH i nierówności czterokubitowej Mermina. W wyniku analizy stan dwukutritowy maksymalnie łamiący nierówność Bella dla dwóch kutritów nie może być stanem maksymalnie splątany. Jest to elegancka demonstracja braku równoważności między splątaniem a nieklasycznością w sensie konkretnej nierówności Bella. W pracy [9] nieklasyczność Bella traktowana jest w sposób czysto algorytmiczny w sensie złożoności obliczeniowej Kołmogorowa. Jednak pewne sformułowania dotyczące braku zależności od prawdopodobieństwa w tym sformułowaniu uważam za niedokładne. Algorytmy kompresji zależą od częstości występowania podciągów, która w granicy nieskończenie długich ciągów jest równa prawdopodobieństwu wystąpienia podciągu. Jednak samo zaproponowane algorytmiczne podejście do zjawisk kwantowych stwarza nowe możliwości analizy zjawisk fizycznych niezależne od stosowanego modelu fizycznego, konkurencyjnego względem bezpośredniej analizy prawdopodobieństw. Wyrażenie nierówności Bella poprzez długości znormalizowanych skompresowanych łańcuchów zbiorczych wyników sugeruje, że zaproponowana metoda algorytmiczna może mieć zastosowanie w badaniach natury eksperymentalnych fizycznych.

Trzecia część dotyczy nieklasycznych własności interferencji ze względu na nierozróżnialność cząstek. Wyniki stanowiące tę część opisane są w pracach [H1,H2,H4]. Praca [H4] opisuje ogólny model probabilistyczny interferometru z wieloma modami przestrzennymi niezależny od formalizmu mechaniki kwantowej. Prace [H1] i [H2] poświęcone są opracowaniu protokołów generacji trójcząstkowych stanów GHZ oraz wielocząstkowych stanów W. Protokoły te działają na zasadzie inżynierii stanów poprzez postselekcję. Ważną własnością przedstawionych protokołów jest brak bezpośredniego oddziaływania cząstek, które przeszły przez proces postselekcji. Habilitant wskazuje ponadto na ciekawą interpretację powiązaną symetryzacją funkcji falowej cząstek nierozróżnialnych. Wyniki pozwalają na uzyskanie symetrycznych bądź antysymetrycznych stanów splątanych w zależności od statystyki użytych cząstek. Wyniki te uogólniają ideę interferencji Yurke-Stolera opisaną dla pól bozonowych.

Ostatnia wydzielona część poświęcona jest zagadnieniu nieklasycznych własności pojedynczego fotonu. Najważniejszą pracą mojej ocenie jest tutaj praca [H6]. W pracy [H6] wykazano dlaczego, wbrew dotychczasowemu stanowi literatury, pola elektromagnetyczne nie mogą przejawiać cech kontekstualnych charakterystycznych dla pojedynczego fotonu. Jednak praca [H3] również rozprawia się z pewnym błędem w zakresie interpretacji wyników lokalnie przeprowadzonej detekcji homodynowej (TWC) w kontekście nieklasyczności Bella. Wyniki habilitanta wskazały i wytłumaczyły subtelne błędy w rozumowaniu popełniane wielokrotnie przez autorów powiązanych prac zapobiegając dalszym nieporozumieniom. Zwiększa to znacząco stan wiedzy o korelacjach kwantowych.

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

Dr Markiewicz nie prowadził zajęć dydaktycznych przez większość swojej kariery. Nie poświęcał też czasu na działania popularyzatorskie czy promujące naukę. W dostarczonych dokumentach nie ma wzmianki o opiece nad doktorantami czy pracami dyplomowymi.

W trakcie swojej kariery po uzyskaniu stopnia doktora habilitant prezentował swoje wyniki na 4 międzynarodowych konferencjach [Czechy (2), Singapur (1), Wielka Brytania (1)]. Wygłosił również 7 referatów na zaproszenie na polskich uczelniach i w instytutach badawczych. W sumie wygłosił 9 referatów zaproszonych oraz 2 zgłaszane. Brak jest informacji o plakatach. W mojej ocenie aktywność konferencyjna habilitanta na tym etapie kariery jest skromna. Jednak jego praca naukowa jest zauważana i doceniana przez organizatorów konferencji.

Jako recenzent Habilitant przygotował recenzje dla paru uznanych czasopism. W okresie po doktoracie wyliczonych jest razem 7 recenzji, w tym dla jedna dla Phys. Rev. Lett. Nie znalazłem informacji o

recenzowaniu projektów badawczych. W mojej ocenie aktywność jako recenzenta habilitanta na tym etapie kariery jest również skromna.

Aktywność grantowa habilitanta ogranicza się do głównie do udziału w grantach zdobywanych przez innych. Po uzyskaniu stopnia doktora habilitant uzyskał samodzielnie grant Fuga 4, który jest grantem badawczym na staż podoktorski. Jako doktorant zdobył jako kierownik dwa granty uniwersyteckie na badania.

Wymienione dokonania naukowe świadczą o tym, że habilitant jest doświadczonym i uznanym naukowcem w kraju i zagranicą. Jednak jego zaangażowanie w działania na rzecz rozwoju nauki oraz aktywność grantowa mogły by być większe.

5) Działania innowacyjne i wdrożeniowe

Dr Markiewicz nie wykazał działań innowacyjnych i wdrożeniowych w dokumentacji wniosku.

6) Współpraca międzynarodowa

Poza naukowcami z macierzystej jednostki, dr Markiewicz współpracował z wieloma uznanymi naukowcami z Polski (np. M. Kusiem, K. Życzkowskim, R. Demkowiczem-Dobrzańskim, P. Kurzyńskim, A. Wójcikiem) i z zagranicy, np. z A. Acinem jednym z najwybitniejszych ekspertów w dziedzinach pokrywających się z aktywnością naukową habilitanta. Habilitant ma też historię współpracy naukowcami z Singapuru i Chin. Uważam, że tak rozwinięta współpraca dobrze wpłynie na dalszy rozwój naukowy habilitanta. Warto jednak pomyśleć o kolejnych stażach zagranicznych.

7) Podsumowanie

Dotychczasowy dorobek naukowy i osiągnięcia pokazują, że dr Markiewicz jest produktywnym i samodzielnym naukowcem, który prowadzi badania na międzynarodowym poziomie o potencjalnych zastosowaniach praktycznych. Sam wniosek przygotowany jest starannie a osiągnięcia przedstawione są w sposób spójny i zrozumiały. Uważam, że przedstawione osiągnięcie habilitacyjne spełnia wymogi ustawowe, zatem wnioskuję o dopuszczenie dra Markiewicza do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

