



prof. dr hab. Łukasz Cywiński
Instytut Fizyki PAN
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

27 kwietnia 2026 r.

Ocena osiągnięcia naukowego i dorobku Pana dr Tomasza Ryszarda Wasaka w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Sylwetka naukowa habilitanta i ogólne omówienie osiągnięcia naukowego oraz udokumentowania wkładu habilitanta w prace składające się na osiągnięcie

Dr Tomasz Wasak uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w 2015 roku na Uniwersytecie Warszawskim, broniąc rozprawę p.t. "Collisional properties and many body effects in ultracold systems. Quantum interferometry", której promotorem był prof. dr hab. Marek Trippenbach. W latach 2015-2018 pracował jako postdoc w grupie dr. hab. Zbigniewa Idziaszka na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a w latach 2018-2022 był na stażu podoktorskim w grupie dr. Francesco Piazzę w Instytucie Fizyki Układów Złożonych Maxa Plancka w Dreźnie. We wrześniu 2023 roku rozpoczął pracę jako adiunkt naukowy na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, a od września 2024 pracuje na stanowisku profesora UMK.

Jako osiągnięcie habilitacyjne dr Wasak przedstawił cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych p.t. „Rola oddziaływań oraz dynamiki układu w wytwarzaniu kwantowych korelacji na potrzeby metrologii oraz nowych stanów materii”. Na cykl ten składa się dziewięć prac (H1-H9 zgodnie z notacją stosowaną w autoreferacie) opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach naukowych: trzy w Physical Review Letters, 1 w Nature Communications, jedna w Phys. Rev. B, jedna w Phys. Rev. A oraz trzy Phys. Rev. Research. W czterech z tych prac dr Wasak jest pierwszym autorem, a jednej (w której pierwszym autorem jest doktorant, którego promotorem pomocniczym – i najprawdopodobniej promotorem faktycznym - jest habilitant) jest autorem ostatnim, który zainicjował projekt i nadzorował pracę nad nim. Z deklaracji habilitanta oraz współautorów wynika, iż dr Wasak miał we wszystkie z tych prac co najmniej znaczący, a w kilku przypadkach jednoznacznie wiodący, wkład. Prace składające się na cykl zostały opublikowane w latach 2018-2025 i zostały dotąd zacytowane wg. Web of Science 114 razy, w tym 110 razy bez autocytowań; najwięcej cytowań (37) zdobyła dotąd praca [H5], zaś trzy

inne były dotąd cytowane ponad 10 razy. Jasnym jest, iż artykuły z cyklu przyciągnęły uwagę międzynarodowego środowiska naukowego.

Przedstawiony cykl prac dotyczy różnorodnych aspektów tego, jak oddziaływania i procesy dynamiczne w wielociałowych układach ultrazimnych cząstek prowadzą do powstawania korelacji kwantowych. Podejmowane przez Habilitanta zagadnienia leżą na styku kwantowej teorii informacji, fizyki wielu ciał oraz kwantowej metrologii. Efektem badań jest niezwykle ciekawy cykl prac, w których opisano teoretyczne badania kilku dość różnych problemów. We wszystkich pracach kluczowym elementem jest swobodne stosowanie zarówno teoretycznych metod fizyki wielu ciał (np. diagramatyczne metody nierównowagowych funkcji Greena w formalizmie Kiełdysza czy też metody funkcjonału gęstości), jak i metrologii kwantowej (kwantowa informacja Fishera, różnorodne techniki rozwinięte w optyce kwantowej). Cykl prac stanowi w mojej opinii ambitny program badawczy o znaczącym stopniu spójności koncepcyjnej.

2. Szczegółowe omówienie osiągnięcia naukowego

W pracy [H1] opisano jak sprzężenie ultrazimnego gazu bozonowego z fotonami w mikrownęce, w której gaz ten się znajduje, prowadzi do pojawienia się efektywnych oddziaływań między atomami. Następnie pokazano, jak to oddziaływanie prowadzi do powstania splątania między atomami umieszczonymi w potencjale podwójnej studni, otwierając drogę do zastosowania takiego układu w kwantowej metrologii. Badany model teoretyczny inspirowany jest niedawnymi pracami doświadczalnymi (praca z Nature z 2021 roku).

Praca [H2] poświęcona jest dość odmiennemu zagadnieniu: teoretycznemu wyjaśnieniu właściwości polaronów Fermiego (kwazicząstek powstałych na skutek oddziaływania nielicznych atomów jednego rodzaju – domieszek – z otaczającymi ich atomami Fermionowymi innego rodzaju). Inspiracją do podjęcia badań ponownie była praca doświadczalna (Phys. Rev. Lett. z 2018 roku). W badaniach zastosowano metody kwantowej teorii kinetycznej układów nierównowagowych, a dokładnie formalizm Kiełdysza dostosowany do kwantowych układów otwartych. Uzyskano dobrą zgodność wyników z danymi doświadczalnymi i wyjaśniono niezrozumiałe wcześniej cechy polaronów Fermiego w badanym układzie (pominę tu omówienie dość specyficznych cech układu, w którym mamy atomy w trzech możliwych stanach, a obserwacje dotyczą dynamiki oscylacji Rabiego pomiędzy dwoma z tych stanów). Warto zauważyć, iż w zeszłym roku ukazała się praca doświadczalna w Nature Physics dotycząca podobnego (choć nieidentycznego) układu. W pracy tej teoria z [H2] jest wspomniana jako dobre podejście do przyszłego wyjaśnienia nowych obserwacji.

Praca [H3] wprowadza formalizm funkcjonalny dla kwantowej informacji Fishera oparty na jednociałowej zredukowanej macierzy gęstości, uniezależniającej obliczenia tejsze wielkości od znajomości pełnej funkcji falowej w wykładniczo dużej przestrzeni Hilberta. Wykazanie, że wszystkie elementy macierzy kwantowej informacji Fishera można wyrazić przez jednocząstkową zredukowaną macierz gęstości, a funkcjonały tej informacji są pochodnymi uniwersalnego funkcjonału energii względem stałych sprzężenia, stanowi

istotne powiązanie między teorią funkcjonału zredukowanej macierzy gęstości, a kwantową metrologią.

Praca [H4] przynosi odkrycie nowej klasy kwaziczstek - polaronu Fermiego indukowanego kwantowym efektem Zenona powstającego w granicy silnej dyssypacji w nierównowagowym układzie wielociałowym. Wykazano, że powyżej wartości krytycznej szybkości strat dynamika układu staje się ponownie unitarna w zredukowanej przestrzeni Hilberta, a pojawiający się stan polaronowy wykazuje cechy jakościowo odmienne od klasycznego polaronu. Praca ta stanowi oryginalny wkład w zrozumienie otwartych kwantowych układów wielociałowych. Przyznam się, iż w czasie, który spędziłem czytając [H4] i jej omówienie w autoreferacie, nie do końca rozumiałem wszystkie aspekty analogii pomiędzy kwantowym efektem Zenona a wpływem strat na dynamikę układu, ale zauważenie takiej analogii jest niewątpliwie ciekawe i inspirujące.

Prace [H5] i [H6] są tematycznie powiązane: w [H6] przedstawiono protokół testu nierówności Bella w spinorowym kondensacie Bosego-Einsteina umieszczonym w sieci optycznej. Korelacje kwantowe powstają w tym układzie na skutek międzyatomowych zderzeń zmieniających spin, które prowadzą do rozpraszania atomów w rozłączne obszary przestrzenne. Praca [H6] powstała za to we współpracy z grupą doświadczalną. Opisano i zinterpretowano w niej doświadczenie z gazem metastabilnych atomów He^* , które jest bardzo podobne do zaproponowanego w [H5] (główną różnicą jest brak sieci optycznej). Doświadczenie wykazało złamanie nierówności Bella na poziomie sześciu sigm. Opracowanie teoretyczne, w tym wyprowadzenie teorii Bogoliubova dla opisywanego procesu rozpraszania, zaproponowanie odpowiedniego dwuciałowego korelatora, wyrażenie go przez funkcje korelacji rozproszonych atomów, oraz interpretacja danych doświadczalnych stanowią istotny wkład Habilitanta.

W [H7] pokazano, iż kwantowa informacja Fishera jest dobrym narzędziem do opisu dynamiki splątania wielocząstkowego w pobliżu przejścia od regularnej do ergodycznej dynamiki w modelu Dickego. Wykazano, że asymptotyczna wartość kwantowej informacji Fishera oraz charakterystyczne skale czasowe jej dynamiki są znacząco różne w tych dwóch przypadkach, a dynamika ergodyczna prowadzi do szybszego generowania silnie splątanych stanów, które mogą być metrologicznie użyteczne.

Prace [H8] i [H9] dotyczą wykorzystania czułości rezonansu Feshbacha na pole magnetyczne do zaproponowania układu, w którym pomiar transmisji atomu przez falowód, w którym zderza on się z uwięzionym „atomem domieszkowym” służy do ultraczułej estymacji pola magnetycznego (w [H8]) lub gradientu tego pola (w [H9], gdzie rozważono układ kwazi-jednowymiarowych falowodów umieszczonych obok siebie). Temat tych prac jest zauważalnie mniej powiązany w fizyką wielociałową niż wcześniej omówione artykuły. Chciałbym zaznaczyć, iż habilitacja oparta na pracach [H1-H7] byłaby ciągle bardzo dobra, a osiągnięcia opisane w niej byłoby nieco spójniejsze tematycznie. Praca [H8] i [H9] są jednak bardzo ciekawe, a ich włączenie do osiągnięcia dobitnie pokazuje ogromną skalę zainteresowań i wiedzy dr. Wasaka (przypomnę, że wykorzystane przez niego narzędzia teoretyczne obejmują diagramatyczne metody nierównowagowej fizyki wielu ciał, kwantową

informację Fishera, nietrywialne rozszerzenia teorii funkcjonału gęstości, różnorodne metody z optyki kwantowej – oraz dodatkowo teorię rozpraszania atomów i rezonansów Feshbacha).

Cały cykl reprezentuje bardzo wysoki poziom naukowy. Autoreferat zawiera wiele ciekawych dyskusji i uwag ułatwiających zorientowanie się w dużej liczbie różnorodnych wyników. Pozwolę sobie tylko na dwie uwagi:

1. W opisie [H6] a autoreferacie czytamy: „Ponieważ między tymi obszarami nie zachodzi żadna komunikacja — atomy oddziałują jedynie poprzez potencjał kontaktowy — powstający w ten sposób stan splątany doskonale nadaje się do testowania postulatu realizmu lokalnego.” Wydaje mi się, że aby mówić o testowaniu postulatu realizmu lokalnego, musimy zamknąć „detection/locality loophole”, czyli dokonywać pomiarach w punktach czasoprzestrzeni rozdzielonych interwałem przestrzennym, a nie czasowym. Do tego nie wystarczy rozdzielenie przestrzenne i brak znanych oddziaływań między odległymi atomami. Prawdziwe testy realizmu lokalnego muszą być nieczułe na obecność nieznanymi, acz fizycznie niemożliwych do wykluczenia, oddziaływań.
2. Wyniki z [H7] wydają mi się bardzo interesujące, ale w opisie w autoreferacie zabrakło mi nieco łagodniejszego wstępu do podstaw kwantowego chaosu, np. podania definicji stanów ergodycznego oraz „regularnego”.

Ocena pozostałej działalności naukowej, dydaktycznej, oraz popularyzatorskiej

Dr Wasak jest współautorem 35 artykułów, które dotąd uzyskały wg. Web of Science 390 cytowań (349 bez autocytowań), zaś jego indeks Hirscha wynosi 11. Wszystkie artykuły ukazały się w szanowanych w środowisku czasopismach, a liczba cytowań świadczy o ich dobrym odbiorze przez międzynarodowe środowisko naukowe. Z tych 35 artykułów 25 zostało opublikowanych po uzyskaniu przez niego stopnia doktora. Po otrzymaniu doktoratu dr Wasak wygłosił 9 referatów na konferencjach lub międzynarodowych warsztatach, z których 3 były zaproszone. W tym samym okresie wygłosił 16 seminariów w ośrodkach krajowych i zagranicznych.

Stworzony po doktoracie dorobek dr. Wasaka zawiera 16 publikacji, które nie zostały włączone do osiągnięcia habilitacyjnego. Wszystkie ukazały się w bardzo dobrych czasopismach. Ich ogólna tematyka (mieszanina w różnorodnych proporcjach kwantowej metrologii, fizyki wielu ciał, fizyki atomowej) jest podobna – i podobnie szeroka – jak tematyka prac wchodzących w skład osiągnięcia. Prawdopodobnie z tych 16 prac można by wybrać sześć lub siedem prac nadających się na kolejne bardzo dobre habilitacyjne osiągnięcie naukowe.

Habilitant zdobył i zrealizował dwa granty badawcze jako kierownik: grant Polonez Bis-1 NCN (2022-2024, kwota ponad 1 mln zł) oraz grant Iuventus Plus MNiSW (2015-2017). Aktywnie spełniał również rolę niezależnego eksperta i recenzenta wniosków grantowych dla Agencji Wykonawczej UE (REA), Europejskiej Rady ds. Innowacji (EIC) oraz Europejskiej Rady

ds. Badan Naukowych (ERC). Był też recenzentem w czasopismach Physical Review Letters (ponad 10 razy), Physical Review Research, PRX Quantum i Physical Review A.

Dr Wasak prowadził zajęcia na Uniwersytecie Warszawskim jeszcze przed obroną doktoratu, a po powrocie ze stażu podoktorskiego w Instytucie Maxa Plancka w 2022 r. kontynuował działalność dydaktyczną na UMK w Toruniu. W roku akademickim 2024/25 prowadził pięć różnych kursów, w tym wykłady z mechaniki klasycznej, podstaw programowania oraz wstępu do procesów stochastycznych. Angażował się również w popularyzację nauki, prowadząc warsztaty i wykłady popularnonaukowe w ramach Toruńskiego Festiwalu Nauki i Sztuki (2023-2025) oraz warsztaty programistyczne dla uczniów szkół średnich.

Habilitant pełnił funkcję promotora pomocniczego dwóch doktorantów. Dr Karol Gietka obronił doktorat na Uniwersytecie Warszawskim w 2019 roku i kontynuuje karierę naukową w Japonii i Austrii, natomiast mgr Sankalp Sharma jest aktualnie doktorantem na UMK.

Dr Wasak współpracował z wybitnymi badaczami z ponad piętnastu instytucji naukowych za granicą, m.in. z Australian National University (Canberra), Max Planck Institute for Quantum Optics (Garching), ICFO (Barcelona), uniwersytet w Trydencie oraz NIST (USA). Świadczy to o jego gruntownej integracji z międzynarodowym środowiskiem naukowym.

Powyżej opisaną działalność naukową, dydaktyczną i popularyzatorską dr. Wasaka oceniam jednoznacznie pozytywnie. Chciałem zaznaczyć, iż spełnia one ustawowe i zwyczajowe wymagania z dużą nawiązką.

Podsumowanie

Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę habilitacji dr Tomasza Ryszarda Wasaka oraz jego pozostałe dokonania naukowe wypełniają z nawiązką ustawowe i zwyczajowe wymagania. Popieram z pełnym przekonaniem wnioski o nadanie dr Tomaszowi Ryszardowi Wasakowi stopnia doktora habilitowanego.

prof. dr hab. Łukasz Cywiński