

Gdańsk, 15 kwietnia 2026 r.

**Recenzja osiągnięć naukowych dr. Tomasza Wasaka  
w związku z ubieganiem się o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

**Główne osiągnięcie habilitacyjne**

Jako główne osiągnięcie habilitacyjne, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, habilitant wskazał cykl publikacji zatytułowany „*Rola oddziaływań oraz dynamiki układu w wytwarzaniu kwantowych korelacji na potrzeby metrologii oraz nowych stanów materii*”. Tematyka tego osiągnięcia wpisuje się w aktualne i intensywnie rozwijające się obszary fizyki, w szczególności fizyki układów wielu ciał, optyki kwantowej oraz teorii informacji kwantowej. Cykl obejmuje dziewięć prac opublikowanych w renomowanych czasopismach międzynarodowych, takich jak *Nature Communications* oraz periodykach wydawanych przez *American Physical Society*, w tym *Physical Review Letters*, co samo w sobie może świadczyć o wysokim poziomie naukowym przedstawionych wyników.

Celem badań prowadzonych przez habilitanta jest zrozumienie skutków oddziaływań w wielociałowych układach ultrazimnych, zdegenerowanych gazów kwantowych, w tym z uwzględnieniem ich nierównowagowej dynamiki. Oddziaływania te mogą prowadzić zarówno do powstawania korelacji kwantowych, jak i do formowania nowych stanów materii. Problematyka ta ma znaczenie nie tylko fundamentalne, ale również aplikacyjne, w szczególności w kontekście rozwoju technologii kwantowych, takich jak np. metrologia kwantowa.

W artykule [H1] zaproponowano nową metodę sterowania oddziaływaniami między atomami poprzez ich sprzężenie z polem wnęki optycznej, co umożliwia efektywne generowanie trwałego splątania wielociałowego. Wykazano, że schemat ten pozwala na szybkie przygotowanie stanów odpornych na straty oraz osiąganie granicznych precyzji pomiarowych.

W pracy [H2] rozwinięto kwantową teorię kinetyczną opisującą nieliniową dynamikę polaronów Fermiego, obejmującą zarówno dekoherencję, jak i relaksację pędu. Teoria ta pozwala rozdzielić mechanizmy utraty koherencji oraz dobrze odtwarza wyniki eksperymentalne (m.in. oscylacje Rabiego) bez użycia parametrów dopasowania. Uzupełnieniem tych badań jest praca [H4], w której wykazano, że w silnie dysypacyjnym reżimie ponownie pojawia się długotrwała gałąź polaronu Fermiego stabilizowana przez efekt Zenona, co ujawnia nietrywialną, konstruktywną rolę strat w układach nierównowagowych.

W artykule [H3] opracowano formalizm umożliwiający wyznaczanie kwantowej informacji Fishera bez znajomości pełnej funkcji falowej układu, wykazując, że może ona być uniwersalnie wyznaczana na podstawie jednocząstkowej zredukowanej macierzy gęstości (1-RDM) w ramach podejścia funkcjonalowego. Praca ta ustanawia pierwsze bezpośrednie powiązanie między teorią funkcjonalów 1-RDM a kwantową informacją Fishera. Z kolei w pracy [H7] wykorzystano tę wielkość do analizy dynamiki splątania w układach wielu ciał, pokazując, że jej zachowanie odzwierciedla przejścia między różnymi reżimami dynamiki (m.in. przejście do ergodyczności) oraz określa metrologiczną użyteczność stanów.

Wyniki prac [H5] i [H6] dotyczą nielokalności kwantowej w układach z cząstkami masywnymi – od eksperymentalnej obserwacji korelacji Bella w zderzeniach kondensatów Bosego-Einsteina, prowadzących do generacji splątanych par atomów, po propozycję kompletnego protokołu testu nierówności Bella w dynamicznych układach wielu ciał. Wykazano tym samym zarówno możliwość realizacji takich efektów w układach swobodnie propagujących cząstek, jak i ich kontrolowanego badania.

Prace [H8] i [H9] koncentrują się na zastosowaniach metrologicznych ultrazimnych gazów, w szczególności na wykorzystaniu rezonansów rozpraszania (w tym rezonansów Feshbacha) oraz zderzeń atomowych do precyzyjnych pomiarów pól magnetycznych i ich gradientów. Wykazano, że odpowiednia kontrola oddziaływań pozwala osiągać wysoką czułość pomiarową, w tym granicę precyzji kwantowej, a także korzystne skalowanie z liczbą cząstek w układach możliwych do realizacji eksperymentalnej.

W mojej ocenie na szczególne wyróżnienie zasługują trzy wyniki przedstawionego cyklu publikacji. Za najważniejszy należy uznać eksperymentalne wykazanie korelacji Bella dla swobodnych cząstek masywnych, które stanowi istotne rozszerzenie testów nielokalności kwantowej poza układy fotonowe i tworzy nową platformę badań fundamentalnych. Na uwagę zasługuje również publikacja tych wyników w prestiżowym czasopiśmie *Nature Communications* oraz ich zauważalna liczba cytowań (37 według Web of Science). Kolejnym wynikiem, który zasługuje na szczególne podkreślenie, jest wykazanie, że w silnie dysypacyjnym reżimie może pojawić się nowa, stabilizowana przez efekt Zenona gałąź polaronu Fermiego. Pokazano tym samym, że silna dysypacja może prowadzić do stabilizacji długotrwałych wzbudzeń, wskazując na potencjalnie konstruktywną rolę strat w układach nierównowagowych. Trzecim istotnym osiągnięciem jest opracowanie ogólnego formalizmu wyznaczania kwantowej informacji Fishera bez znajomości pełnej funkcji falowej. Podejście to umożliwia efektywny opis zasobów kwantowych w układach wielu ciał i ustanawia istotne powiązanie między teorią funkcjonalów a metrologią kwantową.

Całość przedstawionego osiągnięcia naukowego charakteryzuje się dużą spójnością tematyczną oraz jasno zarysowaną linią badawczą. W załączonym wykazie osiągnięć przedstawiono szczegółowy i merytoryczny opis indywidualnego wkładu habilitanta w każdą z publikacji wchodzących w skład cyklu. Obejmuje on zarówno elementy koncepcyjne, takie jak inicjowanie projektów i formułowanie problemów badawczych, jak i istotny wkład teoretyczny, w tym wyprowadzanie równań, rozwój formalizmów oraz opracowanie modeli, a także analizę i interpretację wyników. W wielu pracach (w szczególności [H2], [H4], [H6]) wkład habilitanta ma charakter wiodący.

## Inne osiągnięcia naukowe

Dr Tomasz Wasak jest autorem 35 publikacji naukowych, w tym 25 artykułów opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, z czego 9 stanowi omówiony wcześniej cykl habilitacyjny. Jego prace były cytowane 412 razy (371 bez autocytowań) według bazy Web of Science (o ok. 20 więcej niż w momencie składania wniosku) co potwierdza zainteresowanie środowiska naukowego wynikami badań habilitanta. Najczęściej cytowaną publikacją jest praca: P. Zin, M. Pylak, T. Wasak, M. Gajda, Z. Idziaszek, "Quantum Bose-Bose droplets at a dimensional crossover", Phys. Rev. A 98, 051603(R) (2018), cytowana 93 razy.

Tematyka publikacji koncentruje się wokół fizyki ultrazimnych gazów atomowych, teorii rozpraszania, układów wielu ciał oraz metrologii i informacji kwantowej. Dorobek ten charakteryzuje się wyraźną ciągłością oraz konsekwentnym pogłębianiem podejmowanych problemów badawczych. W szczególności widoczny jest wkład habilitanta w rozwój teorii korelacji kwantowych, dynamiki układów z domieszkami (polaronowych), zjawisk kolektywnych w układach wielu ciał, a także zastosowań interferometrii i czujników kwantowych. Publikacje te potwierdzają wysoką aktywność naukową autora, jego zdolność do podejmowania różnorodnych, lecz powiązanych problemów badawczych oraz jego trwałą obecność w międzynarodowym obiegu naukowym.

Ścieżka zawodowa dr. Tomasza Wasaka obejmuje dwa staże podoktorskie w renomowanych ośrodkach naukowych: na Uniwersytecie Warszawskim (około 2,5 roku) oraz w Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems w Dreźnie (ponad 4 lata). Posiada on również doświadczenie w kierowaniu projektami badawczymi, w tym w ramach programów Polonez Bis 1 (NCN) oraz Iuventus Plus (MNiSW), a także uczestniczył jako wykonawca w kilku innych projektach.

Habilitant wykazuje dużą aktywność w środowisku międzynarodowym, czego przejawem jest współautorstwo publikacji z zagranicznymi partnerami, udział w krótkoterminowych pobytach badawczych oraz regularne prezentowanie wyników badań na konferencjach międzynarodowych. Angażuje się również w działalność organizacyjną oraz popularyzację nauki.

Na podkreślenie zasługuje także jego aktywność dydaktyczna. Dr Tomasz Wasak posiada doświadczenie w prowadzeniu zajęć dydaktycznych – wykładów i ćwiczeń, zarówno w Uniwersytecie Warszawskim, jak i Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Uczestniczył również w kształceniu młodych naukowców, pełniąc dwukrotnie funkcję promotora pomocniczego.

## Podsumowanie

Podsumowując, dr Tomasz Wasak posiada w swoim dorobku osiągnięcia stanowiące istotny wkład w rozwój fizyki teoretycznej, w szczególności w obszarze fizyki układów wielu ciał, metrologii kwantowej oraz teorii informacji kwantowej. Zarówno przedstawione osiągnięcia główne, jak i pozostały dorobek naukowy podlegający ocenie w postępowaniu habilitacyjnym świadczą o wysokim poziomie naukowym habilitanta, jego samodzielności badawczej oraz konsekwentnym rozwoju naukowym. Jednocześnie aktywność dydaktyczna, organizacyjna oraz zaangażowanie w kształcenie młodej kadry naukowej uzupełniają obraz habilitanta jako dojrzałego i wszechstronnego pracownika akademickiego. Całość dorobku wskazuje na ugruntowaną pozycję habilitanta w dyscyplinie oraz jego znaczący wkład w jej rozwój.