

Warszawa, 6 lutego 2023 r.

Prof. dr hab. Włodzimierz Jastrzębski
Instytut Fizyki PAN w Warszawie

**Recenzja dorobku naukowego dra Michała Parniaka-Niedojadło i ocena osiągnięcia naukowego p.t.
„Generowanie i charakteryzacja makroskopowych stanów kwantowych światła i materii”
w związku z postępowaniem habilitacyjnym**

Przebieg kariery naukowej oraz działań naukowo-badawczych.

Pan dr Michał Parniak-Niedojadło ukończył studia na Wydziale Fizyki UW w 2015 r., a pracę doktorską zatytułowaną „*Multimode Quantum Optics with Spin Waves and Photons*” obronił z wyróżnieniem w 2019r.

Jego promotorem i mentorem począwszy od licencjatu (2013) poprzez pracę magisterską (2015) po doktorską jest prof. UW dr hab. Wojciech Wasilewski. Początki kariery w takim otoczeniu naukowym wywarły niewątpliwie bardzo duży wpływ na tematykę badań dra Parniaka, jak również na imponującą dynamikę rozwoju tych badań i kariery naukowej Habilitanta. Jako postdoc Habilitant pracował ponad rok (2019-2020) w Uniwersytecie Kopenhaskim w Instytucie Nielsa Bohra w grupie prof. Polzika. Zespół prof. Polzika uznawany jest na świecie za jedną z wiodących grup prowadzących badania m.in. w dziedzinie makroskopowych stanów kwantowych światła i materii, zarówno teoretycznie jak i doświadczalnie. W Instytucie Nielsa Bohra miał m.in. możliwość prowadzenia doświadczeń z membranami, które wg mojej wiedzy nie były badane eksperymentalnie w ośrodku warszawskim.

Po powrocie na macierzystą uczelnię dr Parniak został liderem grupy badawczej w Centrum Optycznych Technologii Kwantowych, Centrum Nowych Technologii, Uniwersytetu Warszawskiego. Te dwa powyżej wymienione miejsca prowadzenia badań świadczą dobitnie o pozycji zawodowej, którą dr Parniak osiągnął bardzo szybko, bo w 7 lat od ukończeniu studiów i 4 lata po obronie pracy doktorskiej.

Pracując od 2020r. w Centrum Optycznych Technologii Kwantowych UW jest liderem grupy badawczej. Uzyskiwał kolejne granty badawcze: Diamentowy Grant (2014-2018), Grant Preludium (2018-2020) i Sonata (2022-). Jest laureatem szeregu nagród i stypendiów m.in. stypendium START (FNP), nagrody PTF, nagrody im. Franka Wilczka.

Opiekował się i opiekuje magistrantami oraz jest promotorem prac licencjackich studentów studiów indywidualnych. Jego podopieczni, po ukończeniu studiów często stają się członkami jego grupy badawczej. Kontynuuje współpracę z prof. Wasilewskim i jednocześnie poszerza i wzbogaca tematykę badań prowadzonych w macierzystej uczelni

Ocena osiągnięcia naukowego

Jako swoje osiągnięcie habilitacyjne dr Parniak przedstawił cykl publikacji p.t. „*Generowanie i charakteryzacja makroskopowych stanów kwantowych światła i materii*”. Z ośmiu prac stanowiących cykl habilitacyjny 7 zostało opublikowanych w jednym roku (2021), co charakteryzuje ponadprzeciętną dynamikę badań i rozwoju naukowego Habilitanta. Prace A1-A4 dr Parniak wykonał pracując w Instytucie Niels Bohra, we współpracy z pracującym tam fizykami. Jego wkład w te prace jest znaczny i dobrze określony, zarówno przez Habilitanta w autoreferacie jak w jednoznacznych oświadczeniach współautorów.

Cykl habilitacyjny zrecenzowany tytułowymi *makroskopowymi stanami kwantowymi* jest monotematycznym zestawem publikacji. Tematyka jaką jest badanie makroskopowych układów kwantowych, począwszy od eksperymentalnych badań kondensatów Bosego-Einsteina na przełomie XX i XXI wieku, jest nadal jedną z najbardziej zaawansowanych i „gorących” dziedzin optyki kwantowej. Z jej rozwojem wiązane są nadzieje na – być może powszechne – zastosowania w metrologii, kryptografii i komunikacji kwantowej, konstrukcji pamięci kwantowych. Niewątpliwie konieczne będą w tych rozwiązaniach interfejsy światło-atomy-układy optomechaniczne. Badania podstawowe w tej dziedzinie wymagają bardzo dużego kunsztu doświadczalnego jaki i doskonałego przygotowania teoretycznego. Są w mojej ocenie dostępne dla nielicznej, bardzo wszechstronnie wykształconej grupy fizyków i dr Michał Parniak niewątpliwie do niej należy. Warto zauważyć, że takie wszechstronne wykształcenie nabywał począwszy od wykonywania pracy licencjackiej, magisterskiej i doktorskiej. Obecnie dr Parniak podejmuje szeroki zakres wyzwań naukowych: eksperymentalne, takie jak opracowanie metod doświadczalnych i wybudowanie układów eksperymentalnych, bardziej techniczne, utylitarne jak np. optymalizacja stabilnego wprowadzenia ciekłego helu do kriostatu, oprogramowanie sterowników cyfrowych po wyrafinowaną analizę wyników doświadczalnych jak i prace czysto teoretyczne dotyczące np. wytwarzania splątania kwantowego, otrzymywania podwójnie splątanych stanów (modów) pamięci. To jest zdecydowanie ponadprzeciętny zakres kompetencji naukowych.

Prace A1 i A2 dotyczą badań prowadzonych przez dra Parniaka podczas stażu podoktorskiego w Kopenhadze z wykorzystaniem specjalnie przygotowanej cienkiej membrany z azotku krzemu umieszczonej we wnęce rezonansowej. Dr Parniak, współpracując z zespołem prof. Polzika wykorzystał oryginalną, kopenhaską konstrukcję stanowiącą makroskopowy oscylator mechaniczny i zademonstrował w A1 wytworzenie stanu podstawowego takiego oscylatora w wyniku oddziaływania ze światłem i potwierdzenie tego poprzez obserwacje rozproszonych fotonów Stokesa i anty-Stokesa. W kolejnym eksperymencie (A2) wytworzono splątanie pomiędzy odległymi obiektami w hybrydowym układzie składającym się z mechanicznego oscylatora i zbioru atomów Cs w spinowo napompowanym stanie podstawowym. Z kolei w pracy A3 opisano układ doświadczalny zbudowany w Kopenhadze z udziałem i według pomysłu dra Parniaka. Wykorzystano w nim niezbalansowane, światłowodowe interferometry Macha-Zehndera do kompensacji fluktuacji fazy światła laserowego odpowiedzialne m.in. za skończoną szerokość generowanej

linii laserowej. To pozwoliło na pomiar szumu fazowego w samym światłowodzie jak i redukcję szumu ważną np. w procesie laserowego chłodzenia oscylatorów mechanicznych opisanych w A1 i A2. Praca A4, kończąca zestaw kopenhaski najbardziej nawiązuje do badań prowadzonych w Warszawie. Dotyczy mapowania stanu kwantowego chmury atomowej w przypadku modulacji. W tych, oryginalnych w skali światowej badaniach wykonanych za granicą udział dra Parniaka był bardzo istotny i polegał m.in. na udziale w projektowaniu i konstrukcji układów doświadczalnych, opracowaniu protokołów pomiarowych, analizie i interpretacji wyników często wymagających opracowania nowych modeli teoretycznych oraz redakcji artykułów.

Prace A5-A8 powstały w Centrum Optycznych Technologii Kwantowych UW, w Laboratorium Urządzeń Kwantowo-Optycznych kierowanym przez dra Parniaka oraz dwie z nich (A6, A7) we współpracy z kierowanym przez prof. Wojciecha Wasilewskiego Laboratorium Pamięci Kwantowych. W pracach tych chmura schłodzonych w pułapce magnetoptycznej atomów rubidu służy jako pamięć kwantowa, w której zapisu i odczytu dokonuje się za pomocą światła. Zastosowanie zimnych, „prawie nieruchomych” atomów pozwala na zapis i odczytanie informacji zapisanej w większej liczbie modów fali spinowej, co oznacza zwiększenie pojemności takiej pamięci w stosunku do wytwarzanej w zbiorze „ciepłych” atomów, jak to miało miejsce np. we wcześniej prowadzonych doświadczeniach w laboratorium prof. Wasilewskiego. Na potrzeby tego typu doświadczeń dr Parniak ze swoim doktorantem (mgr. Lipką) opracował szybki i niskoszumny przestrzenny detektor wraz z algorytmem zbierania z niego informacji, który został przedstawiony w publikacji A5. Cykl habilitacyjny zamyka teoretyczna publikacja (A8) wykonana przez Habilitanta z pracującymi pod jego opieką doktorantami, w której zaproponowano, przeanalizowano i porównano ze znanymi z literatury protokoły komunikacji kwantowej na dużych odległościach wykorzystujący splątanie w pamięci kwantowej oraz wymianę splątania z odległymi pamięciami kwantowymi. Elementem wyróżniającym zaproponowany protokół jest wykorzystanie wielomodowych pamięci kwantowych.

Stwierdzam, że przedstawiony cykl prac jest bardzo wartościowym, oryginalnym i jednotematycznym zestawem publikacji opisujących cykl badań wykonanych przez dra Parniaka w jego warszawskim laboratorium jak i Instytucie Nielsa Bohra. Wszystkie prace cyklu habilitacyjnego zostały opublikowane w bardzo dobrych i najwyższej notowanych w dziedzinie czasopismach m.in. w *Nature Physics*, *Optics Express*, *Optics Letters*, *Communication Physics*, *New Journal of Physics*. Prace A1-A8, które składają się na cykl habilitacyjny były cytowane 55 razy (odpowiednio 16,29,0,4,5,0,1 razy wg Web of Science), co jest w mojej ocenie bardzo dobrym wynikiem zważywszy, że zostały opublikowane bardzo niedawno, w 2021r.

Oświadczenia współautorów jak również szczegółowy opis wkładu własnego zawarty w autoreferacie wskazują, że dr Michał Parniak ma pełne prawo przedstawić ten cykl publikacji jako swoje osiągnięcie habilitacyjne.

Ocena pozostałego dorobku naukowego i dydaktycznego

Poza 8 artykułami składającymi się na osiągnięcie habilitacyjne, dr Parniak jest współautorem wg Web of Science 37 recenzowanych publikacji (w tym 17 przed doktoratem) w bardzo wysoko notowanych czasopismach m.in. w *Nature Physics*, *Nature Photonics*, *Physical Review Letters*, *Optics Express*, *Physical Review A*. Tematyka tych prac obejmuje badania doświadczalne i teoretyczne. Prace te były cytowane 396 razy (w tym 275 cytowań obcych), indeks h wynosi 12. To są doskonałe parametry bibliometryczne, zwłaszcza że zostały osiągnięte w 7 lat od ukończenia studiów.

Dr Parniak jest ponadto współautorem z kolegami z UW dwóch patentów i jednego wniosku patentowego.

Dydaktycznie dr Parniak realizuje się głównie poprzez pracę ze studentami wyższych lat, licencjatami i magistrami. Jego wychowankowie po uzyskaniu dyplomów często zasilają jego grupę badawczą i jak wnioskuję na podstawie autoreferatu, co najmniej dwóch z nich będzie broniło pracy doktorskiej, w której promotorem będzie dr Parniak, oczywiście po uzyskaniu uprawnień.

Dr Parniak recenzował 40 artykułów w bardzo poważnych czasopismach naukowych m.in. w *Physical Review Letters*, *Physical Review A*, *Optics Express*, oraz był recenzentem zagranicznego doktoratu wykonanego pod kierunkiem prof. Macieja Lewensteina.

Podsumowanie

Badania dra Michała Parniaka wpisują się w tematykę informatyki kwantowej, mają charakter badań podstawowych i dotyczą zjawisk kwantowych, m.in. superpozycji kwantowych i splątania, które będą podstawą w przyszłych technologiach optycznych, metrologii, informatyce kwantowej, bezpiecznej transmisji danych. Wykorzystywane są w nich chmury atomów Cs lub Rb, mechaniczne oscylatory realizowane przy pomocy ultra cienkich membran. Z pewnością takie układy są dobrymi, chociaż bardzo trudnymi eksperymentalnie ośrodkami do prowadzenia badań podstawowych. W przyszłość przekonamy się czy tak będą zrealizowane układy, które będą powszechnie wykorzystywane w technologiach kwantowych, nie tylko w laboratoriach. Z całą pewnością można stwierdzić, że badania Habilitanta torują drogę takim zastosowaniom. Do najważniejszych wyników dra Parniaka przedstawionych w ramach cyklu habilitacyjnego zaliczyłbym:

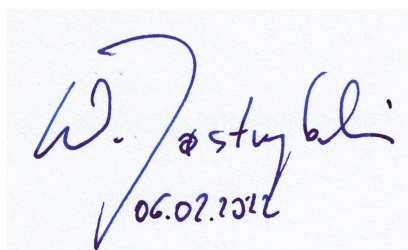
- Wygenerowanie stanu splątanego makroskopowego oscylatora mechanicznego (membrany) i zbioru spinów atomowych wytworzonych w parach Cs (prace w Instytucie Nielsa Bohra)
- Zapis informacji w większej liczbie modów fali spinowej w schłodzonej laserowo chmurze atomów rubidu i jej odczytanie za pomocą światła (prace na UW)

- Opracowania „techniczne”: układu kompensującego fluktuacje fazy światła laserowego oraz implementacji szybkiego algorytmu sczytywania informacji z detektora przestrzennego. Oba oryginalne rozwiązania zrealizowane i zastosowane w prowadzonych eksperymentach, z pewnością będą stosowane w przyszłych doświadczeniach.

Podsumowując, wyrażam bardzo dobrą opinię o osiągnięciu habilitacyjnym oraz o pozostałym dorobku naukowym i dydaktycznym Habilitanta. Doceniam, że został on osiągnięty w imponująco krótkim czasie.

Uważam, że wystąpienie dra Michała Panrniaka-Niedojadły jest starannie udokumentowane, uzasadnione i spełniające wymagania ustawowe, w związku z czym wnoszę o jego przyjęcie przez Radę Naukową Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego.

Ponadto uważam, że osiągnięcie habilitacyjne dra Michała Parniaka zasługuje na wyróżnienie ze względu na walory wymienione w recenzji.



W. J. Stybel
06.07.2012