

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 Piotra Kolenderskiego

### 1) Informacje podstawowe o kandydacie

- przebieg pracy zawodowej

Dr Kolenderski od ponad ośmiu lat jest zatrudniony jako adiunkt na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora przez trzy lata pracował jednocześnie jako asystent naukowy na UMK oraz odbywał staż podoktorski na Uniwersytecie Waterloo w Kanadzie. Po uzyskaniu stopnia doktora, Habilitant odbył staż w Institute for Quantum Computing w Waterloo (Kanada), gdzie budował układy doświadczalne i kierował pracą studentów i doktorantów. Po zakończeniu stażu, Habilitant założył na UMK grupę badawczą Laboratorium Aplikacji Pojedynczych Fotonów koncentrującą swoje wysiłki w dziedzinie eksperymentalnych badań z zakresu źródeł pojedynczych fotonów. Grupa finansowana jest dzięki grantom zdobytym przez Habilitanta i współpracuje z biznesem w celu rozwoju i wdrożenia satelitarnej komunikacji kwantowej. Uważam, że na obecnym etapie kariery zawodowej Habilitant posiada solidne doświadczenie zawodowe, również jako lider grupy badawczej.

- rozwój naukowy (uzyskanie stopnia doktora)

W roku 2010 Habilitant obronił na UMK rozprawę doktorską pt. „Inżynieria par fotonów generowanych w ośrodkach nieliniowych” przygotowaną pod opieką prof. dr hab. Konrada Banaszka. Praca nad doktoratem dobrze przygotowała go do kontynuacji badań w dziedzinie doświadczalnej optyki kwantowej. Przed uzyskaniem stopnia, Habilitant był współautorem ośmiu prac publikowanych w czasopiśmie o międzynarodowej renomie, jak np. Physical Review Letters.

### 2) Charakterystyka dorobku naukowego

- ocena liczebności dorobku i czasopism, w których publikowano prace

W autoreferacie Habilitant wykazuje 26 prac (po doktoracie), których jest współautorem. Prace Habilitanta ukazywały się głównie w Physical Review A oraz Scientific Reports. Pierwsze z tych czasopism jest wysoko cenione przez wśród naukowców z takich dziedzin jak informatyka i optyka kwantowa oraz podstawy fizyki kwantowej. Dodatkowo kilka prac ukazało się prestiżowych czasopiśmie takich jak Optica czy Optics Express. Obecnie na Web of Science można odnaleźć nową pracę Habilitanta z grudnia 2021, opublikowaną w Optics Express, która ukazała się po złożeniu wniosku Habilitanta.

Biorąc pod uwagę wszystkie 33 prace Habilitanta, na dzień dzisiejszy według Web of Science, jego dorobek ma 292 cytowania bez autocytowań a jego H-index wynosi 10. Są to nieznacznie inne liczby niż te deklarowana przez Habilitanta, gdyż nie brałem tutaj pod uwagę publikacji w materiałach konferencyjnych, które prawdopodobnie liczył Habilitant. Uważam jednak wartości tych wskaźników bibliometrycznych za adekwatnie podsumowujące dorobek naukowy Habilitanta. Są to w mojej ocenie wartości odpowiadające solidnej pracy naukowej. Jednak sam H-index nie oddaje w pełni jakości publikowanych wyników. Średnio jedna praca Habilitanta ma ponad 10 cytowań. Jest to wartość imponująca jak na dziedzinę badań, w której działa naukowo Habilitant, gdzie nawet solidne publikacje są często cytowane rzadziej.

- główne kierunki badawcze

Habilitant jest fizykiem doświadczalnikiem specjalizującym się w optyce klasycznej i kwantowej, komunikacji kwantowej i oddziaływaniu światła z materią. Większość jego prac dotyczy metod eksperymentalnych i teoretycznych w tych dziedzinach. W autoreferacie Habilitant wydzielił w zgłaszanym osiągnięciu takie

kierunki badań jak: komunikacja kwantowa, oddziaływanie fotonów z materia i optyczna tomografia koherencyjna.

- udział kandydata w publikacjach zbiorowych

Spośród 26 prac opublikowanych po doktoracie, w 3 pracach Habilitant jest pierwszym autorem (zwyczajowo miejsce zarezerwowane dla autora o dominującym wkładzie), w 17 pracach Habilitant ostatnim autorem (zwyczajowo zarezerwowane dla lidera grupy badawczej). W wielu przypadkach pomysł na badania wyszedł od dra Kolenderskiego. Świadczy to o jego samodzielności naukowej. Oznacza to, że Habilitant jest gotowy do prowadzenia badań na własną rękę. W dorobku kandydata można doszukać się jednej pracy jednoautorskiej opublikowanej w 2010 r.

- wykaz najważniejszych osiągnięć naukowych

Do najważniejszych osiągnięć Habilitanta, nieuwzględnionych jako zgłaszane osiągnięcie, można zaliczyć pracę „Inherent polarization entanglement generated from a monolithic semiconductor chip” opublikowaną w 2014 r. Scientific Reports (66 cytowań wg. Web of Science), praca opisuje miniaturowe źródło i par splecionych polaryzacyjnie fotonów. Praca dobrze wpisuje się w obecną tematykę badań dra Kolenderskiego.

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

Osiągnięcie habilitacyjne stanowi seria publikacji zatytułowana „Metody generowania, kontroli i detekcji pojedynczych fotonów oraz ich zastosowania w badaniach podstawowych i stosowanych.” Sam temat sugeruje różnorodność metod, którą Habilitant badał. W szczególności w autoreferacie wyróżnione są trzy grupy metod wyróżnione ze względu na ich zastosowania. Ich cechą wspólną jest wykorzystywanie układów optycznych umożliwiających wykrywanie pojedynczych fotonów oraz dokonywanie ich analizy spektralnej.

Pierwsza wyróżniona przez Habilitanta część osiągnięcia jest dedykowana zwiększeniu zasięgu komunikacji kwantowej, w tym zasięgu kwantowych protokołów dystrybucji klucza. W cyklu prac [H2,H4,H6,H7] jako nośnik informacji rozważa się polaryzację pojedynczych fotonów. Jako zasób zwiększający możliwość bezpiecznej komunikacji kwantowej wykorzystuje się splecanie kwantowe, gdzie splecanym stopniem swobody jest widmo fotonów. Bardziej ogólnie Habilitant rozważa korelacje czasowo-spektralne, których źródłem są kwantowe procesy nieliniowe jako zasób umożliwiający poprawę istniejących rozwiązań stosowanych w komunikacji kwantowej. Jednym podejściem rozważanym przez Habilitanta jest kodowanie splecanej informacji kwantowej w czasowym (spektralnym) stopniu swobody niesplecanych polaryzacyjnie fotonów [H2]. Jest to metoda potencjalnie pozwalająca na przesyłanie wielowymiarowych stanów kwantowych, znacząco zwiększając wydajność komunikacji kwantowej. Wyniki Habilitanta pozwalają na znaczące zwiększenie zasięgu protokołów komunikacji kwantowej w ośrodkach dyspersyjnych, jak np. włókna światłowodowe. Rozwijanie podejścia opisanego w pracy [H2] świadczy o tym, że Habilitant niezależnie inicjuje aktualnie tematycznie badania i rozwija najnowocześniejszych rozwiązaniach badanych obecnie w dziedzinie badań nad komunikacją kwantową. Praca [H7] stanowi w mojej ocenie główne osiągnięcie w tej części. Opisuje sposób w jaki można poprawić komunikację kwantową poprzez splecanie spektralne oraz inżynierię dyspersji chromatycznej. Opisane tutaj wyniki mają istotne znaczenie dla rozwoju komunikacji kwantowej. Praca jest zauważona, gdyż wg. czasopisma Optica ma 12 cytowań.

Drużga część tematycznie wyróżniona przez Habilitanta jest poświęcona oddziaływaniu fotonów z materia. Habilitant włożył sporo pracy w rozwijanie metod doświadczalnych, gdzie splecanie przestrzenne jednej z części pola optycznego jest wykorzystywane do zbierania informacji o próbkę oddziałujące z drugą częścią pola. W tej części opisu osiągnięcia Habilitant odwołuje się w dużej mierze do prac, które nie są zgłoszone jako część osiągnięcia w celu podkreślenia implikacji pracy [H8], która stanowi część osiągnięcia. Prace te skupiają się na eksperymentalnej demonstracji oddziaływania „fotonu w stanie Focka z materia” (sformułowanie trochę mylące), oraz mikroskopii fluorescencyjnej pojedynczych fotonów, wspomniane są również inne prace otwierające nowe możliwości i bardzo obiecujące kierunki badań. Można zatem stwierdzić, że praca [H8] umożliwiła Habilitantowi podjęcie bardziej złożonych badań nad zastosowaniami pomiarów na fotonach obwieszających, które mogą mieć istotny wpływ na dziedzinę. Sama praca [H8] ma

przyzwoitą liczbę cytowań (12 wg. Sci. Rep.), co sugeruje, że wynik tam przedstawionych badań są wykorzystywane przez innych.

Ostatnia, trzecia część zgłoszonego osiągnięcia, jest poświęcona kwantowej i klasycznej optycznej tomografii spójności. Habilitant wskazuje na ograniczenia kwantowej tomografii optycznej, wykorzystującej efekt Honga-Ou-Mandela powiązany ze splątaniem kwantowym [H5], związanej ze stratami w układzie pomiarowym i próbce. Jednocześnie wskazuje na wyniki badań nad usuwaniem artefaktów powstałych na powierzchniach próbki [H5]. Praca [H5] wpłynęła na rozwinięcie klasycznej metody OCT [H3], która nie wykorzystuje splątania kwantowego. Praca [H3] ma potencjalnie szerokie implikacje praktyczne, gdyż opisuje nowe ulepszone podejście do OCT, metody szeroko wykorzystywanej przy nieinwazyjnym badaniu częściowo przezroczystych próbek. Jest to metoda stosowana np. przy badaniu dna oka. Praca została opublikowana w prestiżowym czasopiśmie Optics Express.

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

Dr Kolenderski prowadził zajęcia dydaktyczne z różnych działów fizyki od mechaniki, przez optykę i elektromagnetyzm, czy zastosowania informacji kwantowej. Prowadził również zajęcia opracowywania wyników pomiarów. Opiekował się on studentami pracującymi nad pracami dyplomowymi oraz lekarzami w trakcie specjalizacji. Sprawował również opiekę nad doktorantami. W trakcie swojej kariery Habilitant prezentował swoje wyniki na licznych międzynarodowych konferencjach. Wygłosił kilkanaście referatów zaproszonych oraz zgłaszanych, jak również zaprezentował kilka plakatów. Jako recenzent Habilitant przygotował recenzje dla wielu uznanych czasopism, w tym Nature. Recenzował też polskie i zagraniczne projekty badawcze. Wymienione dokonania świadczą o tym, że habilitant jest doświadczonym i uznanym naukowcem w kraju i zagranicą.

#### 5) Działania innowacyjne i wdrożeniowe

Dr Kolenderski intensywnie współpracuje z firmami nad rozwiązaniami z zakresu satelitarnej komunikacji kwantowej. Współpraca ta jest sformalizowana w postaci trzech grantów (w tym NCBiR), w których udział biorą zarówno firmy, jak i Habilitant. Uważam, że rozwinięta współpraca z przemysłem jest godna podziwu i prawdopodobnie zaowocuje kolejnymi wspólnymi projektami badawczymi. Habilitant był i jest także liderem i opiekunem naukowym w kilkunastu projektach badawczych.

#### 6) Współpraca międzynarodowa

Poza naukowcami z macierzystej jednostki, dr Koldenerski współpracował z uznanymi naukowcami z Polski (np. K. Banaszkiem) i z zagranicy, np. z T. Jennenweinem, R. Laflammem (Kanada), Adanem Cabello, Scaracellą Carmelo (Włochy), Thomasem Lutzem (Niemcy). Habilitant ma też historię współpracy naukowcami z USA i Chin. Uważam, że tak rozwinięta współpraca rokuje dalszy rozwój naukowy Habilitanta.

#### 7) Podsumowanie

Dotychczasowy dorobek naukowy i osiągnięcia pokazują, że dr Kolenderski jest aktywnym i samodzielnym naukowcem, który prowadzi badania na międzynarodowym poziomie o potencjalnych zastosowaniach praktycznych. Jego dorobek naukowy oprócz wielu publikacji na świetnym poziomie naukowym cechuje wyróżniająca się aktywność w zdobywaniu środków grantowych. Uważam, że przedstawione osiągnięcia habilitacyjne spełnia wymogi ustawowe i zwyczajowe kryteria, zatem wnioskuję o dopuszczenie dra Kolenderskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

