

dr hab. Marek Rams.
Uniwersytet Jagielloński
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
ul. prof. Stanisława Łojasiewicza 11
30-348 Kraków
marek.rams@uj.edu.pl

Kraków, 24 kwietnia 2025



UNIwersYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

Teoretycznej

Zakład Kwantowej

Teorii Wielu Ciał

ul. St. Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

Recenzja pracy doktorskiej pana mgr. Stanisława Kurdziałka pt.
“Noise and signal correlations in quantum metrology and imaging”

Przedłożona rozprawa doktorska pana Stanisława Kurdziałka ma charakter teoretyczny i stanowi istotny wkład w rozwój metodologii metrologii kwantowej. Autor demonstruje w niej głębokie zrozumienie rozważanych zagadnień, łącząc wyprowadzenie szeregu nowych, ścisłych ograniczeń teoretycznych na osiągalną precyzję pomiarów dla coraz bardziej ogólnych klas protokołów metrologicznych, z rozwojem zaawansowanych metod numerycznych umożliwiających jej obliczanie w konkretnych modelach fizycznych.

Rozprawa została przygotowana pod opieką promotora, prof. Rafała Demkowicza-Dobrzańskiego i oparta jest na cyklu pięciu artykułów naukowych. Trzy z nich zostały opublikowane w niezwykle prestiżowym czasopiśmie *Physical Review Letters*, jedna w *New Journal of Physics*, natomiast piąta, jednoautorska praca w chwili pisania recenzji pozostaje preprintem. We wszystkich tych pracach pan Stanisław Kurdziałek jest pierwszym autorem. Szczegółowe oświadczenie autora dotyczące jego indywidualnego wkładu w poszczególne artykuły jednoznacznie potwierdza jego wiodącą i decydującą rolę w ich powstaniu. Ponadto doktorant jest współautorem sześciu innych publikacji naukowych z zakresu metrologii kwantowej, opublikowanych w uznanych czasopismach międzynarodowych. Całokształt tego dorobku należy ocenić jako wybitny na tym etapie kariery naukowej.

Rozprawa ma formę cyklu publikacji, w którym wymienione powyżej artykuły, poprzedzone odpowiednio opracowanym wstępem, tworzą treść rozdziałów od drugiego do szóstego. Rozdział pierwszy pełni funkcję wprowadzenia. Został on



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

Teoretycznej

Zakład Kwantowej

Teorii Wielu Ciał

ul. St. Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

napisany w sposób zwięzły, lecz wyczerpujący i przedstawia przedmiot badań metrologii kwantowej, precyzyjnie definiując cele rozprawy doktorskiej. Autor dokonuje systematycznej prezentacji rozwoju tej dziedziny, przedstawiając klasyfikację coraz bardziej ogólnych klas protokołów metrologicznych oraz zbierając najważniejsze wcześniejsze wyniki teoretyczne. Pozwala to na jednoznaczne uzasadnienie wyboru podejmowanych tematów badawczych, ich umiejscowienie w dziedzinie oraz wykazanie istotnego znaczenia dla rozwoju metrologii kwantowej. Wstęp potwierdza również wysoką spójność tematyczną i koncepcyjną cyklu prac składających się na rozprawę.

Artykuł stanowiący rozdział drugi proponuje nowatorskie wykorzystanie jednowymiarowej sieci tensorowej, tzw. macierzowych stanów produktowych, do numerycznego obliczania precyzji oferowanej przez szeroką klasę adaptacyjnych protokołów metrologicznych w ogólnym przypadku skorelowanych kanałów kwantowych z szumem. W odróżnieniu od typowych zastosowań macierzowych stanów produktowych, gdzie wykorzystuje się je do opisu korelacji w przestrzeni w układzie wielu cząstek, w tym przypadku ansatz ten została zaadaptowana do opisu korelacji czasowych oraz optymalizacji protokołów wykorzystujących zachowanie pamięci przez otoczenie. Czytając ten rozdział, zastanawiałem się nad potencjałem i zasadnością dalszych badań nad zastosowaniem w metrologii kwantowej bardziej złożonych sieci tensorowych, takich jak sieci drzewiaste lub dwuwymiarowe sieci typu PEPS. Byłbym wdzięczny, gdyby doktorant mógł się do tego ustosunkować w trakcie obrony.

Prace przedstawione w rozdziałach trzecim oraz czwartym poświęcone są wyprowadzeniu ścisłych ograniczeń teoretycznych dla szerokiej klasy adaptacyjnych protokołów metrologicznych, odpowiednio w przypadkach braku korelacji pomiędzy kanałami oraz w ich obecności. W szczególności wcześniejsza z tych publikacji doczekała się już ponad 70 cytowań, co biorąc pod uwagę krótki czas od jej ukazania się świadczy o jej dużym znaczeniu i wpływie na rozwój dziedziny. Artykuł zawarty w rozdziale piątym wprowadza nową wielkość o charakterze koncepcyjnym, umożliwiającą ilościowy opis podatności osiągalnej precyzji pomiarów na obecność szumu, która jest dalej wykorzystywana w rozdziale szóstym skupiającym się na zagadnieniu o istotnym znaczeniu eksperymentalnym, analizując rolę korelacji między fotonami dla uzyskania tzw. nadrozdzielczości w pomiarach położenia źródeł światła.



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Dobór prac składających się na cykl jednoznacznie wskazuje na wyjątkową wszechstronność doktoranta, który wykazuje bardzo wysokie kompetencje zarówno w zakresie ścisłych analiz teoretycznych, bliskich fizyce matematycznej, jak i w obszarze zaawansowanych obliczeń numerycznych oraz zastosowań wiedzy teoretycznej do analizy konkretnych problemów fizycznych.

Podsumowując, stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska pana Stanisława Kurdziałka z nadwyżką spełnia wszystkie wymagania ustawowe i zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim. Praca ta w pełni dokumentuje dojrzałość naukową autora, pokazuje jego gruntowną wiedzę teoretyczną w dziedzinie, potwierdza jego zdolność do samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz zawiera oryginalne, wartościowe rozwiązania istotnych problemów naukowych. W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie pana Stanisława Kurdziałka do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Mając na uwadze fenomenalny dorobek publikacyjny doktoranta oraz wysoką rangę uzyskanych wyników naukowych potwierdzonych szybko rosnącą ilością cytowań tych prac, składam również wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Z poważaniem,

dr hab. Marek Rams

Podpisany elektronicznie przez
Marek Rams
24.04.2025
12:46:11 +02'00'

Instytut Fizyki

Teoretycznej

Zakład Kwantowej

Teorii Wielu Ciał

ul. St. Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków