



UNIwersytet
Warszawski

WYDZIAŁ
FIZYKI
UNIwersytet
Warszawski

Jan Chwedeńczuk, Warszawa, 19 czerwca 2026 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Tushity Prasad

Rozprawa mgr. Tushity Prasad „Operational approaches to quantum resources in communication and security” poświęcona jest jednemu z kluczowych zagadnień teorii informacji kwantowej. Mianowicie, Autorka bada, czy splątanie bądź komplementarność mogą zostać użyte jako zasoby w realistycznych protokołach komunikacji czy szyfrowania kwantowego. Autorka stawia sobie za cel odpowiedź na pytanie o to, w jakich sytuacjach nieklasyczne własności układów kwantowych tracą swoją „moc zasilającą”.

Rozprawa jest poprawna pod względem formalnym. Składa się z trzech zasadniczych rozdziałów, do których dołączone są publikacje i bibliografia. Ta ostatnia jest bogata i wyczerpująca, składa się na nią prawie 100 pozycji.

Rozprawa oparta jest na trzech pracach. Pierwsza z nich zawiera dyskusję jawnej postaci schematu kodowania na potrzeby zwiększenia przepustowości klasycznego kanału komunikacyjnego za pomocą układów splątanych. Praca ta przedstawia schemat, w ramach którego siłę splątania można kontrolować niczym pokrętkiem, tak by zoptymalizować przepustowość kanału.

Druga praca łączy zagadnienie dualizmu cząstka-fala (w układzie interferometrycznym, zatem wyrażające się przez związek między widzialnością prążków a dostępną informacją o tym, którym ramieniem poruszała się cząstka) z bezpieczeństwem kryptograficznym w pośrednim przypadku (między pełną niezależnością a zależnością od układu kryptograficznego).

Trzecia z prac, na której oparta jest rozprawa, przedstawia kontrargumenty wobec tezy, że splątanie jest koniecznym i dostatecznym zasobem na potrzeby dzielenia kwantowego klucza kryptograficznego. Kluczowy wynik to dowód stwierdzenia, że splątanie jest przydatne tylko w konkretnych układach, zaś obecność strat pomniejsza jego rolę.



Wstęp jest napisany niezwykle zwięźle i bardzo czytelnie. Stanowi dobre wprowadzenie i zarys zagadnień, których szczegółowa dyskusja zawarta jest w rozdziałach 2, 3 i 4, z naciskiem na ten kluczowy, czyli rozdział 3.

Rozdział drugi wprowadza podstawowe pojęcia takie jak komplementarność, splątanie czy stany izotropowe. Mimo że nie mam większych zastrzeżeń do tego rozdziału i doceniam wkład Autorki w przygotowanie wprowadzenia do tematu rozprawy, mam drobne uwagi związane z formą prezentacji. Choć rozdział ten jest zwarty i klarowny, brakuje mu trochę treści. Sekcje takie jak 2.1.1 są głównie opisowe, Autorka założyła zapewne, że podstawowych pojęć nie ma co rozwijać. Niemniej nieco więcej wzorów i formalnych definicji nie zaszkodziłoby temu rozdziałowi. Co więcej, gdyby go okraścić przykładami, na przykład w sekcji dotyczącej kodowania, rozdział nabrałby walorów edukacyjnych. W obecnej formie jest zbyt suchy, przez co czytelny tylko dla wąskiego grona specjalistów. Wśród drobnych pomyłek, wymienić mogę zamienienie indeksów m i n na dole strony 14. Pojawiają się też niezręczności typograficzne, takie jak przeniesienie wzoru, co więcej, zawartości argumentu funkcji, między stroną 21 i 22.

Centralny rozdział 3 zawiera skrótowy opis wyników Autorki zawartych w trzech pracach opisanych powyżej. Rozdział jest lapidarny w formie, przez co nie jest jasne, czemu służy. Nie jest to bowiem szczegółowa rozprawa na temat badań Autorki, nie jest to też nieco rozszerzony abstrakt. Z podrozdziałów 3.1, 3.2 i 3.3 nie można się zbyt wiele dowiedzieć, i tak trzeba sięgnąć do prac zawartych na końcu rozprawy. Czytając ten rozdział ciężko sformułować jakieś pytania do Autorki, więc nie jest jasne, co wnosi jego lektura.

Rozdział 4 to zwięźle i przydatne podsumowanie, nie mam do niego większych uwag.

Natomiast lektura prac Autorki nasuwa mi parę pytań. Po pierwsze, znane są wielociałowe nierówności Bella dla układów N qubitów. Korelacja N jedno-qubitowych operatorów Pauliego pozwala rozróżnić wielociałowe splątanie od wielociałowych korelacji Bella. Zastanawiam się, czy można wykazać w ogólności, że łamanie wielociałowej nierówności Bella prowadzi, na przykład, do jeszcze wyższej przepustowości kanału komunikacyjnego. Spodziewałbym się również, że kwantowa dystrybucja klucza przy użyciu takich bardzo mocno skorelowanych wielociałowych stanów będzie jeszcze bardziej podatna



na klasyczne straty. A może zależy to od głębokości nielokalności – niektóre podukłady mogą stać się ofiarą wycieku bez utraty zysków wynikających z korelacji zawartych w innych?

Czytając drugą z załączonych prac, zwróciłem uwagę na równanie (28b), które łączy maksymalną entropię z widzialnością prążków interferencyjnych. Co ciekawe, podobny związek łączy widzialność prążków powstałych w wyniku interferencji dwu kondensatów Boseg-Einsteina z dwuciałową nierównością Bella [Science 344, 1256 (2014)] oraz z precyzją estymacji względnej fazy między kondensatami, otrzymaną z pomiaru położenia indywidualnych atomów w tym układzie [PRA 99, 062115 (2019)]. Proszę Autorkę, by przed obroną zastanowiła się nad tym, czy związek ten jest przypadkowy, a jeżeli nie, to czy można jakoś połączyć te pozornie odległe zagadnienia.

W trakcie obrony chciałbym, by Autorka opisała to, jaki miała wkład do poszczególnych prac. Jest to szczególnie istotne w przypadku drugiej z nich, która powstała w wyniku współpracy jedenastu osób. Ponadto, na uwagę zwraca to, że tylko jedna z trzech prac, na których oparta jest rozprawa, powstała we współpracy z promotorem. Choć nie jest to kluczowe, proszę o wyjaśnienie, skąd ten stan rzeczy.

Podsumowując, niniejsza rozprawa doktorska dowodzi znajomości zagadnień, które stanowiły trzon badań Autorki. Praca jest napisana bardzo dobrym językiem, lecz powierzchowność niektórych rozdziałów budzi zastrzeżenia. Uwaga ta tyczy się wielu rozpraw powstałych w tym formacie (czyli jako zbiór publikacji z komentarzem). Niemniej, wyniki Autorki są bardzo ciekawe, a jej dorobek jest znaczny. Dowodzi to, że Pani Tushita Prasad zdobyła wysokie umiejętności w dziedzinie wielociałowej mechaniki kwantowej. Pozostaje mi stwierdzić, że rozprawa doktorska pod tytułem „Operational approaches to quantum resources in communication and security” spełnia wymagania opisane w art. 187 ust. 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz. U. 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie Autorki do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.



Signed by / Podpisano przez:

Jan Chwedeńczuk
Uniwersytet Warszawski

Date / Data: 2026-06-19 19:08