

V Praze dne 29. 4. 2022

Posudek na disertační práci Mgr. Roberta Stárka

Disertační práce z oblasti experimentální lineární kvantové optiky popisuje realizaci několika kvantových bran a jejich využití v protokolech kvantové teorie informace. Práce je založena na pěti vybraných publikacích Mgr. Roberta Stárka, podíl autora na jednotlivých článcích je pečlivě popsán v předmluvě. Ve všech případech se jedná o články v prestižních fyzikálních časopisech, což dokládá kvalitu a aktuálnost dosažených výsledků.

Hlavní část práce je rozdělena do pěti tématických kapitol. Po stručném představení současného stavu problematiky jsou v kapitole 3 zavedeny klíčové teoretické a experimentální koncepty, včetně detailní diskuze metod pro redukci systematických chyb na různých úrovních experimentu a postupů pro zpracování naměřených dat. Publikované výsledky jsou představeny v kapitolách 4 – 6, konkrétně se jedná o realizaci čtyřqubitové kontrolované Z-brány, tříqubitové kontrolované fázové brány a Fredkinovy brány. Základem experimentů jsou dva zkřížené Mach-Zehnderovy interferometry. Využívá se tzv. hyperkodování, kdy jeden foton nese dva qubity v polarizačních a prostorových stupních volnosti. Ústřední vícequbitová kontrolovaná brána je vytvořena pomocí tří částečně polarizujících děličů paprsku, podmíněný fázový posun je způsobený dvoufotonovou interferencí na děliči. V experimentech s kontrolovanou Z a fázovou bránou se dále testovaly možnosti potlačení dekoherence – buď realizací logického qubitu pomocí dvou fyzických qubitů a využitím podprostoru bez dekoherence, nebo aktivním protokolem, kde se měřením na systémovém qubitu podmíněně vypne interakce s okolím. Fredkinova brána byla využita pro nedestructivní detekci symetrie stavu. To umožnilo realizovat protokoly založené na symetrizaci, jako např. přibližné klonování qubitu, čištění kvantového stavu, nebo nedestructivní přímá měření čistoty stavu, překryvu dvojice stavů a jejich Hilbert-Schmidtovy vzdálenosti.

Práce je velmi dobře napsaná, všechny koncepty jsou pečlivě zavedené a výsledky jsou prezentovány jasně a srozumitelně. Text je ucelený, k jeho pochopení není nutné dohledávat další literaturu.

V práci takového rozsahu se lze jen těžko vyhnout občasným překlepům, ve všech případech se ale jedná o drobné chyby. Našel jsem následující (zejména v poslední kapitole):

- Strana 37 – věta „Let q be the probability of two photons being distinguishable.“ – nemá zde být „indistinguishable“?
- Popisy obrázků 5.9 a 5.10 – místo „red dots“ má být „blue dots“
- Strana 103 – prohozené definice projektorů na symetrický a antisymetrický podprostor
- Strana 104 – ve větě „In the configuration depicted in Fig. 6.19 ...“ je odkaz na špatný obrázek (správně by měl být asi Fig. 6.11)
- Strana 107 – ve větě „Fig. 6.13 (b) shows the average mutual information ...“ by měl být odkaz na Fig. 6.13 (c)

Z uvedeného je zřejmé, že během svého doktorského studia dosáhl Mgr. Robert Stárek řady původních a velmi zajímavých výsledků. Podle mého názoru předložená disertační práce výrazně překračuje požadavky kladené na disertaci a bez váhání ji doporučuji k obhajobě. Na kandidáta mám následující dotazy:

- V kapitole 4.4 na straně 73 je diskutována minimalizace systematických chyb vhodnou volbou počtu vzorků M_+ a M_- . Existuje nějaký intuitivní důvod proč je optimální strategie tak výrazně asymetrická?
- V kapitole 5.2 jsou prezentovány experimentální výsledky protokolu pro potlačení dekoherence pomocí měření systémového qubitu v situaci, kdy známe sílu interakce s okolím. Lze realizovat protokol, pokud sílu interakce neznáme (jak je diskutováno na straně 89)? Bylo by nutné použité experimentální uspořádání nějak výrazně upravit?

Po úspěšné obhajobě navrhuji Mgr. Roberta Stárka nominovat na některou z cen pro vynikající disertační práce.

V Praze dne 29. 4. 2022

doc. Ing. Martin Štefaňák, Ph.D.