



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Oponentský posudek na diplomovou práci Bc. Jana Provazníka

„Adaptivní operace při destilaci kvantové provázanosti a dalších aplikacích“

Předložená diplomová práce se věnuje aktuální problematice negaussovských kvantových operací na optických polích čítajících mnoho fotonů. Tyto operace jsou nepostradatelné pro celou řadu kvantově infromatických aplikací jakými je např. hradlový model univerzálního kvantového počítání se spojitými kvantovými proměnnými nebo destilace gaussovske kvantové provázanosti.

Práce sestává z krátkého úvodu zahrnujícího motivaci pro problematiku, která je v práci řešena, následovaného pěti kapitolami. První tři kapitoly obsahují po řadě krátký úvod do teorie gaussovských stavů, popis standardního a zdokonaleného schématu pro odečítání jednotlivých fotonů a výklad formalismu pro popis negaussovských stavů založeného na směších gaussovských jader. V posledních dvou kapitolách jsou pak uvedeny původní vědecké výsledky obdržené autorem.

Výsledky prezentované v práci se týkají vylepšení jednoho typu negaussovske operace realizované odečítáním jednotlivých fotonů odštěpením malé části vstupního optického pole na silně nevyváženém děliči světla nasledovaným detekcí signálu na jednom z výstupů děliče. Východiskem práce je zdokonalené schéma pro odečítání jednotlivých fotonů využívající opakovaného použití odečítacího schématu v případě neúspěchu, které bylo autorem navrženo a studováno v jeho bakalářské práci [1]. V předložené práci jsou pro toto zdokonalené schéma vyšetřovány dvě nové vlastnosti. První z nich je schopnost nového schématu zachovávat superpozici koherentních stavů, která je kvantifikována pomocí překryvu mezi stavem připraveným tímto schématem a ideálním stavem obdrženým působením anihilačního operátoru na vstupní stav. Je ukázáno, že při dané hodnotě pravděpodobnosti úspěchu je fidelita zdokonaleného schématu vyšší než u standardního schématu, a že tento rozdíl roste s rostoucím počtem iterací. Přitom toto zlepšení nastává jak ve schématu s detektorem s jednotkovou účinností, tak také v realističtějších případech nejednotkové účinnosti. Druhou studovanou vlastností je využitelnost tohoto schématu pro destilaci gaussovske kvantové provázanosti nesené dvoumódovým stlačeným vakuem. Úspěšnost destilace je verifikována navýšením logaritmické negativity a poklesem celkové Einstein-Podolského-Rosenovy variance. Pro obě tyto veličiny je destilace tím efektivnější, čím je počet iterací větší, ale velikost zlepšení se s rostoucím počtem iterací zmenšuje.

Po jazykové stránce je práce na solidní úrovni. S výjimkou několika překlepů je psána dobrou angličtinou a také po stylistické stránce je poměrně zdařilá.

Z formálního hlediska lze práci vytknout následující nedostatky:

- 1) Určitě by práci prospělo, kdyby byly ve vztazích uvedeny integrační a sumační meze, nebo kdyby alespoň byly uvedeny v textu.
- 2) Ve druhé z rovnic (I.10) by měla být míra dp nahrazena mírou dx .



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

3) Pro kvantifikaci kvantové provázanosti autor využívá logaritmickou negativitu definovanou v rovnici (I.28), kde veličina v_- je definována ve třetí rovnici z rovnic (I.29). V této rovnici by nemělo být na pravé straně před kulatou závorkou číslo 4, ale pouze 2. Pak vše funguje jak má a dostaneme např. správnou hodnotu logaritmické negativity pro dvoumódové stlačené vakuum. Na rozdíl od předložené práce se symbolem v_- obvykle značí menší symplektická vlastní hodnota matice druhých momentů uvažovaného stavu po částečné transpozici. Při konvenci použité v práci, kdy je kovarianční matice vakuového stavu rovna jedné polovině jednotkové matice, by na pravé straně mělo být místo čísla 4 číslo $1/2$ a v argumentu logaritmu v rovnici (I.28) by mělo být $2 * v_-$.

4) I když je z kontextu jasné, že matice $V(\eta)$ a $V(\zeta)$ v rovnici (II.3) představují symplektické matice pro nevyvážený dělič svazků, není u této rovnice jejich význam uveden a navíc autor symbolem V kromě děliče, rovnice (I.33), také značí jednomódový stlačovač, rovnice (I.34) a dvoumódový stlačovač, rovnice (I.35).

5) Ve Wignerově funkci na levé straně formule (II.5) chybí vyjádření závislosti na nezávisle proměnné ξ . Autor se tím zřejmě chtěl vyhnout využití téhož symbolu ξ , který by ale měl v rovnici dva významy. Zatímco na levé straně by měl význam vektoru o čtyřech složkách definovaného v rovnici (II.6), na pravé straně má význam vektoru se šesti složkami uvedeného v rovnici (II.2). Aby k takové situaci nedošlo, stačilo by jen rozlišit nezávisle proměnné na levé a pravé straně rovnice dolními indexy SA, respektive SAL.

6) V sekci 1 kapitoly V jsou počínaje stranou 55 celé čtyři strany věnovány poměrně nezáživnému odvození kovarianční matice dvoumódového stlačeného vakua po ideálním odečtení po jednom fotonu z každého módu, které mohlo být umístěno do dodatku.

Závěrem bych rád autorovi položil následující otázku:

Pro potvrzení úspěšnosti destilace kvantové provázanosti autor mimo jiné využívá míry kvantové provázanosti zvané logaritmická negativita, kterou ve všech případech počítá z kovarianční matice výstupních stavů. Logaritmickou negativitu lze ovšem také vypočítat přímo z matice hustoty, a protože výstupní stavy jsou negaussovské, bude se její hodnota od gaussovské logaritmické negativity lišit. Vzhledem k tomu, že logaritmická negativita není extrémální na gaussovských stavech [2], může se stát, že druhý postup, který bere v potaz celý stav a je tedy přesnější, dá ve skutečnosti nižší hodnotu logaritmické negativity než dává použitá gaussovská logaritmická negativita. Má autor představu, zda bude destilace fungovat i při použití „negaussovské“ logaritmické negativity?

Předložená diplomová práce splňuje všechny požadavky standardně kladené na diplomovou práci a proto ji doporučuji k obhajobě. S ohledem na její kvalitu navrhuji pro práci hodnocení stupněm B.

[1] J. Provazník, “Adaptive subtraction of single photon from a state of light.” Thesis. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Olomouc, 2015.

[2] M. M. Wolf, G. Giedke, and J. I. Cirac, Phys. Rev. Lett. **96**, 080502 (2006).