

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor/ka: Bc. Michal Matulík
Název práce: The role of non-Gaussian entanglement of continuous-variable quantum states in quantum technologies
Studijní program a obor: Částicová a jaderná fyzika
Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly vedoucího/oponenta: prof. RNDr. Pavel Cejnar, Dr., DSc.
Pracoviště: ÚČJF MFF UK
Kontaktní e-mail: cejnar@ipnp.mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:

Předložená diplomová práce se zabývá analýzou negaussovských provázaných stavů v kontextu kvantové optiky. Autor vyvíjí kvantitativní míru charakterizující odchylku stavu N -módového oscilátoru (kvantového elektromagnetického pole) od gaussovského tvaru. Protože negaussovské stavy sehrávají důležitou roli v kvantovém počítání a dalších informačních technologiích, výsledky diplomové práce mohou v těchto oblastech najít praktické uplatnění.

Práce je členěna do dvou hlavních kapitol. V kapitole *Methods* jsou popsána základní teoretická východiska. Autor zavádí Wignerovo kvazipravděpodobnostní rozdělení, definuje gaussovské stavy a některé unitární transformace, které gaussovský tvar stavu zachovávají. Uvádí také příklad operace, která gaussovský tvar nezachovává, a dále diskutuje míry odchylky daného stavu od gaussovského tvaru, jakož i obecné míry provázanosti čistých a smíšených stavů. V kapitole *Results* jsou popsány konkrétní, především numerické výsledky práce. Na množině dvou-módových stlačených stavů je prezentováno chování rozdílu tzv. logaritmičké negativity negaussovského stavu a jeho „gaussifikovaného“ protějšku. Je numericky demonstrováno, že při aplikaci jistých dodatečných transformací na výchozí stav tento rozdíl splňuje obecné požadavky kladené na míru „negaussovskosti“ stavu.

Práce se zabývá aktuální a rychle se rozvíjející oblastí moderní fyziky s velkým aplikačním potenciálem. Není pochyb, že zorientování se v netriviální problematice od studenta vyžadovalo nastudování značného množství literatury jdoucí nad rámec standardní kvantové teorie. Ne vždy se však tyto poznatky zdařilo přetavit do srozumitelného textu diplomové práce. Ta se mi jeví celkově dosti nepřehledná a bohužel ne příliš vhodná jako úvodní zdroj informací pro další studenty. Mnoho pojmů či postupů není řádně vysvětleno či uvedeno do patřičného kontextu. Tato neúplnost a neuspořádanost se mi zdá prostupovat celou práci, od zavedení stlačených stavů a „beam splitteru“, přes vysvětlování měř provázanosti a „negaussovskosti“, až po popis použitých praktických postupů. Zdá se mi, že nejsou řádně odděleny pojmy „negaussovskost“ a „provázanost“ (negativita Wignerovy funkce nesouvisí s provázaností, ale s koherencí). V práci postrádám jak důkazy jednodušších tvrzení, které mohly být dotaženy bez dodatečných vysvětlení, tak motivaci a alespoň intuitivní objasnění složitějších postupů. Navrhovaná míra „negaussovskosti“ je numericky otestována jen na malé třídě stavů a není systematicky srovnána s jinými mírami (v kapitole „Comparing to other measures“ je diskutována jen jedna „jiná míra“). Chybí jasný závěr a zhodnocení významu dosaženého (nepochybně jen dílčího) výsledku.

Kromě toho práce obsahuje řadu jazykových neobratností či chyb („we were able to vanish...“), překlepů (např. nekonzistentní používání symbolů na str. 12, vyměněná znaménka v rovnicích 1.44 a 1.45) a také některá zavádějící tvrzení (např. že termální matice hustoty maximalizuje entropii, což je ve skutečnosti pravda jen při zafixované střední energii).

S ohledem k výše zmíněným kladům i záporům navrhuji, aby předložená práce byla uznána jako diplomová a byla hodnocena známkou „velmi dobře“.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Jako přirozená míra odchylky daného stavu od gaussovského tvaru se nabízí fidelita, tedy „překryv“ daného stavu (matice hustoty) s gaussovským stavem o stejné varianci. Proč není tato míra v práci diskutována?

Práci doporučuji nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm: výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

Praha, 29.5.2023