Posudek oponenta na diplomovou práci bc. Davida Tomečka

Ve své diplomové práci se bc. David Tomeček zabývá problematikou generace provázaných stavů světla po teoretické i experimentální stránce. Při čtení práce jsem měl velmi smíšené pocity. Přestože hlavní část textu je napsána pečlivě, některé pasáže působí tak, že byly napsané ve spěchu a bez dostatečného porozumění tématu.

Po krátké úvodní kapitole jsou ve druhé části představeny základní koncepty kvantové teorie jako jsou smíšené stavy, projektivní a POVM měření, kvantové provázání, EPR paradox a Bellovy nerovnosti. Kapitole po obsahové stránce nic nechybí, přesto na mě nepůsobí přesvědčivě. Je patrná snaha o stručnost, která ale ve svém důsledku působí na úkor srozumitelnosti a pojmové přesnosti, zejména v části o Bellových nerovnostech. Nelze říci, že by šlo o ucelený text, který by čtenáři poskytl podrobný vhled do problematiky kvantového provázání.

Ve třetí kapitole je vysvětlen princip sestupné parametrické konverze (SPDC) typu I a II a její využití pro generaci fotonových párů. Ve čtvrté jsou diskutovány různé experimentální sestavy pro přípravu provázaných stavů fotonů, s důrazem na SPDC II. typu a kompenzace časových zpoždění. Obě kapitoly jsou napsané pečlivě a vypovídají o tom, že si autor diskutovanou problematiku osvojil.

Kapitola 5 se věnuje detekci provázaných stavů a má patřit ke stěžejním pasážím diplomové práce. Navzdory tomu obsahuje podstatné množství chyb. Pro ilustraci několik uvedu. Stavy ve vzorcích (5.2.3) jsou špatně normalizovány, ve vztahu (5.2.6) pro p_{HH}, tj. pravděpodobnost současné detekce na D_2 a D_3, pak nejspíš z tohoto důvodu chybí faktor 1/2. Matice hustoty Bellova stavu v rovnici (5.2.7) je také špatně normalizována, ale pravděpodobnost koincidence (5.2.8) je uvedena správně. Matice hustoty statistické směsi (5.2.9) má mít tvar

$$\hat{\rho}_{mix} = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & W_1 & 0 \\ 0 & W_1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

a pravděpodobnost koincidence (5.2.10) pak vyjde následovně

$$p_{HH} = \frac{1}{4}(1 - \cos(2\alpha)\cos(2\beta) + W_1 \sin(2\alpha)\sin(2\beta)).$$

V šesté kapitole je diskutováno experimentální řešení zadaného problému. Tuto část považuji za velmi přínosnou a oceňuji snahu autora do této části kvantové optiky a informace vstoupit. Výsledky experimentu odrážejí jeho nepříznivé vstupní podmínky (zejména nedostatečné vybavení laboratoře), lze ale ocenit pečlivou přípravu a zasvěcené provedení celého experimentu.

V práci jsem našel ještě další drobnější překlepy, například:

- Strana 6 - vlastní vektor pozorovatelné $\hat{A}$ je značen jako $|j\rangle$ a $|a_j\rangle$.
- Strana 24 – chybí část rovnice - $|D\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}$.
- Strana 31 - popis obrázku 21 – obrázek má ilustrovat skládání amplitud jednotlivých módů průchodu fotonů děličem paprsku, jak jsou diskutovány na straně 30. V žádném případě se nejedná o interakci fotonů, ta je pro praktické účely nulová.
- Strana 31 - ve vztahu (5.1.6) je Bellův stav $|\Psi^-\rangle$, před vzorcem i po něm je v textu zmiňován $|\Phi^-\rangle$

- Strana 36 - ve vztazích (5.2.12) a (5.2.15) mají být všechny členy v jedné absolutní hodnotě
- Strana 47 - stav $\hat{\rho} = \frac{1}{2}|VH\rangle + \frac{1}{2}|HV\rangle$ není smíšený.

K obhajobě mám na studenta následující dotazy:

- Strana 11, porušení Bellových nerovností – pro jaký konkrétní provázaný stav dostaneme při zvolené volbě pozorovatelných $\hat{Q}, \hat{R}, \hat{S}, \hat{T}$ hodnotu (2.4.7) ?
- Strana 31 - co ve vztahu (5.1.6) znamenají hodnoty 0 a 1 v popisu stavu?

Na závěr konstatuji, že student ve své diplomové práci v zásadě splnil cíle formulované v zadání. Vzhledem k výše uvedeným výhradám navrhuji práci hodnotit známkou C - dobře.

V Praze dne 20. 5. 2022 doc. Ing. Martin Štefaňák, Ph.D.