

## **Hodnocení vedoucího diplomové práce posluchače Bc. Davida Tomečka na téma *Generace kvantově provázaných stavů světla: teorie a experimentální realizace***

---

Téma předložené diplomové práce Bc. Davida Tomečka je zaměřeno na aktuální a perspektivní problematiku kvantových technologií, totiž využití optické platformy pro generaci kvantově provázaných (tzv. entanglovaných) fotonů, které tvoří základ pro následné experimenty v kvantové optice a kvantovém zpracování informace. Takovéto stavy následně umožňují studovat řadu nových fyzikálních procesů a jevů (kvantová teleportace, kryptografie, atd.). Na katedře fyzikální elektroniky FJFI ČVUT v Praze se jedná o novou problematiku, dobře spadající pod rozvoj kvantových technologií. Předložená diplomová práce tak představuje hodnotný úvodní příspěvek do této oblasti. Dle mého názoru se jedná o vcelku zdařilou diplomovou práci, byť dokončovanou ve spěchu a s řadou chyb či nepřesností (viz dále), velmi zdařilou, účinně propojující obě oblasti, teoretickou i experimentální. Tato diplomová práce tak svým zaměřením a výstupy částečně také částečně přispěla k průběžnému řešení projektu Studentské grantové soutěže ČVUT (SGS22/185/OHK4/3T/14) - Podpora studentského výzkumu fotonických nanostruktur, laserového plazmatu a kvantových technologií II.

Předložená práce je středního rozsahu, má celkem 56 stran, 33 obrázků a několik tabulek, je rozdělena do osmi hlavních číslovaných kapitol, včetně Úvodu a Závěru, Seznamu použité literatury (o 43 položkách), a dvěma doplňujícími přílohami (A, B), obsahujícími jednak Kvantově mechanické odvození SPDC (A), jednak Technické parametry experimentální sestavy (B) – laserový zdroj a vlákna, jednofotonové detektory, čítací jednotka, periodicky pólovaný KTP krystal. Součástí práce jsou také povinný anglický / český abstrakt. Po formálním úvodu (Úvod), který kromě úvodní motivace prezentuje cíle diplomové práce, její členění, následuje úvodní kapitola 2 (Úvod do kvantového provázání), zasvěcující do problematiky kvantových stavů a jejich provázanosti. Zde je stručně komentována problematika – čisté a smíšené stavy, problematika měření v kvantové mechanice, jak standardního projektivního von Neumannova, tak pokročilejší problematika tzv. POVM. Dále je již představena problematika samotného kvantového provázání (entanglementu), v porovnání s klasickými korelacemi, spolu s Bellovou nerovností a EPR paradoxem. I když autor popsal vše podstatné, ne úplně se mu zde podařilo uplatnit vhodný způsob prezentace (kterou možná v trochu jiné kvantové oblasti lépe postihnul ve Výzkumném úkolu), snažil se o stručnost, ovšem na úkor srozumitelnosti a ucelenosti. Čtení textu tak vyžaduje již jistou pokročilost a úsilí pro správné pochopení. V následné kapitole 3 se autor věnuje principu sestupné parametrické konverze (SPDC) obou typů (I a II), spolu s využitím pro generaci provázaných fotonových párů. Dále je v návazné kapitole 4 diskutována problematika generace provázaných stavů, jsou představena různá experimentální schémata (typ I a II), s důrazem na využití periodicky polovaných nelineárních krystalů (dvojitá čerpání, generátor Sagnacova typu). Tato část je uzavřena možnostmi optimalizace generace. Tyto dvě části se podařilo sepsat výrazně lépe, než úvodní 2. kapitolu. To platí i o navazující kapitole 5, která se věnuje detekci provázaných stavů a má patřit ke stěžejním pasážím diplomové práce. Tato část byla zřejmě kompletována až v závěrečné fázi před odevzdáním a bohužel obsahuje řadu chyb a dílčích nepřesností, které snižují její kvalitu. Je představen tzv. Hongův-Ouův-Mandelův (HOM) interferometr pro určování koincidence. Tato část je dále rozšířena na stěžejní problematiku měření koincidence pro různé polarizace, v relaci s experimentem. V šesté kapitole jsou poté diskutovány studentovy experimentální aktivity, které jsou velmi poučné a přínosné pro další aktivity v této oblasti. Zde je třeba znovu ocenit studentovu snahu do této nové problematiky proniknout (příprava čerpacího svazku, generační část, detekční část). Bohužel, časově se již některé aktivity nepodařilo zcela dokončit (vlivem vnějších okolností, včetně vhodného experimentálního vybavení). Práce je uzavřena Závěrem shrnujícím dosažené výsledky práce. Text práce je uzavřen reprezentativním přehledem literatury (43 položek) a dvěma zmíněnými dodatky.

Co se týče formální stránky, jako celek si práce zachovává logickou strukturu, text je doplňován vysvětlujícími obrázky a několika tabulkami. Po formální stránce je práce sepsána na standardní úrovni, včetně grafické formy. Bohužel, práce byla kompletována na poslední chvíli, v korelaci s termínem odevzdání, nepodařilo se tak již text bohužel komplexně opravit a doladit, obsahuje tak jednak poměrně nezanedbatelné množství chyb a nepřesností, jakož i a formulačních nesprávností, které by jistě při vícenásobné opravě neunikly pozornosti.

Obsahově je pak třeba pochválit snahu o poměrně kvalitní zvládnutí komplexní nově zaváděné problematiky kvantových technologií na KFE, což pochopitelně přináší řadu dodatečných problémů. Ocenil bych dále samostatný přístup studenta (někdy až možná příliš samostatný), spolu s jeho zaujetím pro danou

problematiku. Práce je svým charakterem kombinovaná teoreticko-experimentální. Z vědeckého pohledu je možno kladně jako hodnotnou úvodní sondu, na kterou se bude dále navazovat.

**Závěrem** lze konstatovat, že diplomant dle názoru školitele v podstatě splnil (byť se experimenty nepodařilo dotáhnout do konce) poměrně náročné zadání diplomové práce ve všech bodech. Uchazeč prokázal při své práci fyzikální vhled do komplexní nové problematiky i snahu o diskuzi a interpretaci nových teoretických výsledků, spolu se samostatností a schopností si osvojit nové poznatky a postupy a uplatnit je prakticky. Bohužel, autor podcenil technickou stránku zpracování samotné práce (zejména úvodních teoretických a rešeršních textových částí práce), finalizované, i vzhledem k dokončovaným experimentům, na opravdu poslední chvíli. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem, s ohledem celkové hodnocení, navrhuji po úspěšné obhajobě a zodpovězení dotazů oponenta i komise, klasifikovat diplomovou práci Davida Tomečka známkou **B (velmi dobře)**.

.....  
Doc. Ing. Ivan Richter, Dr.  
vedoucí diplomové práce  
KFE FJFI ČVUT v Praze

V Praze, 23. května 2022