



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název projektu: Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/20.0060

Zpráva z účasti na stáži

Datum konání stáže:	29.10.2013 – 8.11.2013
Navštívené pracoviště:	Queen's University Belfast, United Kingdom Imperial College London, United Kingdom
Zahraniční garant:	Mauro Paternostro, Ph. D. Prof. Myungshik Kim, Ph. D.
Účastník stáže:	Mgr. Petr Marek, Ph.D.

Stručný popis navštíveného pracoviště

Quantum Technology at Queen's je relativně mladá vědecká skupina, která je součástí Centra pro teoretickou atomovou, molekulární a optickou fyziku na Queen's University Belfast. Jedná se o teoretickou skupinu s velice širokým záběrem, sahajícím od kvantového zpracování informace a studia fundamentálních vlastností kvantové fyziky, přes fyziku mnoha částic a kvantovou optomechaniku, až po fyziku kvantových plynů a ultra-strudených atomů. Obzvláště v oblasti kvantové optomechaniky, neboli fyziky popisující interakci světla a hmotného mechanického oscilátoru, se jedná o jedno z předních světových pracovišť, což potvrzují nedávné články publikované v předních světových vědeckých časopisech (*Laura Mazzola, Mauro Paternostro (2011) Activating optomechanical entanglement, Scientific Reports 1, p. 1-5., Mauro Paternostro (2011) Engineering Nonclassicality in a Mechanical System through Photon Subtraction, Physical Review Letters 106 (183601)*).

Skupina obsahuje celkem 22 členů, z čehož polovinu tvoří doktorští studenti a druhou polovinu vědečtí pracovníci na pozicích post-doců a vyšších. Díky tomuto složení je návštěva skupiny jedinečnou příležitostí rozšířit si obzory pomocí diskusí s odborníky zabývajícími se širokou škálou problémů v rámci kvantové fyziky. V rámci mého pobytu jsem takto diskutoval se všemi staršími členy týmu, ale těžiště mé činnosti spočívalo hlavně ve spolupráci s Maurem Paternostrem, Laurou Mazzolou, a Carlem Di Francem.

Imperial College London je přední vědeckou univerzitou Spojeného království a vytrvale se řadí i mezi přední světové univerzity. Controlled Quantum Dynamics Theory Group (CQDTG) je součástí vědecké skupiny Quantum Optics and Laser Science. CQDTG je teoretická skupina zabývající se studiem kontroly a manipulace kvantových systémů se

zaměřením na aplikace v oblasti kvantových operací a komunikace. Výzkum je rovněž zaměřen na fundamentální aspekty kvantových systémů, jakými jsou například kvantová nekласičnost či kvantové korelace, a na studium jejich vlivu na běžné chování kvantových systémů. Některé nedávné prestižní výsledky publikované v těchto oblastech jsou například články: *Vanner MR, Aspelmeyer M, Kim MS (2013), Quantum State Orthogonalization and a Toolset for Quantum Optomechanical Phonon Control, Physical Review Letters 110 (010504)*; *Pikovski I, Vanner MR, Aspelmeyer M, Kim MS, Brukner C (2012), Probing Planck-scale physics with quantum optics, Nature Physics 8 (393)*.

Skupina obsahuje celkem 26 členů, z čehož polovinu tvoří doktorští studenti a zbytek jsou vědečtí pracovníci na úrovni postdoců a vyšších. Skupina se pravidelně setkává seminářích, během kterých se členové navzájem průběžně seznamují s dosaženými vědeckými výsledky, což poskytuje návštěvníkovi jedinečnou možnost učinit si ucelený obrázek o studovaných tématech. Těžiště mé spolupráce spočívalo převážně ve spolupráci s profesorem M. S. Kimem a Catherin Hughes.

Průběh stáže

První část stáže, která probíhala mezi 29.10.2013 – 2.11.2013, proběhla na Imperial College London. S profesorem Myoungshikem Kimem a Catherin Tate jsem zde pokračoval ve spolupráci na tématu implementace negaussovských operací pro dvoumódové stavy světla. Negaussovské operace jsou nutnou podmínkou pro plnohodnotné kvantové zpracování informace. Bez negaussovských operací nelze implementovat řadu protokolů, mezi kterými nechybí ani kvantové počítání, nebo destilace kvantové provázanosti. Z toho důvodu byla implementaci negaussovských operací věnována velká pozornost. Doposud se ale vědecká veřejnost většinou zaměřovala na negaussovské operace prováděné na jednom módu s tím, že rozšíření na více módů lze pak vždy provést pomocí operací gaussovských. Zůstává ale otázkou, zda je tento postup efektivní a zda není výhodnější implementovat vícemódové negaussovské operace přímo. A právě toto bychom v rámci této navázané spolupráce chtěli zjistit.

V průběhu druhé části stáže probíhající na Queen's University Belfast jsem s doktorem Paternostrem a jeho kolegy diskutoval několik volně souvisejících témat.

Prvním tématem byla probíhající spolupráce s doktorem Paternostrem a doktorkou Laurou Mazzolou. Tato spolupráce se týkala interakce mezi světlem a mechanickým oscilátorem. Jmenovitě jsme studovali model, kdy světlo reprezentováno jedním módem elektromagnetického pole uzavřeného v rezonátoru zprostředkovává interakci dvou mechanických oscilátorů reprezentovaných hmotnými zrcátky, které tento rezonátor tvoří. Naším cílem bylo najít takový režim parametrů, ve kterém je interakce mezi těmito systémy možné popsat jako událost lokalizovanou v čase. Ukázalo se však, že k takovému popisu jsou nutné aproximace, které se navzájem vylučují. Bylo tedy nutné hledat takový režim, ve kterém se parametry potkávají na půl cesty, a přesto je dosaženo, alespoň přibližně, požadovaného efektu. Naše analýza ukázala, že při vhodné volbě parametrů lze celou dynamiku přibližně reprezentovat hamiltoniánem, který odpovídá děliči svazku, což je nejdůležitější interakce mezi různými módy světla. Důsledky tohoto zjištění a detaily případně experimentální realizace jsou v současnosti dále studovány.

Na druhém společném tématu jsem během návštěvy spolupracoval s doktorem Paternostrem a doktorem Di Francem. Jedná se o analýzu pasivní purifikace, při níž je čistota a kvalita systému, reprezentovaná fidelitou, současně zvýšena, i když na systému neprovádíme žádná měření. Na naše předchozí zjištění, že tento režim je možný pro vícehladinové systémy, jsme navázali realizací, že nezáleží na počtu energetických hladin, ale na struktuře abecedy zasílaného signálu. Za vhodných podmínek je tedy možné tento proces realizovat i pro systémy dvouhladinové! Byla zahájena příprava společné publikace.

Shrnutí stáže

Stáž splnila svůj účel. Jak na Imperial College London, tak na Queen's University Belfast byla pokračována spolupráce na tématech zahájených během předchozích návštěv. V rámci stáže jsem prohloubil své znalosti týkající se popisu interakce světla a mechanických systémů, nelineární manipulace s kvantovými systémy a popisu neklasických vlastností kvantových systémů. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině projektu formou odborných seminářů.



Mgr. Petr Marek, Ph.D.