



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 konferenci

Název konference: Central European Workshop on Quantum Optics 2013

Datum konání: 16.6. - 20. 6. 2013

Místo: Stockholm, Švédsko

Účastník konference: doc. Mgr. Jaromír Fiurášek, Ph.D.

Stručný popis konference:

Central European Workshop on Quantum Optics (CEWQO) je jednou z nejvýznamnějších mezinárodních vědeckých konferencí zaměřených na kvantovou optiku a optické kvantové zpracování informace. Prezentované konferenční příspěvky se věnovaly řadě aktuálních témat, jako jsou fundamentální aspekty kvantové optiky a kvantové fyziky, kvantové korelace, kvantová provázanost a kvantová nelokalita, neklasické stavy světla, kvantová tomografie, orbitální moment hybnosti světla a kvantová polarizace, kvantové zpracování informace, otevřené kvantové systémy, kvantová optika s neutrony, atomy a molekulami a kvantová optika v pevnolátkových systémech. Vzhledem ke značnému počtu příspěvků poskytla konference ucelený přehled o aktuálních trendech výzkumu v těchto oblastech a poskytla mi příležitost k diskusím s řadou zahraničních kolegů.

Základní údaje:

Počet účastníků: >200

Zvané přednášky: 28

Ostatní přednášky: 96

Počet posterů: 43

Vybrané zajímavé přednášky

J. Eisert *et al.*: *The ironic situation of linear optical boson sampling*

Profesor Eisert se ve své přednášce věnoval detailní analýze výpočetní úlohy zvané *boson sampling problem*. Cílem této úlohy je stanovit pravděpodobnost určité výstupní konfigurace N fotonů, které jsou injektovány do lineárního optického interferometru s M vstupními a výstupními porty, kde M je řádu N^2 . Tento problém vede na výpočet permanentů matic, což je exponenciálně složitý problém. Nedávno bylo vzorkování statistického rozdělení fotonů na výstupu interferometru demonstrováno experimentálně několika vědeckými týmy. Tyto

experimenty naznačují, že lineárně optické implementace umožňují efektivní řešení úlohy boson sampling. Profesor Eisert ovšem ve své přednášce poukázal na problém certifikace správnosti nalezeného řešení. Pro velká M a N totiž platí, že pravděpodobnostní rozdělení jednotlivých výstupních konfigurací je s extrémně vysokou pravděpodobností velice homogenní a prakticky nerozlišitelné od zcela homogenního rozdělení. Z toho plyne, že k rozlišení mezi distribucí odpovídající určitému interferometru a zcela homogenní distribucí je zapotřebí exponenciálně mnoho vzorků.

Literatura:

- [1] C. Gogolin, M. Kliesch, L. Aolita, J. Eisert, *Boson-Sampling in the light of sample complexity*, arXiv:1306.3995.

M.G. Genoni *et al.*, *Detecting quantum non-Gaussianity via the Wigner function*

Doktor Genoni se ve své přednášce věnoval problematice detekce kvantově negaussovských stavů světla, tj. stavů, které nelze vyjádřit jako statistickou směs gausssovských stavů. Doktor Genoni představil kritérium pro detekci těchto stavů založené na stanovení hodnoty Wignerovy funkce v počátku fázového prostoru. V přednášce bylo ukázáno, že pokud hodnota Wignerovy funkce poklesne pod určitou mez závisící na středním počtu fotonů v módu pole, pak daný stav je kvantově negaussovský. Protože mez na hodnotu Wignerovy funkce je pozitivní, umožňuje toto kritérium identifikovat kvantově negaussovské stavy s pozitivní Wignerovou funkcí. Ve své přednášce doktor Genoni demonstroval aplikaci tohoto kritéria na řadu důležitých kvantových stavů. Kritérium odvozené Dr. Genonim a jeho kolegy vhodně doplňuje kritérium kvantové negaussovskosti odvozené doc. Filipem a Dr. Mištou, které je založené na měření pravděpodobnosti vakua a jednofotonového stavu v módu pole.

Literatura:

- [1] M.G. Genoni, M.L. Palma, T. Tufarelli, S. Olivares, M.S. Kim, and M.G.A. Paris, *Detecting quantum non-Gaussianity via the Wigner function*, Phys. Rev. A 87, 062104 (2013).

K. Edamatsu *et al.*, *Experimental Test of Error-Disturbance Uncertainty Relations in Photon Polarization*

Přednáška byla věnovaná problematice experimentálního ověřování relací neurčitosti. Jedná se o vztah mezi nepřesností měření jedné veličiny (např. polohy částice) a narušením komplementární veličiny (např. hybnosti částice). V literatuře je tento jev běžně popisován Heisenbergovými relacemi neurčitosti. Jak ovšem ukázal profesor Ozawa, určité typy měření mohou vést k porušení těchto relací neurčitosti. Profesor Ozawa proto odvodil přesný obecný popis vztahu mezi nepřesností měření jedné veličiny a narušením druhé veličiny. K. Edamatsu ve své přednášce prezentoval výsledky experimentálního testu této zobecněné relace neurčitosti. Měření byla prováděna na polarizačních stavech jednotlivých fotonů a konjugované veličiny představovaly Xová a Zová složka Stokesova vektoru popisujícího polarizační stav fotonu. Získané experimentální výsledky jsou v dobré shodě s teoretickým vztahem odvozeným Ozawou.

V. D'Ambrosio *et al.*, ***Complete experimental toolbox for alignment-free quantum communication***

Optické systémy pro kvantovou komunikaci volným prostorem využívají kódování informace do polarizačních stavů jednotlivých fotonů. Toto kódování ovšem vyžaduje, aby odesílatel a příjemce sdíleli společnou referenční vztažnou soustavu, vzhledem k níž je prováděna příprava i měření polarizačního stavu. Zajistit společnou referenční soustavu ovšem může být v řadě případů značně obtížné, například při komunikaci mezi povrchem Země a satelitem, který se vůči povrchu Země pohybuje vysokou rychlostí. Možným řešením tohoto problému je kódovat informaci do multifotonových rotačně invariantních stavů. Takovéto stavy je ovšem obtížné připravit. Vincenzo D'Ambrosio ve své přednášce prezentoval alternativní mnohem jednodušší a efektivnější postup, a sice kódování informace do rotačně invariantních stavů jednotlivých fotonů. Tento přístup je založen na současném využití polarizace a prostorového momentu hybnosti fotonu. V přednášce bylo ukázáno, že s využitím těchto stavů lze provést kvantovou distribuci tajného kryptografického klíče, distribuovat kvantovou provázanost a demonstrovat porušení Bellových nerovností; to vše bez sdílené referenční vztažné soustavy.

Literatura:

- [1] V. D'Ambrosio, E. Nagali, S.P. Walborn, L. Aolita, S. Slussarenko, L. Marrucci, and F. Sciarrino, *Nat. Commun.* **3**, 961 (2012).

Vlastní prezentace

J. Fiurášek and M. Ježek, ***Witnessing negativity of Wigner function by estimating fidelities of cat-like states from homodyne data***

Na konferenci jsem přednesl přednášku o celkové délce 20 minut včetně dotazů. V přednášce jsem prezentoval metodu přímého stanovení fidelity kvantového stavu s koherentní superpozicí dvou koherentních stavů a nebo se stlačeným Fockovým stavem z dat získaných pomocí homodynní detekce. Tato metoda je založená na středování tzv. vzorkovacích funkcí přes naměřená homodynní data. V přednášce jsem krátce nastínil postup odvození těchto vzorkovacích funkcí, prezentoval jsem výsledné analytické vzorce pro tyto funkce a diskutoval jejich vlastnosti. Jedním z důležitých aspektů nalezených vzorkovacích funkcí je to, že umožňují do jisté míry kompenzovat ztráty a neúčinnou homodynní detekci. V závěru své přednášky jsem ukázal, že fidelita kvantového stavu s lichým koherentním stavem a se stlačeným lichým Fockovým stavem umožňuje stanovit horní mez na hodnotu Wignerovy funkce v počátku fázového prostoru. Pokud je některá z těchto fidelit větší než $\frac{1}{2}$, pak Wignerova funkce v počátku fázového prostoru nabývá záporné hodnoty. Vzorkovací funkce lze tedy využít k identifikaci a charakterizaci silně neklasických stavů s negativní Wignerovou funkcí.

- [1] J. Fiurášek and M. Ježek, *Witnessing negativity of Wigner function by estimating fidelities of catlike states from homodyne measurements*, *Phys. Rev. A* **87**, 062115 (2013).

Mezinárodní vědecká spolupráce

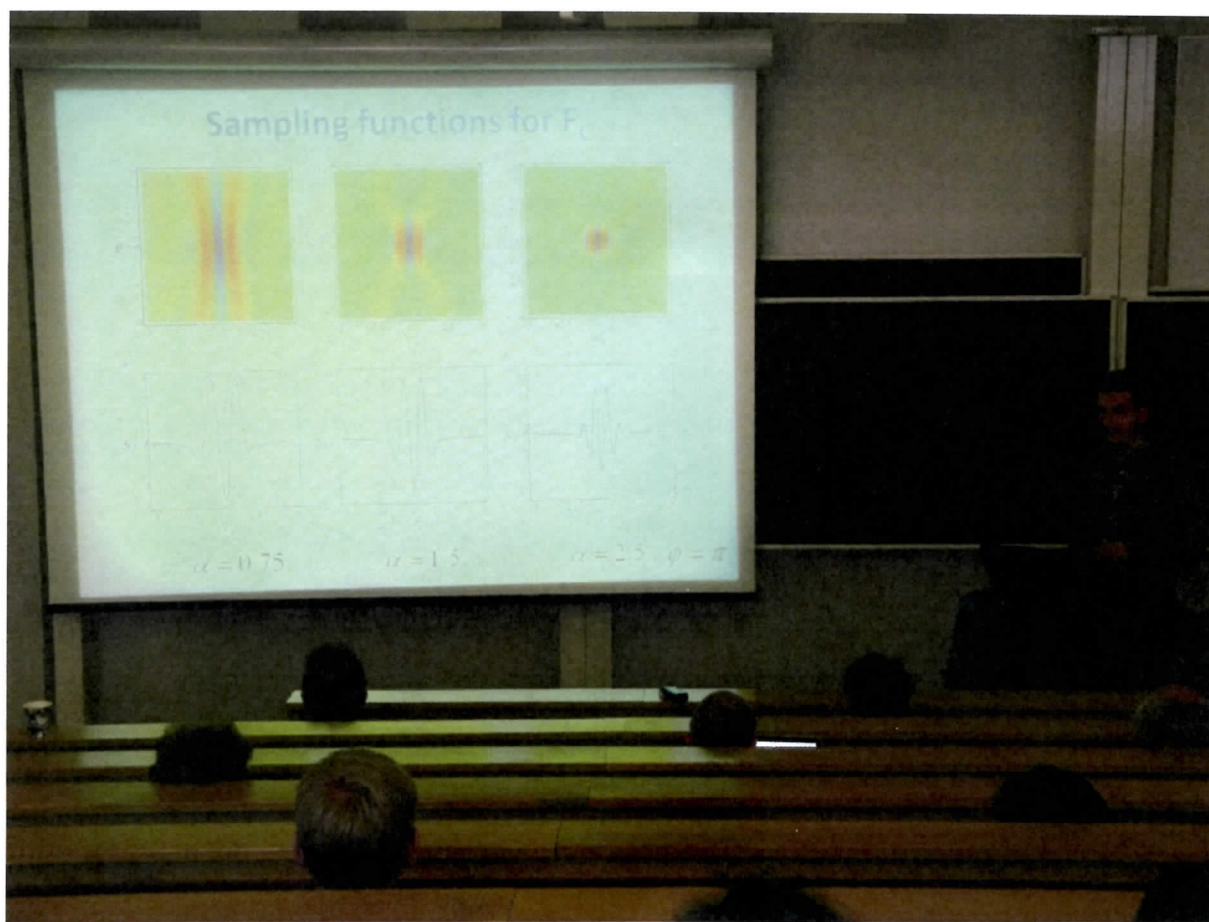
Na konferenci jsem se setkal s profesorem Shigeki Takeuchim z univerzity v japonské Osace, se kterým jsem hovořil o experimentech v oblasti kvantového zpracování informace s lineární optikou. Profesor Takeuchi mě informoval o tom, že jeho skupina pracuje na realizaci lineárně optické kvantové Fredkinovy brány na základě mého teoretického návrhu z roku 2008. S profesorem Takeuchim jsme se dohodli, že jakmile budou mít připravený manuskript o tomto experimentu, pošlou mi ho k vyjádření. Člen týmu profesora Takeuchiho, Takafumi Ono, který pracuje na experimentální realizaci kvantové Toffoliho brány, se zúčastní červencové konference International Laser Physics Workshop, která se bude konat v Praze. Bylo dojednáno, že Dr. Takafumi Ono během svého pobytu v ČR navštíví katedru optiky PřF UP, seznámíme ho s našimi experimenty a prodiskutujeme možnost další spolupráce. Během konference jsem pokračoval v dlouhodobé vědecké spolupráci s profesorem N.j. Cerfem, Dr. A. Zavattou a Ch. Gagatsosem. O aktuálních otázkách a aspektech výzkumu jsem hovořil i s řadou dalších zahraničních kolegů, jako např. s profesorem G. Bjorkem, profesorem J. Eisertem, doktorem A. Karpovem a doktorem D. Sychem.

V průběhu celé konference jsem jejím účastníkům poskytoval informace o projektu Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost a o podpoře, která je na tento projekt v rámci operačního programu OP VK poskytována Evropským sociálním fondem a MŠMT.

Fotografická dokumentace



Přednáška docenta Fiuráška na konferenci CEWQO'13.



Přednáška docenta Fiuráška na konferenci CEWQO'13.

Přílohy
Program konference

Doc. Mgr. Jaromír Fiurášek, Ph.D.