Témata bakalářských prací a výzkumných úkolů zaměření matematická fyzika – skupina kvantové optiky 2016/2017

Název: **Kvantové optické sítě** (společně s M. Štefaňákem, A. Gábrisem)

Kvantové optické sítě mají řadu aplikací při generaci, manipulaci a detekci velice slabých optických signálů. Druhou rozsáhlou oblastí aplikací optických sítí je simulace dynamiky jiných fyzikálních systémů. Optickými sítěmi se dají simulovat náhodná chození. Cílem práce je zmapovat některé souvislosti mezi charakteristikami klasických a kvantových procházek.

i) Základní pojmy kvantové teorie, matice hustoty, operace na maticích hustoty

ii) Dělič paprsku, fázový element, nelineární elementy

iii) Sítě – výstavba pomocí jednoduchých elementů, konstrukce sítí s požadovanými vlastnostmi

iv) Excitace v optické síti – kvantové chození

v) Charakterizace chození v optických sítích (Polya čísla)

Název práce: **Kvantové procházky** (společně s M. Štefaňákem, A. Gábrisem)

Kvantové procházky jsou analogem klasické procházky a představují velice účinný nástroj pro studium transportu excitace a informace v materiálním  prostředí. Zobecněné modely kvantových procházek zahrnují řadu dalších efektů jako dekoherenci vlivem vnějších poruch, ztráty koherence nebo neurčitosti spojené s nedostatkem kontroly nad dynamikou procházky. Cílem práce je studium základních vlastností kvantových procházek (ideálních a porušených) a možnostech jejich experimentální implementace.

i)základy kvantové teorie, časový vývoj

ii) klasická náhodná procházka

iii) kvantová procházka na přímce

iv) kvantová procházka v rovině

v) implementace kvantové procházky

vi) poruchy a jejich vliv na časový vývoj kvantové procházky

Název práce: **Kvantová purifikace jako komplexní nelineární zobrazení** (společně s A. Gábrisem)

Purifikační protokoly jsou užívány v kvantové informaci pro zvýšení kvantového charakteru stavů fyzikálních systémů. Při jisté studované třídě protokolů se dají nalézt třídy zobrazení, které vykazují chaotické chování. Studiu vlastností těchto zobrazení se práce věnuje.

i) Základní pojmy kvantové mechaniky, stavy, pozorovatelné

ii) Provázání

iii) Operace v kvantové teorii informace, purifikace

iv) Komplexní zobrazení, cykly, dimenze fraktálních objektů

v) Použití komplexních zobrazení pro účely purifikace

Název práce: **Iterované kvantové zobrazení** (společně s J. Novotným)

Kvantová dynamika se dá simulovat pomocí opakované aplikace vhodně zvolených operátorů. Ukazuje se, že tento přístup umožňuje analytický popis široké třídy kvantových dynamik. K zajímavým příkladům z této třídy patří porušené kvantové procházky, perkolace a dynamika kvantových plynů.

i) Základní pojmy kvantové mechaniky, stavy, pozorovatelné

ii) Otevřená kvantová dynamika

iii) Iterovaná kvantová zobrazení – asymptotické režimy

iv) Perkolace a asymptotické stavy

v) Simulace více částicových interakcí

Název práce: **Věrný přenos informace**

Manipulace obsahu kvantové paměti patří k základním úlohám při zpracování kvantové informace. V případě řetízku existuje několik řešení pro tento problém. V případě přenosu informace v rovině nebo deformovaném řetízku je situace komplikovanější. Práce se věnuje vlastnostem základních řešení přenosu informace a možným zobecněním pro více rozměrné situace.

i) Základy kvantové informace a komunikace

ii) Manipulace kvantové informace

ii) Věrný přenos informace pro lineární řetízek

iv) Věrný přenos informace v rovině

Název práce: **Pole optických vlnovodů s parametrickou konverzí** (společně s C. Hamiltonem a A. Gábrisem)

Nové materiály a technologie umožňují přípravu nových zdrojů světla, které se vyznačují vysokou světelnosti a flexibilitou při přípravě neklasických stavů světla. Cílem práce je seznámení se základy teorie optických vlnovodů a jejich využití při generaci světla pro optickou komunikaci a zpracování kvantové informace.

i) základy nelineární optiky

ii) elementární kvantové procesy nelineární optiky

iii) soustavy optických vlnovodů

iv) teorie nelineárních optických vlnovodů

v) generace a manipulace světla pomocí pole optických vlnovodů

Po domluvě je možné vypsání dalších témat v oblasti kvantové kryptografie, kvantového počítání atd.

Literatura:

1. M. A. Nielsen and I. L. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information,

(Cambridge UP, Cambridge, 2000).

1. J. Milnor: Dynamics in one complex variable, arXiv: math.DS/9201272
2. H. Bechmann-Pasquinucci, B. Hutner, N. Gisin: Phys. Lett. A **242,** 198 (1998)
3. G. Alber, A. Delgado, N. Gisin, I. Jex: J. Phys. A **34**, 8821 (2001)
4. P. Torma, I. Jex: J. Opt. B **1**, 8 (1999)
5. K. Mattle, M. Michler, H. Weinfurter, A. Zeilinger, M. Zukowski: Appl. Phys. B **60** S111 (1995)
6. M. Štefaňák, I. Jex, and T. Kiss, Phys. Rev. Lett. **100**, 020501 (2007)
7. B. Kolár, T. Kiss, J. Novotný, I. Jex: Phys. Rev. Lett. **108,** 230505 (2012)
8. J. Novotný, G. Alber , I. Jex: New J. Phys. **13**, 053052 (2012)
9. R. Kruse, L. Sansoni, S. Brauner, R. Ricken, C. S. Hamilton, I. Jex, Ch. Silberhorn, Phys. Rev. A 92, 053841 (2015)
10. T. Brougham, G. M. Nikolopoulos, I. Jex: Phys. Rev. A **83,** 022323 (2011)
11. G. M. Nikolopoulos, D. Petrosyan, P. Lambropoulos: Europhys. Lett. **65,** 297 (2007)
12. F. Elster, S. Barkhofen, Th. Nitsche, J. Novotný, A. Gábris, I. Jex, Ch. Silberhorn, Scientific Reports 5, 13495 (2015)
13. A. Schreiber, K. N Cassemiro, V Potoček, A. Gábris, P. J Mosley, E. Andersson, I. Jex, Ch. Silberhorn, Phys. Rev. Lett. 104, 050502 (2010)

Kontakt: [igor.jex@fjfi.cvut.cz](mailto:igor.jex@fjfi.cvut.cz), [novotny.jaroslav@seznam.cz](mailto:novotny.jaroslav@seznam.cz), [martin.stefanak@fjfi.cvut.cz](mailto:martin.stefanak@fjfi.cvut.cz), [gabris.aurel@fjfi.cvut.cz](mailto:gabris.aurel@fjfi.cvut.cz), craighamilton18@gmail.com