**Zpráva o pobytu Mobilita-Akce 200 na University of Vienna**

Jan Fait, 1. 12. 2019

**Úvod:**

V rámci programu Mobilita-Akce 200 jsem se zúčastnil studijního pobytu na University of Vienna v Rakousku. Celková doba pobytu v Rakousku je 9 měsíců (1. 5. 2019 – 31. 1. 2020) s tím, že první část pobytu byla financována skrze program Mobilita-Akce 200 a druhá část (v době psaní zprávy stále probíhající) je financována rakouskou agenturou OEAD v rámci programu AKTION pro podporu spolupráce mezi ČR a Rakouskem. Během stáže působím ve skupině Dr. Trupkeho (součást větší skupiny prof. Walthera), která se věnuje kvantové optice.

**Průběh stáže:**

Ve Vídni se věnuji přípravě a charakterizaci optických rezonátorů s velmi vysokou jemností (*finesse*) v řádu několika tisíc až stovek tisíc a velmi malým objemem (délka rezonátoru jednotky mikrometrů). Rezonátory jsou tvořené zrcadly s optickými multivrstvami deponovanými na substrát (křemík, sklo, diamant). V minulých letech byla na Vídeňské univerzitě vyvinuta metoda pro přípravu mikroskopických zrcadel s velmi malým poloměrem křivosti (50 – 100 mikrometrů) na křemíkovém substrátu. Díky těmto zrcadlům lze sestavovat stabilní optické rezonátory s velmi malou délkou. Uvnitř rezonátoru je výrazně navýšena hustota optických stavů (*local density of states*). Díky tomu dochází ke zvýšení interakce mezi optickými módy rezonátoru (světlem) a kvantovými systémy umístěnými uvnitř rezonátoru. Mezi takové kvantové systémy mohou patřit např. optická centra v diamantu, karbidu křemíku nebo grafenu, anebo nanočástice.

V první fázi jsem se věnoval charakterizaci rezonátorů skládajících se z křemíkového zrcadla a diamantové vrstvy o tloušťce 25 mikrometrů opatřené reflexní vrstvou (tvořící zrcadlo rezonátoru) a antireflexní vrstvou (snižující ztráty uvnitř rezonátoru). Diamantová vrstva se tak nacházela uvnitř rezonátoru. Rezonátory byly naladěny na vlnovou délku 637 nm, na které vyzařují NV (*nitrogen vacancy*) centra v diamantu. Jemnost takových rezonátorů dosahovala několika tisíc. Nižší jemnost rezonátorů je způsobena jednak vyšším rozptylem ve viditelné části spektra a také povrchovou drsností diamantu.

Následně jsem se v takových rezonátorech snažil lokalizovat NV centra, která jsou schopna emitovat jednotlivé fotony a lze je využít pro generaci kvantových stavů světla (např. kvantové provázání). Skupina Dr. Trupkeho se věnuje generování kvantových stavů světla pomocí NV center již delší dobu. Jedním z limitujících faktorů je malá účinnost zachycování (*collection efficiency*) vyzařovaných fotonů. Umístěním NV center do optických rezonátorů s vysokou jemností lze řádově zvýšit účinnost zachycení fotonů. Vysoká účinnost záchytu je velmi důležitá pro případné aplikace (dlouhodobým cílem je sestavení kvantového počítače) a zároveň umožňuje generaci složitějších kvantových stavů světla (provázání více fotonů). Bohužel se mi i přes veškerou snahu nepodařilo lokalizovat NV centrum uvnitř rezonátoru. Důvodem byla jednak velmi malá hustota NV center uvnitř použitého diamantu a technické problémy. Celý rezonátor byl umístěn uvnitř kryostatu při teplotě 4 K. Kryostat způsoboval jednak mechanické vibrace systému a zároveň znemožňoval použití objektivu s vysokou numerickou aperturou a imersní kapalinou, který je obvykle pro detekci záření z NV center využíván (objektiv musel být mimo kryostat za ochranným sklem). Umístění vzorku mimo kryostat by bylo možné, musel by však být postaven nový optický systém, jehož samotné zprovoznění by trvalo několik měsíců.

V dalším průběhu stáže jsem přešel na rezonátory fungující v blízké infračervené oblasti (naladěné na vlnovou délku 1280 nm). Tato oblast je výhodná z několika důvodů. Díky prodloužení vlnové délky dochází k omezení rozptylu a snižují se tak optické ztráty rezonátoru. Poblíž vlnové délky 1280 nm emitují světlo vanadiová optická centra v karbidu křemíku (rovněž schopná emitovat jednotlivé fotony). Navíc je tato oblast vlnových délek využívána pro telekomunikační systémy, což umožňuje integraci se stávajícími systémy a zároveň dostupnost potřebných přístrojů (lasery, optické elementy, optická vlákna atd.). Měření těchto rezonátorů se věnuji nyní. Zatím se podařilo dosáhnout jemnosti rezonátoru půl milionu, což je jedna z nejvyšších dosažených jemností pro rezonátory s takto malými rozměry. Využití tohoto rezonátoru pro interakci s kvantovými systémy je nyní v přípravě.

**Život ve Vídni:**

Ve Vídni bydlím na koleji organizace home4students. Ubytování jsem sháněl asi dva měsíce před odjezdem, ale vzhledem k začátku pobytu v květnu to nebyl problém. V případě pobytu od září je lepší hledat dříve. Výhodou je, že organizace home4students má několik budov rozmístěných po Vídni a moje kolej se nachází přímo u univerzity. Některé organizace mají koleje umístěny daleko od centra a dojíždění tak zabere hodně času. První čtyři měsíce jsem bydlel ve sdíleném pokoji (nově příchozí jsou vždy ubytováni ve sdíleném pokoji), který byl poměrně malý. Cena za sdílený pokoj byla 300E měsíčně, za samostatný 400E. Pokoušel jsem se také najít místo ve sdíleném bytě, ale bez předchozí návštěvy jsem to nechtěl riskovat a zvolil jsem jistější variantu koleje. Pro mě překvapující zjištění bylo, že úřady v Rakousku fungují podobně anebo ještě hůře než v ČR. Při pobytu delším než 4 měsíce se člověk musí nahlásit na magistrát, kde je obvyklá čekací doba několik hodin. Rezervace termínu předem není možná. Odpověď na emaily jsem obdržel po několika týdnech.

Ceny ve Vídni jsou přibližně 2x – 3x vyšší než v Praze, což se týká všeho od ubytování a jídla, přes dopravu po sportovní a kulturní akce. Poměrně absurdní je např. že cena vlaku z Vídně do Salzburku (pokud nekoupíte jízdenku s výrazným předstihem) je podobná jako cena letenky do Portugalska s nízkonákladovkou. Ušetřit lze, pokud si člověk sám vaří. Cena jídla v menzách (v blízkosti mé univerzity ani menza nebyla) je podobná jako v restauracích, čemuž moc kvalita jídla neodpovídá. Pro návštěvu Prahy jsem využíval vlaky společnosti RegioJet, které jsou výrazně levnější než u konkurence.

Vídeň je pěkné město s mnoha historickými památkami. V okolí Vídně je navíc pěkná příroda, pokud si chce člověk odpočinout od města. Do Alp to také není daleko. Běžným dopravním prostředkem je ve Vídni kolo, které jsem však nevyužíval, protože jsem to měl do školy velice blízko. Většina lidí nemá problém s komunikací anglicky. S lidmi odmítajícími mluvit jinak než německy jsem se setkal pouze na úřadech. Alespoň základní znalost němčiny je však výhodou např. při nákupu v obchodě.

**Celkový dojem:**

Mé celkové pocity z pobytu jsou smíšené. Na jedné straně jsem se naučil spoustu nových věcí, získal mnoho zkušeností a seznámil se s mnoha zajímavými lidmi. Samotná zkušenost s životem v cizí zemi, i když kulturně velmi podobné, je k nezaplacení. Rovněž jsem se naučil pracovat s mnoha přístroji (detektory jednotlivých fotonů, kryostat, IR lasery), se kterými jsem dříve nepřišel do kontaktu a znal jsem pouze teoretický princip, jak fungují. Moji spolupracovníci byli naštěstí velmi ochotní a se vším mi pomáhali. Zároveň jsem měl možnost porovnat fungování vědy v ČR a v Rakousku. Uvědomil jsem si, že v ČR lze stále vylepšit mnoho věcí, ale také, že některé problémy jsou v obou zemích velmi podobné.

Na druhou stranu jsem se ve Vídni věnoval poněkud odlišné a z mého pohledu složitější tematice, než které se věnuji v rámci doktorátu na ČVUT/FZÚ. Před odjezdem jsem se snažil dokončit vše, co jsem měl v Praze rozdělané, a neměl jsem moc času na přípravu. Po příjezdu do Vídně mi tak trvalo poměrně dlouho, než jsem se v tematice alespoň trochu zorientoval a seznámil s přístroji a postupy, se kterými jsem neměl žádné předchozí zkušenosti. Prvních několik měsíců pro mě bylo z tohoto důvodu psychicky docela náročných. Pokud bych se mohl rozhodnout znovu, vybral bych si pracoviště tak, abych mohl lépe navázat na svojí dosavadní práci, např. s tím, že budu moci využít nějaký unikátní přístroj, který není v ČR dostupný. Celkově vnímám zahraniční pobyt jako velice přínosný pro mojí další vědeckou kariéru.