



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

Sumární zpráva organizátorů

Název akce: Letní škola Kvantová fyzika a kvantová informace 2013 / Summer School on Quantum Physics and Quantum Information 2013 (SS-QPQI-2012)

Datum: 22. července 2013 – 25. července 2013

Místo konání: Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

Počet účastníků: 13 akademických a vědeckých pracovníků a 13 studentů

Program akce: Podrobný program letní školy QPQI 2013 tvoří přílohu této zprávy.

Průběh letní školy a popis práce s cílovou skupinou:

V rámci projektu Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost se ve dnech 22. 7. 2013 - 25. 7. 2013 uskutečnila na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci druhá letní škola zaměřená na kvantovou fyziku a teorii kvantové informace. Na letní škole přednášelo celkem 8 lektorů, kteří se ve svých přednáškách věnovali vybraným aktuálním tématům kvantové fyziky a kvantového zpracování informace. Konkrétně se jednalo o následujících přednášejících

- Osscar Dahlsten (Oxford)
- Miroslav Gajdacz (Aarhus)
- Norbert Lütkenhaus (Waterloo)
- John Rarity (Bristol)
- Yong Siah Teo (Olomouc)
- Jiri Vala (Maynooth)
- Christian Weedbrook (Toronto)
- Mario Ziman (Bratislava)

Obdobně jako v prvním ročníku letní školy přednesl každý přednášející dvě přednášky, každou v délce 1 hodiny doplněné o cca 15 minutovou diskusi. První přednáška byla vždy zaměřena na základy dané problematiky tak, aby jí mohli porozumět i studenti a mladí vědečtí pracovníci, kteří se s těmito moderními oblastmi kvantové fyziky setkali vůbec poprvé. Druhá hodinová přednáška v rámci cyklu byla pak vždy věnována aktuálním problémům a čerstvým výsledkům, kterých bylo v těchto představených oblastech dosaženo. Každý den letní školy obsahoval čtyři takovéto přednášky a byl završen otevřenou panelovou diskusí, ve které si účastníci letní školy mohli s přednášejícími, ale i mezi sebou navzájem, utřídit nabyté znalosti, ověřit jejich náležité pochopení a diskutovat o otevřených problémech.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



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

Součástí letní školy byly i posterové sekce, na kterých doktorandi a mladí vědečtí pracovníci prezentovali své výsledky a diskutovali o nich s dalšími účastníky letní školy.

Program letní školy pokrýval následující témata:

- Kvantová měření
- Estimace kvantových stavů
- Kvantová statistická mechanika a termodynamika
- Kvantová komunikace a bezpečnost
- Kvantové zpracování informace se spojitými proměnnými
- Kvantová fyzika chladných atomů
- Topologické kvantové počítání
- Kvantová optika

Mário Zíman ve své první přednášce přiblížil posluchačům matematický formalismus kvantových měření včetně popisu zobecněných kvantových měření. Ve své druhé přednášce se pak Dr. Zíman zaměřil na otázku, co se děje s měřeným kvantovým stavem. Za tímto účelem byl definován nový matematický objekt, tzv. instrument, který umožňuje jednak stanovit pravděpodobnost určitého výsledku kvantového měření a současně specifikuje stav kvantového systému po provedení měření s daným výsledkem. S pomocí těchto pojmů byly podrobně diskutovány různé aspekty kvantových měření a zejména bylo objasněno, že není možné získat pomocí kvantového měření nějakou informaci, aniž by obecně nedošlo k narušení měřeného kvantového stavu.

Na přednášku Mária Zímána částečně navázal Dr. Yong Siah Teo, který se věnoval problematice estimace kvantových stavů z výsledků kvantových měření. V úvodní přednášce Dr. Teo formuloval problém estimace neznámého kvantového stavu z výsledků měření na mnoha kopiích tohoto stavu. Následně byly diskutované možné estimační metody a pozornost byla věnovaná zejména metodě maximální věrohodnosti. Tato technika je založená na hledání stavu, který maximalizuje pravděpodobnost získání daných výsledků měření. Ve své druhé přednášce se Dr. Teo zabýval problematikou rekonstrukce stavů spojitých kvantových proměnných. Byly diskutované specifické problémy související s nekonečnou dimenzí Hilbertova prostoru těchto stavů a byla diskutována tomografická rekonstrukce Gaussovských stavů, které jsou plně charakterizované kovarianční maticí a vektorem koherentních posunutí.

Fundamentálním aspektům termodynamiky a její souvislosti s kvantovou fyzikou se ve svých příspěvcích věnoval Oscar Dahlsten. Ve své první přednášce se zaměřil na souvislost mezi

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



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

entropií a prací a posluchačům poskytl nový pohled na známý problém Maxwellova démona. Ve svém druhém příspěvku se Oscar Dahlsten zaměřil na vybrané aspekty statistické mechaniky, pokud uvažujeme jednorázové jevy a nikoliv středování přes ensemble. Byl diskutován výpočet práce, kterou vykonáme při změně jednoho obecně smíšeného kvantového stavu na jiný a byla poskytnuta možná fyzikální interpretace negativní podmíněné entropie.

Christian Weedbrook se ve svých přednáškách věnoval problematice kvantového zpracování informace se spojitými proměnnými. V první přednášce byl nejprve stručně zrekapitulován kvantový popis harmonického oscilátoru a módů optických polí a byly definovány základní pojmy a veličiny, jako operátory x a p a koherentní stavy. Následně byla diskutována možnost konstrukce optického kvantového počítače na bázi spojitých kvantových proměnných. Ukazuje se, že kromě gaučovských operací vyžaduje univerzální kvantový počítač také určitou negaussovskou operaci, např. unitární transformaci generovanou kubickým Hamiltoniánem. Následně byl prezentován model kvantového počítání s cluster stavy, což jsou masivně kvantově provázané multimódové stavy. V tomto modelu je kvantový výpočet realizován pomocí měření na jednotlivých módech. Bylo ukázáno, jak implementovat jednotlivá kvantová logická hradla pomocí kvantové teleportace a pozornost byla věnována zejména negaussovskému kubickému fázovému hradlu. Ve své druhé přednášce se Dr. Weedbrook zaměřil na kvantovou kryptografii se spojitými proměnnými. Byly prezentovány základní protokoly využívající koherentní nebo kvantově provázané stlačené stavy a homodynní detekci. Byl diskutován výpočet bezpečného tajného klíče a bezpečnost jednotlivých protokolů.

O kvantové kryptografii ve svých přednáškách hovořil také Norbert Lutkenhaus. Zajímavostí jeho přístupu bylo, že od samého počátku uvažoval nejobecnější schéma s tripartitním kvantově provázaným stavem sdíleným mezi odesílatelem, příjemcem a tím, kdo se snaží o odposlech. Následně byly diskutované jednotlivé protokoly pro distribuci tajného klíče pomocí přenosu kvantových bitů a byly diskutované důkazy jejich bezpečnosti a moderní metody jako je použití tzv. decoy stavů.

Profesor John Rarity seznámil účastníky letní školy se základy lineárně optického kvantového zpracování informace, které využívá kódování kvantových bitů do stavů jednotlivých fotonů a kvantovou interferenci pro implementaci jednotlivých protokolů a kvantových logických hradel. Posluchačům byl objasněn kvantový popis jednotlivých optických elementů, metody přípravy a detekce stavů jednotlivých fotonů a implementace kvantového CNOT hradla. V závěru své první přednášky se profesor Rarity zmínil o potenciálu integrované optiky na chipu pro realizaci komplexní kvantových obvodů. Tato

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



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

metoda byla demonstrována na implementaci náhodné kvantové procházky. Ve své druhé přednášce se profesor Rarity detailněji zaměřil na problematiku generace jednotlivých fotonů pomocí kvantových teček umístěných do mikrozónátorů a návrhu různých fotonických struktur pro generaci fotonů a jejich manipulaci.

Miroslav Gajdacz přitažlivou formou přiblížil fyziku chladných atomů a ose-Einsteinových kondenzátů, jejichž studiu se věnuje na univerzitě v dánském Aarhusu. V první přednášce seznámil posluchače se základními vlastnostmi Bose Einsteinových kondenzátů, s konstrukcí magnetooptických pastí a s metodami chlazení atomů až na úroveň nižší než 1 mikroKelvin potřebnou pro vznik kondenzátu. Ve svém druhém příspěvku se M. Gajdacz zaměřil na aplikace nedestruktivního zobrazování ultrachladných oblaků atomů pomocí Faradayovy rotace optického svazku. Tato technika umožňuje opakovaná měření počtu atomů, jejich teploty, polohy a prostorového profilu atomového oblaku. V závěru této druhé přednášky pak byla popsána metoda generace a studia dynamiky vlnových balíků chladných atomů zachycených v optických mřížkách.

Jiří Vala se ve svých přednáškách věnoval náročné problematice topologické kvantové teorie pole a topologického kvantového počítání, které je inherentně rezistentní vůči různým dekoherenčním mechanismům. V úvodu přednášky byly definovány anyony a uveden příklad neabelovských anyonů. Následoval popis základních rysů topologických kvantových teorií pole. V závěru byly diskutovány příklady fyzikálních systémů, kde je možné realizovat anyony jako kvazičástice. Druhá přednáška byla věnovaná topologickým fázím v kvantových mřížkách. Byla prezentovány výsledky pro několik typů mřížek a byly diskutovány topologické fázové přechody.

Lze konstatovat, že druhá letní škola Summer School on Quantum Physics and Quantum Information 2013 splnila vytyčené cíle a cílová skupina projektu získala nové poznatky z řady důležitých oblastí kvantové fyziky a kvantového zpracování informace. Díky zvolené již osvědčené struktuře přednášek byla škola přínosná jak pro studenty, tak i pro vědecké pracovníky. Účastníci letní školy se seznámili se základními poznatky z kvantových měření, estimace kvantových stavů, kvantové termodynamiky, kvantové kryptografie, kvantového zpracování informace se spojitými proměnnými a topologického kvantového počítání, případně si tyto poznatky upevnili, ucelili a zasadili do širšího kontextu. Současně získali účastníci přehled o aktuálních směrech výzkumu v těchto oblastech a o zajímavých vědeckých výsledcích, které dosáhli jednotliví lektori letní školy. Neméně důležitým aspektem letní školy bylo, že vytvořila optimální platformu pro navázání nových osobních kontaktů mezi účastníky a zahraničními přednášejícími, případně k posílení stávajících vazeb a mezinárodních spoluprací.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



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

Po zhodnocení letní školy realizačním týmem byl rámcově naplánován obsah a struktura příštího ročníku školy. Vzhledem k časovému harmonogramu projektu, který končí 31.5.2014, bylo po konzultacích s účastníky letní školy a s vědeckou komisí letní školy dohodnuto, že další ročník školy se uskuteční již na přelomu ledna a února 2014. Jedná se o konec zkouškového období, kdy většina studentů má již splněné studijní povinnosti za zimní semestr, ale přitom ještě neprobíhá výuka, takže jak studenti, tak akademičtí a vědečtí pracovníci, se budou moci této školy zúčastnit, aniž by to kolidovalo s výukou.

Je plánované, že rozsah školy konané v roce 2014 bude obdobný jako letos, tj. cca 6 až 8 pozvaných převážně lektorů, z nichž každý bude mít dvě přednášky. Po tematické stránce by náplň školy byla rámcově obdobná jako v předchozích dvou ročnících. Jako možná konkrétní témata následující letní školy byly předběžně navrženy např. kvantová interakce záření s látkou, kvantová optomechanika nebo ionty v pasti a jejich aplikace. Tato témata budou následně upřesněna v diskusích s vědeckou komisí školy a doladěna spolu s výběrem přednášejících.

Příloha č. 1 – prezenční listiny

Příloha č. 2 – použité výukové materiály

Příloha č. 3 – program letní školy

Příloha č. 4 – vyhodnocení dotazníku pro účastníky letní školy

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Summer School on Quantum Physics and Quantum Information, Olomouc 2013

Monday, July 22	9:00	Jaromír Fiurášek	<i>Opening remarks</i>
	9:15	Mário Ziman	Invitation to Quantum Measurements
	10:30		<i>Coffee break</i>
	11:00	Yong Siah Teo	Introduction to Quantum State Tomography
	12:15		<i>Lunch</i>
	13:45	Christian Weedbrook	Continuous-Variable Quantum Information
	15:00		<i>Coffee break</i>
	15:30	Oscar Dahlsten	Entropy and Work I: Maxwell's daemon, Szilard's engine, Bennett's extension
	16:45		<i>Poster session / Panel discussion</i>
Tuesday, July 23	9:00	Miroslav Gajdacz	Bose-Einstein Condensation
	10:15		<i>Coffee break</i>
	10:45	Norbert Lütkenhaus	QKD Security Principles and Application to Optical Implementations
	12:00		<i>Lunch</i>
	13:30	Yong Siah Teo	Continuous-Variable Tomography
	14:45		<i>Coffee break</i>
	15:15	Mário Ziman	Invitation to Quantum Measurements
	16:30		<i>Poster session / Panel discussion</i>
Wednesday, July 24	9:00	Oscar Dahlsten	Entropy and Work II: Single-shot statistical mechanics
	10:15		<i>Coffee break</i>
	10:45	Miroslav Gajdacz	Non-Destructive Imaging and Feedback with Ultracold Gases
	12:00		<i>Lunch</i>
	13:30	Norbert Lütkenhaus	QKD Security Principles and Application to Optical Implementations
	14:45		<i>Coffee break</i>
	15:15	John Rarity	Experimental Quantum Photonics
	16:30		<i>Poster session / Panel discussion</i>
Thursday, July 25	9:00	Jiri Vala	From Topological Quantum Field Theory to Fault-tolerant Quantum Computation
	10:15		<i>Coffee break</i>
	10:45	John Rarity	Quantum Optics in Wavelength Scale Structures
	12:00		<i>Lunch</i>
	13:30	Christian Weedbrook	Continuous-Variable Quantum Cryptography
	14:45		<i>Coffee break</i>
	15:15	Jiri Vala	Topological Phases in Quantum Lattice Systems
	16:30		<i>Poster session / Panel discussion</i>



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

Analýza dopadu letní školy Quantum Physics and Quantum Information 2013

Účastníci letní školy obdrželi evaluační dotazníky, kde měli ohodnotit jednotlivé aspekty letní školy na bodové škále od 1 (nejhorší) do 10 (nejlepší). Podařilo se získat celkem 12 vyplněných dotazníků. Jednotlivá výsledná průměrná bodová hodnocení jsou uvedena v následující tabulce:

	Průměrné hodnocení
Aktuálnost tématu letní školy	8.6
Informativní hodnota letní školy	8.1
Přínos pro další studium/výzkum	7.5
Kvalita přednášejících	8.9
Srozumitelnost výkladu	7.3
Obdržené materiály	7.0
Organizační zajištění	9.2
Celkové hodnocení letní školy	8.5

Kromě toho byly jako podklad při analýze využité krátké reporty jednotlivých účastníků letní školy a podněty a názory, které zazněly při neformálních diskusích s jednotlivými účastníky v průběhu školy a po jejím ukončení.

Na základě vyhodnocení všech těchto materiálů a podkladů lze konstatovat, že účastníci hodnotí letní školu kladně. Většina účastníků ocenila zajímavost a aktuálnost témat letní školy a kvalitu jednotlivých přednášejících. Účastníci uvítali, že letní škola jim umožnila seznámit se s tématy, která nejsou předmětem běžného studia či výzkumu na UP, jako např. Bose Einsteinovy kondenzáty nebo topologické kvantové počítání. Další přednášky naopak vhodně navazovaly na studijní a výzkumné aktivity na PřF UP a doplnily je o nový neotřelý pohled zahraničních lektorů.

Zejména studenti ocenili přednášky na tabuli, které měli Yong Siah Teo a Oscar Dahlsten. Tyto přednášky považovali za vydařené po odborné i pedagogické stránce. Například student Robert Stárek získal na přednášce Dr. Tea užitečné podněty pro analýzu dat, která naměřil při řešení své bakalářské práce. Při přípravě příštího ročníku školy proto bude zváženo, zda posílit tento typ přednášek na úkor powerpointových prezentací.

Někteří účastníci, zejména studenti, upozorňovali na vyšší odbornou náročnost některých přednášek, např. přednášek Dr. Vally o topologickém kvantovém počítání. Tuto přednášku ovšem naopak vysoce ocenili posluchači z řad vědeckých pracovníků. Snahou organizátorů

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



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

letní školy bylo připravit program tak, aby byl zajímavý jak pro studenty tak pro akademické a vědecké pracovníky. Lze konstatovat, že se tento cíl podařilo splnit. Vysoce pozitivně bylo hodnoceno organizační zajištění školy a informovanost účastníků. Stejně jako loni se i letos osvědčilo zajištění stravování formou cateringu, které probíhalo v prostorách, kde byly vystavené poster. Polední pauza i coffee breaky tak byly současně využité k diskusím u jednotlivých posterů. Letní škola přispěla i k navázání a prohloubení kontaktů olomouckých vědců se zahraničními lektory. Zde je možno zmínit např. diskuse prof. Duška s prof. Raritem, diskuse o kvantové kryptografii a možných aplikacích bound entanglovaných stavů mezi Dr. Mištou a prof. Lutkenhausem nebo diskuse prof. Opatrného a Dr. Koláře s J. Valou.

Vzhledem k časovému harmonogramu projektu, který končí 31. května 2014, byly vytipované dva možné termíny konání třetího ročníku školy: konec května 2014 po skončení letního semestru, anebo konec ledna či začátek února 2014 před začátkem letního semestru. Při diskusích s účastníky letní školy se ukázalo, že více preferují termín konec ledna 2014 a proto je navrženo, že třetí ročník školy se uskuteční v tomto termínu.



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

Evaluační dotazník

NÁZEV AKCE: Mezinárodní letní škola Kvantová fyzika a kvantová informace

Místo a doba konání: PŘF UP Olomouc, 22.7.2013 – 25.7.2013

	Bodové hodnocení (1 nejhorší, 10 nejlepší)									
Aktuálnost tématu letní školy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Informativní hodnota letní školy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Přínos pro další studium/výzkum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kvalita přednášejících	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Srozumitelnost výkladu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obdržené materiály	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Organizační zajištění	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Celkové hodnocení letní školy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Poznámky: