



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**ATOMFIZIKAS UN
SPEKTROSKOPIJAS
INSTITŪTS**

Teorētiskās fizikas laboratorijas atskaite par 2024. gadu

LU EZTF ASI seminārs
19.12.2024.

Darbinieki:

- Dr.hab.phys. **Imants Bērsons** (bāzes finansējums)
- Dr.phys. **Rita Veilande**
 - LZP projekts “Dzīvudraba piesārņojums savvaļas putnos Latvijā: pašreizējais stāvoklis un līdzšinējo pārmaiņu rekonstrukcija” (projekta vadītājs Rita Veilande) – projekta pabeigšana bez papildus finansējuma
 - EU projekts «Atomu, molekulu un optisko procesu kvantu dinamiskā kontrole» (Q-DYNAMO) (projekta vadītājs Teodora Velcheva Kirova)
 - LU ASI bāzes finansējums
- Dr. **Teodora Kirova**
 - Latvijas, Lietuvas un Taivānas Pētniecības padomju trīspusējais grants “Atomu sistēmu koherentā optiskā kontrole” (projekta vadītājs prof. Mārcis Auziņš)
 - LZP projekts ”Jaunas kodola apvalka nano šķiedras, kas veidotas, izmantojot koaksiālu elektrisko vērpsanu fotokatalītiskiem lietojumiem” (projekta vadītājs Romans Vīters)
 - EU projekts «Atomu, molekulu un optisko procesu kvantu dinamiskā kontrole» (Q-DYNAMO) (projekta vadītājs Teodora Velcheva Kirova)
 - LU ASI bāzes finansējums
- **Dina Bērziņa**
 - EU projekts «Atomu, molekulu un optisko procesu kvantu dinamiskā kontrole» (Q-DYNAMO) (projekta vadītājs Teodora Velcheva Kirova)
 - LU ASI bāzes finansējums



Horizon Europe projekts Q-DYNAMO – Atomu, molekulu un optisko procesu kvantu dinamiskā kontrole

- Projekta līguma numurs: 101131418 (<https://cordis.europa.eu/project/id/101131418>)
- Projekta partneri:
 - **Latvijas Universitāte (koordinators)**
 - Pisas Universitāte, Itālija - Università di Pisa
 - Ulmas Universitāte, Vācija - Universität Ulm
 - Parmas Universitāte, Itālija - Università Degli Studi di Parma
 - Otago Universitāte, Jaunzēlande - University of Otago
 - Temple Universitāte, ASV - Temple University
 - Mičiganas Universitāte, ASV - University of Michigan
 - Kolorado Universitāte, ASV - University of Colorado
 - Elektrokommunikāciju universitāte, Japāna - University of Electro-Communications
 - Tokijas Zinātnes universitāte, Japāna - Tokyo University of Science
 - Masačūsetsas Bostonas universitāte, ASV – University of Massachusetts Boston
 - Oklendā Universitāte, Jaunzēlande – University of Auckland
- Projekta īstenošanas termiņš: 01.01.2024.-31.12.2027.
- Projekta kopējais finansējums: 404 800 EUR (t.sk. LU daļa – 151 800 EUR)
- Projekta zinātniskā vadītāja: **Teodora Velcheva Kirova**
- Projekta administratīvā vadītāja: **Dina Bērziņa**

Projekta mērķi

- veikt vismodernākos eksperimentālos un teorētiskos pētījumus kvantu optikas kontroles jomā, izstrādājot jaunus kvantu kontroles protokolus pilnajam optiskajam spina-slēdzim, molekulārajai orientācijai, kā arī ar spiniem sapītajiem aukstajiem atomiem ultra-aukstu ķīmisko reakciju produktu kontrolei, Ridberga-jonu molekulām, manipulējot ar ārējiem laukiem (lāzeriem, radiofrekvenču un mikroviļņu laukiem un kvantu starotājiem), kas savienoti ar optiskām nanošķiedrām un dobumiem;
- nodrošināt jaunajiem zinātniekiem (Early Stage Researchers - ESRs) augstas kvalitātes apmācību teorētiskās/eksperimentālās kvantu optikas un kvantu kontroles jomā, nododot zināšanas no nozares ekspertiem jaunajiem dalībniekiem; īpašs uzsvars tiks likts uz papildu prasmju apgūšanu: pētnieciskās darbības plānošana, zinātnisko rezultātu prezentēšana, konferenču tēžu un manuskriptu sagatavošana publicēšanai;
- stiprināt eksistējošās un veidot jaunas starptautiskās sadarbības, izmantojot apmaiņas vizīšu (Staff Exchange - SE) piedāvātās iespējas, tādējādi veicinot tīklošanos starp visiem partneriem un daloties zināšanās starp partneriem ar atšķirīgu pieredzi;
- izplatīt pētījumu rezultātus zinātniekiem un informēt plašāku sabiedrību, kā arī koordinēt turpmākos iespējamus tehniskos pielietojumus ražošanā.

Vairāk par projektu - www.q-dynamo.eu

Projekta aktivitātes (1):

- **WP 1 – Kvantu kontrole izmantojot Autler-Tauna efektu** – Mērķis ir izstrādāt teorētiskus un eksperimentālus platformas modeļus kvantu kontrolei molekulās, kā arī Ridberga atomos, pamatojoties uz Autlera-Tauna efektu, izmantojot ārējos radiofrekvences, mikroviļņu vai lāzera laukus. (Vadītājs: Pizas universitāte)
- **WP 2 – Aukstu atomu un molekulu koherentā kontrole** – mērķis ir panākt saskaņotu aukstu atomu un molekulu kontroli, tostarp atomu sapīšanās, manipulācijas ar kvantu stāvokļiem, ultraaukstu ķīmisko reakciju produktu sadalījumu, t.i., samazināt vai palielināt apdzīvotību noteiktos kvantu stāvokļos, kā arī izstrādāt kvantu stāvokļus no liela attāluma atomu jonu Ridberga molekulām. Lai kontrolētu reakcijas, reaģenti tiks pakļauti statistiskiem un dinamiskiem magnētiskiem laukiem vai optiskiem gaismas laukiem. (Vadītājs: Ulmas universitāte)
- **WP 3 – Kvantu emiteru eksperimentālā realizācija un kontrole** – Mērķis ir izstrādāt eksperimentālu platformu, lai noslazdotu atsevišķu atomu rindu, izmantojot optiskās pincetes, un savienotu atomu rindu ar optiskām nanošķiedrām (ONF). Turklāt tiks pētīta izkārtoto atomu kolektīvā dinamika, ko veicina asimetriska gaismas un vielas mijiedarbība. Platforma tiks ieviesta, lai kontrolētu šķiedru vadītu atsevišķu fotonu ģenerēšanu un izplatīšanos. Paralēli tiks realizēta hibrīda shēma, kurā polarizējamie emiteri (piemēram, atomi) lielā skaitā ir savienoti ar dobuma rezanatoru, kas nodrošina asimetrisku savienojumu, izmantojot gaismas spin-orbītas savienojumu. (Vadītājs: Parmas universitāte)

Projekta aktivitātes (2):

- **WP 4 – Apmācību aktivitātes** – Mērķis ir nodrošināt pētnieku apmācības par mūsdienīgām teorētiskām un eksperimentālām pieejām kvantu optikas un kvantu kontroles jomā, kas tiek izmantotas WP 1-3. No vienas puses, apmācības tiks nodrošinātas mobilitātes komandējumos. No otras puses, tiks organizēti semināri vasaras skolas formātā ar mērķi nodot jaunajiem dalībniekiem specifiskas eksperimentālas un teorētiskas zināšanas no jomas ekspertiem. (Vadītājs: Latvijas Universitāte)
- **WP 5 – Vadības, komunikācijas un izplatīšanas pasākumi** – Mērķi ir, pirmkārt, nodrošināt efektīvu projekta īstenošanu zinātniskā un administratīvā līmenī. Pasākumi ietver pārliecību, ka mobilitātes komandējumi tiek izpildīti; savlaicīga visas projekta dokumentācijas un atskaišu sagatavošana; saziņa ar Eiropas Komisiju (REA) un konsorcijs ietvaros. Otrkārt, nodrošināt projekta īstenošanas laikā iegūto rezultātu efektīvu komunikāciju, izplatīšanu un izmantošanu zinātniskā, kā arī plašākas sabiedrības līmenī. (Vadītājs: Latvijas Universitāte)

Mobilitātes 2024.gadā: ap 10,6 mēneši (kopā plānotas 88+30, LV: 33)

University of Latvia → University of Parma + University of Pisa +
University of Ulm 05.03.2024 - 04.04.2024 →

Ulm University → University of Parma + University of Pisa
19.03.2024-24.03.2024 →

University of Latvia → Tokyo University of Science 01.04.2024 -
30.04.2024 →

Ulm University → University of Colorado 02.08.2024-13.09.2024 →

University of Latvia → Temple University 01.09.2024-31.10.2024 →

Ulm University → Tokyo University of Science 14.09.2024 -
22.09.2024 →

University of Parma → Tokyo University of Science 01.10.2024-
22.12.2024 →

University of Latvia → Tokyo University of Science 15.11.2024 -
14.12.2024 →

LU īstenotās mobilitātes:

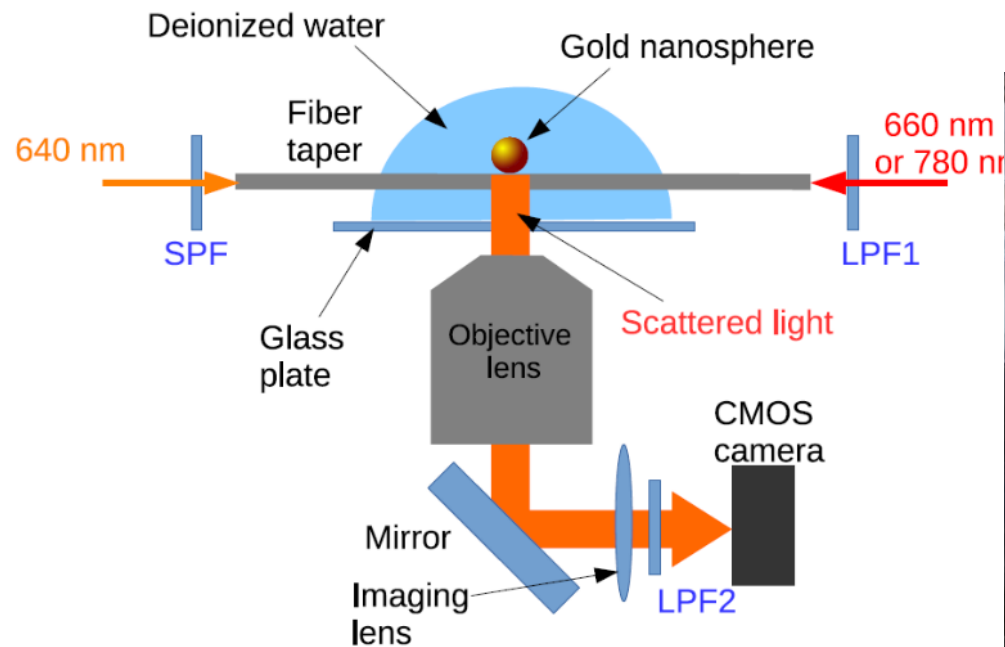
1. **Parmas Universitāte**, Parma, Itālija, Prof. Sandro M. Wimberger
✓ T.Kirova 5.-14.03.2024
2. **Pizas Universitāte**, Piza, Itālija, Prof. Donatella Ciampini
✓ T.Kirova 15.-25.03.2024
3. **Ulmas Universitāte**, Ulma, Vācija, Prof. Johannes H. Denschlag
✓ T.Kirova 25.03.-04.04.2024
4. **Tokijas Zinātnes universitāte**, Tokija, Japāna, Prof. Mark Sadgrove
✓ R.Veilande 01.-30.04.2024
✓ T.Kirova 15.11.-14.12.2024
5. **Temples Universitāte**, Filadelfija, ASV, Prof. Marjatta Lyyra
✓ R.Veilande 01.09.-31.10.2024
✓ D.Bērziņa 01.-31.10.2024

Tokijas Zinātnes universitāte



Tokijas Zinātnes universitāte

- Prof. **Mark Sadgrove** Nano transporta laboratorija - pēta un kontrolē nanomēroga objektu kustību nanošķiedrās, izmantojot gaismu, t.sk. nanodaļiņas, fotonus un atomus (Au, retzemju elementi).



Q-Dynamo, Tokijas Zinātnes universitātē

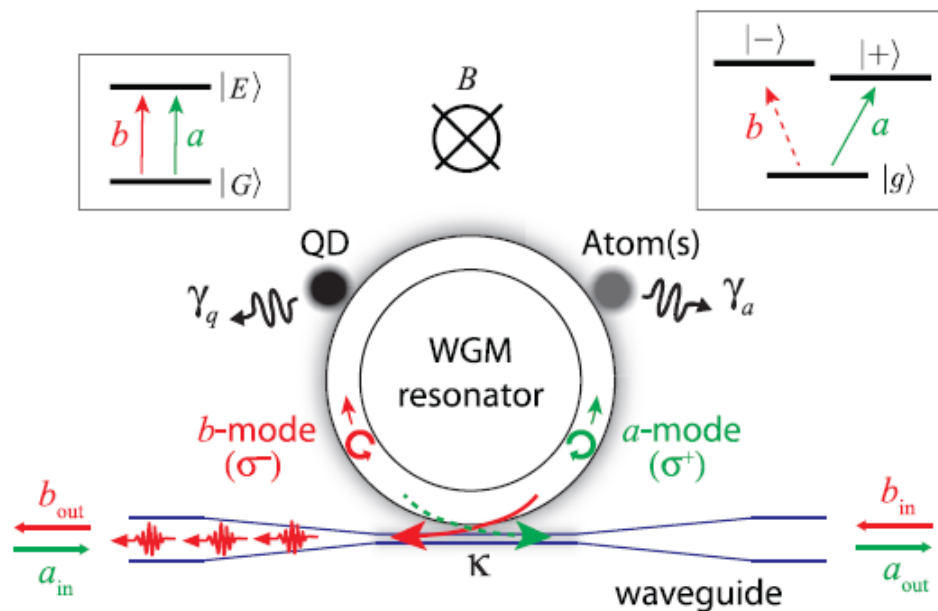
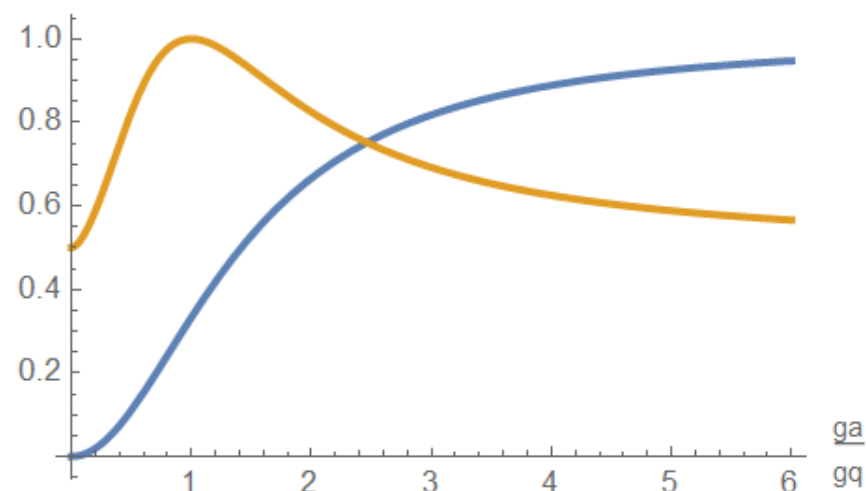


FIG. 1. Illustration of the system under consideration. A two-level quantum dot (QD) and a V-type three-level atom (or atoms) are coupled to the same whispering-gallery-mode (WGM) resonator. We label the counterclockwise circulating mode (polarization σ^+) of the resonator a and the clockwise circulating mode (polarization σ^-) b . The depicted decay channels are atomic spontaneous emission at rate γ_a , quantum dot spontaneous emission at rate γ_q , and decay from each cavity mode at rate κ into a waveguide (which could, e.g., be a tapered optical fiber). A magnetic field B may also be applied as shown.

$$\begin{aligned} \frac{d\hat{\rho}}{dt} = & -i[\hat{H}, \hat{\rho}(t)] + \kappa(\mathcal{D}[\hat{a}] + \mathcal{D}[\hat{b}])\hat{\rho}(t) \\ & \times \frac{\gamma_q}{2}\mathcal{D}[\hat{\sigma}_{q-}]\hat{\rho}(t) + \frac{\gamma_a}{2}(\mathcal{D}[\hat{\sigma}_{a-}] + \mathcal{D}[\hat{\sigma}_{b-}])\hat{\rho}(t) \\ \mathcal{D}[\hat{O}]\bullet \equiv & 2\hat{O}\bullet\hat{O}^\dagger - \hat{O}^\dagger\hat{O}\bullet - \bullet\hat{O}^\dagger\hat{O}, \end{aligned}$$

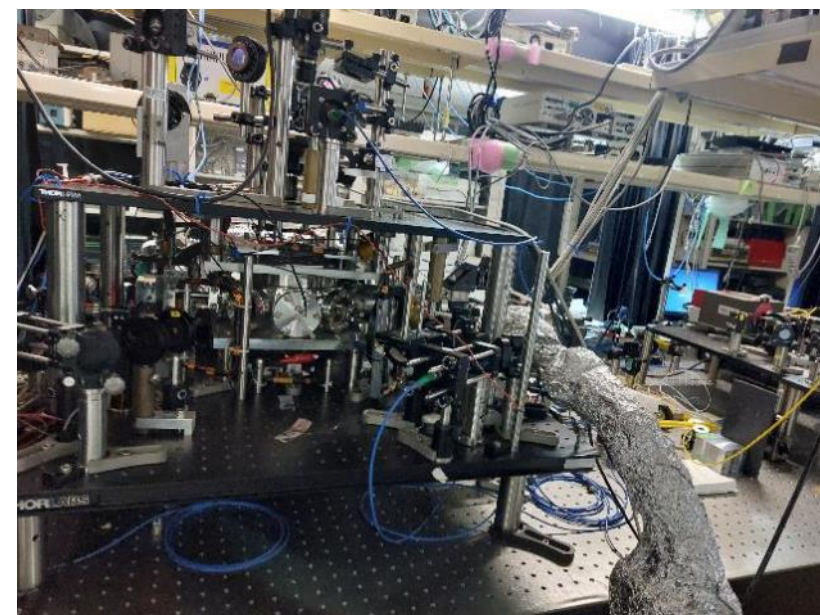
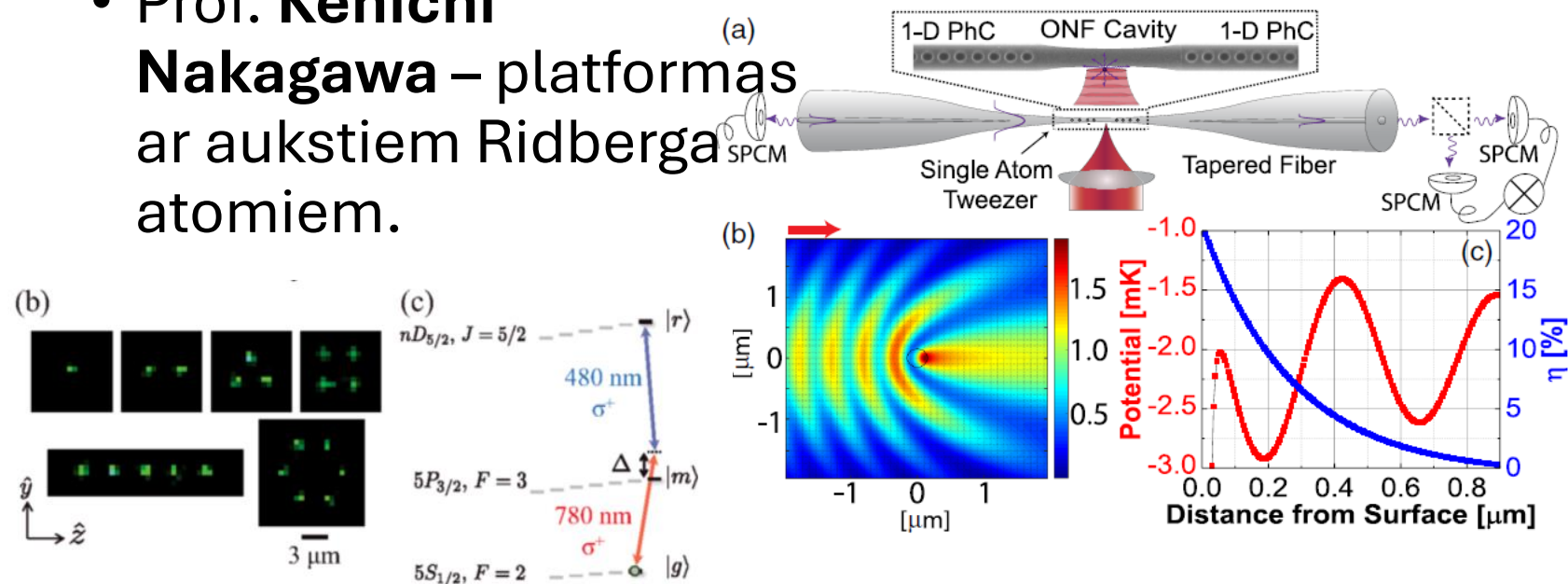
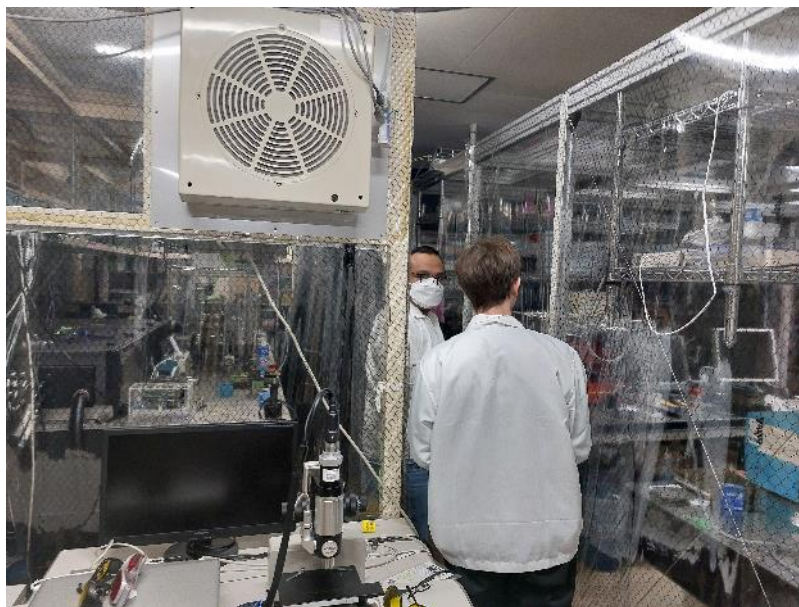
directionality (blue) and Entanglement (orange)



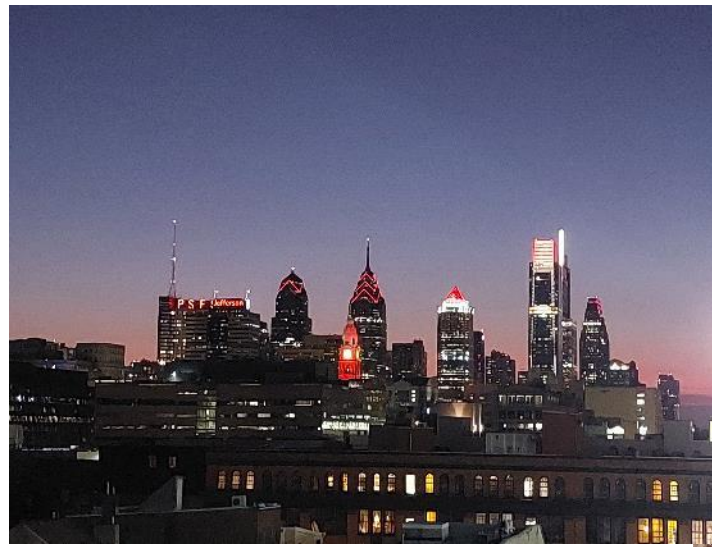
[Lucas Ostrowski, Scott Parkins, Morito Shirane, and **Mark Sadgrove** «Interference-induced directional emission from an unpolarized two-level emitter into a circulating cavity», Phys Rev A 105, 063719 (2022)]

Elektrokomunikāciju universitāte

- Prof. **Kali Prasanna Nayak** lab - viena atoma kvantu saskarnes izstrāde uz optiskās šķiedras.
- Prof. **Kenichi Nakagawa** – platformas ar aukstiem Ridberga atomiem.



Temples Universităte, ASV



Temples Universitāte

- **Prof. A.Marjattas Lyyra grupa** - Atomu, molekulārā un optiskā fizika — uzsvars uz molekulāro kvantu kontroli.
- Mūsu vizītes laikā eksperimenti tika veikti augsti ierosinātiem elektroniskajiem stāvokļiem Rb_2 un Cs_2 molekulām.



The background of the image is a dark blue, almost black, wood grain texture. The grain runs vertically, with some lighter blue and greenish-yellow streaks and knots visible. The texture is highly detailed, showing the natural patterns of wood.

Paldies par uzmanību!