

## RTU studiju kurss "Kvantu sakaru sistēmas"

33000 Datorzinātnes, informācijas tehnoloģijas un enerģētikas fakultāte

**Vispārējā informācija**

Kods	DE1004
Nosaukums	Kvantu sakaru sistēmas
Studiju kursa statuss programmā	Obligātais/Ierobežotās izvēles; Brīvās izvēles
Atbildīgais mācībspēks	Andis Supe - Doktors, Vadošais pētnieks
Mācībspēks	Jurgis Poriņš - Doktors, Profesors Oskars Ozoliņš - Doktors, Profesors (tenūra) Sandis Spolītis - Doktors, Profesors Rihards Mūrmieks - Doktors, Docents Ints Murāns - Pētnieks
Apjoms daļās un kredītpunktos	1 daļa, 9,0 kredītpunkti
Studiju kursa īstenošanas valodas	LV, EN
Anotācija	Studiju kursa ietvaros studenti iegūst zināšanas par kvantu informācijas pārraidi, kvantu atslēgām, kvantu sakaru protokoliem un nākotnes kvantu interneta iespējamo inženiertehnisko infrastruktūru. Šobrīd kvantu zinātne ir aizgājusi tik tālu, ka jau ir realizēti vairāki kvantu informācijas tīklu koncepti pasaulē, tādi ka DARPA QKD, SECOQC Vienna, Tokyo QKD, Geneva area network, QUESS China un citi. Kvantu fotonika, tuvā nākotnē, neapšaubāmi paries no zinātniskajām laboratorijām uz inovatīvajām kriptēto sakaru tehnoloģijām, jo fotonu izplatīšanās ātrums ir gaismas ātrums un fotonu kodēšanu var realizēt frekvenču, fāžu, amplitūdu, polarizāciju un laika atšķirīgos stāvokļos. Pie tam, eksistējošas šķiedru optiskās pārraides sistēmas var daļēji nodrošināt tehnoloģisko uzturēšanu nākotnes kvantu sakariem.
Mērķis un uzdevumi, izteikti kompetencēs un prasmēs	Studiju kursa mērķis ir sniegt zināšanas par kvantu informācijas pārraidi, kvantu atslēgām, kvantu pārraides protokoliem, sistēmas elementiem un to pielietojumu kvantu šķiedru optiskajos sakaros. Studiju kursa uzdevumi: - sniegt pamata zināšanas un pieredzi par kvantu šķiedru optiskajiem sakariem; - iemācīt pielietot vienkāršus kvantu algoritmus kvantu signālu apstrādei; - eksperimentālajā laboratorijā radīt studentiem priekšstatu par faktisko kvantu signālu pārraidi; - atfistīt izpratni par eksistējošo sakaru sistēmu infrastruktūru un tās uzlabošanas iespējām kvantu fotonu pārraidei.
Patstāvīgais darbs, tā organizācija un uzdevumi	Studiju kursa ietvaros studentu patstāvīgais darbs tiks organizēts šādi: - jāatrisina mācībspēka definētie uzdevumi, parādot lekcijās iegūto zināšanu izmantošanu; - jāapkopo un jāizanalizē jaunākie publicētie pētījumu rezultāti par kvantu sakariem; - pielietojot iegūtas teorētiskās zināšanas jāizveido kvantu sakaru sistēmas matemātisko modeli modelēšanas vidē; - izpētīt laboratorijā pieejamas iekārtas jāizstrādā kvantu fotonu eksperimentālo sakaru sistēmu.
Literatūra	Obligātā/Obligatory: 1. Cariolaro, Gianfranco. Quantum Communications. Springer International Publishing, 2015. 2. C. Gerry, P. Knight. Introductory Quantum Optics. Cambridge University Press, 2010. 3. Mario Krenn, Mehul Malik, Thomas Scheidl, Rupert Ursin, Anton Zeilinger. Quantum communication with photons. Springer International Publishing, 2016. Papildu/Additional: 1. Sandor Imre, Laszlo Gyongyosi. Advanced Quantum Communications: An Engineering Approach. Wiley-IEEE Press, 2012. 2. Daniele Cozzolino, Beatrice Da Lio, Davide Bacco, Leif Katsuo Oxenløwe. High-Dimensional Quantum Communication: Benefits, Progress, and Future Challenges. Advanced Quantum Technologies, 2019. 3. Yu-Ao Chen u.c. An integrated space-to-ground quantum communication network over 4,600 kilometres. Nature, 2021. 4. Jianwei Wang, Fabio Sciarrino, Anthony Laing, Mark G. Thompson. Integrated photonic quantum technologies. Nature Photonics, 2019. 5. R. Lin, A. Udalcovs, O. Ozolins, M. Tang, S. Fu, S. Popov, T. Ferreira da Silva, G. B. Xavier, and J. Chen. Embedding Quantum Key Distribution into Optical Telecom Communication Systems. IEEE, 2019. 6. R. Lin, A. Udalcovs, O. Ozolins, X. Pang un citi. Telecommunication Compatibility Evaluation for Co-existing Quantum Key Distribution in Homogenous Multicore Fiber. IEEE Access, 2020. 7. R. Lin, A. Udalcovs, O. Ozolins, X. Pang, L. Gan, L. Shen, M. Tang, S. Fu, S. Popov, C. Yang, W. Tong, D. Liu un citi. Telecom Compatibility Validation of Quantum Key Distribution Co-existing with 112 Gbps/core Data Transmission in Non-Trench and Trench-Assistant Multicore Fibers. IEEE, 2018.
Nepieciešamās priekšzināšanas	Šķiedru optikas pārraides sistēmas, ciparu optiskās sakaru sistēmas, informācijas optiskās apstrādes fizika.

**Studiju kursa saturs**

Saturs	Pilna un nepilna laika klātienes studijas		Nepilna laika neklātienes studijas	
	Kontakt stundas	Patstāv. darbs	Kontakt stundas	Patstāv. darbs
Ievads kvantu fotonu sakaros.	4	6	0	0

Klasisko un kvantu sakaru sistēmu salīdzinājums.	8	12	0	0
Kvantu tehnoloģijas kvantu informācijas apstrādei.	8	12	0	0
Kvantu sakaru protokoli.	8	12	0	0
Kvantu fotonu gaismas avoti un uztvērēji.	4	6	0	0
Divu fotonu interference.	8	12	0	0
Kvantu sajaukšana.	8	12	0	0
Kvantu kompresija.	8	12	0	0
Kvantu sakaru sistēmas ar OOK, BPSK, QAM, PSK un PPM modulācijām.	16	24	0	0
Praktiskie un eksperimentālie darbi bināro un daudzlīmeņu kvantu fotonu pārraidē mācību-zinātniskajā laboratorijā.	24	36	0	0
<b>Kopā:</b>	<b>96</b>	<b>144</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### **Sasniedzamie studiju rezultāti un to vērtēšana**

Sasniedzamie studiju rezultāti	Rezultātu vērtēšanas metodes
Spēj kompetenti orientēties kvantu šķiedru optiskajos sakaros, patstāvīgi risināt ar tiem saistītos uzdevumus, pārzina sakaru sistēmu galveno elementu pamatparametrus un to struktūru.	Kontroldarbs. Jautājumi eksāmenā.
Spēj analizēt jaunākās zinātniskās publikācijas par kvantu sakariem.	Praktiskais darbs.
Spēj izveidot vienkāršu kvantu sakaru sistēmas matemātisko modeli datorsimulācijas vidē. Prot novērtēt lineāro efektu un trokšņa ietekmi uz kvantu signālu pārraidi.	Praktiskais darbs. Jautājumi eksāmenā.
Spēj izstrādāt kvantu fotonu sakaru sistēmu mācību-zinātniskajā laboratorijā, pielietot dažāda tipa kvanta fotonu gaismas avotus un uztvērējus, ka arī novērtēt izvēlēta modulācijas formāta pielietojamību signālu pārraidē.	Kontroldarbs. Praktiskie un laboratorijas darbi. Jautājumi eksāmenā.

### **Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji**

Kritērijs	% no kopējā vērtējuma
Kontroldarbi	40
Praktiskie un laboratorijas darbi	30
Eksāmens	30
<b>Kopā:</b>	<b>100</b>

### **Studiju kursa plānojums**

Daļa	KP	Stundas			Pārbaudījumi			Brīvās izvēles pārbaudījumi		
		Lekcijas	Prakt d.	Laborat	Ieskaite	Eksām.	Darbs	Ieskaite	Eksām.	Darbs
1.	9.0	32.0	32.0	32.0		*			*	