

Warsaw University of Technology | Doctoral School No. 3

Course offered in the Doctoral School No. 3
– Spring semester of the 2021/2022 academic year

TITLE
Information quantum technologies
CONDUCTING UNIT
Doctoral School No. 3
SCIENTIFIC DISCIPLINE
Information and communication technology
IMPLEMENTING UNIT
103000 - Faculty of Electronics and Information Technology
SUMMARY DESCRIPTION
Informacyjne technologie kwantowe (ITK) nie są wykładane w postaci zwartej jako całość tworząca nowy obszar nauk inżynieryjno-technicznych, obejmujących w szczególności dyscypliny naukowe AEE oraz ITT. Obszar ten jest interdyscyplinarny i obejmuje następującą wiedzę z przymiotnikiem kwantowa: zasadę działania, technologię elementów i urządzeń funkcjonalnych, fotonikę, informatykę, architekturę komputerów, atomowe zagary, czujniki i urządzenia pomiarowe, złożone systemy kwantowe, metody programowania, itp. Przy obecnym szybkim rozwoju obszaru IKT, przedmiot na ten temat wydaje się wręcz obowiązkowy.
FULL DESCRIPTION
Informacja kwantowa, której jednostką elementarną jest kubit, jest zawarta w skwantowanym, dyskretnym stanie układu kwantowego. Od informacji klasycznej odróżnia ją charakter probabilistyczny oraz możliwość zakodowania w nielokalnych związkach pomiędzy układami kwantowymi. Kwantowe związki nielokalne, będące powszechną właściwością wszechświata, nazywamy stanami splątanymi. Układ kwantowy jest obiektem podlegającym mechanice kwantowej i jest ograniczony rozmiarowo do skali atomowej. Kubit jest dowolną superpozycją dwóch stanów kwantowych oznaczanych jako $ 0\rangle$ i $ 1\rangle$. Odczytując wartość kubitu uzyskuje się z pewnym prawdopodobieństwem wartość 0 lub 1. Nie można przewidzieć która wartość zostanie odczytana. Stan układu kwantowego jest nietrwały, ograniczony przez czas dekoherencji. Czas ten, zdeterminowany szumem i właściwościami układu odczytu, ogranicza skalowalność technologii kwantowych. Kubitem są np. elektron i jego dwuwartościowy spin, foton i jego dwuwartościowy stan polaryzacji, jon z odpowiednio wybranymi dwoma poziomami energetycznymi, ale też molekuły posiadające spin, oscylatory kwantowe czy kwazicząstki. Rejestr kwantowy jest uporządkowanym układem kubitów. Z kubitów i ich układów buduje się logiczne bramki kwantowe. Z

kubitów, bramek kwantowych i układów kontrolno-sterujących buduje się systemy kwantowe: komputery, zegary, czujniki, systemy pomiarowe, urządzenia, grawimetry, akcelerometry, i wiele innych. Do kontroli kubitów potrzeba jest zaawansowana fotonika, ultrastabilne przestrajalne lasery jednoczęstotliwościowe oraz zaawansowana, najlepiej standaryzowana elektronika.

Zawartość wykładu: obszar informacyjnych technologii kwantowych, informatyczna teoria kubitów, komputing kwantowy, kryptografia kwantowa, fizyczna realizacja kubitów, kubity magnetyczne i optyczne, kubity stacjonarne i ruchome, teoria komputera kwantowego, inżynieria komputera kwantowego, kwantowy komputer fotoniczny, kwantowe środowiska chmurowe, czujniki kwantowe, obrazowanie kwantowe, zegary atomowe, telekomunikacja kwantowa, środowisko projektowe ARTIQ-SINARA, Odbycie kursu fizyki dla inżynierów, odbycie ogólnego wykładu z optoelektroniki lub fotoniki, ogólna znajomość architektury komputerów, odbycie wykładu z teorii sygnałów;

LITERATURE

- [1] T. Fortier and E. Baumann (2019). 20 years of developments in optical frequency comb technology and applications. Commun Phys, Vol. 2, Issue 153, pp. 1-15.
- [2] J. Tom, et al (Dec. 2020), Exploring the role of high-purity laser light in quantum technology, Photonics Spectra.
- [3] T. Ladd et al. (2010). Quantum computers. Nature, Vol. 464, Issue 45, pp. 45-53.
- [4] X. S.L. Bayliss et al. (2020), Optically addressable molecular spins for quantum information processing, arXiv 2004.07998.
- [5] X. G. Wolfowicz, et al (2020), Vanadium spin qubits as telecom quantum emitters in silicon carbide, arXiv 1908.09817.
- [6] Z. Ma, et al. (Dec. 2020), Ultrabright quantum photon sources on chip, PRL 125, 263602.
- [7] H-S. Zhong, et al. (2020), Quantum computational advantage using photons, Science 370(6523), 1460-1463,
- [8] D.P. DiVincenzo (2000), The physical implementation of quantum computation, arxiv:quant-ph/02077.
- [9] G.B. Lemos, et al. (Jan. 2014), Quantum imaging using undetected photons, Nature.
- [10] <http://scienceinpoland.pap.pl/en/news/news%2C33740%2Ctwo-polish-scientists-eu-quantumtechnologies-advisory-board.html>
- [11] <https://github.com/sinara-hw/meta/wiki/Team>
- [12] <https://sinara-hw.github.io/>
- [13] <https://m-labs.hk/experiment-control/artiq/>
- [14] <https://github.com/sinara-hw/meta/wiki/Status>
- [15] C.J. Ballance, et al (2016), High-fidelity quantum logic gates using trapped-ion hyperfine qubits, PRL 117, 060504.

Podana literatura ma charakter przykładów

LEARNING OUTCOMES

Systematyczne opanowanie przez słuchacza wykładu wiedzy na temat informatycznych technologii kwantowych. Zdobycie elementarnych umiejętności samodzielnego działania w kwantowym środowisku projektowym Artiq-Sinara.

LANGUAGE OF THE COURSE		ECTS CREDITS
English		2
TYPE OF CLASSES	NUMBER OF HOURS	COURSE INSTRUCTOR
Lecture	30	Ryszard Romaniuk, prof. dr hab. inż.