

# Kvantno računanje

## Studentski projekti

### Qiskit projekti

Qiskit je open source okruženje (bazirano na Pythonu) za rad s IBM Q Experience kvantnim računalima. Cilj ovog projekta je ovladati s Qiskitom te implementirati (i izvršiti) jedan od algoritama. Svoje rezultate, uz teorijsko objašnjenje algoritma, trebate prezentirati u kratko članku.

#### Algoritmi za ocjenu 5:

1. Simonov algoritam: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/simon.html>
2. Shorov algoritam: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/shor.html>
3. Groverov algoritam (primjena sudoku): <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/grover.html>
4. Groverov algoritam (primjena 3-SAT): <https://qiskit.org/textbook/ch-applications/satisfiability-grover.html>
5. QAOA i kombinatorni problemi <https://qiskit.org/textbook/ch-applications/qaoa.html>
6. VQE i simuliranje molekula <https://qiskit.org/textbook/ch-applications/vqe-molecules.html>

7. Kvantno-klasične neuronske mreže <https://qiskit.org/textbook/ch-machine-learning/machine-learning-qiskit-pytorch.html>
8. Rješavanje linearnog sustava: [https://qiskit.org/textbook/ch-applications/hhl\\_tutorial.html](https://qiskit.org/textbook/ch-applications/hhl_tutorial.html)
9. Kvantne šetnje: <https://arxiv.org/pdf/2002.01905.pdf>
10. Kvantno prebrojavanje: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/quantum-counting.html>
11. Određivanje faze: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/quantum-phase-estimation.html>
12. Kvantno minimalno razapinjuće stablo: <https://arxiv.org/pdf/1804.03719.pdf>
13. Distribucija kvantnih ključeva: <https://github.com/Qiskit/textbook/blob/main/notebooks/ch-algorithms/quantum-key-distribution.ipynb>
14. Kvantno ispravljanje grešaka: <https://qiskit.org/textbook/ch-quantum-error-correction-repetition-code.html>

Možete i sami predložiti temu seminara. Npr. pogledajte algoritme na <https://qiskit.org/textbook/preface.html> kao i qiskit challenge probleme.

### **Ostali algoritmi**

1. Kvantna teleportacija: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/teleportation.html>
2. Deutchov algoritam: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/deutsch-jozsa.html>
3. Bernstein-Vaziranijev algoritam: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/bernstein-vazirani.html>

4. “Supergusto” kodiranje: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/superdense-coding.html>

Osnovna literatura je Qiskit textbook

<https://qiskit.org/textbook/preface.html>.

Također postoje i razni tutoriali

[https://nbviewer.jupyter.org/github/Qiskit/qiskit-tutorials/blob/master/qiskit/1\\_start\\_here.ipynb](https://nbviewer.jupyter.org/github/Qiskit/qiskit-tutorials/blob/master/qiskit/1_start_here.ipynb)

Kao i ovaj user guide

<https://quantum-computing.ibm.com/support/guides/user-guide?section=5dcb2b45330e880045abccb0>

## Nalaženje krivotvorenih novčića (ocjena 5)

Pretpostavimo da nam je dano  $N$  novčića od kojih je  $k$  krivotvoreno. Svi pravi novčići kao i svi lažni imaju istu masu (ali su te dvije mase različite). Imamo vagu na kojoj možemo usporediti masu dvaju podskupova novčića. Klasično nam je potrebno  $\Omega(k \log(N/k))$  mjerenja da bi identificirali sve lažne novčiće. U kvantnoj verziji imamo proročicu koja nam kaže jesu li dva odabrana podskupa istog kardinaliteta balansirana ili nebalansirana. Iwama et al. su pokazali da se na kvantnom računalu lažni novčići mogu identificirati u  $O(k^{1/4})$  koraka. Cilj ovog projekta je objasniti taj algoritam (prema članku: Iwama et al., Quantum Counterfeit Coin Problems, <https://arxiv.org/abs/1009.0416>).

## Formalizam matrica gustoće i postulati kvantne mehanike

Cilj ovog projekta je preko formalizma matrica (ili operatora) gustoće (density operators) postulirati kvantnu mehaniku i objasniti prednosti ili primjene ovog pristupa. Za literaturu preporučamo odjeljak 2.4 u knjizi Nielsen, Chuang: Quantum computation and Quantum information.

## **Delayed-choice quantum eraser**

Cilj ovog projekta je izložiti poznati misaoni eksperiment iz kvantne mehanike (zajedno s njegovim filozofskim implikacijama).

## **Lokalne igre, Bellove nejednakosti i slučajnost (ocjena 5)**

Cilj ovog projekta je izložiti osnovne ideje iz presjeka tema iz naslova.

<https://www.americanscientist.org/article/the-quest-for-randomness>

<https://www.americanscientist.org/article/quantum-randomness>

<https://qiskit.org/textbook/ch-demos/chsh.html>

## **Kodovi za ispravljanje grešaka i teorija igara**

Cilj ovog projekta je obraditi vezu između kodova za ispravljanje grešaka i raznih kombinatornih igara.

<https://arxiv.org/pdf/math/9504211>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/1057187>

## **(Kvantni) LDPC kodovi**

Cilj ovog projekta je izložiti neke ideje vezane uz (kvantne ili klasične) low-density-parity-check (LDPC) kodove. Npr. jedna od primjena je i u fazi information reconciliation kod kvantne razmjene ključeva.

<https://arxiv.org/abs/2103.06309>