

# Technologie kwantowe w zadaniach optymalizacyjnych i uczeniu maszynowym.

dr Sebastian Zając

Wirtualne Seminarium z Badań Operacyjnych

12.02.2024

## Sztuczna inteligencja

Rozwój związany z procesowaniem danych wspomagający rozpoznawanie wzorców (ML, DL), ale również generowanie i tworzenie nowych danych (GenAi, LLM).

- Wykładniczy wzrost ilości (treningowych) danych dostępnych w social mediach, internecie, aplikacjach mobilnych, IoT.
- Wzrost możliwości i spadek ceny (kosztów) jakości sprzętu komputerowego - co-procesory GPU, TPU, ...
- Oprogramowanie Open Source

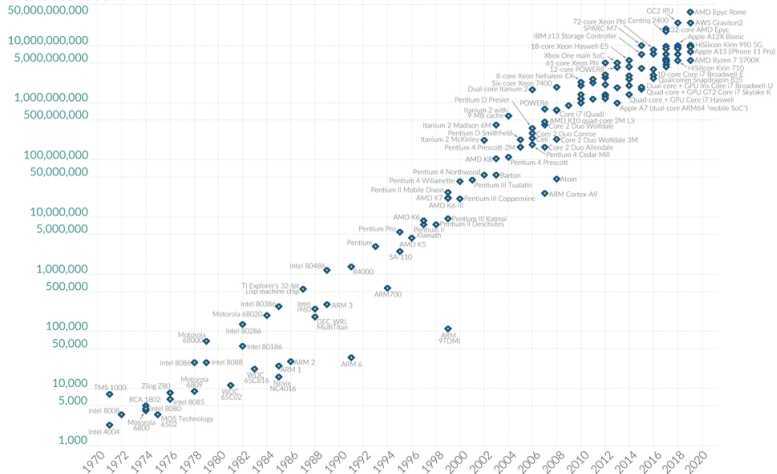


## Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

Our World  
in Data

### Transistor count



Data source: Wikipedia ([wikipedia.org/wiki/Transistor\\_count](https://wikipedia.org/wiki/Transistor_count)) Year in which the microchip was first introduced

OurWorldInData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Zwiększenie szybkości działania oraz pojemności klasycznych komputerów co dwa lata zmniejszając przy tym koszty.

## Fizyczne (klasyczne) ograniczenia

- Rozmiary tranzystora  $>$  rozmiary atomów lata 90  $500nm$  obecnie  $14nm$  i  $7nm$
- Prędkość światła  $\sim$  max. prędkość przesyłu informacji.
- wysoki koszt wytwarzania (kierunek układów wieloprocesorowych)
- wysoki pobór prądu, ciepło

Nature isn't classical, dammit, and if you want to make a simulation of Nature, you'd better make it quantum mechanical, and by golly it's a wonderful problem because it doesn't look so easy. **Richard Feynman**

- 1936 Alan Turing "On Computable Numbers"
- 1976 Roman S. Ingarden "Quantum Information Theory"
- 1980 Paul Benioff - teoretyczna możliwość komputerów kwantowych
- 1981 Richard Feynman - symulowanie procesów kwantowych.
- 1994 Peter Shor - Algorytm faktoryzacji liczb w czasie wielomianowym.
- 1996 Lov Grover - Algorytm Grover'a
- 2000 pierwszy 5-kubitowy kwantowy komputer
- 2011 D-Wave pierwsza sprzedaż komercyjnego komputera kwantowego
- 2019 quantum supremacy
- ...

Obliczenia kwantowe (Quantum Computing) to nowy paradygmat przetwarzania informacji wykorzystujący własności mechaniki kwantowej - *kubit, superpozycja, splątanie*.

## Modele obliczeń kwantowych

- Quantum Circuits - bramkowy model obliczeń kwantowych
- adiatyczne obliczenia kwantowe,
- topologiczne komputery kwantowe

## jeszcze jedna zasada

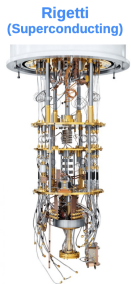
Dekoherencja - oddziaływanie „niszczące” stan kwantowy  
ERA Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ)

(2021-2023)

# Quantum Machines



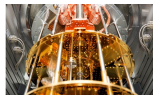
Google  
(Superconducting)



Rigetti  
(Superconducting)



IBM (Superconducting)



Baidu Qianshi  
(Superconducting)



ATOS  
(Simulator)

Xanadu (Photonic)



## What makes them all work?

*Qubit (or quantum bit) is the fundamental model of quantum information and its manipulation*

*Quantum circuit is a model of quantum computation, involving qubits and operations on them*



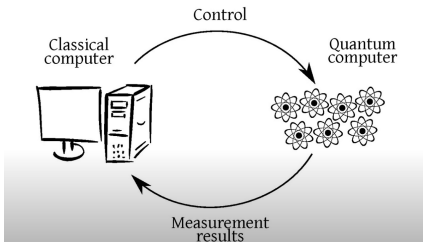
SpinQ  
(MR)



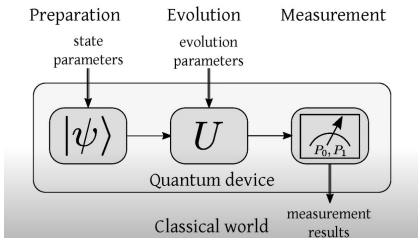
4 / 17

# Proces obliczeń kwantowych

Quantum computation control loop



Computation as experiment





# Gdzie zacząć?

## Obliczenia kwantowe

- IBM Quantum Lab Jupyterlab
- D-Wave
- Xanadu
- AWS Braket
- Google Cirq

## Programowanie

- Python: Qiskit, PennyLane, TensorFlow Quantum, Cirq
- Julia: Braket.jl, Yao.jl

QPoland, QuantumAI foundation, Wprowadzenie do kwantowego uczenia maszynowego- wykład SGH.