

# Kvantum programozás

## Elméleti alapok, háttér

Czégel András

2021

# Disclaimer

A következő képsorok a nyugalom megzavarására alkalmasak.

# Disclaimer

De nem kell tőlük félni.

A cél a koncepciók megértése, terminológia bemutatása.

A kurzus kézi számolgatást nem fog számonkérni.

*(de pl nehéz megírni egy for ciklust is ha az ember nem ismeri a természetes számokat)*

Az egyetlen elmélet-nehéz óra a félévben.

# Komplex számok

Először is: miért szükségesek?

# Komplex számok röviden

$$e^{i\phi} = \cos(\phi) + i \sin(\phi)$$

Vagy lehet  $a + bi$  is, ezzel jobban látható, hogy egy 2 dimenziós vektortérrel van szó  $\mathbb{R}$  felett.

# Skalárok, Vektorok

Skalárok: egyszerű számok, a szokásos műveleteinkkel (*komplex számok*)

Vektorok: számsorok lényegében, komplex elemekkel. A vektor alapból oszlopvektor.

# Vektorok, vektorműveletek

$$v = |v\rangle = \begin{bmatrix} 1 - 2i \\ 1 \\ 0.5 \\ i \end{bmatrix}$$

$$v^* = \langle v| = [1 + 2i \quad 1 \quad 0.5 \quad -i]$$

$$v^* v = \langle v|v\rangle = 7.25$$

$$vv^* = |v\rangle \langle v| = \begin{bmatrix} 5 & 1 - 2i & 0.5 - i & 2 - i \\ 1 + 2i & 1 & 0.5 & -i \\ 0.5 + i & 0.5 & 0.25 & -0.5i \\ -2 + i & i & 0.5i & 1 \end{bmatrix}$$

# Mátrixok, mátrixműveletek

$$|v\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$XZ = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad X|v\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$



# Tenzorszorzat, vektorokon

$$|v\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = |1\rangle$$

$$|v\rangle \otimes |v\rangle = |1\rangle \otimes |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 * 0 \\ 0 * 1 \\ 1 * 0 \\ 1 * 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = |11\rangle \quad \textit{decimálisan 3}$$

# Tenzorszorzat, mátrixokon

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$$

$$X \otimes Y = \begin{bmatrix} 0 * 0 & 0 * (-i) & 1 * 0 & 1 * (-i) \\ 0 * i & 0 * 0 & 1 * i & 1 * 0 \\ 1 * 0 & 1 * (-i) & 0 * 0 & 0 * (-i) \\ 1 * i & 1 * 0 & 0 * i & 0 * 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & i & 0 \\ 0 & -i & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

# Sajátérték, sajátvektor

$$X |\psi\rangle = \lambda |\psi\rangle$$

Fizikai jelentősége van, fontos lesz még

# Mátrix tulajdonságok

Szimmetrikus (Komplexül: Hermitikus vagyis Hermitian)  
Ezt majd mérések bázisaként használjuk majd ki.

Ortogonális (Komplexül: Unitér vagyis Unitary)  
Ezt majd a kapuknál használjuk ki.

# Intro

Csak alkalmazott matematika? - nincs is sok slide

# Alapok

*Vége a munkának, jön a mese...*

## Hullámfüggvény

*Wavefunction*

## Bizonytalanság, valószínűség

*Uncertainty, probability*

## Schrödinger példája

*ő az akinek a macskája azóta is él picit*

# Jelenségek

## Kettős rés kísérlet

*Double slit experiment*

## Hullám és részecske

*Wave and particle*

## Szuperpozíció

*határozott talán*

# Mérnöki problémák

## Tranzisztorok mérete

*..3-5nm GAAFET atm*

## Kvantum alagút effektus

*Quantum tunnelling*

## Architektúra, megvalósítás

*0 Kelvin nagyon hűvös*



# Mérnöki problémák

## Fizikai korlátok

*qubitek elrendezései*

## Pontosság, dekoherencia

*NISQ era*

Mérnökök valósítják meg, de elméleti fizikusok találják ki

*akik ritkán látják a napot de annál többet tudnak róla...*

# Informatikai problémák

N ? NP

*Ezzel csak kezdeni jó*

Exponenciális gyorsítás?

*csak elméletben nagyrészt*

Valódi problémák megoldásához még kevés

*Shor híres algoritmusához többmillió qubit kellene*

# Informatikai problémák

Kevés magasabb szintű nyelv.

*Egyre több!*

A terület nagyon elméleti.

*volt pár évvel ezelőtt még*

Kevés algoritmus létezik még

*És azt is fizikusok írták.*