

Kvantum számítás semleges atomokkal

Dura-Kovács Balázs

2025. november 8, Pécs

A Max Planck Társaság



Kvantumoptikai
Intézet (MPQ)

- Független kutatóhálózat
- 84 intézet
- 18 000 kutató
- 31 Nobel-díjas



Tudományos részlegek (MPQ)

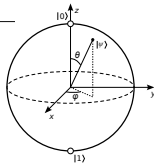


2023



2005

	Klasszikus	Kvantum bit
Fizikai rendszer	2 állapotú rendszer	2 állapotú kvantum rendszer
Matematikai reprezentáció	skalár (0,1)	vektor ($a 0\rangle + b 1\rangle$)
Konkrét példák	0V, 5V  	  



(Képek: Google, Duke University, MQV)

- Szuperpozíció („több állapot egyszerre”)
- Interferencia
- Összefonódás
 - ▶ 1 qubit 2 számmal leírható: $a|0\rangle + b|1\rangle$
 - ▶ 2 qubit 4 számmal: $a|0,0\rangle + b|0,1\rangle + c|1,0\rangle + d|1,1\rangle$
 - ▶ 3 qubit 8 számmal!: $a_1|0,0,0\rangle + a_2|0,0,1\rangle + a_3|0,1,0\rangle + a_4|1,0,0\rangle + a_5|1,1,0\rangle + a_6|1,0,1\rangle + a_7|0,1,1\rangle + a_8|1,1,1\rangle$
 - ▶ n qubit 2^n számmal: exponenciális skálázás!
 - ▶ Egyszerre előny és hátrány!
 - Nagy kvantum rendszerek nagyon nehezen szimulálhatók klasszikus számítógépeken
 - De kvantum számítógép tud kvantum rendszereket szimulálni!
 - bizonyos számítási feladatokra:
magas szintű párhuzamosíthatóság (pl.: prímszámfelbontás)



D. Parker / Univ. Birmingham

Miért semleges atomokkal?

MAX PLANCK INSTITUTE
OF QUANTUM OPTICS



Minden atom egyforma!
Nincsenek „gyártási különbségek”.

Mi kell egy hozzá?



- vákuum (ritkébb, mint 500 km magasságban)
- nagyon hideg (nK - μ K)
- kvantum regiszter: egyes atomokból álló tömb
- egyes qubitek manipulálása
- összefonódás generálása (interakció a qubitek közt)
- qubit állapot mérése (kiolvasás)

Hogyan építsünk saját kvantumszámítógépet?

1. lépés: vákuum

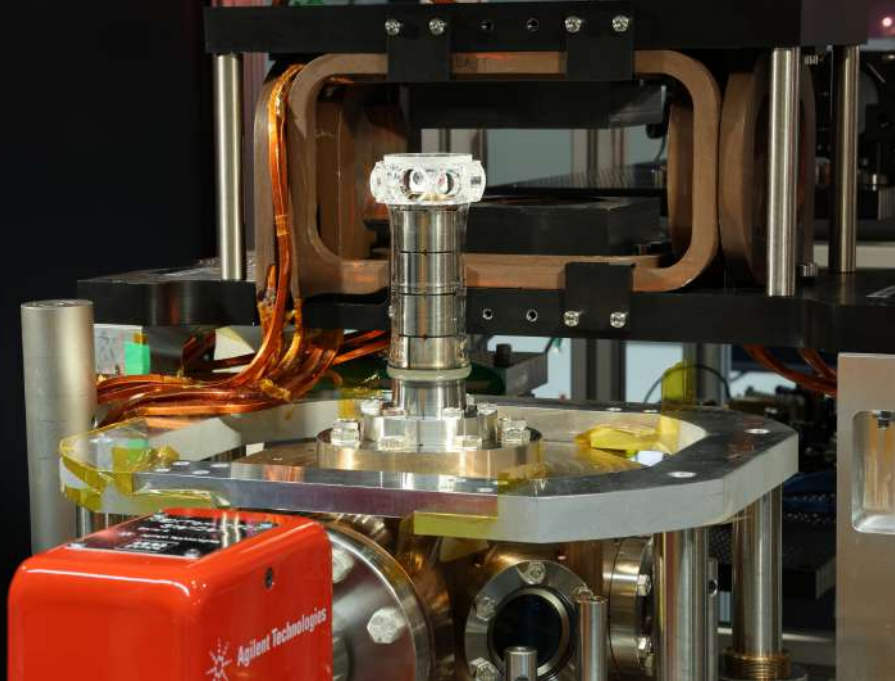






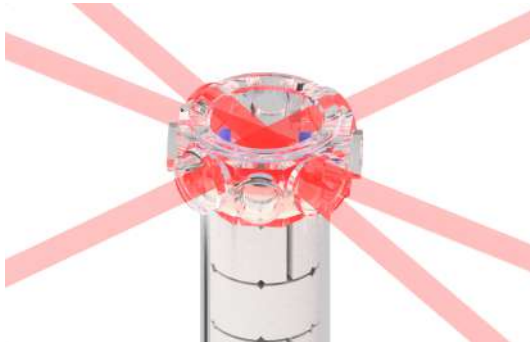


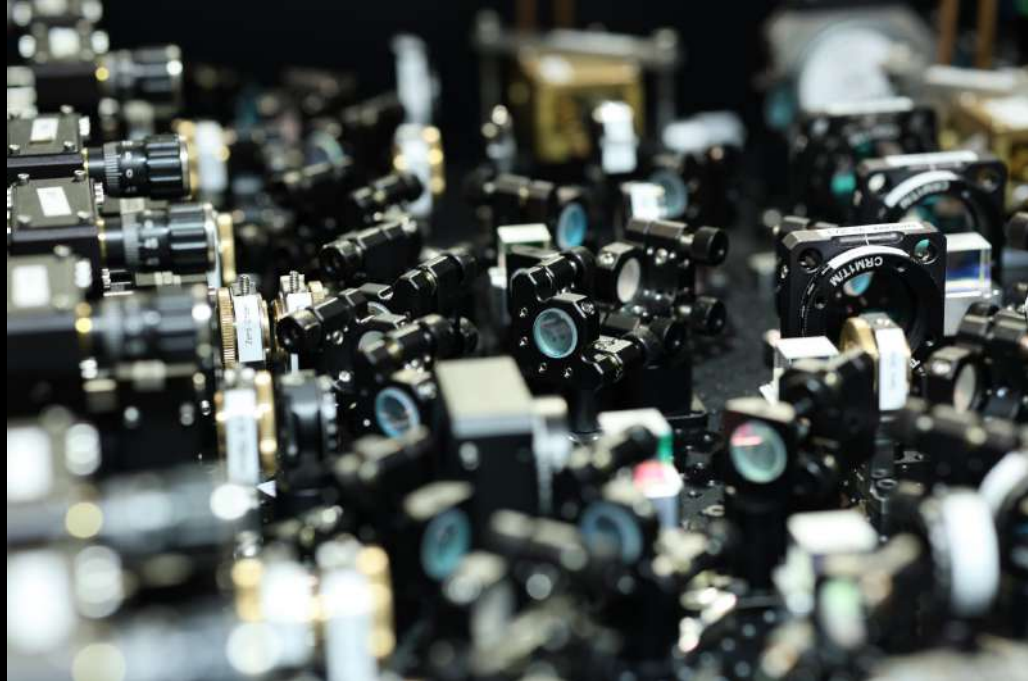


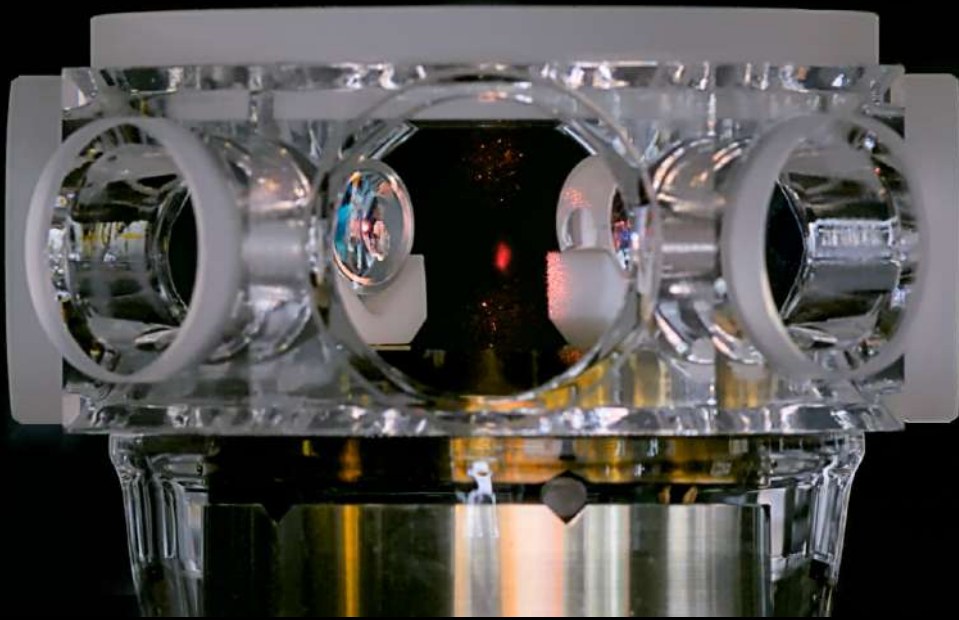


2. lépés: hideg

Minden irányból lassítjuk az atomokat lézernyalábbokkal

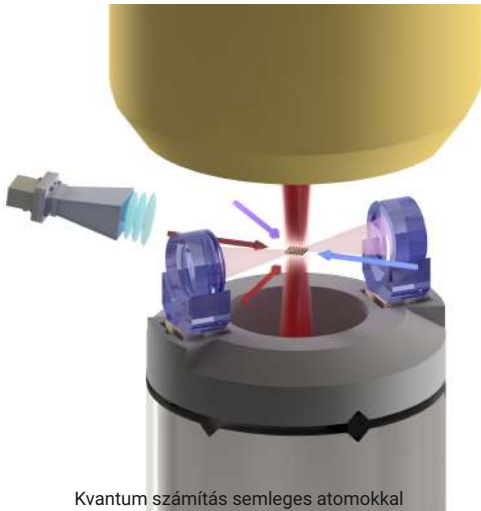


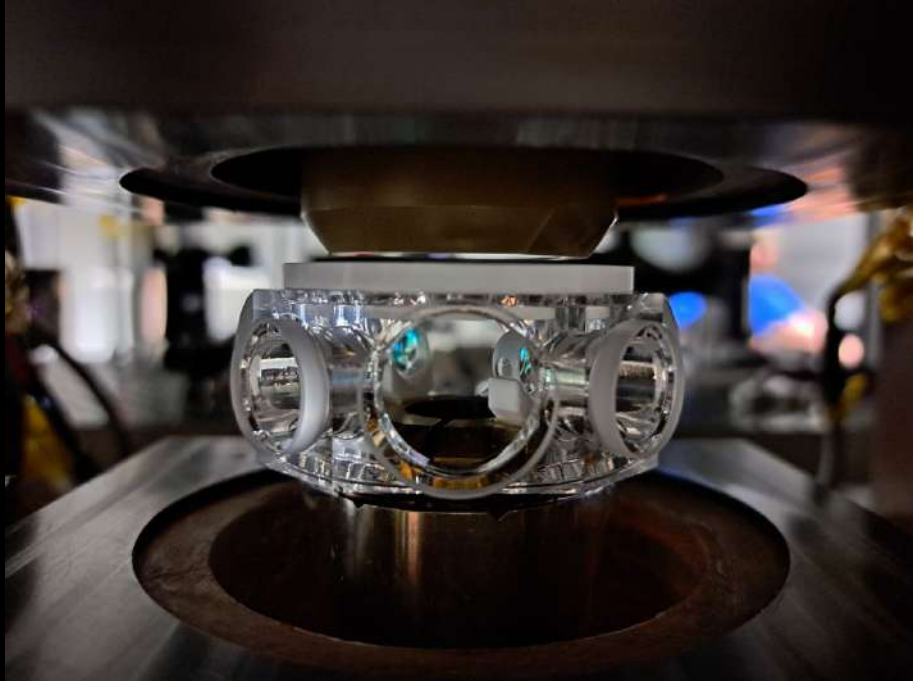




3. lépés: kvantum regiszter

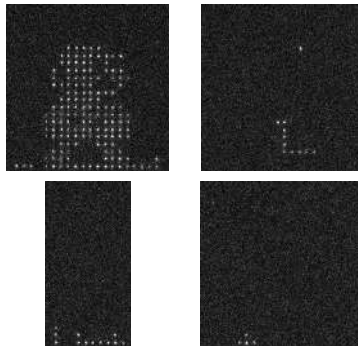
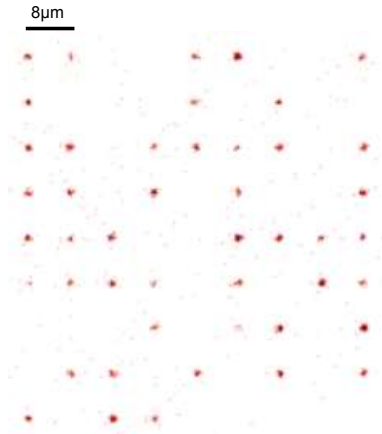
Egyes atomok csapdába ejtése lézercsipeszekkel





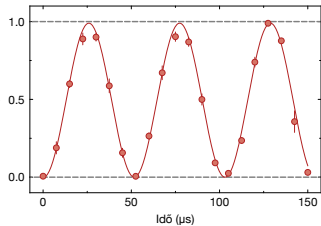
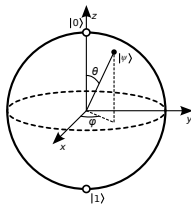
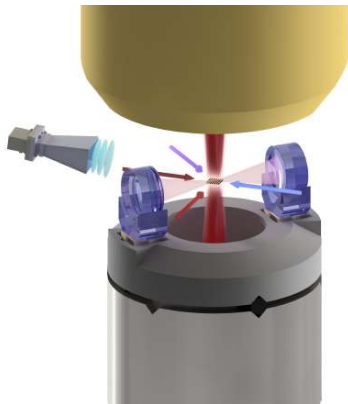
3. lépés: kvantum regiszter

Egyetlen atom csapdánként

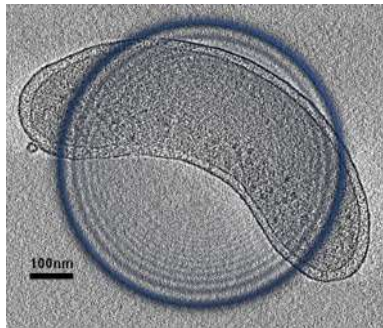


Dr. Ahmed Omran / Harvard

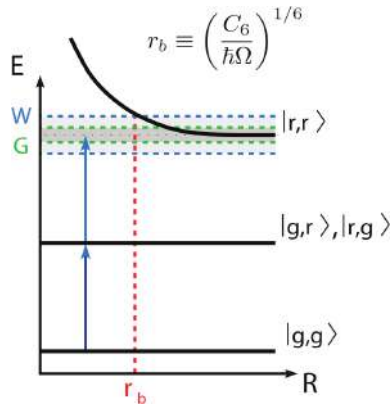
4. lépés: qubit manipuláció



5. lépés: összefonódás – Rydberg állapotok



Baktérium: Zhao et al., Appl. Environ. Microbiol. 83, e02807-16 (2017)

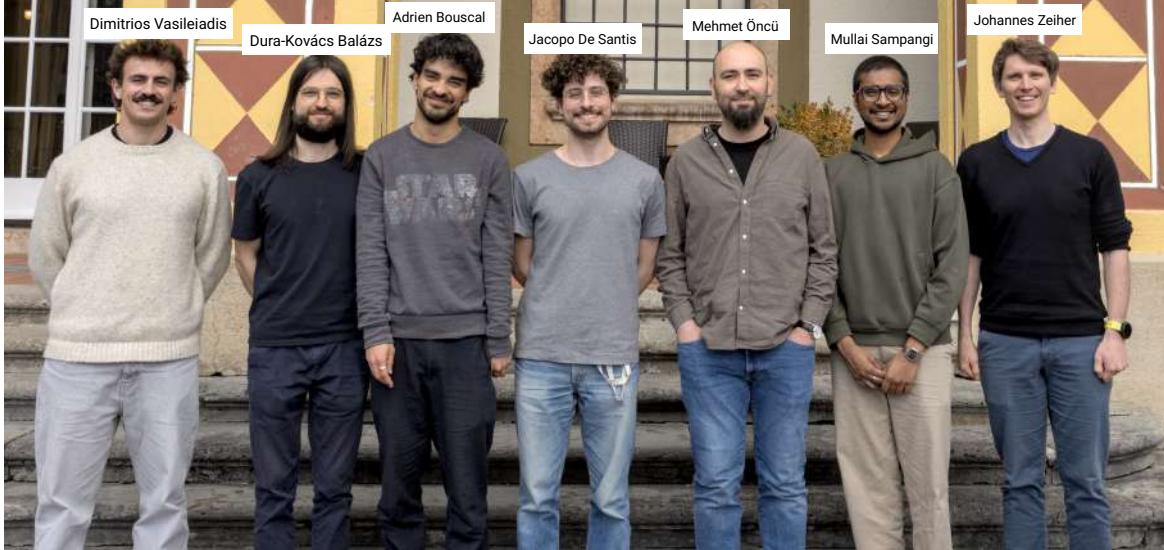


H. Levine et al., PRL 123, 170503 (2019)

6. lépés: kiolvasás

- Mikroszkóppal
- optikai rezonátorral





Dimitrios Vasileiadis

Dura-Kovács Balázs

Adrien Bouscal

Jacopo De Santis

Mehmet Öncü

Mullai Sampangi

Johannes Zeiher



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



UNTERSTÜTZT VON / SUPPORTED BY
Alexander von
HUMBOLDT
STIFTUNG



MAX PLANCK INSTITUTE
OF QUANTUM OPTICS

