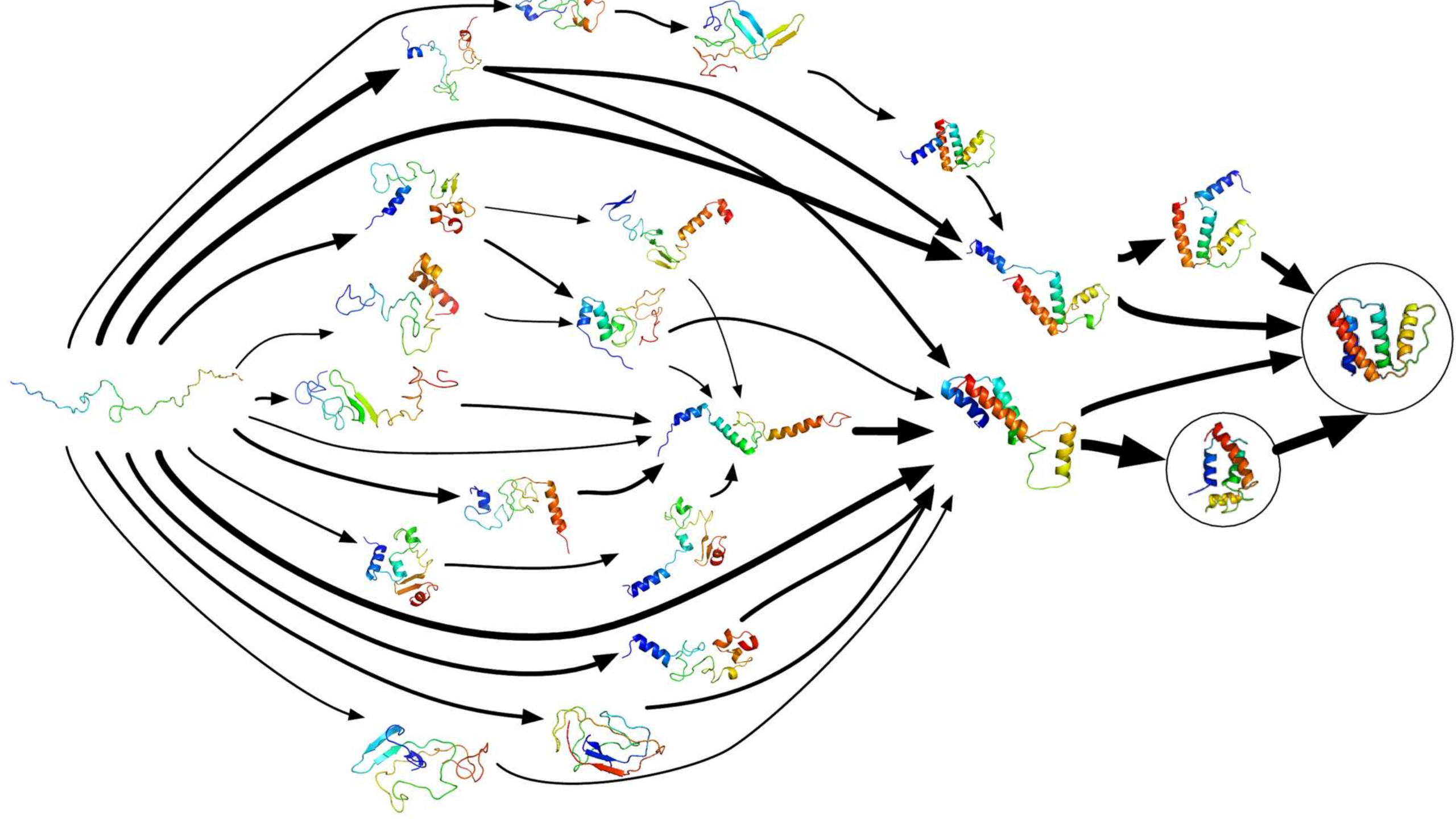




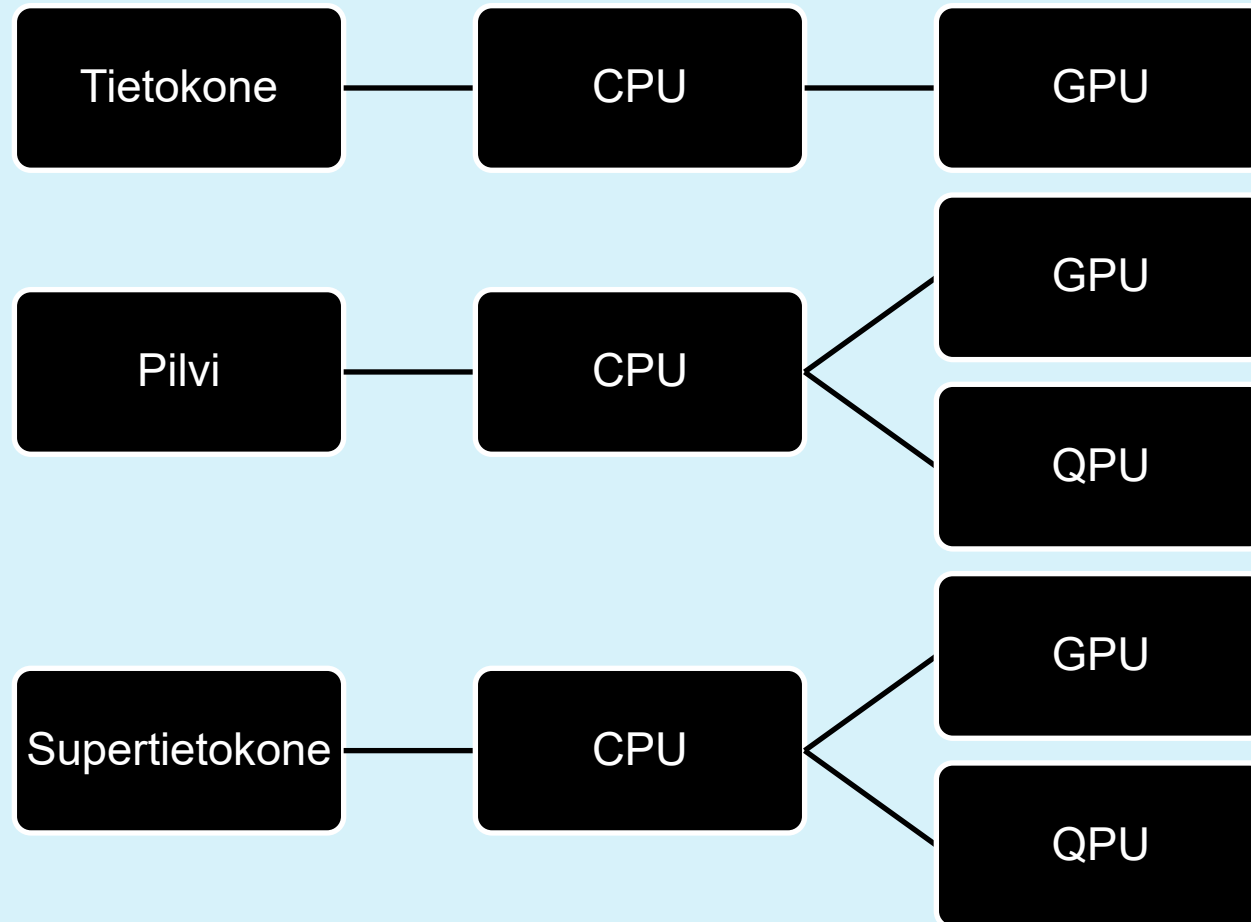
# Alustus kvantti- teknologiaan

Tarmo Toikkanen  
Johtava asiantuntija, Ratkaisut

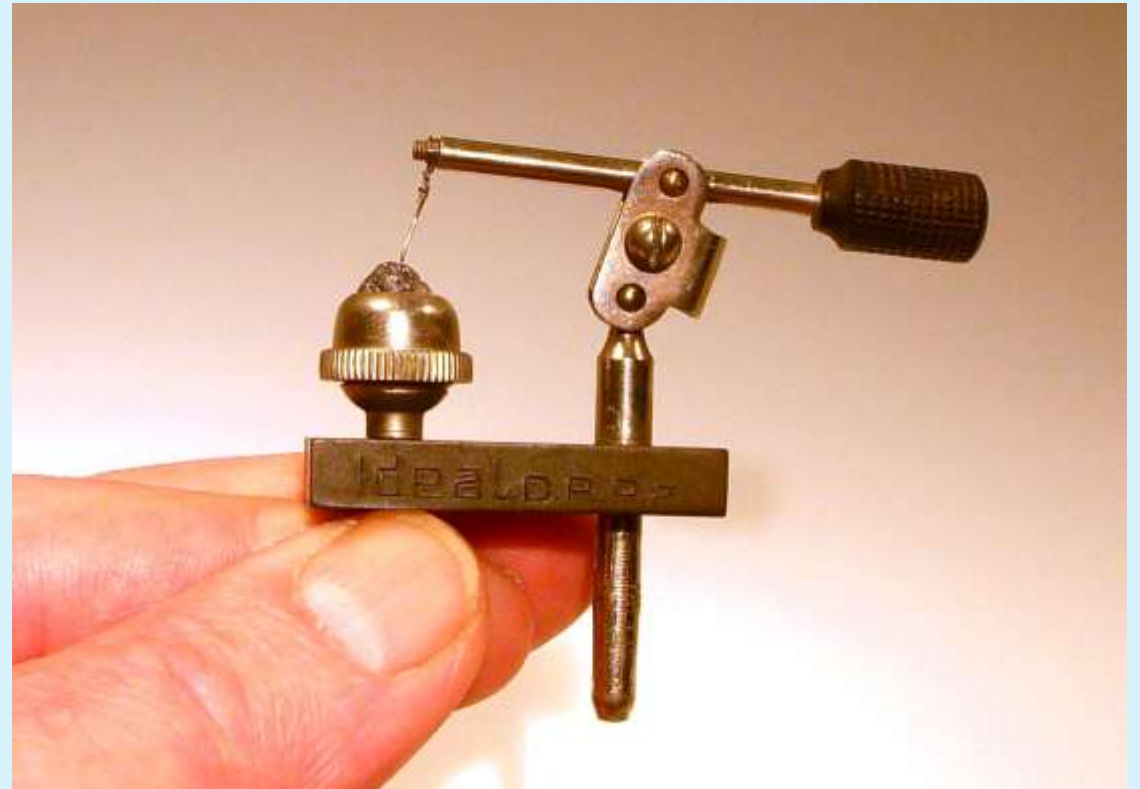
20.3.2026  
IT-kouluttajien seminaari "AI AI Kvanttihyppy"



# Kvanttilaskenta osana tietojärjestelmiä



# 1960-luvulla valittiin tietokoneiden toteutustekniikkaa: tyhjiöputki vai transistori?



# Nyt valitaan kvanttilaskennan toteutustekniikoita

- Superconducting
- Trapped ion
- Neutral atom
- Photonic
- Silicon Spin
- Diamond NV

Olemme edelleen NISQ-vaiheessa:  
Noisy Intermediate-Scale Quantum



# Kolme kvanttitemppua

1. Lomittuneisuus (entanglement)
2. Teleportaatio (teleportation)
3. Tunnelointi (tunneling)

Ja peruseriaatteet:

1. Superpositio (superposition)
2. Aalto-hiukkan-dualismi (wave-particle duality)
3. Heisenbergin epätarkkuuseriaate (Heisenberg uncertainty principle)
4. Kvanttiherkkyys (quantum decoherence)

**Montako qubittia tarvittaisiin?**



Lahjoita

Hae Aaltoon

FI

Hae

Kirjaudu

Valikko

Uutiset

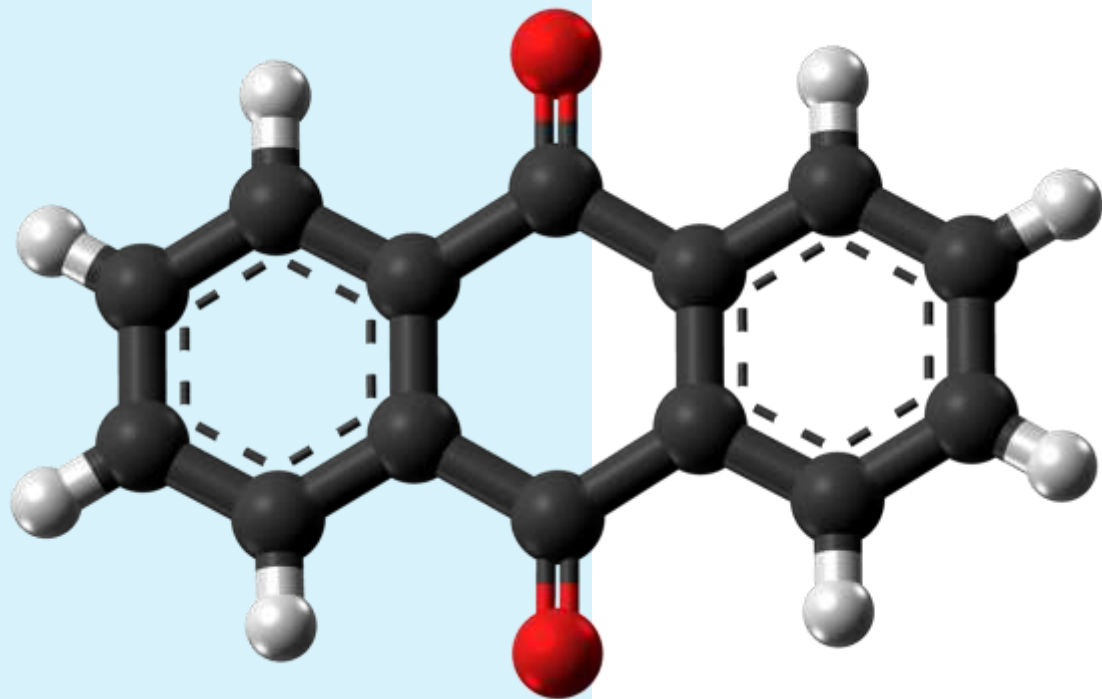
## Aalto-yliopisto sai oman kvanttietokoneen – AaltoQ20 kouluttaa tulevaisuuden kvanttiosaajat

Julkaistu: 11.3.2026

AaltoQ20 on maailmallakin harvinainen ja Suomessa täysin ainutlaatuinen huipputason kvanttietokone, jolla paitsi koulutetaan tulevaisuuden osaajia, myös tutkitaan kvantti-ilmiöitä ja kehitetään uutta teknologiaa.



# Molekyylien mallinnus



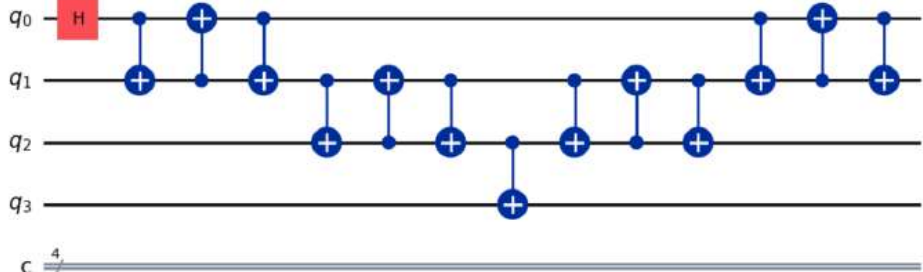
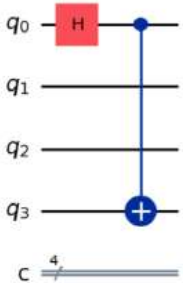
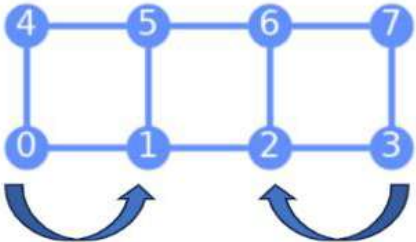
- Jos simuloidaan molekyyliä, tarvitaan 2 kubittia kutakin elektronitilaa varten.
- Esim. vetyperoksidin tuotannossa käytettävä 9,10-Anthracenediol  $C_{14}H_{10}O_2$  sisältää  $14 \cdot 5 + 10 \cdot 1 + 2 \cdot 5 = 90$  tilaa eli tarvitsisi **180 kubittia**.

2025 2028 2030 2035

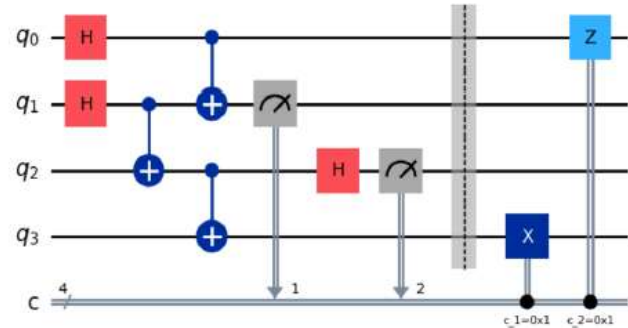
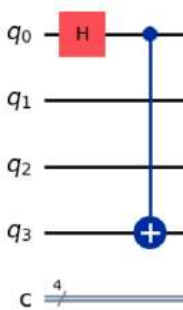
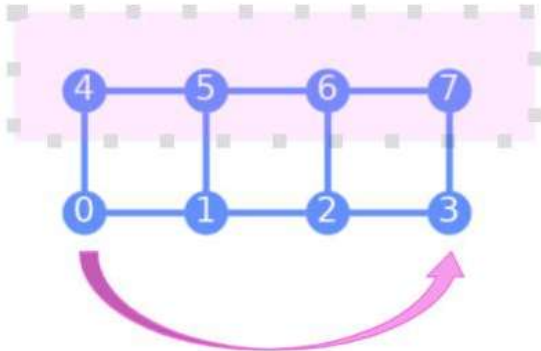
	Hardware	Use-cases	Algorithms	Software	Practical
2035	<p><b>LOGICAL MEDIUM-SIZED PROCESSORS</b></p> <p>Physical: qubits <math>10^5</math>, gate infidelity <math>10^{-5}</math></p> <p>Logical: qubits <math>10^3</math>, gate infidelity <math>10^{-8}</math></p> <p>Full fault-tolerance Scalable technology</p>	<p><b>BEYOND CLASSICAL</b></p> <p>Molecule &amp; material discovery</p> <p>Large-size optimization</p>	<p><b>FAULT-TOLERANT</b></p> <p>Quantum phase estimation</p> <p>Shor's algorithm</p>	<p><b>INDUSTRIALIZATION</b></p> <p>Standardization</p> <p>Industrial practices</p>	<p><b>QUANTUM ADVANTAGE</b></p> <p>Quantum computing utilized widely in demanding computation</p>
2030	<p><b>SMALL LOGICAL QUANTUM PROCESSORS</b></p> <p>Physical: qubits <math>10^4</math>, gate infidelity <math>10^{-4}</math></p> <p>Logical: qubits <math>10^2</math>, gate infidelity <math>10^{-6}</math></p> <p>Fault-tolerant gates Distributed hardware</p>	<p><b>WIDER APPLICATIONS</b></p> <p>Machine learning</p> <p>Quantum materials</p> <p>Medium-size optimization</p>	<p><b>EARLY FAULT-TOLERANT</b></p> <p>Statistical phase estimation</p> <p>Larger machine learning</p>	<p><b>SOFTWARE MATURING</b></p> <p>Application-specific</p> <p>Quantum as a service</p>	<p><b>EARLY USE-CASES</b></p> <p>Materials, optimization</p> <p>Profitable use-cases?</p> <p>Investments &amp; expertise</p>
2028	<p><b>FEW LOGICAL QUBITS &amp; LESS NOISY GATES</b></p> <p>Physical: qubits <math>10^3</math>, gate infidelity <math>10^{-3}</math></p> <p>Logical: qubits 10, gate infidelity <math>10^{-4}</math></p> <p>Error correction Scaling &amp; networking</p>	<p><b>EARLY MODELLING</b></p> <p>Small molecules</p> <p>Specialized simulations &amp; optimizations</p>	<p><b>QPU-HPC COMPUTING</b></p> <p>Machine learning</p> <p>Larger variational algorithms</p>	<p><b>INTEGRATION</b></p> <p>Tight HPC integration</p> <p>Middleware</p>	<p><b>BENCHMARKING</b></p> <p>Practical benchmarks</p> <p>Scaling analysis</p>
2025	<p><b>PHYSICAL QUBITS &amp; NOISY GATES</b></p> <p>Physical: qubits <math>10^2</math>, gate infidelity <math>10^{-2}</math></p> <p>Logical: qubits 0 - 2, no logical gates</p> <p>Error mitigation Implementation tests</p>	<p><b>TESTING, DEVELOPMENT</b></p> <p>Benchmarking</p> <p>Example models</p>	<p><b>QUANTUM-CLASSICAL</b></p> <p>Variational eigensolver</p> <p>Quantum approximate optimization algorithm</p>	<p><b>TOOL DEVELOPMENT</b></p> <p>Software kits &amp; tools</p> <p>Software stack immature</p>	<p><b>MAPPING</b></p> <p>Problem conversion</p> <p>Method development</p> <p>Expertise building</p>

# Gate teleportation-assisted routing for quantum algorithms

*SWAP based method*



*With teleported gates*





**TEKOJA  
TULEVAI-  
SUUDELLE**