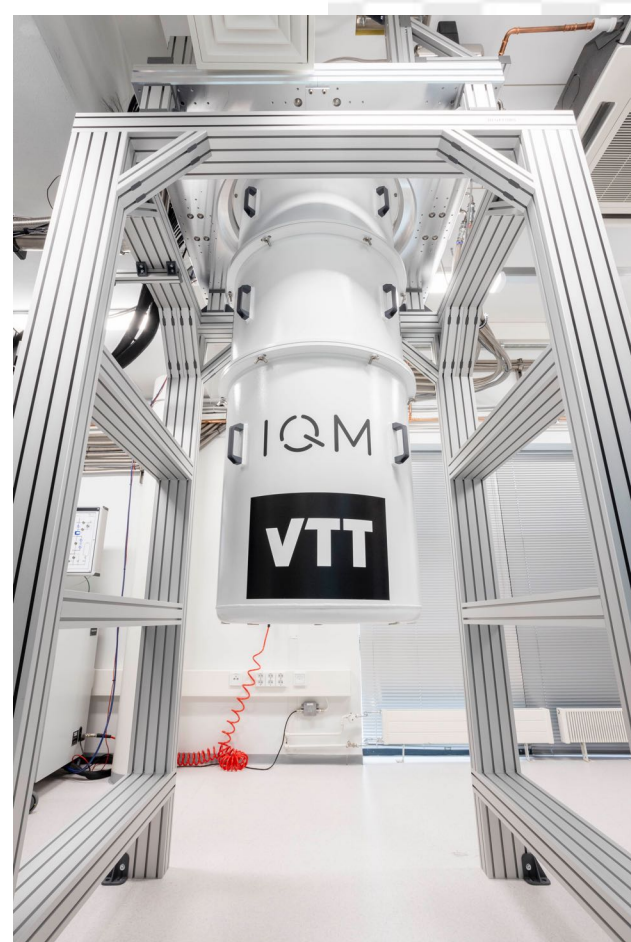


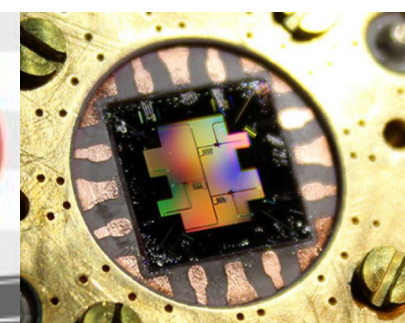
# Kvanttitietokoneiden tiekartta Suomessa

Tapio Ala-Nissilä

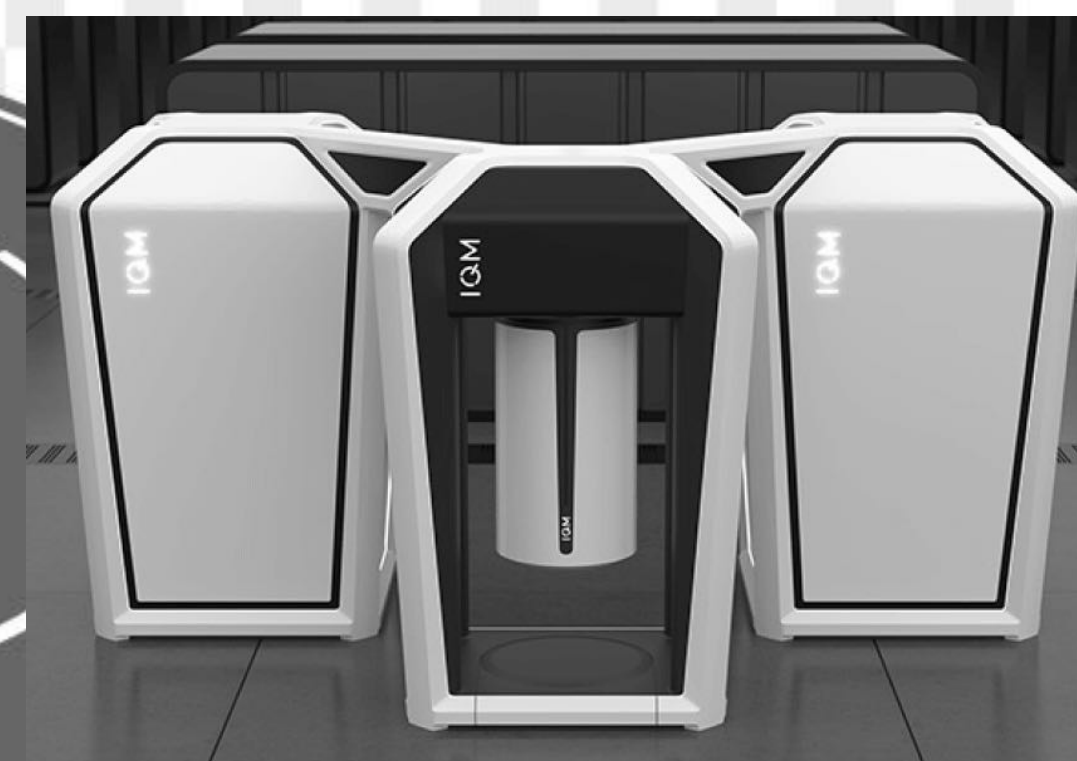
Aalto-yliopisto ja Loughborough University (UK)



Aalto 20 kubittia  
VTT 50 kubittia



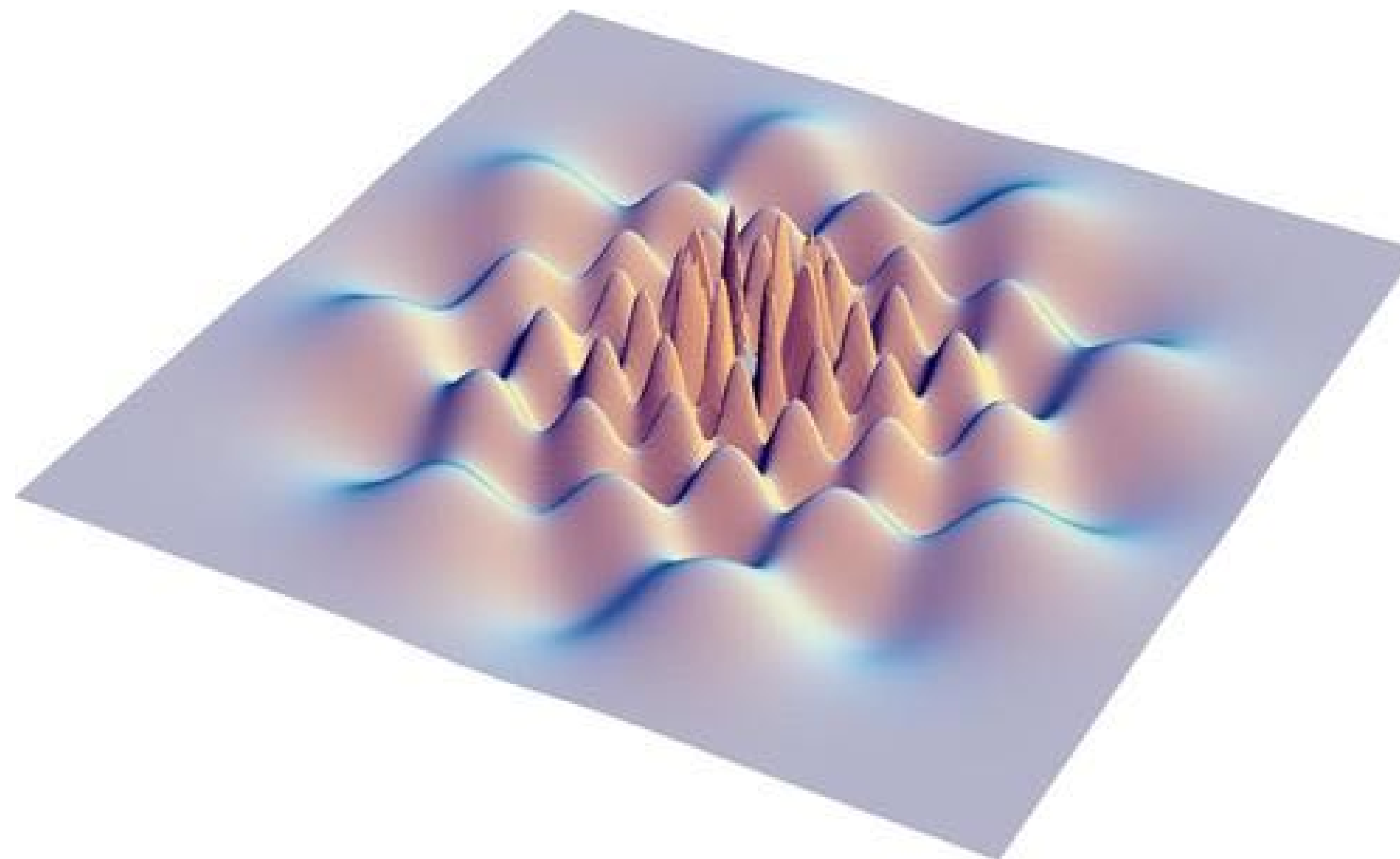
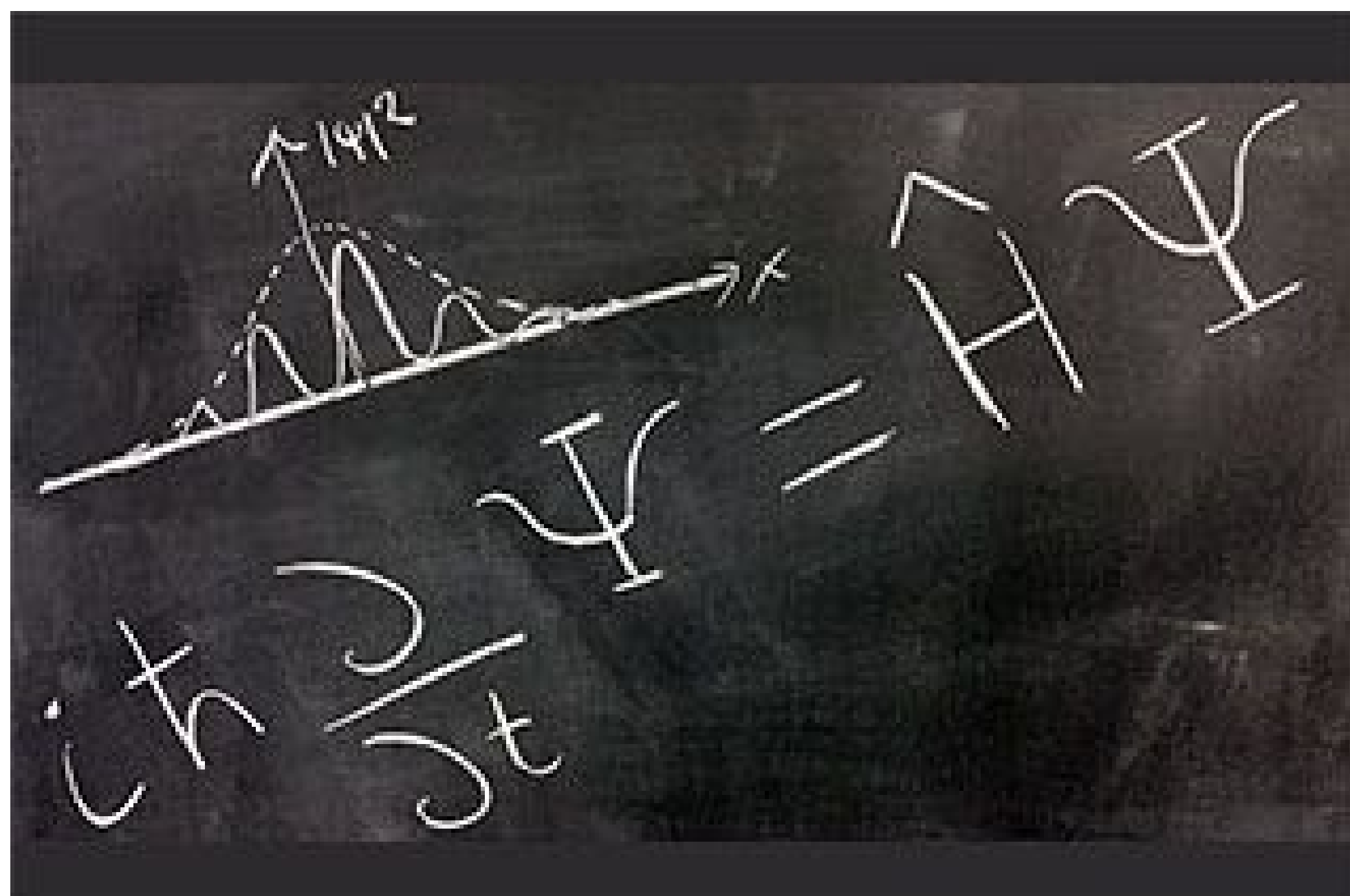
VTT Helmi 5 kubittia



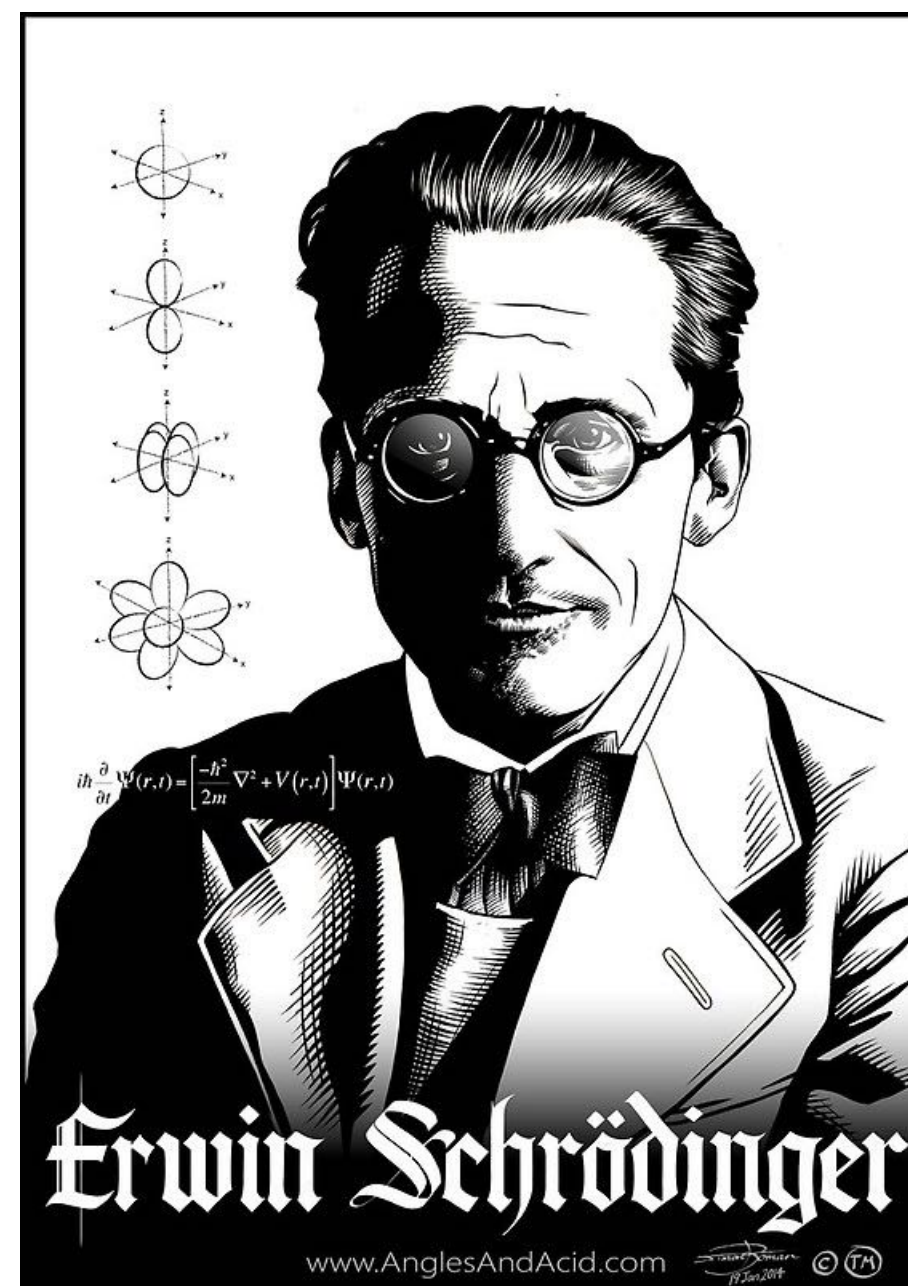
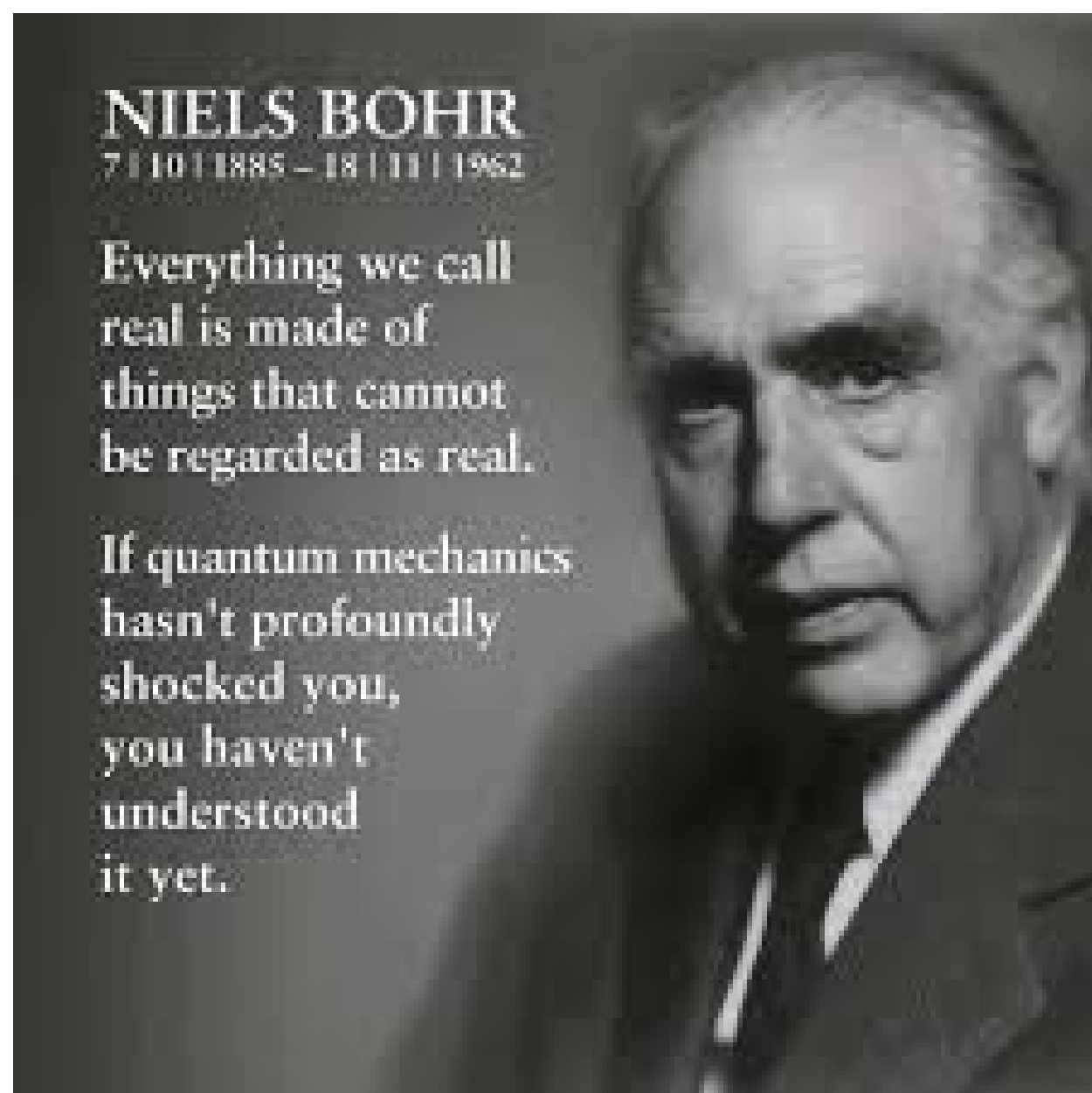
VTT 150-300 kubittia  
Aalto-laajennus?

# Kvanttimekaniikka

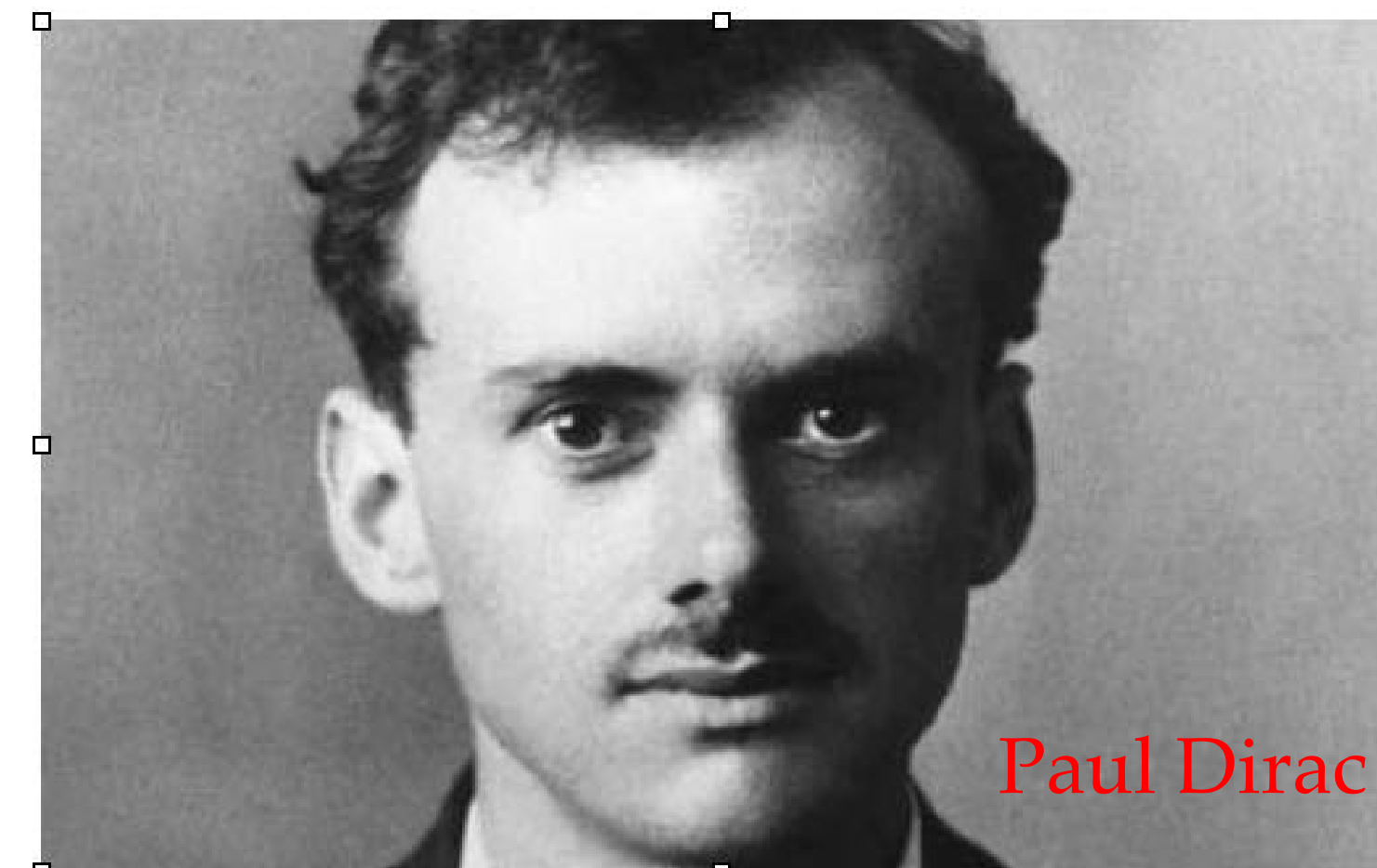
*Kvanttimekaniikka* (Quantum Mechanics) on fysiikan matemaattinen teoria, jolla kuvataan *aineen pienimpien osasten* (atomit, elektronit, säteily ym.) ominaisuuksia



# Ensimmäinen kvanttivallankumous

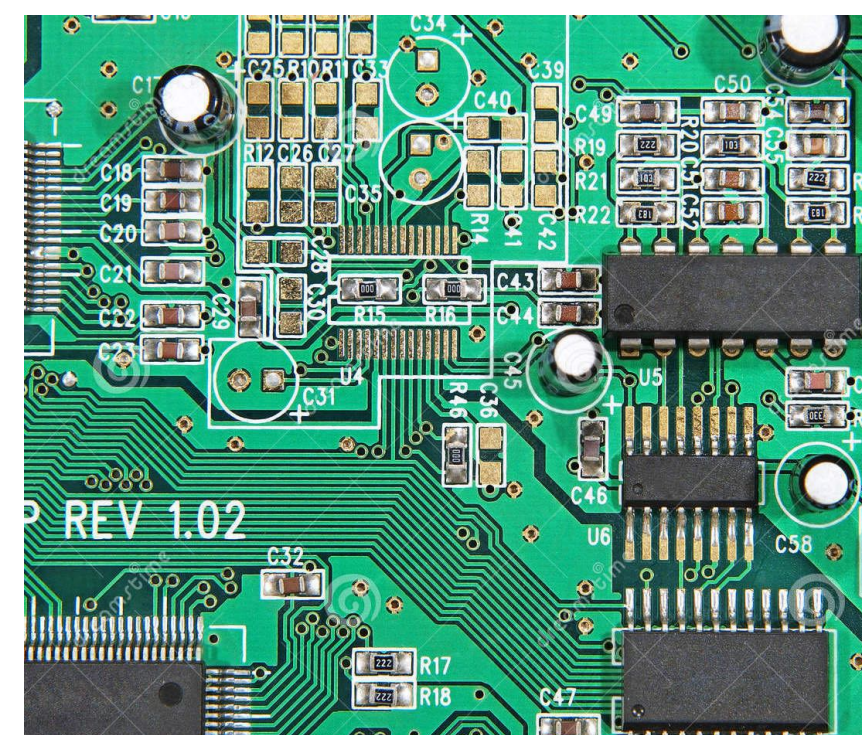
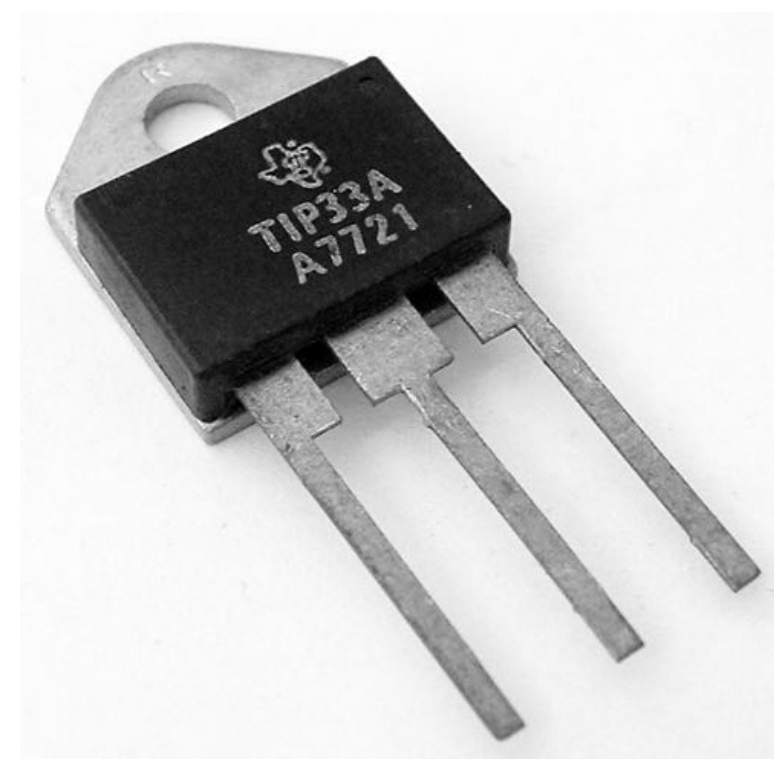


Max Planck  
(1858-1947)



Paul Dirac

$$\left( \beta mc^2 + \sum_{k=1}^3 \alpha_k p_k c \right) \psi(\mathbf{x}, t) = i\hbar \frac{\partial \psi(\mathbf{x}, t)}{\partial t}$$



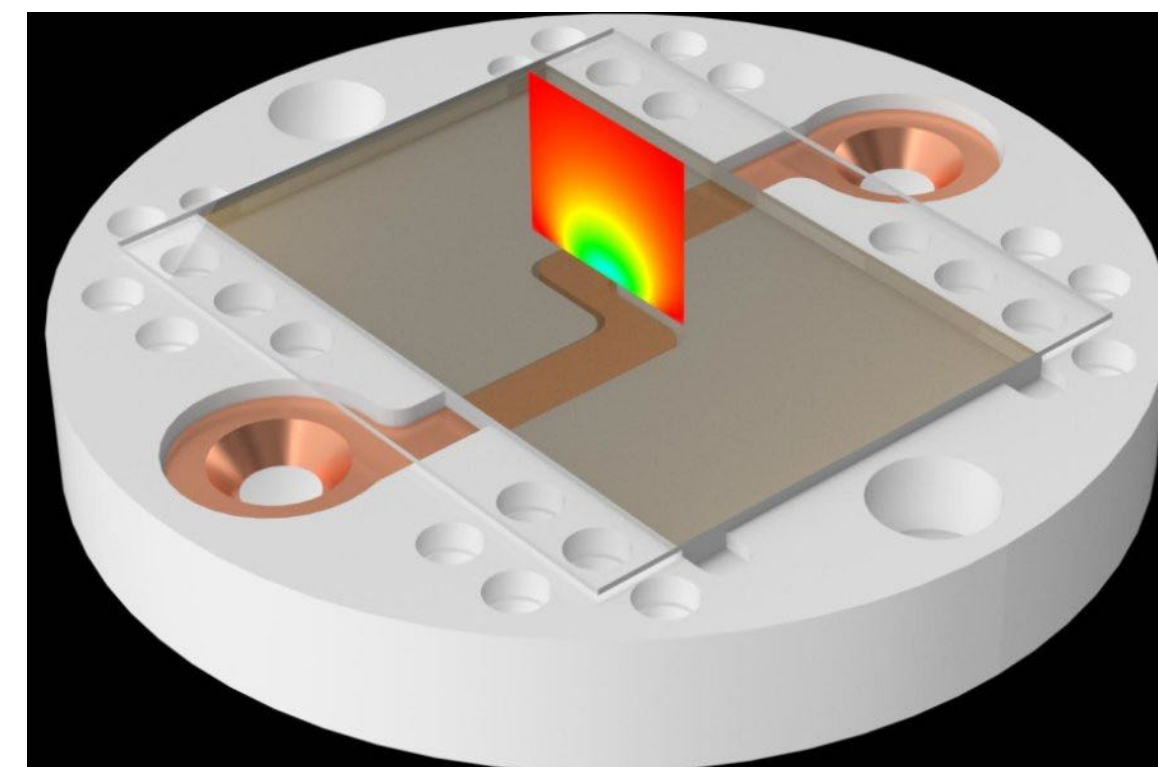
# Toinen kvanttivallankumous



# Toinen kvanttivallankumous

*Kvanttimekaniikka (Quantum Mechanics) on fysiikan matemaattinen teoria, jolla kuvataan aineen pienimpien osasten (atomit, elektronit ym.) ominaisuuksia*

- Nykyinen teknologia perustuu QM ilmiöihin (elektroniikka), mutta sen kuvaamiseksi QM ei (yleensä) tarvita (laser on poikkeus)!
- *Uudessa kvanttiteknologiassa käytetään kvanttimekaniikkaa suoraan hyödyksi (ei voida kuvata klassisesti)*



# Tietokoneet (Computers)



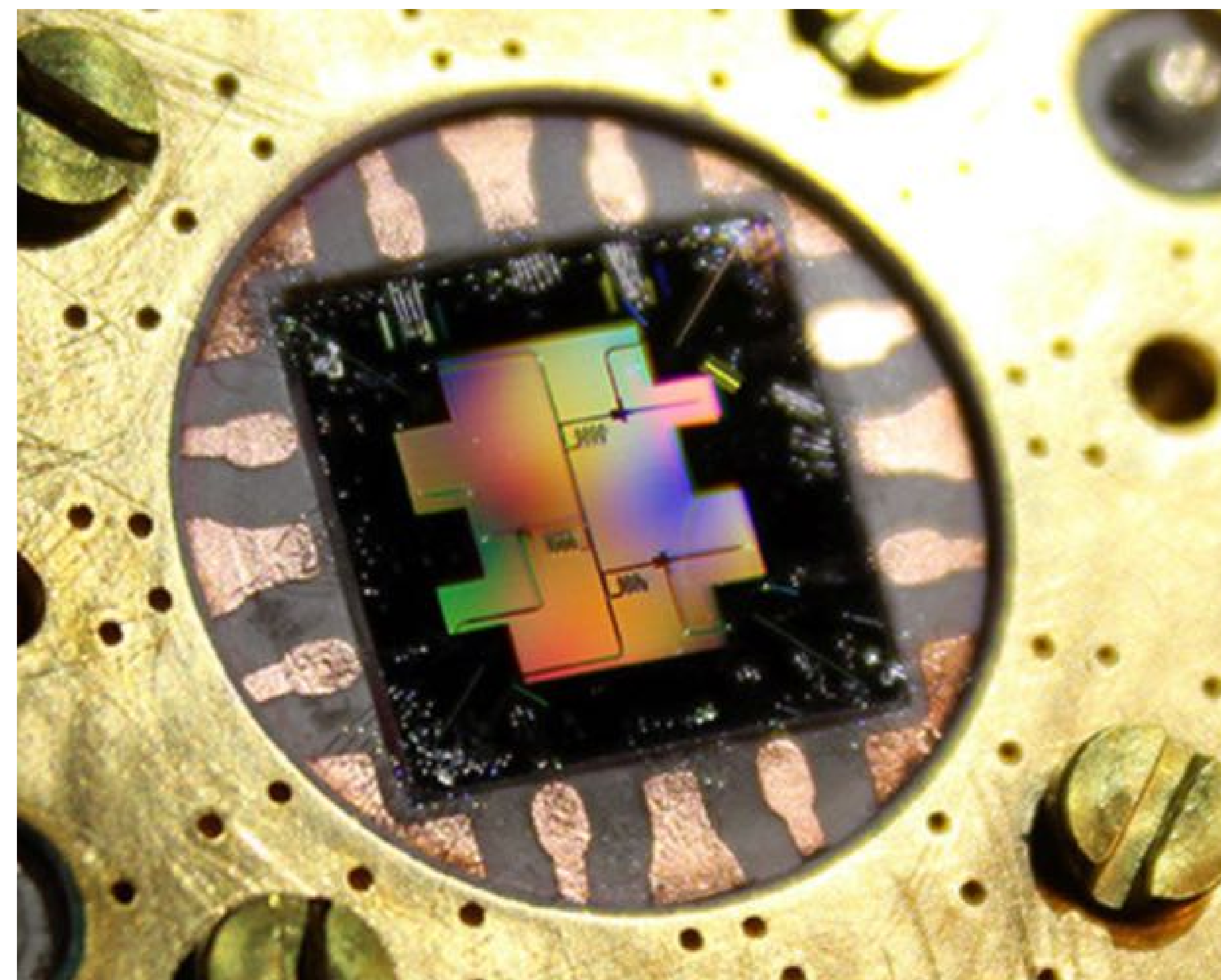
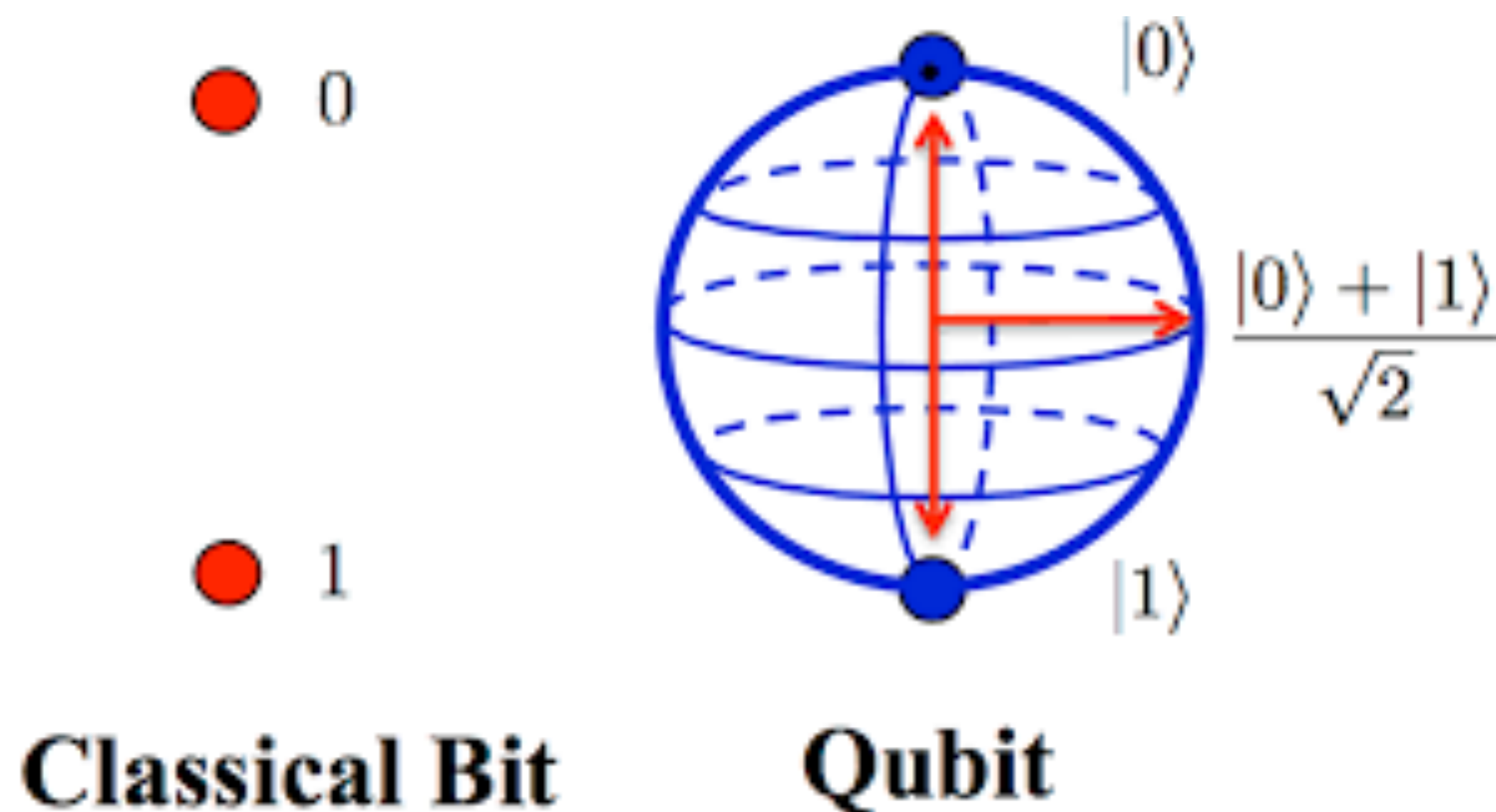
# Tietokone (Computer)

- *Perinteinen tietokone* perustuu ns. binaarioperaatioihin 001110101..., jotka voidaan toteuttaa teknisesti melkein miten vain



# Kvanttitietokone (Quantum Computer)

- Kvanttitietokone rakentuu osasista, jotka itse toimivat QM perusteella



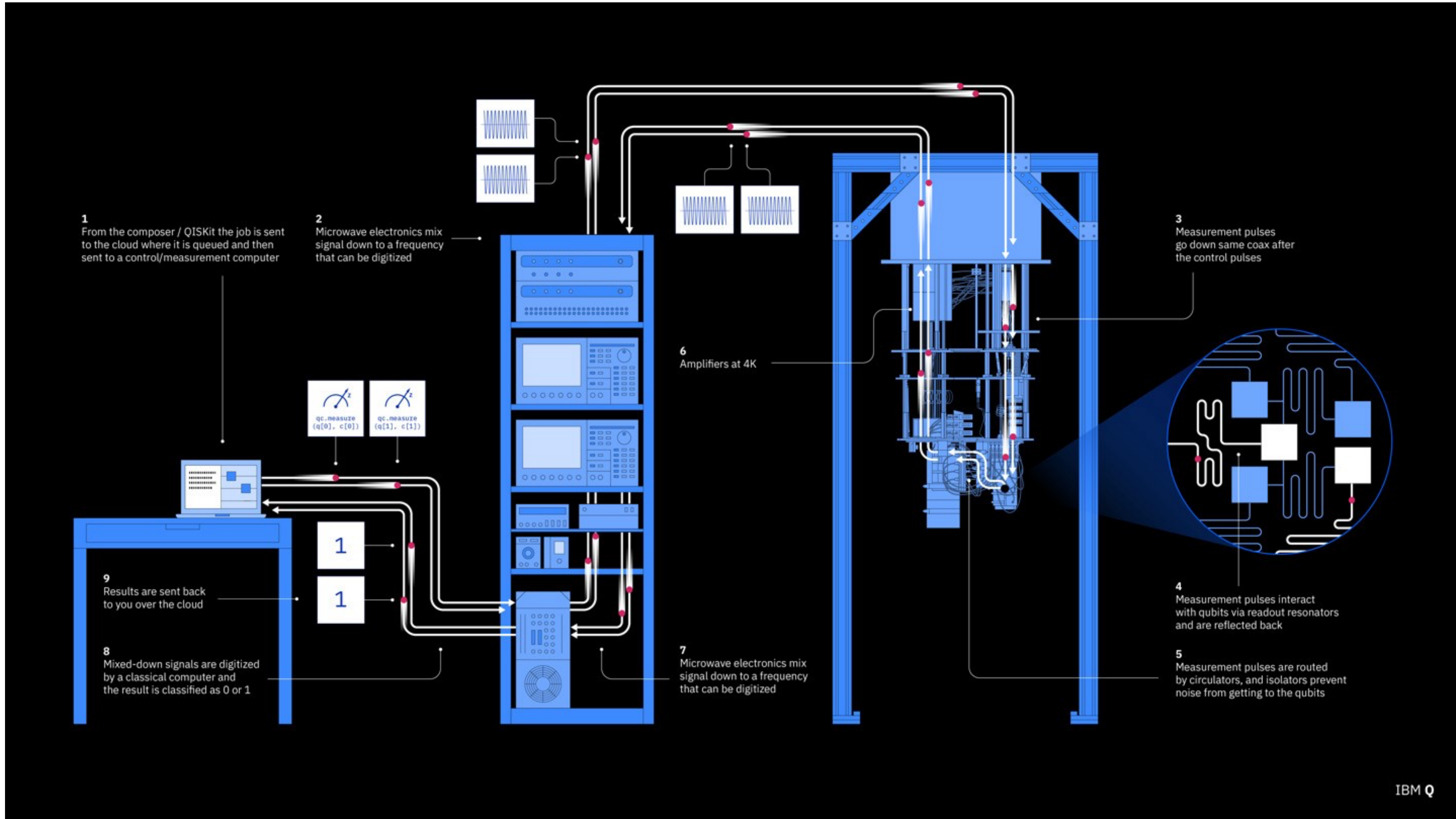


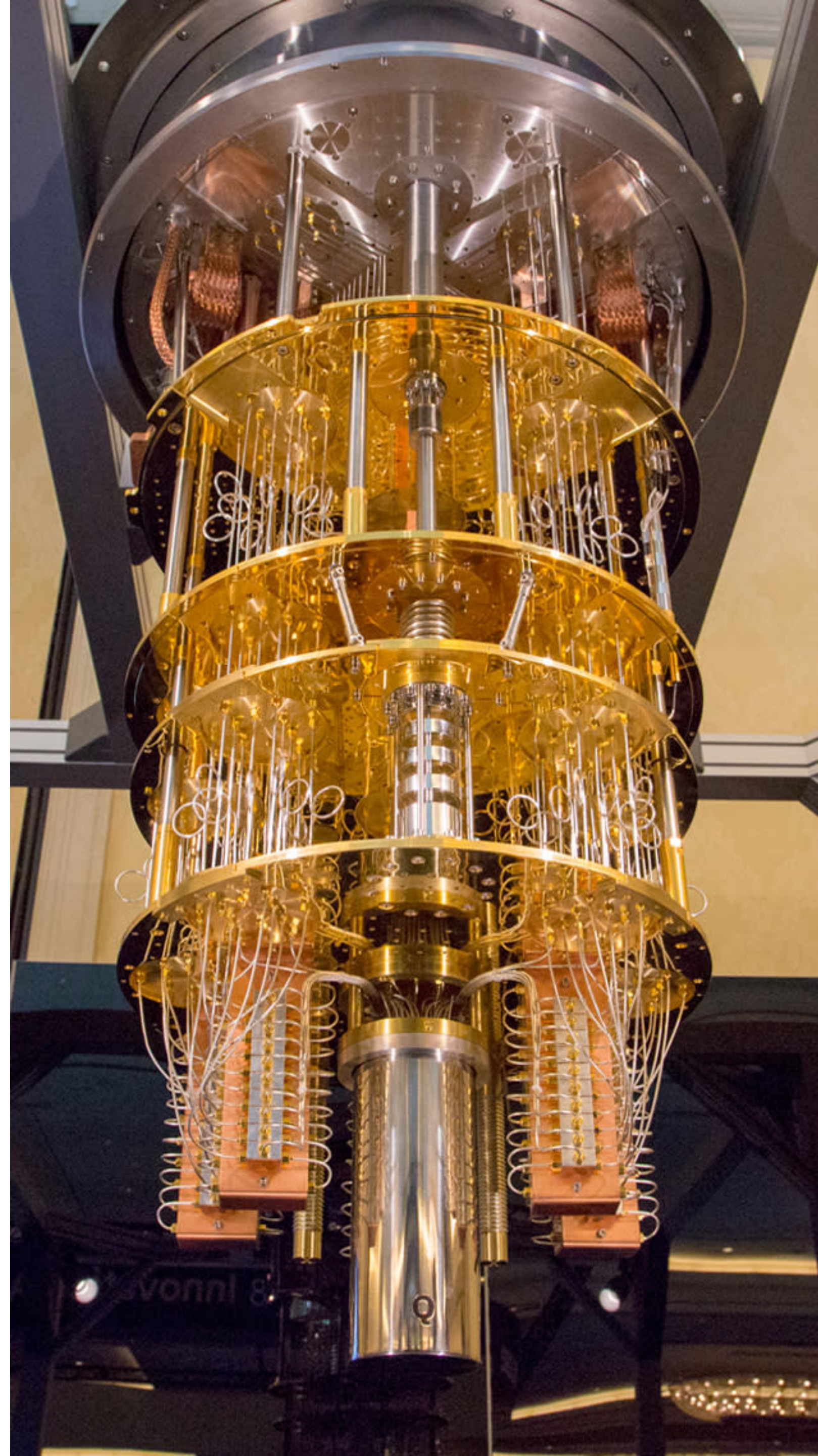
# Miksi kvanttietokone?

- Kubitit voivat sisältää *valtavan (lähes rajattoman) määrän tietoa* ns. *superpositio-tilassa*
- QM operaation kubittin välillä mahdollistavat *massiivisen rinnakkaisen laskennan* jolla voidaan ratkaista (matemaattisia) ongelmia lähes rajattoman tehokkaasti

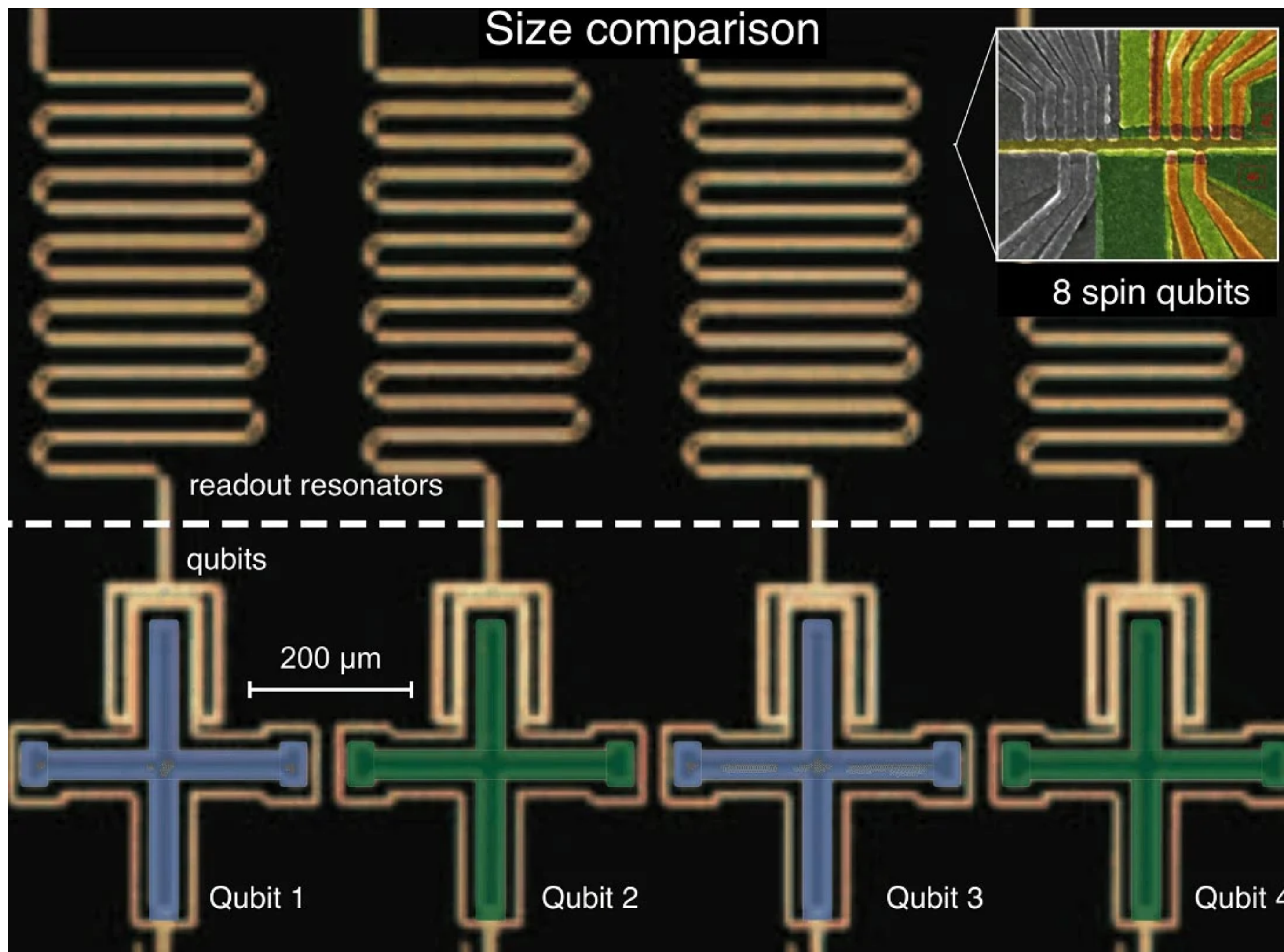
# 5-kubittinen Helmi (VTT 4/2023)


















# Kvanttikoneiden lyhyt historia Suomessa



# Suomen kvanttiteknologian huippuyksikkö QTF 2018-2025

|   |   |   |
|---|---|---|
|   |    |   |
| <p><b>Superconducting Qubits and Circuit QED</b><br/>KVANTTI</p> <p>+358 50 344 2650</p> <p>Group leader: Sorin Paraoanu</p>  | <p><b>HELTEQ</b><br/>HELTEQ</p> <p>+358 50 326 3853</p> <p>Group leader: Sabrina Maniscalco</p>   | <p><b>Quantum Transport</b><br/>QT</p> <p>+358 50 436 5501</p> <p>Group leader: Christian Flindt</p>  |
|  <p><b>Quantum Phenomena and Devices</b><br/>PICO</p> <p>+358 50 344 2697</p> <p>Group leader: Jukka Pekola</p> |  <p><b>Quantum Computing and Devices</b><br/>QCD</p> <p>+358 50 594 0950</p> <p>Group leader: Mikko Möttönen</p> |  <p><b>Applied Quantum Electronics</b><br/>AQE</p> <p>+358 40 568 6148</p> <p>Group leader: Visa Vesterinen</p> |

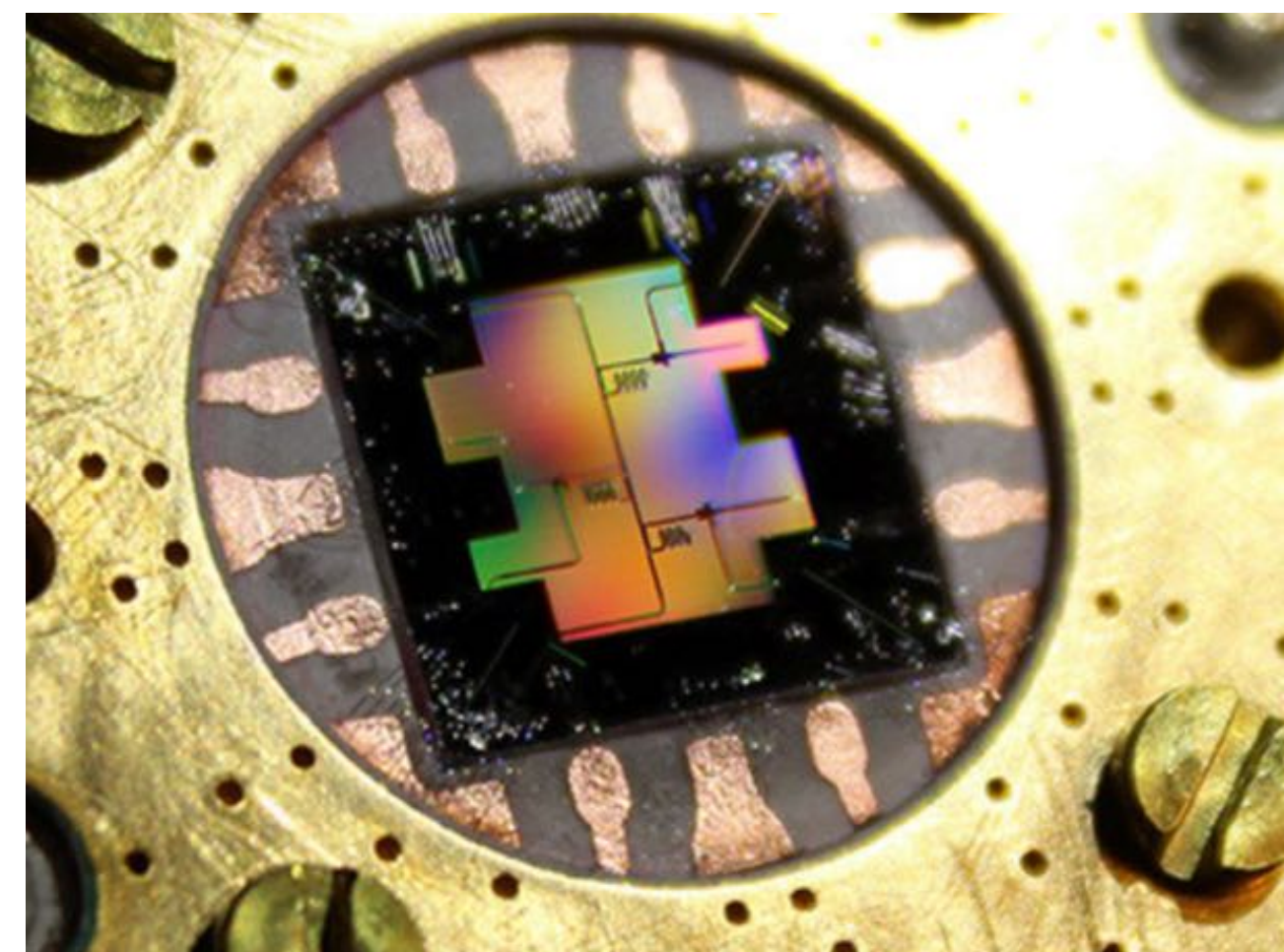
|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p><b>Quantum Circuits and Correlations</b><br/>NANO</p> <p>+358 50 344 2316</p> <p>Group leader: Pertti Hakonen</p> |  <p><b>Multiscale Statistical and Quantum Physics</b><br/>MSP</p> <p>+358 40 541 2983</p> <p>Group leader: Tapio Ala-Nissilä</p> |  <p><b>Nanoelectronics</b><br/>NAE</p> <p>+358 40 537 8910</p> <p>Group leader: Mika Prunnila</p> |
|---|--|---|

|  |   |
|--|---|
|                      |       |
| <p><b>Quantum Nanomechanics</b><br/>NEMS</p> <p>+358 50 344 7330</p> <p>Group leader: Mika Sillanpää</p> | <p><b>Photonics</b><br/>PHOTO</p> <p>+358 50 430 2820</p> <p>Group leader: Zhipei Sun</p> |

# Kvanttitietokoneen rakentaminen alkaa Aalto-yliopistossa 2018

Teknolohiateollisuuden 100-vuotissäätiö ja Jane ja Aatos Erkon säätiö ovat myöntäneet Aalto-yliopiston dosentin **Mikko Möttösen** vetämälle työryhmälle yhteensä 950 000 euron rahoituksen. Työryhmä haki rahoitusta säätiöiden yhteisen Tulevaisuuden tekijät -rahoitusohjelman kautta, jossa säätiöt etsivät uusia, rohkeita tutkimusavauksia.

Möttösen työryhmä aloittaa skaalautuvan kvanttitietokoneen kehittämisen Suomessa. Tarkoituks on rakentaa ensin kvanttiprosessori, jota voi tulevaisuudessa skaalata eli kasvattaa suuremmaksi prosessoriksi. Käytännön ongelmia nopeasti ratkovaa kvanttitietokonetta ei ole rakentanut vielä kukaan, joten työn aloittaminen on äärimmäisen tärkeää.



# Suomen ensimmäisen kvanttietokoneen rakentaminen alkaa – VTT:n kumppanina suomalainen IQM

työ- ja elinkeinoministeriö

16.11.2020 9.15 **TIEDOTE**

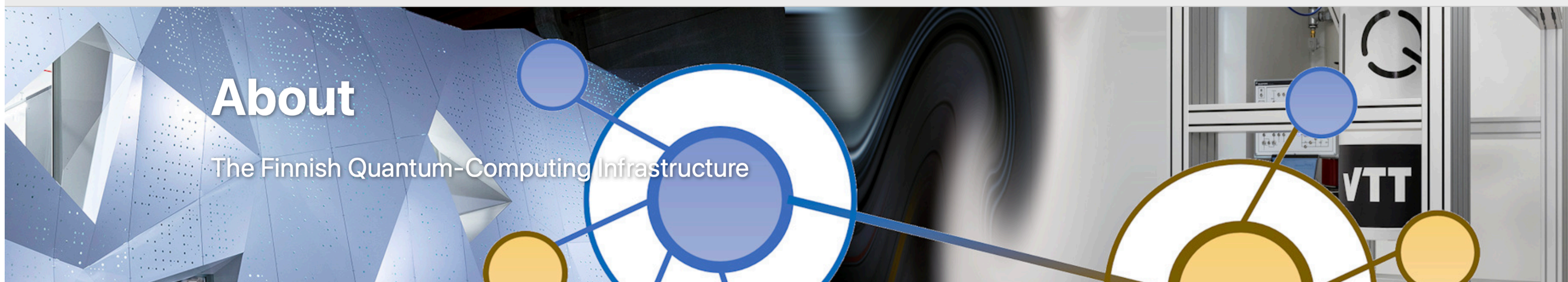


Kuvassa VTT:n toimitusjohtaja Antti Vasara, elinkeinoministeri Mika Lintilä ja IQM:n toimitusjohtaja Jan Goetz.

**VTT ja suomalainen kvanttialan startup-yritys IQM ovat allekirjoittaneet sopimuksen innovaatiokumppanuudesta Suomen ensimmäisen kvanttietokoneen rakentamiseksi. Hanke tuo yhteen suomalaisen kvanttialan huippuosaamisen ja mahdollistaa harppauksen Suomen kvanttikyvykkydessä. Suomen hallitus rahoittaa projektia 20,7 miljoonalla eurolla.**



# Suomen kvanttilaskennan infrastruktuurikonsoortio



## About

The Finnish Quantum-Computing Infrastructure

The FiQCI consortium maintains, operates, and develops the infrastructure

## In Brief

The Finnish Quantum-Computing Infrastructure (FiQCI) was established in 2020, when it became part of the Finnish Research Infrastructure (FIRI) roadmap of significant national research infrastructures within the Finnish research infrastructure ecosystem, maintained by the Research Council of Finland.

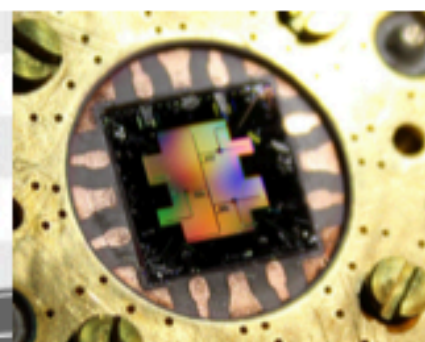
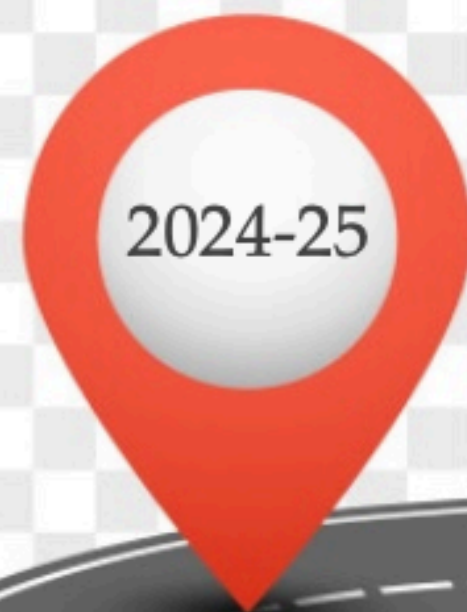
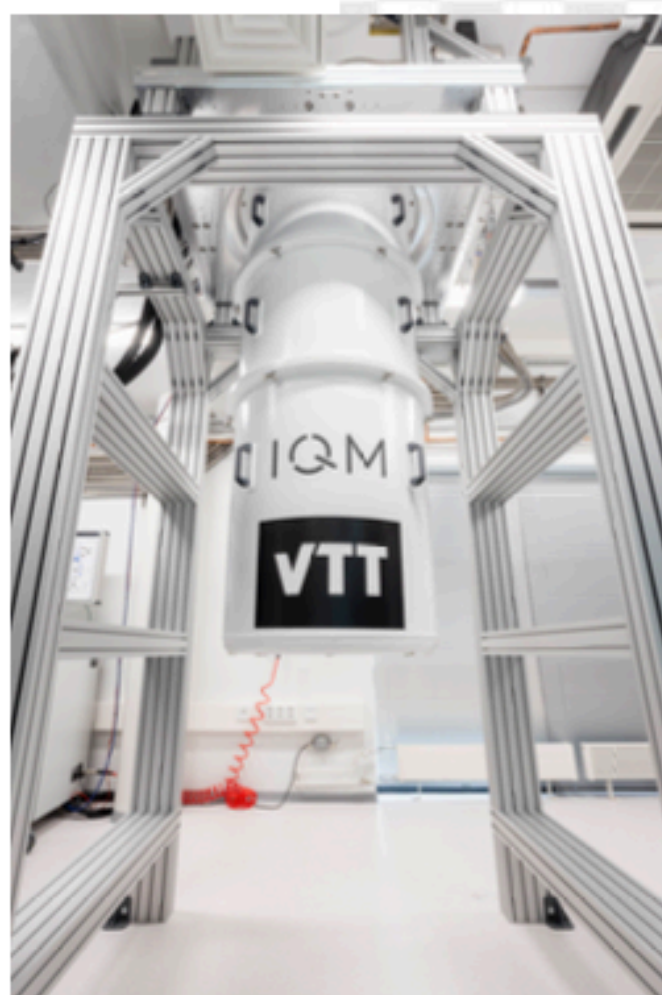
The mission of FiQCI is to provide state-of-the-art quantum-computing services such as computing time and training to the Finnish RDI communities. This includes providing a hybrid high-performance computing and quantum computing (HPC+QC) platform for developing, testing, and exploiting quantum-accelerated computational workflows. Through FiQCI, Finnish researchers have access to one of the most powerful hybrid HPC+nQC resources in the world, available for quantum accelerated research and development. The infrastructure also aims to offer possibilities to carry out experiments in quantum physics.

FiQCI is jointly maintained, operated, and developed by **VTT, Aalto University, and CSC – IT Center for Science.**

# 5-kubittinen Helmi (VTT 4/2023)

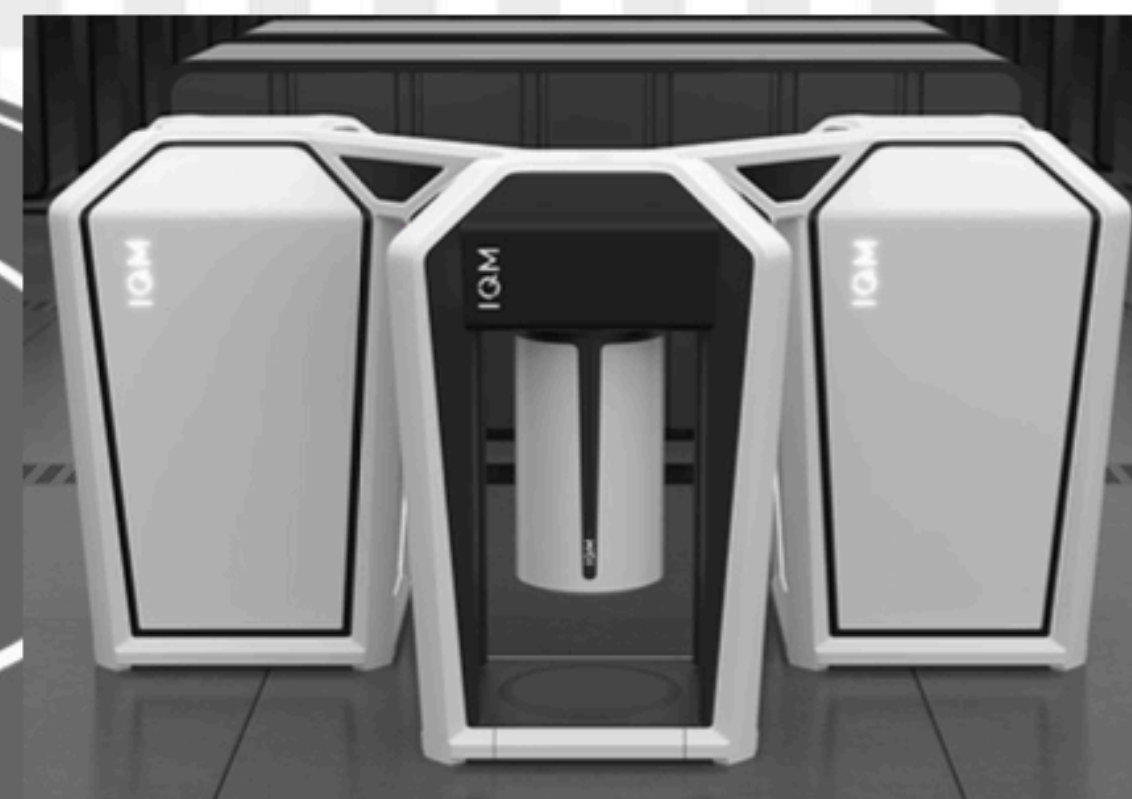
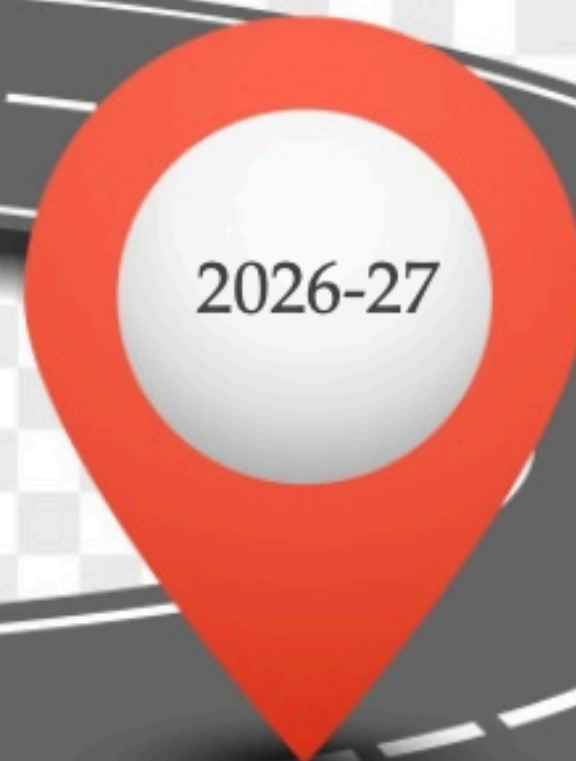


# Tiekartta 4/2024



VTT Helmi 5 kubittia

Aalto 20 kubittia  
VTT 50 kubittia



VTT 150-300 kubittia  
Aalto-laajennus?

# Miksi Suomessa?

- Koulutus ja tutkimus (tulevaisuuden kvanttiosaajat)
- Startups - BlueFors, IQM, Algorithmiq, ....
- Suuri kaupallinen kiinnostus ja potentiaali kvanttilaskentaan
- Osa EU:n kvanttilaskentaverkoston
- ESKO-projekti 1954

# Kiitos!

