



jat antoivat elektronille vain niukasti lisäpotkua ulkoisella jännitelähteellä. Lisää energiaa elektroni riistää värähtelijältä, johon jäähdytintä on liitetty. Näin värähtelijä luovuttaa energiaa fotoneina ja viilenee.

Vain huippukylmä käy värähtelijälle

Värähtelijä on oheisessa valokuvassa mutkalla oleva johdin. Jäähdytintä on värähtelijän vasemmassa reunassa tikapuiden näköisen rakenteen edessä. Nanolaitte on niin pieni, ettei se erotu.

Jäähdytintä viilensi värähtelijää kokeessa 0,8 kelvinasteen lämpötilasta 0,4 asteeseen. Kyse on äärimmäisen alhaisissa lämpötiloissa toimivista kvanttilaitteista.

Suunnitteilla olevat kvanttietokoneiden piirit vaativat vielä kylmempää, sillä ne toimivat alle 0,1 kelvinessä eli noin -273 asteessa. Se vähentää häiriöitä.

KVANTTIFYSIIKKA

Kuumat kubitit jäähylle

Lämpö häiritsee kvanttilaskentaa enemmän kuin tavallista.

Kvanttietokoneiden tulosta jo puhutaan, mutta tiellä on yhä isoja esteitä. Yksi haaste on viilentää laskutoimituksia tekevät kubitit toimintakuntoon.

Nyt dosentti **Mikko Mötösen** ryhmä Aalto-yliopistossa on kehittänyt nanokokoisen kvanttipiirin jäähdyttimen. Kokeissa jäähdytintä laskee kubitin kaltaisen pienen värähtelijän lämpötilan puoleen.

Jäähdytyksen merkitys korostuu kvanttietokoneissa, sillä lämpö häiritsee niiden laskutoimituksia erityisen herkästi.

Nykyisissä tietokoneissa transistorit laskevat bitteinä, joiden arvo on joko nolla tai

yksi. Lisäksi transistorit tekevät laskutoimitukset yksi kerrallaan.

Kvanttietokone ynnää toisin. Bittien sijasta se pyörittää kubitteja, joilla on useita arvoja. Kubitit voivat olla yhtä aikaa sekä nolla että ykkönen. Tämän kvanttiliikkeen ansiosta ne osaavat tehdä useita laskutoimituksia yhtä aikaa eikä vain peräkkäin kuten nykykone.

Alustus palauttaa romahduksesta

Kubitin kvanttiliikkeen ansiosta se romahtaa, kun laskentatulokset otetaan ulos. Niinpä jokainen kubitin pitäminen ennenaikaisesti laskemista alustaa nollatilaan. Kuumien kubitien nollaus ei onnistu, koska ne hyppelevät tilasta toiseen.

Aalto-yliopiston tutkija-tohtori **Kuan Yen Tan** on kehittänyt vuosia jäähdytyskeinoa, joka perustuu kvanttifysiikan tunneloitumiseen. Se on merkittävä ilmiö, jossa hiukkanen siirtyy väliaineen läpi kuin aave.

Äärimmäinen kylmyys vähentää häiriöitä.

Jäähdytintä on liitetty kubitteja jäljittävään värähtelijään. Jäähdyttimessä elektroni tunneloituu kahden nanometrin paksuisen eristeen läpi ja siirtyy metalliseen vastuksesta vastuksettomaan suprajohteeseen.

Elektroni tarvitsee tunneloitumiseen energiaa. Tutki-

Jäähdytyksen periaate toimii

Kokeissa kvanttilaitteiden lämpötila oli liian korkea kubitteille. Tärkeintä olikin osoittaa, että jäähdyttimen periaate toimii.

Nyt sen toimintaa pitää hioa. Jäähdyttimen voi jo kytkeä päälle tai sammuttaa säätämällä ulkoisen virtalähteen jännitettä.

Seuraavaksi ryhmä viilentää oikeita kubitteja. Sellaisena toimii niin sanottu epälineaarinen värähtelijä. Sen taajuus muuttuu, kun värähdyslaajuus kasvaa. Tämä on kuin viulu, jonka äänen korkeus riippuu siitä, miten kovaa sitä soittaa. Ryhmä on jo testannut lainakubitteja, joista osa on toiminnut kuten pitääkin.