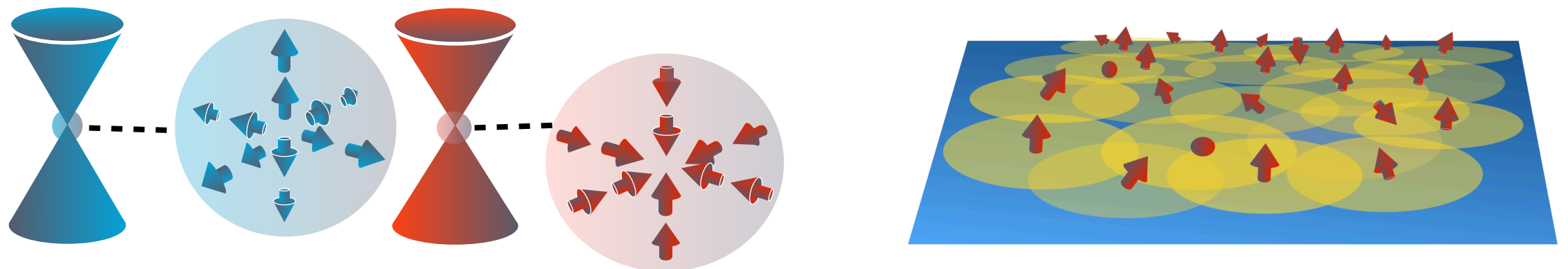


Fysiikan tehtävät *case study*

Kvanttiaineet- Kvanttivallankumous Redux

Teemu Ojanen

Theory of Quantum Matter
Tampereen Teknillinen Yliopisto



Sisältö

- Kvantti-ilmiöt mikromaailmassa
- Kvanttimekaniikka ja aineen rakenne
- Kvanttiaineet- mitä?
- Topologiset kvanttiaineet- mitä? *miksi?*
- Yhteenveto

Kvantti-ilmiöt mikromaailmassa

- Kvanttimekaniikka on fysiikan teoria jota tarvitaan kuvaamaan mikroskooppisia systeemeitä (atomeja, subatomaarisia hiukkasia, nanorakenteita...)
- Kvanttiteoria tekee hyvin tarkkoja ennusteita mitattavista ominaisuuksista
- Teoriassa hyvin outoja piirteitä: kvantittuneet arvot, superpositio, aavemaiset epälokaalit vuorovaikutukset...
- Operationaalisesti loistava, intellektuaalisesti epätydyttävä

Kvanttimekaniikka ja aineen rakenne

- Kaikki aine on *kvanttiainetta*- makroskooppinen aine koostuu mikroskooppisista osista
- Kvanttimekaaninen kuvailu on keskeisen tärkeää aineen ominaisuuksien ymmärtämiseksi
- Keskeiset teknologiset sovellukset nojaavat aineen kvanttiominaisuuksiin
- Jotain silti uupuu tiiviin aineen systeemeissä: kvanttuneet suureet, superpositio, *suuret* kvanttitilat...

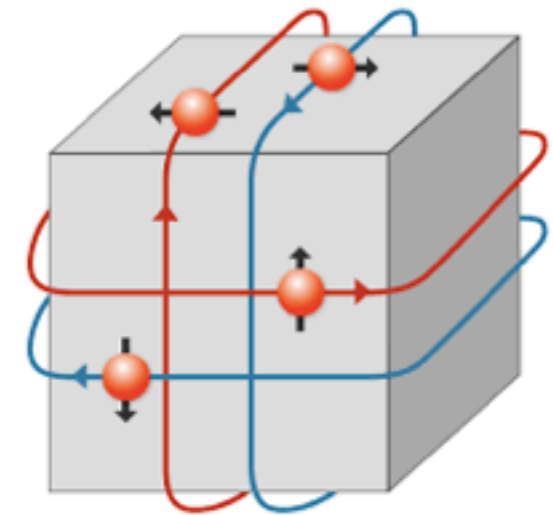
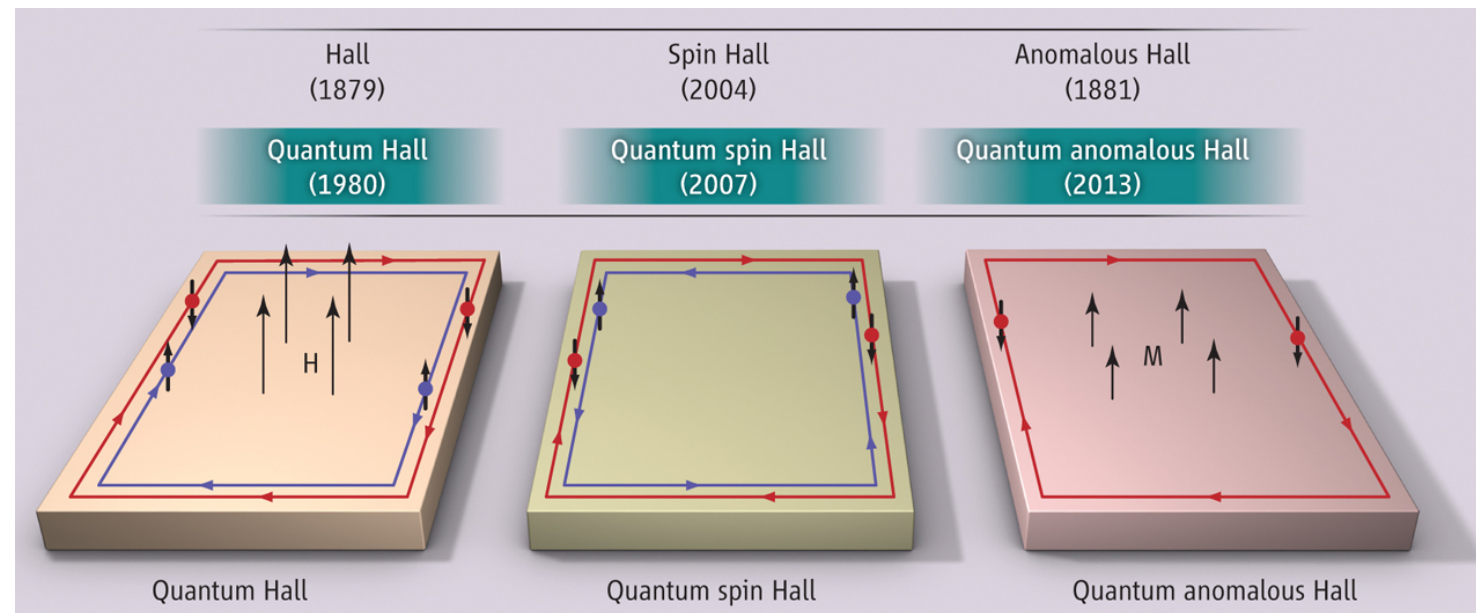
Kvanttiaine

- Kvanttimekaniikan piirteitä tiiviin aineen systeemeissä (ja makrokoossa), usein keinotekoisia hybridisysteemejä
- Esimerkiksi kvantisoituneet mitattavat ominaisuudet, suuret kvanttitilat, pitkään elävät superpositiot, makroskooppinen kvanttikietoutuminen jne
- Realisaatioita: suprajohteet ja nesteet, topologiset aineet, korreloituneet magneetit ja spin-nesteet jne
- Suuri määrä kvanttiaineita löydetty viimeisen 40 vuoden aikana ja erityisen paljon viimeisen 10-15 vuoden aikana, *Quantum condensed matter*

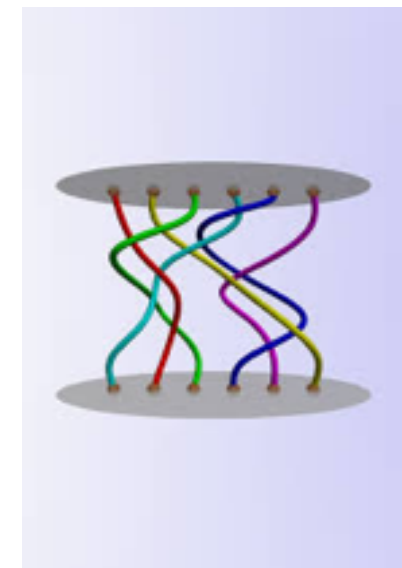
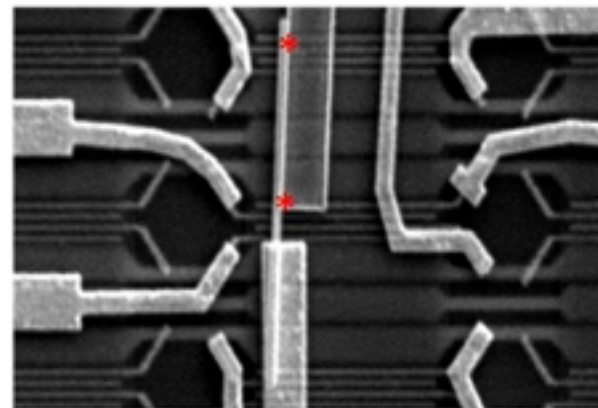
Topologiset kvanttiaineet

- Ryhmäni tutkimuskohteita ovat **kvanttiaineet**, erityisesti topologiset aineet ja keinotekoiset design-materiaalit

Mitä?



Topologiset eristeet



Topologiset suprajohteet

Keinotekoiset topologiset design-materiaalit

Miksi?

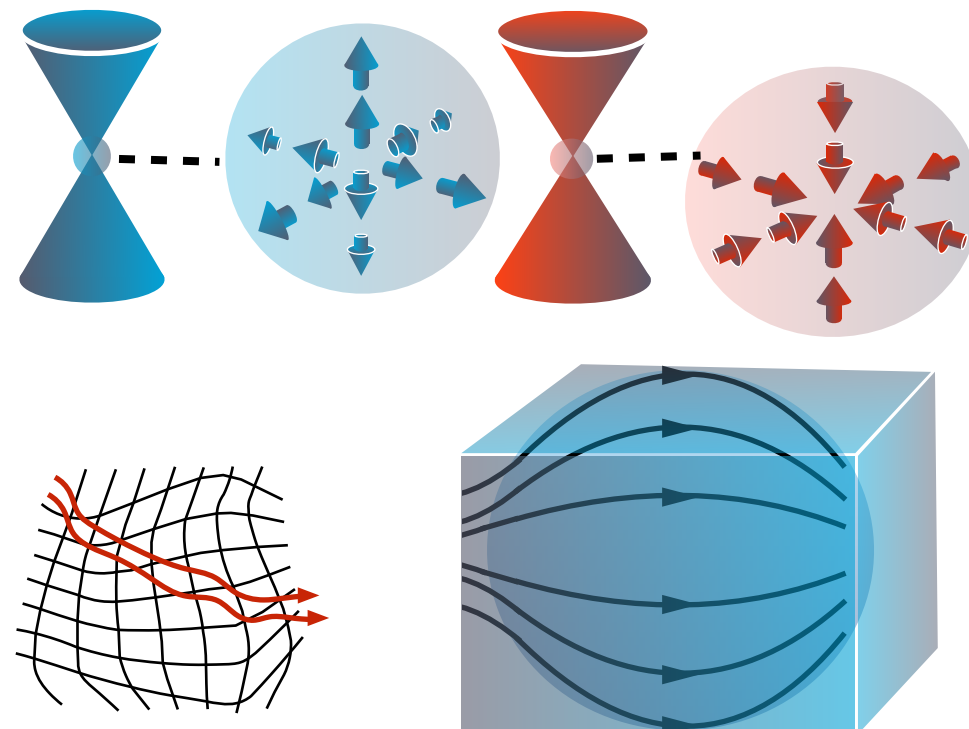
- Uudenlaisia aineen olomuotoja, joissa esiintyy ennennäkemättömiä perusilmiöitä (kansainvälisesti fysiikan nopeimmin kasvava ala)
- Materiaaleilla täysin vallankumouksellisia sähköisiä, magneettisia, optisia, mekaanisia ja termisiä ominaisuuksia
- Teknologinen sovelluspotentiaali
- Intellektuaalinen sovelluspotentiaali

Häviötön elektroniikka
Epädissipatiivinen kuljetus
Kvantittunut johtavuus
Spintroniikka
Kvantti-informaatio

Hyöty

Hiukkasfysiikan ja tiiviin aineen
fysiikan vuoropuhelu
Fysiikan teorioiden konsilienssi

Tieto
Estetiikka



Yhteenveto

- Kvanttiaineiden tutkimus on muodostunut keskeiseksi fysiikan tutkimuskentäksi viimeisen 15 vuoden aikana
- Useita realisaatioita *aineista* joissa kvanttiominaisuudet heijastuvat konkreettisesti makrotasolla
- **Teknologiset sovellukset:** epädissipatiivinen elektroniikka, kvantti-informaatio...
- **Intellektuaaliset sovellukset:** fysiikan metodologian ja käsitteistön *yhtenäistäminen*, hiukkasfysiikan ja tiiviin aineen fysiikan vuoropuhelu