



# Kvanttinesteet

Teoreettisen fysiikan esittely

26.9.2005

Timo Virtanen

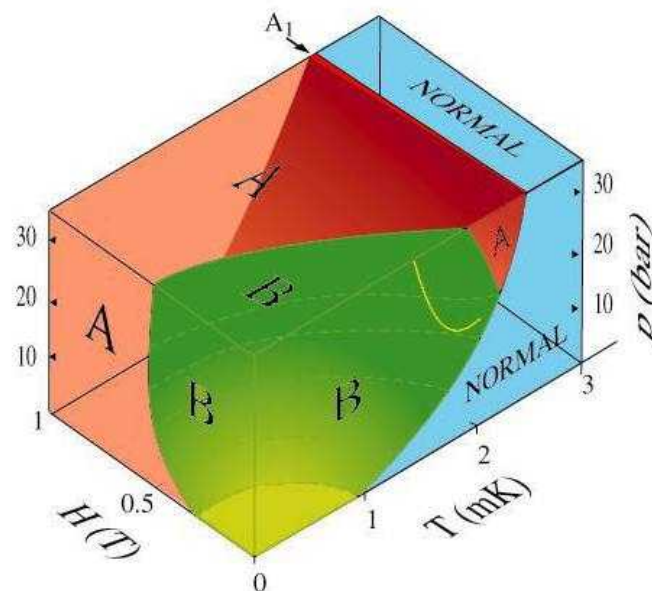
# Kvanttinesteet

Esimerkki:

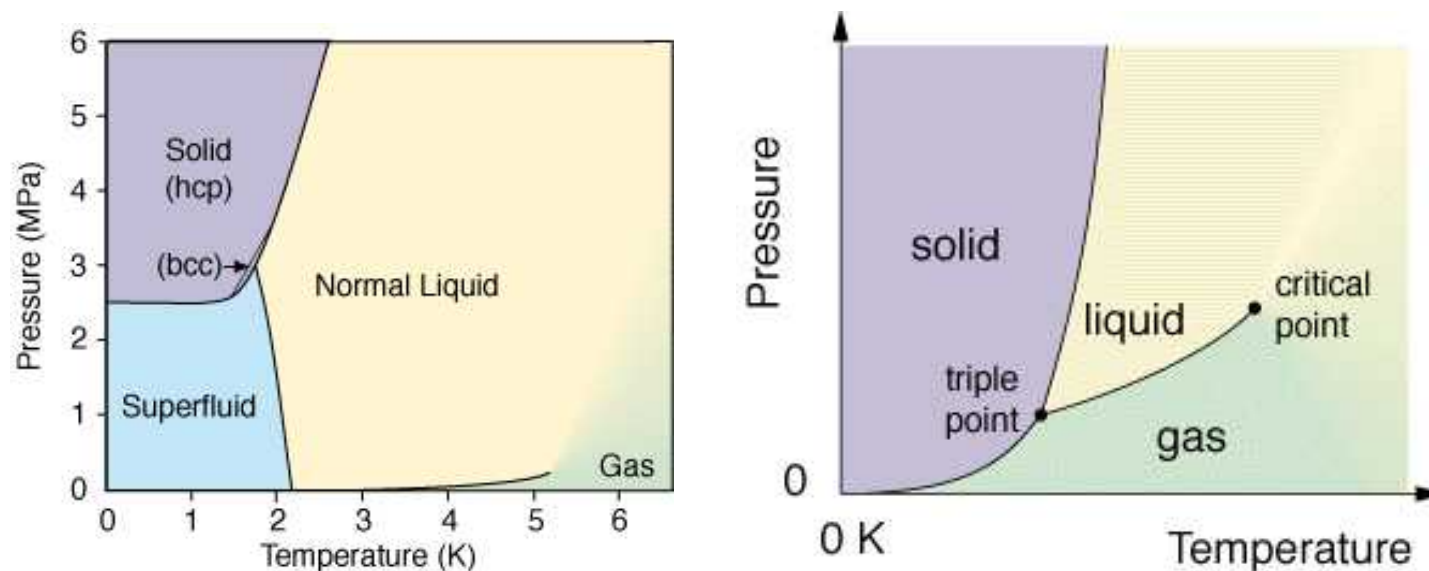
Värähtelevä lanka  ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$   
seoksissa

# Kvanttinesteet

- Kvanttinesteissä kvanttimekaaniset ilmiöt näkyvät makroskooppisessa mittakaavassa.
- Tutkimuskohteina ovat helium-supranesteiden ja varattujen kaasujen ominaisuudet lähellä absoluuttista nollalämpötilaa.



# Supranesteet

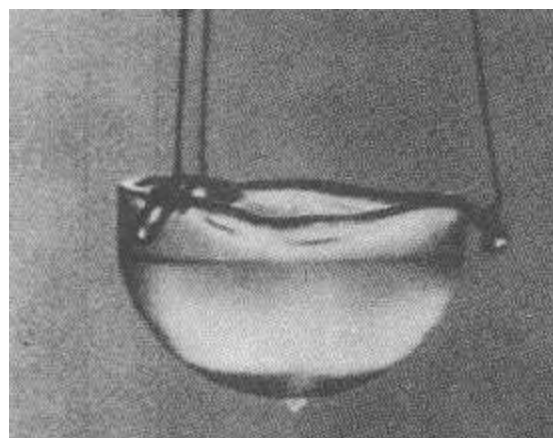
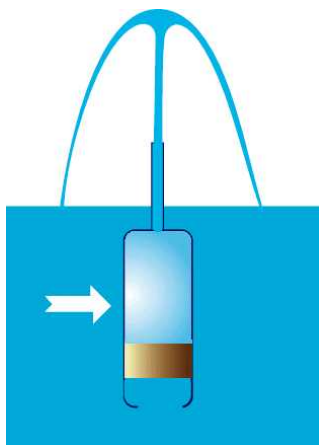


- Heliumin faasidiagrammi (vasemmalla) poikkeaa tyypillisestä diagrammista (oikealla).
- Ainoana alkuaineena helium pysyy nestemäisenä absoluuttiseen nollapisteeseen saakka (matalassa paineessa).
- Alle 2 K lämpötilassa esiintyy uusi olomuoto: **supraneste**.

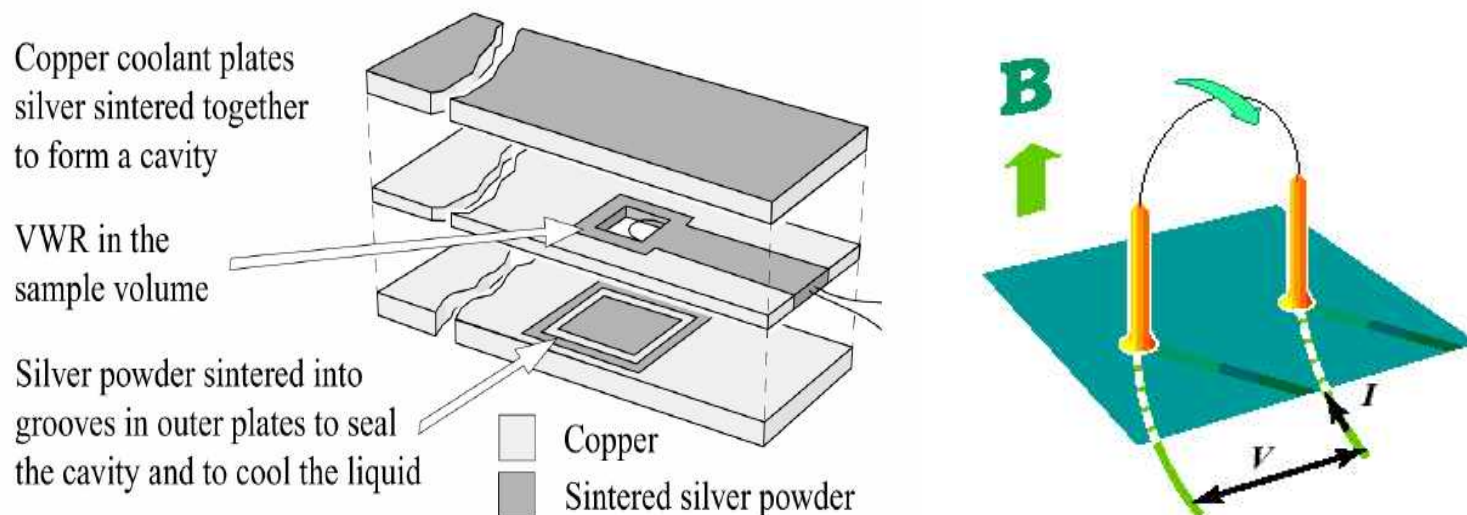
# Supranesteet

## Virtaus ilman vastusta

- Supraneste juoksee pois astiasta seinien yli.
- Supraneste tunkeutuu huokoisen materiaalin (hopeasilpun) läpi.



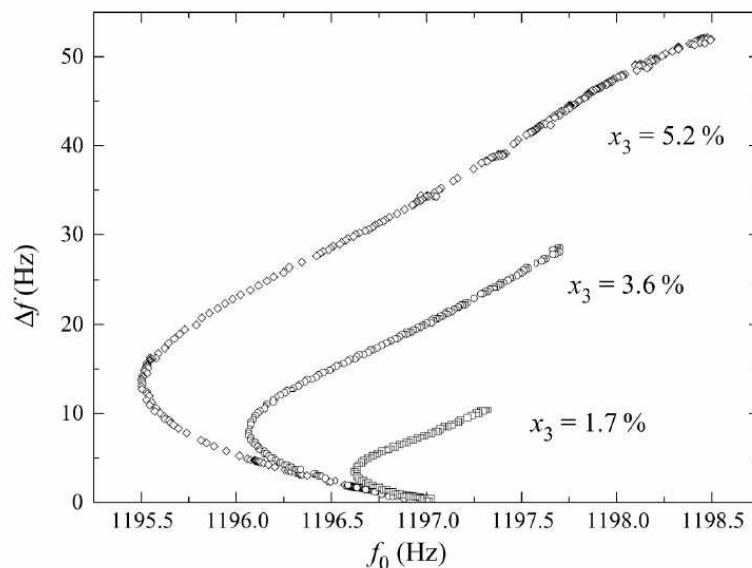
## Esimerkki: Värähtelevä lanka



- Yleinen tapa tutkia supranesteiden ominaisuuksia on käyttää nesteeseen upotettua värähtelijää.
- Nesteen aiheuttama vastus (viskositeetti) voidaan mitata lämpötilan funktiona.

## Esimerkki: Värähtelevä lanka

- TKK:n kylmälaboratoriossa on tutkittu  $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$  seoksia.
- Mittaustuloksissa nähdään efektejä, joita ei ymmärretä.
- Tutkimalla koetta teoreettisesti, näitä efektejä voidaan tulkita.

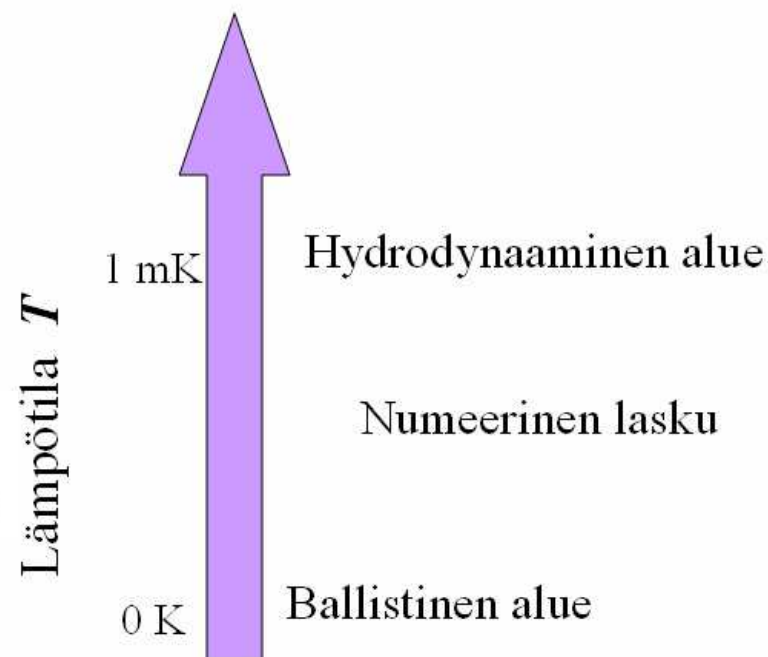


## Esimerkki: Värähtelevä lanka

- Matalissa lämpötiloissa systeemin viritystilat, ns. kvasihiukkaset määräävät dynamiikan.
- Kvasihiukkasten jakauma voidaan laskea Landau-Boltmann yhtälöstä:

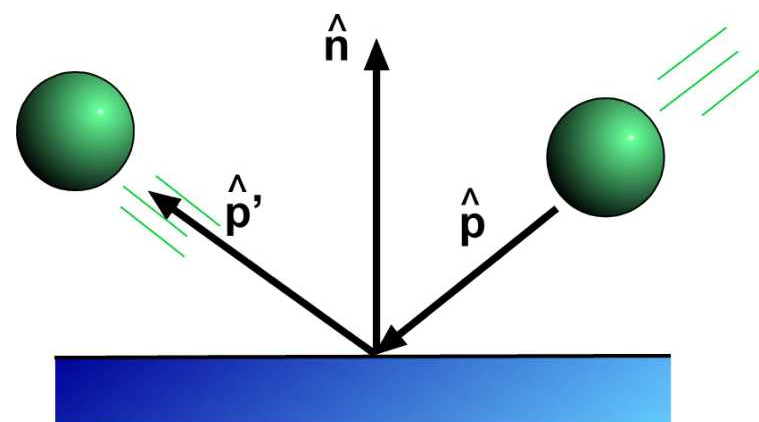
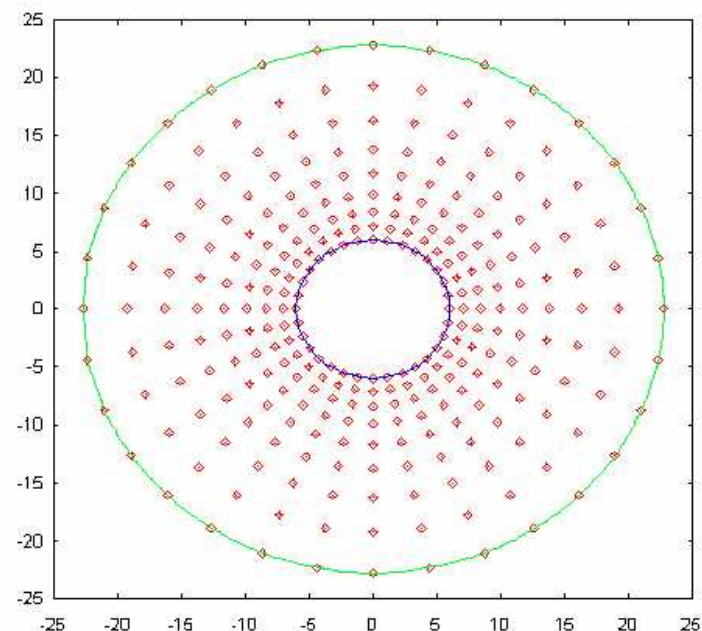
$$\frac{\partial n_{\mathbf{p}}}{\partial t} + \frac{\partial \epsilon_{\mathbf{p}}}{\partial \mathbf{p}} \frac{\partial n_{\mathbf{p}}}{\partial \mathbf{r}} - \frac{\partial \epsilon_{\mathbf{p}}}{\partial \mathbf{r}} \frac{\partial n_{\mathbf{p}}}{\partial \mathbf{p}} = \left( \frac{\partial n_{\mathbf{p}}}{\partial t} \right)_{coll}$$

- Lämpötilan laskiessa esiintyy kolme aluetta, joissa käytetään erilaisia teoreettisia malleja.

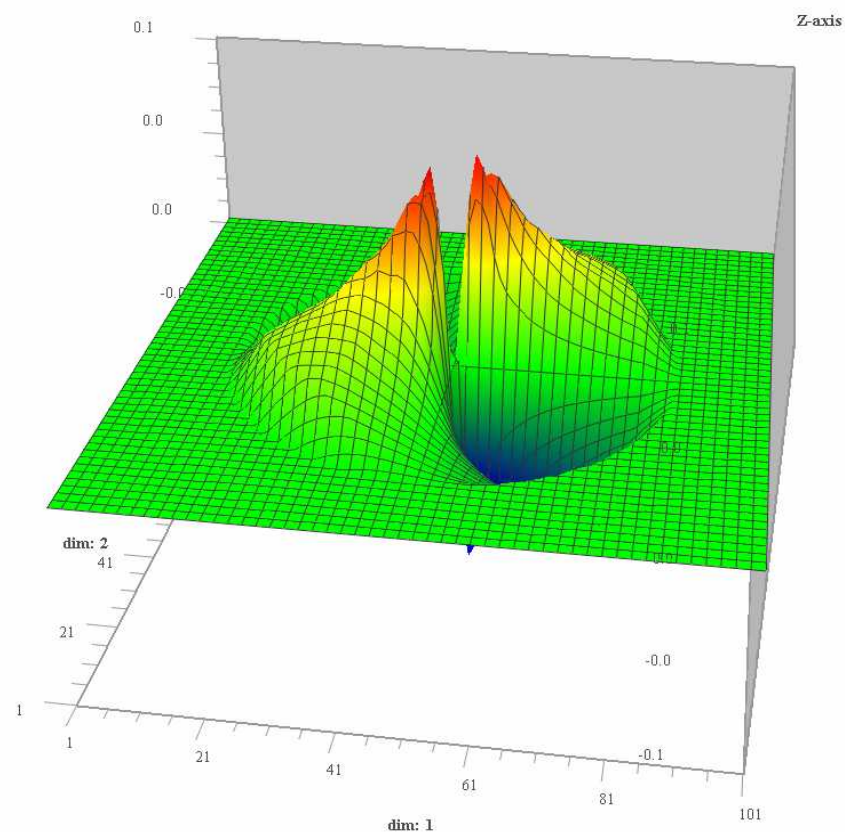




- Kvasihiukkasten jakauma määrää systeemin käyttäytymisen.
- Jakauma voidaan laskea numeerisesti erillisissä pisteissä langan ympärillä.
- Reunaehtona käytetään hiukkasen heijastumista langasta.



- Laskun tuloksia verrataan mittauksiin. Malli on onnistunut jos tulokset täsmäävät.
- Teoreettinen malli antaa myös informaatiota, jota mittauksista ei saada.
- Mallilla voidaan testata reunaehtoja, jotka kokeellisesti ovat vaikeita tai mahdottomia.



- Numeerisia tuloksia analysoimalla voidaan lopulta ymmärtää kokeissa havaitut uudet piirteet.
- Malli voi ennustaa myös uusia efektejä.

