

Väitöstiedote

14.09.2020

Ennätysmatalien lämpötilojen saavuttaminen nestemäisessä heliumseoksessa

Väitöskirjan nimi

Adiabatic melting experiment: ultra-low temperatures in helium mixtures
Adiabaattinen sulatuskoe: erittäin matalat lämpötilat heliumseoksissa

Väitöskirjan sisältö

Kahden vakaan heliumisotoopin He-3:n ja He-4:n seos on kiehtova tutkimuskohde, sillä se on myös seos kahdesta kvanttimekaniikan perushiukkastyypistä fermioneista ja bosoneista. Näiden hiukkasten ominaisuuksien tunteminen on avainasemassa, jos halutaan ymmärtää niin kvanttietokoneet kuin neutronitähdetkin. Nestemäinen helium on koeympäristö, missä näitä hiukkasia pystytään tutkimaan puhtaassa ja hallitussa tilanteessa.

Tarpeeksi matalassa lämpötilassa heliumissa tapahtuu erittäin mielenkiintoinen ilmiö: suprajuoksevuus. Tämä lämpötila on noin 1 Kelviniä puhtaalle He-4:lle ja 0,001 Kelviniä puhtaalle He-3:lle. Supraneste on kvanttimekaanisesti järjestäytynyt neste, mikä pystyy esimerkiksi virtaamaan pienimmistäkin koloista ilman kitkaa. Tässä väitöskirjassa esitellään työtä, jossa kehitettiin ja tutkittiin täysin uudenlaista jäähdytysmenetelmää. Tavoitteena oli saavuttaa niin matala lämpötila, että molemmat heliumin isotoopit olisivat suprajuoksevia samaan aikaan. Tarvittu lämpötila oli arvioitu olevan alle 0,0001 Kelviniä.

Väitöskirjassa esitelty menetelmä perustuu kiinteään He-4:n sulattamiseen ja sen sekoittamiseen He-3:n kanssa. Työssä tutkimme sulatusmenetelmän ominaisuuksia ja etsimme parasta sulatuksen toteuttamistapaa saavuttaaksemme niin matalia lämpötiloja kuin mahdollista. Tutkimme myös lämpötilan määrittämisen haastellisuutta ja lämpövuotoja näissä erittäin matalissa lämpötiloissa. Kehitimme koejärjestelytämme myös laskennallisen mallin, jonka avulla pystyimme ymmärtämään sulatusjäähdytyksen termodynamiikkaa paremmin. Tutkimuksesta saadun tiedon perusteella pystymme ehdottamaan, miten menetelmää voi kehittää tulevaisuudessa.

Väitöskirjan ala

Teknillinen fysiikka, fysiikka

Tohtorikoulutettava

Tapio Rieki, FM
Syntynyt Suomussalmella 1989

Väitöksen ajankohta

25.09.2020 klo 12:00

Paikka

Julkinen väitöstilaisuus järjestetään etäyhteydellä Zoomissa:
<https://aalto.zoom.us/j/68505165425>

Vastaväittäjä

professori Richard Haley, Lancaster University, Yhdistynyt kuningaskunta

Kustos

professori Pertti Hakonen, Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulu, Teknillisen fysiikan laitos

Väitöskirjan verkko-osoite

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8993-5>

Tohtorikoulutettavan yhteystiedot

Tapio Rieki, Teknillisen fysiikan laitos, tapio.rieki@aalto.fi, 0442802270

Dissertation press release

14.09.2020

Reaching for record-low temperatures in liquid helium

Title of the dissertation	Adiabatic melting experiment: ultra-low temperatures in helium mixtures Adiabaattinen sulatuskoe: erittäin matalat lämpötilat heliumseoksissa
Contents of the dissertation	Mixture of the two stable helium isotopes, He-3 and He-4, is a fascinating subject to study. It is a mixture of two fundamentally different quantum mechanical particles, fermions and bosons, whose properties need to be understood if we wish to uncover the mysteries from quantum computers to neutron stars. Liquid helium mixture represents a model system where such particles can be studied in a clean and controlled environment. A peculiar phenomenon that occurs at sufficiently low temperature (about 1 Kelvin in pure He-4 and 0.001 Kelvin in pure He-3) is superfluidity. Superfluid is a quantum mechanically organized fluid that can, for example, flow without friction through even the smallest holes. In this thesis, we developed and studied a novel cooling method that aimed to cool helium mixture to such a low temperature that both isotopes would be in superfluid state at the same time. The required temperature was anticipated to be below 0,0001 Kelvin. The method presented in the thesis is based on melting of solid He-4 and its mixing to He-3. We study the properties of the melting method and seek out the optimal experimental parameters to reach as low temperature as possible. We also study the difficulties in thermometry and heat leaks at these ultra-low temperatures, and develop a computational thermal model to better understand the thermodynamics of the novel cooling technique. With the gained information, we can give suggestions on how to improve the cooling method in the future.
Field of the dissertation	Engineering Physics, Physics
Doctoral candidate	Tapio Riekk, M.Sc. Born in Suomussalmi 1989
Time of the defence	25.09.2020 at 12:00 noon
Place of the defence	Public defense will be organized via Zoom: https://aalto.zoom.us/j/68505165425
Opponent	Professor Richard Haley, Lancaster University, United Kingdom
Custos	Professor Pertti Hakonen, Aalto University School of Science, Department of Applied Physics
Electronic dissertation	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8993-5
Doctoral candidate's contact information	Tapio Riekk, Department of Applied Physics, tapio.riekki@aalto.fi , 0442802270