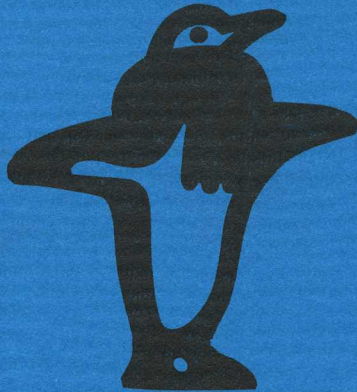


TEKNILLINEN KORKEAKOULU
OTANIEMI

KYLMÄLABORATORION
TOIMINTAKERTOMUS
1988



SISÄLLYSLUETTELO

Kylmälaboratorion asema ja tehtävät	2
Johtokunta	2
Henkilökunta	2
Laboratorion johtaja	
Vanhempi tutkimushenkilökunta	
Jatko-opiskelijat	
Opiskelijat	
Muu henkilökunta	
Vuoden 1988 aikana suoritettut akateemiset tutkinnot	5
Diplomityöt	
Väitöskirjat	
Opetus teknillisessä korkeakoulussa	6
Palkinnot	6
Asiantuntijatehtävät	6
Tutkimus- ja palvelutoiminta	7
Yleistä	
Tutkimusprojektit	
Yhteistyö muiden laboratorioiden kanssa	23
Ulkomaiset vierailijat	
Kylmälaboratorion seminaarisarja	
Laboratorion henkilökunnan pitempiaikainen työskentely ulkomailla	
Osallistuminen kongresseihin ja koulutustilaisuuksiin	
Muut tieteelliset tutustumiskäynnit sekä pidetyt esitelmät	
Julkaisuluettelo	32

KYLMÄLABORATORION ASEMA ja TEHTÄVÄT

Kylmälaboratorio on korkeakoulun hallituksen alainen tutkimuslaitos, jonka tehtävänä on:

- suorittaa tutkimustyötä matalien lämpötilojen fysiikassa ja kryogeniikassa sekä läheisillä fysiikan ja tekniikan aloilla,
- antaa alan koulutusta mm. järjestämällä tutkimusmahdollisuuksia sekä ohjausta opinnäytteiksi tarkoitettuja tutkimustöitä varten,
- edistää alan tutkimuksen ja sovellutusten kehitystä maassamme tarjoamalla asiantuntija-apua sekä tutkimusmahdollisuuksia,
- ylläpitää sekä kehittää maamme kansainvälisiä yhteyksiä toimialueellansa.

KYLMÄLABORATORION JOHTOKUNTA

Kylmälaboratorion toimintaa johtaa hallituksen asettama johtokunta, johon 1.1. - 31.12.1988 välisenä aikana ovat kuuluneet

rehtori Jussi Hyyppä	puheenjohtaja
apulaisprofessori Turkka Tuomi	varapuheenjohtaja
kylmälaboratorion johtaja Olli Lounasmaa	
dosentti Peter Berglund (varalla DI Aarne Oja)	
DI Kaj Nummila (varalla DI Jukka Kyynäräinen)	
dosentti Martti Salomaa (varalla DI Riitta Salmelin).	

Toimintakertomusaikana johtokunta ei pitänyt yhtään kokousta.

HENKILÖKUNTA

Kylmälaboratorion laboratoriohenkilökuntaan kuuluu Teknillisen korkeakoulun hallituksen nimittämän laboratorion johtajan ohella vakinaista henkilökuntaa seuraavasti: kaksi laboratorioinsinööriä, kolme vanhempaa tutkijaa, yliassistentti, kaksi assistenttia ja toimistosihiteeri. Näistä toimista yksi vanhemman tutkijan sekä kaikki kolme assistentin tointa ovat määräaikaisia. Vakinaisena teknillisenä henkilökuntana kylmälaboratorion työpajassa on kaksi erikoislaboratoriomestaria ja yksi laboratoriomestari; laboratorion heliumnesteyttimen käytöstä vastaavat nesteyttimen omat erikoislaboratoriomestari ja laboratoriomestari. Laboratorion johtajan ohella kylmälaboratoriossa on siis yhteensä kymmenen pysyvää virkasuhteista työntekijää. Valtaosa jäljempänä luetellusta henkilökunnasta, jonka lukumäärä on moninkertainen e.m. kymmeneen verrattuna, saa siis palkkansa joko TTK:n ulkopuolelta, tekee työtään apurahan turvin, tai on jonkin erillismäärärahan avulla järjestetyn lyhytaikaisen työ sopimuksen varassa.

LABORATORION JOHTAJA

Kylmälaboratorion johtajana toimii prof. Olli Lounasmaa, joka vuodesta 1970 alkaen on ollut Suomen Akatemian tutkijaprofessori.

VANHEMPI TUTKIMUSHENKILÖKUNTA

- M.P. Berglund, TkT, TKK:n dosentti, kryokeskuksen johtaja
 H.K. Collan, TkT, TKK:n dosentti, laboratorioinsinööri
 G. J. Ehnholm, TkT, Instrumentarium Oy, NEURO-projektin johtotehtävä 28.2.1988 saakka
 P.J. Hakonen, TkT, TKK:n vanhempi tutkija, virkavapaa koko vuoden 1988 Cornellin yliopistossa (New York) työskentelyä varten
 R.K. Hari, LKT, Helsingin yliopiston dosentti, Suomen Akatemian vanhempi tutkija (lääketieteellinen tmk)
 M-L. Holmström, FL, laboratorioinsinööri
 M.S. Hämäläinen, DI (väit.), vs. TKK:n vanhempi tutkija
 M.T. Huiku, TkT, tutkija, työskenteli Risørn tutkimuskeskuksessa Tanskassa 31.1.1988 saakka
 R.J. Ilmoniemi, TkT, TKK:n yliassistentti (neuromagnetismi)
 Z. Janu, vieraileva tutkija (Academy of Sciences, Rez, Tšekkoslovakia) 1.4.188 lähtien
 J. E. Knuutila, TkT, projektitutkija 8.2.1988 saakka
 Y. Kondo, vieraileva tutkija (Kyoto University, Japani) 6.11.1988 lähtien
 F.M. Krusius, TkT, prof., TKK:n vanhempi tutkija
 N. Loveless, vieraileva tutkija (Department of Psychology, University Dundee, Scotland) 15.3. - 15.6.1988
 S.T. Lu, vieraileva tutkija (Rutgers University, New Jersey, USA) 21.11.1988 lähtien
 Ju. Mukharskij, vieraileva tutkija (Institute for Physical Problems, Moscow, USSR) 22.3. - 18.10.1988
 J.P. Pekola, TkT, TKK:n assistentti (kylmäfysiikka)
 E.M. Pihko, PsT, Helsingin yliopiston vs. psykologian assistentti, 30.11.1988 saakka
 M.M. Salomaa, TkT, TKK:n dosentti, Suomen Akatemian vanhempi tutkija (luonnontieteellinen tmk)
 J.T. Simola, TkT, projektitutkija 19.9.1988 alkaen
 M.E. Sams, FT, Helsingin yliopiston dosentti, vieraileva tutkija, Suomen Akatemian vanhempi tutkija (humanistinen tmk)
 Y. Takano, TkT, vanhempi tutkija 14.2.1988 saakka
 G. Tvalashvili, vieraileva tutkija (Institute of Physics of the Georgian Academy of Sciences, Tbilisi) 6.9. - 7.3.1988
 K. Torizuka, vieraileva tutkija (Tohoku University, Sendai, Japan) 1.4.1988 lähtien

JATKO-OPISKELIJAT

J.K. Hällström, DI, TKK:n assistentti (kylmäfysiikka)
 S-L. Joutsiniemi, LL
 T.A. Jyrkkiö, DI, 30.8.1988 saakka (TKT-tutkinto 18.10.1988)
 M.J. Kajola, DI
 J.S. Korhonen, DI
 J.M. Kyynäräinen, DI, 31.1.1988 saakka
 J.P. Mäkelä, LKT, 18.4.1988 saakka (LKT-väitös 8.4.1988)
 S.A. Nenonen, DI
 K.K. Nummila, DI
 A.S. Oja, DI (TKT-väitös 29.10.1988)
 R.H. Salmelin, DI
 A.K. Sarjala, FK, 7.10.1988 saakka
 A.J. Tiihonen, LL

OPISKELIJAT

S.P. Ahlfors
 A.P. Annila (DI-tutkinto 30.5.1988)
 E.P. Friman 17.7.1988 saakka
 O.P. Jaakkola 1.6. - 30.6. ja 1.8. 1988 alkaen
 T.T. Karttinen 1.6. - 17.7. ja 1.8. 1988 alkaen
 P.K. Kempainen
 M.S. Kiviranta 1.2. - 31.3. ja 6.6. 1988 alkaen
 J.H. Koivuniemi 1.6. - 30.6 ja 1.8. 1988 alkaen
 A.J. Manninen
 L.T. Mattila 29.2.1988 saakka
 J.V. Saarinen 1.2. - 30.6. ja 1.8. 1988 alkaen
 P.I. Soininen 1.6. - 30.6. ja 1.8. 1988 alkaen
 V.W. Syrjänen 1.6. - 14.7. ja 1.8. - 31.8.1988
 S.O. Tissari 1.6. - 30.6. ja 1.8. 1988 alkaen
 J.T. Tuoriniemi
 H.E. Viertiö (DI-tutkinto 30.5.1988)
 V.A. Vilkmán
 R.T. Vuorinen 1.6. - 30.6. ja 1.8. - 31.8.1988

MUU HENKILÖKUNTA

T.S-M. Halme, toimistos sihteeri

A.J. Huvila, erikoislaboratoriomestari
 A.A. Isomäki, nesteyttimen käyttöpäällikkö
 R.J. Kaasinen, erikoislaboratoriomestari
 T.K. Koivisto, osastosihteeri 1.4.1988 alkaen
 J.T. Koponen, piirtäjä 5.9.1988 saakka,
 M.T. Korhonen, laboratoriomestari
 E.K. Parkkinen, osastosihteeri 11.7.1988 saakka
 T.J. Rönqvist, piirtäjä 1.10.1988 alkaen
 K.A. Salminen, laboratoriomestari
 S.K. Utriainen, erikoislaboratoriomestari

AKATEEMISET TUTKINNOT VUODEN 1988 AIKANA

Laboratoriossa työskennelleet henkilöt ovat laatineet seuraavat opinnäytteet:

DIPLOMITYÖT

A.P. Annila, Hopeaisotooppien ristirelaksaatio: NMR-mittauksia nanokelvin lämpötiloissa, 30.5.1988, diplomityö TKK:n tietotekniikan osastolla
 H.E. Viertiö, Ydinten magneettinen järjestyminen jalometalleissa, 30.5.1988, diplomityö TKK:n tietotekniikan osastolla

VÄITÖSKIRJAT

T.A. Jyrkiö, Magnetic Susceptibility and Neutron Diffraction Experiments on Nuclear Ordering in Copper, väitöskirja TKK:n tietotekniikan osastolla, 12.9.1988
 Vastaväittäjä: Georg Eska, Universität Bayreuth, West Germany
 J.P. Mäkelä, Auditory Evoked Magnetic Fields in Man, väitöskirja Helsingin yliopiston lääketieteellisessä tiedekunnassa, 8.4.1988
 Vastaväittäjä: George Karmos, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary
 A.S. Oja, Nuclear Magnetism in Copper and Silver: Theory and Experiments, väitöskirja TKK:n tietotekniikan osastolla, 29.10.1988
 Vastaväittäjä: Michael Steiner, Hahn-Meitner Institut, West Berlin
 M.K. Savelainen, Magnetic Resonance Imaging at 0.02 T: Design and Evaluation of Radio Frequency Coils with Wave Winding, väitöskirja TKK:n

tietotekniikan osastolla, 5.5.1988

Vastaväittäjä: Eric Varoquaux, University of Paris, Orsay,
France

OPETUS TEKNILLISESSÄ KORKEAKOULUSSA

Kylmälaboratorio on erillislaitos, jolla ei ole opetusvelvollisuutta Teknillisessä korkeakoulussa, mutta laboratorion henkilökuntaan kuuluu useita TKK:n opettajakunnan jäseniä. Laboratorion johtaja, tutkijaprofessori Olli Lounasmaa piti kevätlukukaudella 1988 TKK:n teknillisen fysiikan laitoksella kurssin Tfy-44.147 "Ihmisaivojen rakenne ja toiminta". Kurssin harjoitusassistenttina toimi Pia Kempainen kylmälaboratorion AIVO-tutkimusryhmästä.

PALKINNOT

"Paras posterit" - palkinto XXII Fysiikan päivillä, Jyväskylässä 24-26.3.1988 annettiin kylmälaboratorion ryhmälle Arto Annila, Aarne Oja ja Yasumasa Takano esityksestä "Cross Relaxation of Nuclear Spins in Silver Metal".

ASIAANTUNTIJA- ja LUOTTAMUSTEHTÄVÄT

M.P. Berglund on toiminut Suomen ja SEV-maiden taloudellisen avun neuvoston välisen yhteistyökommision suprajohtavuuden alan jaoston puheenjohtajana.

H.K. Collan on toiminut kokouksen 11th International Conference on Magnet Technology MT 11, Tsukuba, Japani 28.8.-1.9.1989 kansainvälisen järjestelytoimikunnan jäsenenä.

TkL Matti Savelaisen väitöskirjan esitarkastaja (TKK).

Suomen Akatemian asettaman "Fosfori NMR"-projektin seurantaryhmän sihteeri ja projektipäällikkö.

EC-maiden komission tieteellisteknisen CODEST-toimikunnan (=Comission for the Development of European Science and Technology) avustava asiantuntija (referee).

M.F. Krusius on ollut Arkhimedes-lehden toimituskunnan jäsenenä,
Euroopan fyysikkoseuran (EPS) matalien lämpötilojen jaoston jäsenenä, ja
XXII Fysiikan päivien ohjelmatoimikunnan jäsenenä.

O.V. Lounasmaa oli opetusministeriön asettaman professoritoimikunnan jäsen

14.8.1988 saakka, jolloin toimikunta jätti mietintönsä opetusministeri Christoffer Taxellille;

samoin seuraavien tieteellisten aikakauslehtien toimituskunnan jäsenenä: Cryogenics, Journal of Low Temperature Physics, Solid State Communications, Europhysics Letters.

Suomen Akatemian asettaman "Fosfori NMR" -projektin seurantaryhmän jäsen.

SITRAn asettaman neuromagnetismiprojektin seurantaryhmän jäsen.

Fysiikan Kansainvälinen Unioni (IUPAP), matalien lämpötilojen komission jäsen.

Euroopan fyysikkoseuran kiinteän olomuodon fysiikan jaoston kongressin kansainvälisen asiantuntijakomitean jäsen.

"Symposium on Spontaneous Nuclear Magnetic Ordering in Metals at Very Low Temperatures", järjestelytoimikunnan puheenjohtaja.

"12th International Cryogenic Engineering Conference, ICEC 12", kansainvälisen komitean jäsen.

"9th General Conference of the Condensed Matter Division of the European Physical Society" kansainvälisen komitean jäsen.

"International Conference on Macroscopic Quantum Phenomena", kansainvälisen komitean jäsen.

M.M. Salomaa on toiminut Suomen ja Neuvostoliiton välisen tieteellis-teknillisen yhteistoimintakomitean fysiikan työryhmän sihteerinä.

Avustava julkaisuasiantuntija (referee) tieteellisissä aikakauslehdissä Physical Review Letters, Physical Review, Europhysics Letters, Physica Scripta.

TUTKIMUS- ja PALVELUTOIMINTA

YLEISTÄ

Kylmälaboratorion tutkimustoiminta käsittää kolme päälinjaa: perustutkimuksen ultramatalissa lämpötiloissa, kryogeniset sovellutukset ja ihmisaivojen lähettämien magneettisten signaalien mittaamisen. Ultramatalien lämpötilojen tutkimus eli työskentely millikelvinalueella aloitettiin yli 20 vuotta sitten. Määrätietoinen työ nostikin laboratorion nopeasti alan kansainväliseen kärkeen. Ultramatalien lämpötilojen tutkimus kylmälaboratoriossa on tähän mennessä tuottanut mm. 36 julkaisua Physical Review Letters'ssä. Kryogeniikan piirissä, laboratorion omiin koelaitteisiin liittyvien jäähdytys- ja mittausmenetelmien kehittämisen ohella, laboratoriossa on toteutettu joukko verraten suurimittaisia laiteprojekteja. Aivojen synnyttämien heikkojen magneettikenttien mittaamista kylmälaboratoriossa on harjoitettu viimeisten kuuden vuoden ajan; käytettävissä olevat laitteet ja niillä saavutetut tulokset ovat jo nyt kansainvälistä huippuluokkaa.

Teknillisen korkeakoulun ohella Suomen Akatemialla on ollut tärkeä osuus kylmälaboratorion kehittämisessä, erityisesti vuodesta 1970 alkaen, jolloin laboratorion johtaja nimitettiin Akatemian tutkijaprofessoriksi. Laboratorion budjetti jakaantuu Teknillisen korkeakoulun ja Suomen Akatemian kesken. Yksityisten säätiöiden merkitys sekä perus- että soveltavan tutkimuksen rahoittajina on myös ollut tärkeä. Erityisesti länsisaksalaisen Körber-Säätiön vuonna 1987 myöntämällä tutkimusapurahalla on juuri nyt suuri merkitys, sillä sen turvin saadaan useita korkeatasoisia ulkomaisia tutkijoita stipendiaateiksi kylmälaboratorioon. Perustutkimushankkeisiin aivan suoranaisesti liittymättömät soveltavat tutkimukset on useimmiten rahoitettu määräaikaisina, projektikohtaisesti, esim. TEKESin, SITRAn, Suomen Akatemian ja teollisuuden yhteisvoimin. Soveltavien tutkimusprojektien pohjana on laboratorion tutkijoiden erityisasiantuntemus mittaustekniikassa, matalien lämpötilojen fysiikassa ja kryogeniikassa. Arvokasta on myös ollut vuosien varrella kertynyt kokemuksemme siitä, millaisiin hankkeisiin omat resurssimme riittävät ja millaisiin eivät. Tulevaisuudessa jouduttaneen kiinnittämään erityistä huomiota siihen miten tällaisten sovellettujen projektien edellyttämä tieto, kokemus ja henkilöresurssit voidaan säilyttää ajallisesti rajattujen yksittäisten hankkeitten välisinä luppoaikoina.

Matalien lämpötilojen fysiikan voidaan katsoa sopivan varsin hyvin Suomen kaltaiselle pienelle, mutta suhteellisen vauraalle maalle. Ala on yksi modernin fysiikan kiintoisimmista ja avaa mahdollisuuksia myös lukuisiin sovelluksiin. Varsin kohtuullisin investoinnein voidaan laboratoriotyöskentelyä varten rakentaa kryostaatti, joka jo rakennusvaiheensa aikana tarjoaa hyviä koulutus- ja tutkimusmahdollisuuksia. Esimerkkejä tästä ovat vaikkapa laboratorion molemmat pyörivät kryostaatit, ROTA I ja ROTA II sekä kaskaadiydinjäähdyttimet, Otaniemessä sijaitseva YKI ja Risössä (Tanskassa) sijaitseva NYKI. Nämä laitteet osoittavat, että ultramatalien lämpötilojen fysiikan kehitys ja saavutukset eivät välttämättä vaadi huippukalliita laiteinvestointeja, jotka monilla muilla fysiikan aloilla ovat edellytyksenä tutkimuksen kansainväliseen kärkeen pyrittäessä. Sama pätee myös kylmälaboratoriossa harjoitettuun aivotutkimukseen; magnetoenkefalografisten mitausten vaatimat laitteet ovat toistaiseksi vain noin 3-4 milj. mk:n hintaluokkaa.

Adiabaattiseen ydindemagnetointiin perustuvaa jäähdytysmenetelmää on kylmälaboratoriossa, aluksi millikelvinalueen yleismenetelmänä ja sitten YKI-projektin puitteissa, kehitetty pitemmälle kuin missään muualla. Kaksivaiheisella ydindemagnetoinnilla kupariytimien muodostama spinsysteemi on jäähdytetty nanokelvinalueelle, jolloin on pystytty varmentamaan ns. ei-magneettisten metallien ydindemagneettisten momenttien järjestyminen antiferromagneettiseen tilaan 60 nK:n lämpötilassa. Nämä mittaukset edustavat matalimpia tutkittuja lämpötiloja maailmassa.

Kolme vuotta sitten aloitettiin ns. NYKI-projekti, jonka tarkoituksena on perusteellisesti selvittää kuparin järjestyneiden faasien magneettinen rakenne neutronidifraktiomenetelmällä yhteistyössä Tanskassa sijaitsevan Risøn tutkimuslaitoksen ja länsiberliiniläisen Hahn-Meitner Instituutin kanssa; kylmälaboratoriossa rakennettu kryostaatti siirrettiin Tanskaan toukokuussa 1985. Vuoden 1987 lopulla saavutettiin kaunis tulos, kun ydinjärjestyneen kuparin (100) Bragg heijastus havaittiin noin 50 nK:n lämpötilassa. Ensimmäiset neutronidifraktiomenetelmällä tehdyt havainnot näyttivät vahvistavan Otaniemessä susceptibiliteettimittausten perusteella aikaisemmin laaditun faasidiagrammin, jonka mukaan kuparilla on, ulkoisesta magneettikentästä riippuen, kolme erilaista antiferromagneettista tilaa. Näiden faasien ydinmagneettisen rakenteen tarkka tutkiminen on nyt käynyt mahdolliseksi polarisoituja neutroneja käyttämällä.

Otaniemen YKI-projektissa on jatkettu ydinjärjestymisen tutkimista hopeassa. Transitiolämpötilan tässä metallissa pitäisi olla noin 0.4 nK! Vuoden 1988 aikana on näyttänyt siltä, että järjestynyt tila on ehkä saavutettu, mutta koska lämpötilaa ei ole pystytty tarkasti mittaamaan, e.m. uutta kylmyyden maailmanennätystä ei vielä ole voitu julkistaa.

Kylmälaboratoriossa on rakennettu kaksi kryostaattia pyörivän suprajuoksevan ^3He :n tutkimiseksi alueella 0.5 - 3 mK. ROTA I -kone valmistui v. 1981 ja uuden ROTA II -kryostaatin lopulliset testaukset tehtiin vuoden 1988 alkupuolella. Näillä laitteilla on vuodesta 1982 alkaen saavutettu merkittäviä tuloksia ^3He :n rotatioliikkeessä syntyvien kvanttineiden pyörteiden eli vorteksien kokeellisessa tutkimuksessa. Alusta alkaen ROTA-projekti on ollut Suomen Akatemian ja Neuvostoliiton Tiedekatemian välinen yhteistyöhanke. Suurin osa nykyisestä tietämyksestä ^3He -supranesteiden virtauspyörteistä on syntynyt Otaniemessä tehdyn kokeellisen ja teoreettisen yhteistyön tuloksena. Koko ROTA-projektin hyvän menestyksen perustana on ollut kokeilijoiden ja teoretikkojen välinen kiinteä yhteistyö.

Kylmälaboratorion soveltavat tutkimusprojektit ovat useimmiten olleet ajallisesti ja tavoitteellisesti selvästi rajattuja. Kunkin projektin puitteissa tarkoin määritellyn tavoitteen lisäksi niiden tarkoituksena on ollut hankkia ensi käden tietoa siitä, millaisia ongelmia on voitettava, jos matalien lämpötilojen fysiikan tarjoamia mahdollisuuksia halutaan hyödyntää laboratorion "kasvihuoneympäristön" ulkopuolella. Eräs tällainen mahdollisuus on suprajohtavuusilmiön käyttäminen sähkötekniikassa. Yhteistyössä Teknillisen korkeakoulun sähkömekaniikan laboratorion, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen sekä Oy Strömberg Ab:n kanssa v. 1980 valmistui 100 kW:n suprajohtava kokeilumuottori. Hyvin käytännönläheisesti, erilaisia mineraalitekniikan ja kemian prosessitekniikan sovellutuksia silmälläpitäen, on tutkittu suprajohtavien magneetien tehtävää suurgradienttierotusta, jossa hienoksi jakautunut magneettinen aine erotetaan ei-magneettisesta taustamateriaalista. Yhteistyössä Instrumentarium Oy:n ja VTT:n kanssa rakennettiin sairaaloiden diagnostiseksi tut-

kimuslaitteeksi soveltuva protonien ydinmagneettiseen resonanssiin perustuva kuvauslaite, joka vuosina 1982-85 oli Helsingin yliopistollisessa keskussairaalassa kliinisessä käytössä. Laitteen toiminnalle välttämätön 0,17 T:n magneettikenttä kehitettiin nestemäisellä heliumilla jäähdytetyllä suprajohdinmagneetilla.

Neljä vuotta sitten aloitettiin 1,5 teslan suuruisen ja erittäin homogeenisen magneettikentän synnyttävän suprajohdavan solenoidin rakennustyö. Hanketta rahoittivat SITRA, Suomen Akatemia, Instrumentarium Oy ja Outokumpu Oy. Päämääränä on ollut diagnostinen tutkimuslaite, jolla ^{31}P isotoopin ydinmagneettisten resonanssiviivojen kemiallisen siirtymän avulla saadaan määrätyksi fosforia sisältävien yhdisteiden suhteelliset osuudet ihmiskehon eri kudoksissa; näin voidaan todeta, mikä osa solukosta on terve, sairas tai kuollut. Outokumpu Oy:n valmistamasta suprajohdavasta Nb-Ti langasta käämitty magneetti valmistui ja koestettiin onnistuneesti vuoden 1988 keväällä.

AIVO-projektin magnetoenkefalograafiset mittaukset tehdään Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen yhdessä kylmälaboratorion kanssa suunnittelemassa magneettisesti suojatussa huoneessa. Vuodesta 1987 alkaen rutiinikäytössä on ollut kylmälaboratoriossa suunniteltu ja rakennettu 7-kanavainen SQUID-magnetometri, jonka herkkyys on $5 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ ja peitto halkaisijaltaan 9,6 cm oleva ympyrä; molemmat nämä suoritusarvot ovat noin neljä kertaa paremmat kuin kilpailevassa kaupallisessa mittalaitteessa. Rutiinikäytössä olevan 7-kanavaisen laitteen SQUIDit ovat International Business Machines-yhtiön valmistamia ja ne on saatu käyttöön TKK:n ja IBM:n yhteistyöprojektiin puitteissa. Magnetoenkefalograafisten mittausten edelleen kehittämiseksi kylmälaboratoriossa on rakenteilla 24-kanavainen magnetometri. Tämän uuden laitteen komponenttien testaamiseksi tehtiin vuoden 1988 aikana useita kokeilumittauksia käyttäen sekä (1) VTT:n puolijohdelaboratorion kanssa yhteistyönä valmistettuja, (2) Friedrich Schiller-yliopistosta (Itä-Saksa) ostettuja että (3) IBM:n käyttöömme luovuttamia SQUIDeja. Uudessa 24-kanavaisessa laitteessa tullaan käyttämään IBM:n SQUIDeja.

Laiterakennustyön ohella AIVO-projektissa on tärkeällä sijalla mittausmenetelmien kaikinpuolinen kehittäminen sekä teoreettisesti että käytännössä. Tämä on käynyt tarpeelliseksi, kun useamman yht'aikaisen mittauskanavan tuottaman primääridatan määrä on kasvanut ja oleellisesti parantunut. Projektin yhteydessä on laajasti tutkittu ns. inversio-ongelmaa eli miten magnetometrillä mitatun magneettikenttäjakautuman tai kallon pinnalta mitatun sähkökenttäjakautuman perusteella aivoissa sijaitseva signaalilähde voidaan paikantaa. Neurofysiologisia mittauksia on AIVO-projektissa suoritettu runsaasti. Aikaisemmin tutkimusten kohteena oli pääasiassa somatosensorinen aivokuori, mutta vuoden 1988 aikana valtaosa mittauskohteista on ollut kuuloaivokuorella. Tulokset osoittavat kiistatta magnetoenkefalografian elinvoimaisuuden aivojen uutena perustutkimusmenetelmänä. Vaikka kliiniset

sovellukset ovatkin vasta muotoutumassa, on jo nyt mm. epilepsiafokuksen paikantamisessa saavutettu lupaavia tuloksia. Kylmälaboratorion MEG-ryhmä on tällä hetkellä alallaan maailman suurin ja monipuolisin. Sen suorittaman työn puitteissa on jo ilmestynyt mm. kuusi väitöskirjaa.

TUTKIMUSPROJEKTIT

YDINJÄRJESTYMISEN KOKEELLINEN JA TEOREETTINEN TUTKIMINEN HOPEASSA JA KUPARISSA (YKI-projekti)

A.J. Annila, A.S. Oja, Y. Takano, H.E. Viertö

Kylmälaboratorion kaksiasteisella ydindemagnetointikryostaatilla on kertomuskautena jatkettu hopeaydinten magnetismin tutkimista. Projektin päätavoitteena on havaita ydinten magneettinen järjestyminen ja selvittää hopean faasidiagrammi magneetikentän ja lämpötilan funktiona. Järjestymiseen liittyvät energiat ovat erittäin pieniä: Monte Carlo simulaatioiden mukaan kriittinen lämpötila on noin 0.4 nK.

Eräs keskeinen ongelma on ydinten lämpötilan mittaaminen. Korkeassa, noin 1 milliteslan magneetikentässä, lämpötila voidaan määrittää havaitusta NMR-absorptiointensiteetistä. Kalibraatiomittausten perusteella voidaan päätellä, että hopeaydinten spinpolarisaatio on parhaimmillaan noin 70%, mikä vastaa noin 50% entropian maksimiarvosta $k_B \ln 2$. Matalammilla entropioilla hopeaydinten staattinen susceptibiliteetti saturoitui, ja kääntyi jopa laskuun lämpötilan alentuessa, mikä voidaan tulkita merkiksi ydinten antiferromagneettisesta transitiosta.

Jotta hopeaytimet voitaisiin jäädyttää vielä matalampiin lämpötiloihin, vanha ydinaste on korvattu massiivisemmalla. Myös hopeanäytteen termistä kontaktia ylempään ydinasteeseen on parannettu.

Ydinmagnetismin teoreettinen tutkimus on jatkunut kahdella saralla. Laajoissa Monte Carlo simulaatioissa, joissa on tehokkaasti hyödynnetty korkeakoulun uutta tietokonekapasiteettia, on tutkittu kuparin ja hopean ydinspinien järjestyneitä rakenteita lämpötilan ja ulkoisen magneetikentän funktiona. Erityisesti on yritetty selvittää susceptibiliteetti- ja neutronidifraktiomittauksissa havaittujen antiferromagneettisten faasien rakenne. Simulaatioissa onkin löydetty magneetikentän suunnassa (100) kolme antiferromagneettista rakennetta, ja suunnassa (110) kaksi. Faasien lukumäärä on sopusoinnussa kokeiden kanssa.

Hopeaydinten Monte Carlo simulaatioissa on kiinnitetty erityistä huomiota mahdollisiin metastabiileihin tiloihin, joita on löydetty useita. Nämä voivat olla tärkeitä myös kokeiden tulkinneille: Termodynaaminen perustila saavutetaan hopean pitkän

spin-spin relaksaatioajan takia ehkä niin hitaasti, ettei spin-systeemi tyypillisen kokeen aikana pysty aina etsiytymään perustilaansa.

Hopeaydinten NMR-tulosten tulkinnan yhteydessä sovellettiin lineaarisen vasteen teoriaa myös talliumilla tehtyjen NMR-mittausten selittämiseksi. Osoitettiin, että jäädytettäessä talliummetallia muuttumattomassa magneettikentässä isotooppien NMR -absorptioviivat erkaantuivat toisistaan, vaikka korkeassa lämpötilassa ne sulautuvat yhteen.

KUPARIYTIMIEN MAGNEETTISEN JÄRJESTYMISEN TUTKIMINEN NEUTRONIDIFRAKTIOLLA (NYKI-projekti)

A.J. Annila, K.N. Clausen, M.T. Huiku, T.A. Jyrkkiö, O.V. Lounasmaa, K. Siemensemeyer, M. Steiner

NYKI-ryhmän tutkimustyö on jatkoa aikaisemmille kokeille YKI-projektissa, jossa magneettista susceptibiliteettia mittaamalla v. 1982 havaittiin ydinjärjestymisen kuparissa. Susceptibiliteettimittaukset eivät kuitenkaan anna yksityiskohtaista tietoa järjestyneiden faasin spinrakenteesta, vaan on käytettävä tehokkaampaa menetelmää, neutronidifraktiota. Projekti aloitettiin Otaniemessä kryostaatin rakentamisella jo 1984, ja vuoden 1985 kevästä lähtien tutkimustyö on tehty Risössä yhdessä paikallisten tutkijoiden (Clausen) ja Hahn-Meitner-Instituutin tiedemiesten (Siemensemeyer ja Steiner) kanssa.

Kupariydinten antiferromagneettinen järjestymisen havaittiin neutronidifraktiokokeissa vuoden 1987 lopussa. Vuonna 1988 on tutkittu järjestyneen tilan faasidiagrammia ja järjestymisprosessin luonnetta.

Kokeissa käytettiin isotooppisesti rikastettua ^{65}Cu -kidettä, jonka orientaatio valittiin siten, että ulkoinen magneettikenttä on (011) käänteisilavektorin suuntainen. Tällöin Braggin heijastuksia on mahdollista havaita tätä suunta vastaan kohtisuorassa tasossa.

Järjestyneen tilan faasidiagrammia tutkittiin mittaamalla (100) heijastuksen intensiteetin riippuvuus ulkoisen magneettikentän voimakkuudesta ajan funktiona. Tyypillisessä kokeessa järjestyneestä rakenteesta siroava neutroni-intensiteetti saavutti maksimin ensimmäisen minuutin kuluessa demagnetoinnin päätyttyä. Tämän jälkeen intensiteetti pieneni, kun spinsysteemi lämpeni pois järjestyneestä tilasta noin viidessä minuutissa spin-hilarelaksaation seurauksena.

Kokeiden perusteella voidaan todeta, että kuparilla on ainakin kaksi erilaista magneettisesti järjestynyttä faasia, korkean ja matalan kentän faasit, kun ulkoinen kenttä on (011) käänteishilavektorin suuntainen. Keskikentissä (100) heijastusta ei ole havaittu, mikä saattaa johtua kentän suunnasta kiteeseen nähden tai siitä, ettei antiferromagneettinen modulaatio ole neutronien havaitsemassa (100) suunnassa. Järjestyneen tilan faasien rakenteiden selvittämiseksi tutkittiin myös (011) ja (1/2 00) heijastuksia. (011) heijastuksen intensiteetin riippuvuus magneettikentän voimakkuudesta oli sama kuin (100) heijastuksen. Tulos oli odotettu, sillä antiferromagneettisen rakennetekijän arvo on sama molemmille heijastuksille. Etsimällä (1/2 00) heijastusta osoitettiin, ettei antiferromagneettinen translaatioperiodi ole kahdentunut, sillä heijastuksia ei havaittu. Koetulokset ovat toisaalta varmentaneet aiempia käsityksiä faasidiagrammista ja toisaalta osoittaneet, että järjestyneiden faasien lukumäärä tai rakenne riippuu ulkoisen magneettikentän suunnasta kiteeseen nähden. Kupariydinten faasidiagrammi on poikkeuksellisen monipiirteinen.

Järjestymisprosessia tutkittiin seuraamalla (100) heijastuksen intensiteettiä magneettikentän voimakkuuden ja muutosnopeuden funktiona. Matalan ja korkean kentän faasien nukleoitusajakojen todettiin selvästi poikkeavan toisistaan. Tämä voidaan ymmärtää siten, että hitaampi transiatio on ensimmäistä ja nopeampi toista kertalukua. Korkean kentän alueella sirontaintensiteetti riippui voimakkaasti kentän muutosnopeudesta ja prosessiin liittyvän aikavakion arvellaan johtuvan antiferromagneettisten alueiden kasvusta. Spinsysteemin epätasapainoilmiöitä havaittiin myös kokeessa, jossa ulkoisen magneettikentän suunta käännettiin vastakkaiseksi pyyhkäisemällä kenttä nopeasti nollan kautta. Tällöin nähtiin aluksi nopea signaalin pieneneminen, mikä johtunee nollakentässä syntyneen spinkonfiguraation havaitsemisesta. Tämän jälkeen intensiteetti muuttui samalla tavoin kuin kokeissa, joissa kentän suuntaa ei käännetty. Tämä merkitsee faasidiagrammin symmetrisyyttä nollakentän suhteen.

Loppuvuodesta mittaukset jouduttiin keskeyttämään jäähdytys- ja mittaustalaitteistossa ilmenneiden vikojen korjaamiseksi.

SUPRAJUOKSEVA ^3He PYÖRIMISLIIKKEESSÄ (ROTA I-projekti)

V. Dmitriev, Z. Janú, J. Koivuniemi, Y. Kondo, J. Korhonen, M. Krusius, Ju. Mukharskij, K. Nummila, W. Schoepe, J.T. Simola, J.T. Tuoriniemi

Pyörivällä ROTA I ydinjäähdytyslaitteella on vuoden 1988 aikana tehty ydinmagneettisia resonanssimittauksia. Näissä tutkimuksissa on pyritty selvittämään ^3He -B supranesteen ominaisuuksia sekä homogeenisen rotaatiovirtauksen pyörteettömässä supravirtatilassa että kvantittuneita vortekseja sisältävässä tilassa.

Aikaisemmissa mittauksissa oli ilmennyt että erotettaessa resonanssitilavuus muusta ^3He -kammiosta väleisinällä hitaasti kiihdyttämällä voidaan synnyttää rotaatiovirtaus-tila, jossa ^3He -B supranestekomponentti ei lähde pyörimään näytekammion mukana. Tässä vorteksi-vapaassa supravirtatilassa järjestysparametrin tekstuuri oli todettu ensimmäisen kertaluvun faasitransitio pyöritysnopeuden funktiona. Mittaamalla transition kriittinen pyöritysnopeus lämpötilan, magneettikentän ja nesteen paineen funktiona pääteltiin, ettei ilmiö johtunut supravirran synnyttämästä muutoksesta seinämävuorovaikutuksessa, kuten alunperin oli arveltu. Sensijaan tekstuuri hakeutuu seinämän vieressä lähemmäksi supravirran vaikutusta minimoivaa rakennetta siirtymällä yhdestä degeneroituneesta seinämäorientaatiosta toiseen. Uutta aksiaalista tekstuuria ei aikaisemmin tunnettu, mutta nyt transiitio on selvitetty myös numeerisin menetelmin.

Näissä tarkasteluissa seinämävuorovaikutus on oletettu voitavan korvata jäykällä reunaehdolla. Mittaustuloksista havaitaan, ettei tämä oletus ole tarkkaan ottaen voimassa. Avonainen sylinterigeometriamme ei kuitenkaan sovellu seinämävuorovaikutuksen täsmälliseen mittaukseen juuri tekstuuri-transition häiritsevän vaikutuksen vuoksi. Mittauksissa on ollut nähtävissä myös pieni gyromagneettinen vuorovaikutus, mutta senkin huolellinen määrittäminen edellyttäne siirtymistä toiseen mitta-geometriaan. Näiden havaintojen mielenkiintoisuus perustuu käsitykseen, että niiden avulla voitaneen ratkaista sekä järjestysparametrin jakautuman rakenne seinämän läheisyydessä että kvasihiukkaseksitaatioiden heijastumisominaisuudet seinämätörmäyksissä.

Ydinmagneettiset resonanssimittaukset suoritetaan perinteisesti matalalla eksitaatio-tasolla, jotta resonanssitransition kyllästyminen vältettäisiin. Epätavallisten relaksaatio-ominaisuuksien ansiosta ei saturaatoraja yleensä ^3He -B nesteessä käytännössä ylity. Moskovassa viime vuosina suoritettujen mittausten perusteella tiedetään, että riittävän korkealla eksitaatiotasolla joudutaankin uudentyypiseen resonanssiabsorptiomoodiin, jossa kokonaismagnetoituminen prekesoi koherentisti ulkoisen eksitaatiokentän tahdissa 104° kulmassa ulkoiseen polarisaatiokenttään nähden. Pyöritettäessä jäähdytyslaitetta tässä tilanteessa todettiin prekesoivan magnetoitumisen vuorovaikuttavan suoraan vorteksin ytimen kanssa, sillä resonanssiabsorptio osoitautui sekä verrannolliseksi vorteksin lukumäärään että riippuvaiseksi ytimen rakenteesta. Vorteksin synnyttämä resonanssiabsorptio on mitattu lämpötilan, magneettikentän sekä paineen funktiona, mutta vuorovaikutusmekanismin selvittävää yksityiskohtaista teoriaa ei ole toistaiseksi luotu. Tätä ilmiötä voidaan B-faasissa käyttää vorteksin lukumäärän mittaamiseen. Sovellutuksena on näillä keinoin tutkittu vorteksin häviämistä pysäytettäessä kryostaatti äkillisesti.

Resonanssimittausten ohella on valmisteltu sähköisiä menetelmiä vorteksin tutkimiseksi. Erityisesti on kokeiltu mahdollisuuksia käyttää varattuja, mikrometriä suu-

ruusluokkaa olevia pallonmuotoisia hiukkasia vorteksirenkaiden generoimiseen sekä mahdollisesti vorteksin ytimen paikallistamiseen. Toistaiseksi on selvitetty erilaisten hiukkasten ominaisuuksia transmissiomittauksessa tyhjössä, heksaanissa, nesteilmassa sekä ^4He -supranesteessä. Suureksi ongelmaksi on osoittautunut mm. metallihiukkasten voimakas adheesio elektrodien pinnoille, jolloin hiukkasten liikkeelle saattamiseen tarvitaan huomattavan suuri jännite. Menetelmän käyttökelpoisuus ^3He -supranestemittauksissa on vielä teknisten ongelmien vuoksi epäselvä.

SUPRAJUOKSEVA ^3He PYÖRIMISLIIKKEESSÄ (ROTA II-projekti)

P.M. Berglund, O. Jaakkola, J.M. Kynnäräinen, O.V. Magradze, A.J. Manninen,
J.P. Pekola, R.H. Salmelin, K. Torizuka, G.K. Tvalashvili

Kuluneen vuoden aikana saatiin uuden pyörivän kryostaatin rakennus- ja koeajovaihe päätökseen ja laitteessa aloitettiin ^3He :n supranestefaasin tutkimustyö.

ROTA II - kryostaatin keskeisenä osana on neljä kryopumppua, joita käyttäen kryostaatilla voidaan tehdä pyörityskokeita ilman ulkoisia pumppausliitäntöjä. Kryopumput ja niiden toimintaa säätelevät kryoventtiilit toimivat luotettavasti. Kryopumput kiehuttavat kuitenkin heliumnestettä noin kaksinkertaisesti perinteisiin ulkoisiin pumpuihin toimiviin samankokoisiin kryostaatteihin verrattuna. Tämän vuoksi heliumsiirto on toistettava noin kymmenen tuntia kokeen aloittamisen jälkeen.

Pyörityksen mahdollistava ilmalaakerointi ja kryostaatin huolellinen tasapainotus ovat onnistuneet niin hyvin, että mittauksia on jo nyt voitu tehdä 1 mK:n lämpötilassa kryostaatin pyörityskulmanopeuteen $\Omega = 5$ rad/s asti.

Ensimmäiset mittaukset ROTA II - kryostaatissa tehtiin kesäkuussa 1988. Rakentamamme ultraäänikammiossa mitataan kryostaatin pyörimisakselin suuntaisen äänipulssin etenemistä ^3He -nesteessä. Kokeissa on tutkittu ns. kollektiivisia moodeja ^3He :n B-faasissa, jotka havaitaan ultraäänipulssien vaimennuksen ja etenemisnopeuden muutoksissa. Kollektiivisista moodeista ns. $J = 2+$ - moodi (real squashing mode) on osoittautunut erityisen herkäsi pyörivän ^3He :n pyörretilojen ja pyörteettömien virtaustilojen ilmaisimeksi.

^3He :n A-faasin voimakkaan epäisotropian vuoksi ultraäänien eteneminen on hyvin herkkä virtauspyörteiden ilmaisin myös tässä faasissa. Olemme tehneet preliminäärisiä mittauksia A-faasin pyöritystiloissa matalissa magneettikentissä. Virtauspyörteiden synnyttämän järjestysparametrin epähomogeenisuusalue eli vorteksiydin kasvaa magneettikenttää pienennettäessä. On vielä epäselvää kuinka tarkoin A-faasin järjestysparametrin rakenne pyöritystiloissa voidaan määrittää

ultraäänimenetelmin.

Olemme rakentaneet suprajohtavan magneetin, joka synnyttää yli 1 T magneettivuon tiheyden ja n. 30 mT/mm kenttägradientin ultraäänikammion alueella. Magneetti asennetaan ROTA II - kryostaattiin kuluvan vuoden aikana. Korkeakenttämittaukset ja mittaukset supranesteiden AB-faasirajan läsnäollessa ovat aivan uusi ja erittäin kiinnostava alue pyörivän ^3He :n tutkimuksessa. Faasiraja voidaan synnyttää ja stabiloida esimerkiksi juuri magneettikentän gradientin avulla.

^3He :n TEORIA

A.D: Gongadze, N.B. Kopnin, V.P. Mineev, R.H. Salmelin, M.M. Salomaa, P.I. Soininen, G.E. Volovik

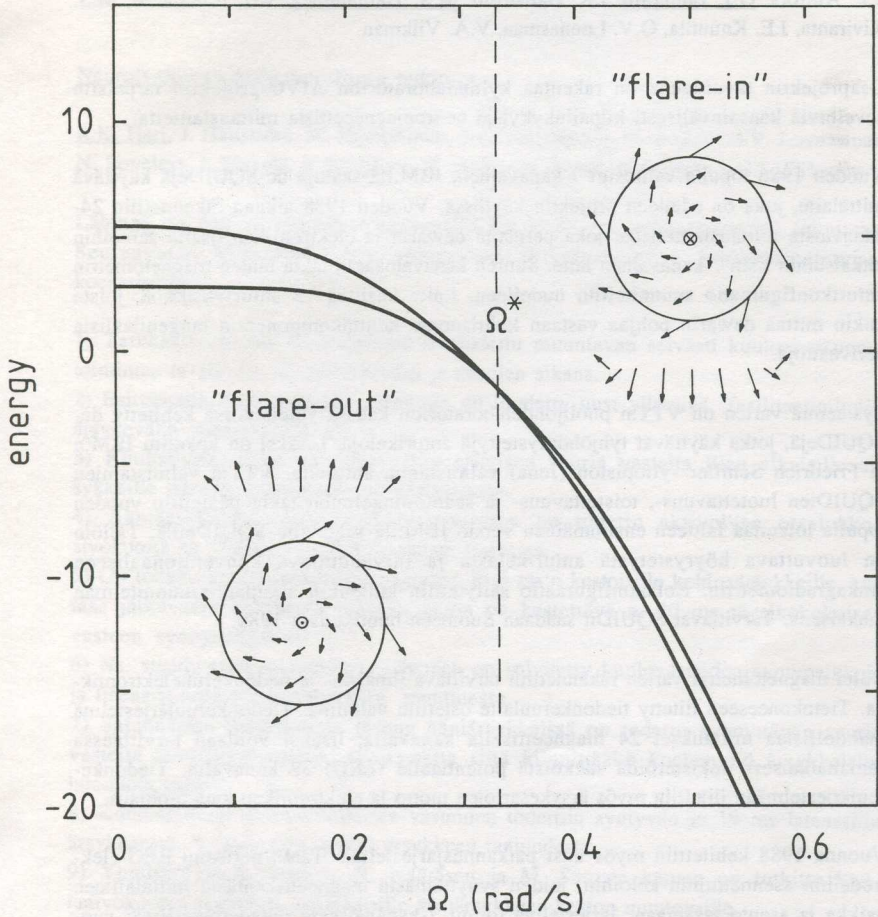
Supraneste ^3He A-B faasirajan liikkeen teoreettinen tutkimus on osoittanut useiden vakuimirajapintojen olemassaolon mahdolliseksi sekä $^3\text{He-B}$ että $^3\text{He-A}$ supranesteissä. Nämä rajapinnat omaavat varsin yleistä teoreettista mielenkiintoa mm. sen vuoksi, että ne ovat topologisesti analogisia ns. "kosmisille rajapinnoille" (engl. "cosmic domain walls"), joita oletetaan esiintyneen alku-universumissa. Näiden ^3He -supranesteen rajapintojen kokeellinen havaitseminen olisi mielenkiintoista.

Myös suprajohteita ja ^4He -supranesteen vortekseja on tutkittu. Eksoottisen, magneettisesti indusoidun Cooperin pariintumismekanismiin on esitetty mahdollisesti selittävän kokeellisesti havaitut peräkkäiset transiitot raskasfermioniyhdisteessä $\text{U}_{1-x}\text{Th}_x\text{Be}_{13}$. Uusien supratilojen ilmentymisen vorteksien ytimissä on esitetty tapahtuvan - ei pelkästään $^3\text{He-B}$:n vortekseissa - vaan myös ^4He -supranesteessä ja suprajohteiden ns. Abrikosov-vortekseissa. Ilmiö selitetään vorteksisingulariteetin jakaantumisella useampaan ulottuvuuteen (parien massakeskipisteen liike ja suhteellinen liike).

Aikaisemmin ROTA I kryostaatilla NMR-mittauksissa havaitun asymmetrian on esitetty johtuvan $^3\text{He-B}$:n pinnan uudesta suprarakenteesta. Tämä mahdollistaa uusien pistemäisten singulariteettien esiintymisen $^3\text{He-B}$:n supranesteen pinnalla. Nämä defektit ovat pistemäisiä vortekseja, kuten $^3\text{He-A}$:n "boojumit". Näillä uusilla objekteilla on kuitenkin sirkulaatiokvantti $m=1/2$, eikä $m=2$, kuten $^3\text{He-A}$:n "boojumeilla".

Uuden ensimmäisen kertaluvun topologisen faasinmuutoksen on ehdotettu ilmestyvän pyörivässä $^3\text{He-B}$ supranesteessä vorteksivapaassa tilassa. Suurilla pyöritysnopeuksilla ns. "flare-out" tekstuuri on energeettisesti epäedullisempi kuin uusi "flare-in" tekstuuri (kts. kuva). Tämä teoreettisesti löydetty transiitio selittää Hakosen ja Nummilan aikaisemmin havaitseman NMR-signaalin piikin, joka vastaa tilannetta $\beta = 90^\circ$,

t.s., vektori \hat{n} on kohtisuorassa \vec{H} :ta vastaan.



Vorteksivapaiden \hat{n} -tekstuuriin energia pyörivässä ${}^3\text{He-B}$ supranesteessä kulmanopeuden Ω funktiona. Pienillä nopeuksilla $\Omega < \Omega^*$ on konventionaalinen "flare-out" tekstuuri edullisempi kuin uusi "flare-in" tekstuuri, jonka energia tulee edullisemmaksi nopeuksilla $\Omega > \Omega^* \approx 0.33$ rad/s. Transiitio aiheutuu supravirtauksesta; se on ensimmäisen kertaluvun muutos, joka selittää kokeissa havaitut metastabiiliusilmiöt.

MAGNETOENKEFALOGRAFIA (AIVO-projekti)

Koelaitteiden kehittäminen

S.P. Ahlfors, G.J. Ehnholm, J.K. Hällström, M.S. Hämäläinen, R.J. Ilmoniemi, M.S. Kiviranta, J.E. Knuutila, O.V. Lounasmaa, V.A. Vilkmán

Osaprojektin tavoitteena on rakentaa kylmälaboratorion AIVO-projektin tarpeisiin soveltuvia kansainvälisesti kilpailukykyisiä neuromagneettisia mittauslaitteita.

Vuoden 1986 lopulla valmistui 7-kanavainen, IBM:ltä saatuja dc-SQUIDEjä käyttävä mittalaite, joka on edelleen projektin käytössä. Vuoden 1988 aikana rakennettiin 24-kanavaista mittauslaitteistoa, joka perustuu dewarin ja elektroniikan osalta samoihin ratkaisuihin kuin 7-kanavainen laite. Suuren kanavamäärän takia uuden magnetometrin anturikonfiguraatio suunniteltiin uudelleen. Laite käsittää 12 anturiyksikköä, joista kukin mittaa dewarin pohjaa vastaan kohtisuoran kenttäkomponentin tangentialisia derivaattoja.

Systemiä varten on VTT:n puolijohdelaboratorion kanssa yhteistyössä kehitetty dc-SQUIDEjä, jotka käyttävät tyhjöhyrystettyjä anturikeloja. Lisäksi on kokeiltu IBM:n ja Friedrich Schiller -yliopiston (Jena) valmistamia antureita. VTT:n valmistamien SQUIDien luotettavuus-, toistettavuus- ja saanto-ongelmien takia päätettiin vuoden lopulla toteuttaa laitteen ensimmäinen versio IBM:ltä saatavilla SQUIDEillä. Tällöin on luovuttava höyrystetystä anturikelasta ja turvauduttava konventionaaliseen lankagradiometriin. Kelakonfiguraatio säilytettiin kuitenkin alkuperäissuunnitelman mukaisena. Tarvittavat SQUIDit saadaan Suomeen huhtikuussa 1989.

Uutta magnetometriä varten rakennettiin tarvittava ilmaisin- ja tiedonkeruelektroniikka. Tietokoneeseen liitetty tiedonkeruulaite ostettiin valmiina. Tiedonkeruujärjestelmä mahdollistaa mittaukset 24 magneettisella kanavalla; lisäksi voidaan tarvittaessa samanaikaisesti rekisteröidä sähköistä potentiaalia (EEG) 32 kanavalta. Tiedonkeruujärjestelmään liitettiin myös ärsykesarjojen tuotto ja elektroniikan kauko-ohjaus.

Vuonna 1988 kehitettiin myös uusi paikannusjärjestelmä. Tämä perustuu EEG-elektrodeihin asennettuihin keloihin, joiden synyttämästä magneettikentästä mittalaitteen paikka ja asento lasketaan. Järjestelmä toimii 7-kanavaisessa magnetometrissä; vuoden 1989 aikana se modifioidaan 24-kanavaisen magnetometrin vaatimuksia vastaavaksi. Vuoden 1988 aikana kehitettiin myös aikaisempaa luotettavampi ja tarkempi magnetometriä kalibrointimenetelmä.

Monikanavainen MEG/EEG mittaus vaatii tehokkaan reaaliaikatiehtokoneen tulosten esi- ja jatkokäsittelyyn. Tällä hetkellä projektin käytössä on HP 1000/A900 systeemi,

jolle on kirjoitettu laaja ohjelmisto sekä mittauksen aikana tehtävää tiedonkeruuta että tulosten jatkoanalyysiä varten. Järjestelmällä voidaan mitata sekä ns. transienttivasteita että ärsykettä nopeasti toistettaessa syntyviä ns. jatkuvaisvasteita. Myös spontaanin aivotoiminnan mittausohjelmaa on kokeiltu; analysointiohjelmisto on parhaillaan kehitteillä ja se valmistuu vuoden 1989 ensimmäisellä puoliskolla.

Neurofysiologis-lääketieteellinen tutkimus

R.K. Hari, J. Hällström, M. Hämäläinen, S-L. Joutsiniemi, M. Kajola, O.V. Lounasmaa, N. Loveless, J. Mäkelä, R. Näätänen, E. Pihko, M. Sams, M. Scherg, and J. Tiihonen

Lähinnä on tutkittu terveiden koehenkilöiden kuulo- ja tuntoaivokuoren toimintaa. Seuraavassa esitetään lyhyt yhteenvedo tutkimusvuonna loppuunsaatetuista koesarjoista.

- 1) Tarkkaavaisuuden suuntaamisen on todettu muuntavan selvästi kuuloaivokuoren toimintaa tavallisten ääniärsykkeiden ja sanojen aikana.
- 2) Esittämällä ääniärsykeitä pareittain on löydetty uusi yllättävä "fasilitaatioilmiö" ärsykevälin ollessa n. 150 ms.
- 3) Kuuloaivokuorelta on rekisteröity erityisen suuria vasteita liian aikaisille ärsykeille muuten monotonisessa äänisarjassa.
- 4) Ääniärsykkeen satunnaisen puuttumisen on todettu aktivoivan otsalohkon aivokuorta ns. "frontal eye field" -alueen seudussa.
- 5) On todettu kuuloaivokuoren reagoivan jo 5 ms:n kestoisille kohinaärsykeille, kun taas jatkuvassa kohinassa esitetyn tauon on kestettävä n. 20 ms täysikokoisen vasteen synnyttääkseen.
- 6) Ns. steady-state menetelmää käyttäen on selvitetty kuulovasteiden syntypaikkoja ja lineaarisuutta ärsykeintervallin muuttuessa.
- 7) Satunnaisen intensiteetin laskun ääniärsykeissä on todettu synnyttävän suuria vasteita kuuloaivokuorella, riippumatta siitä kiinnittääkö koehenkilö ärsykeisiin huomiota vai ei.
- 8) Kuuloaivokuoren ensimmäisten vasteiden todettiin syntyvän jo 19 ms latenssilla ärsykkeestä, ja lähdealue riippui ärsykkeen taajuudesta.
- 9) Yhteistyössä E. Pihkon, R. Näätäsen ja M. Samsin kanssa on tutkittu kuuloaivokuoren reaktioita satunnaisille ääniärsykkeen keston muutoksille.
- 10) On rekisteröity erittäin hyvän signaali/kohina-suhteen omaavia nopeita somatosensorisia vasteita käden tuntoaivokuoren seudusta (latenssit 18-30 ms). Ärsykeintervallia muuttamalla todettiin eri heilahdusten generaattorien poikkeavan toiminnallisesti.
- 11) Yläraajan ääreishermon aktiokenttä on pystytty mittaamaan luotettavasti ja sen etenemistä on seurattu pitkin hermorunkoa hartiapunoksen seutuun asti.
- 12) Aivojen erään spontaanitoimintatyypin, ns. myyrytmin syntypaikan todettiin

olevan lähellä käden edustusaluetta tuntoaivokuorella.

13) Kahden epilepsiapotilaan kohtauksia liipaiseva aivoalue paikannettiin ohimolohkoon; leikkauksenaikainen syväelektrodirekisteröinti vastasi MEG-löydöstä.

MEG:n matemaattiset tulkintamenetelmät

M.S. Hämäläinen, R.J. Ilmoniemi, P.K. Kemppainen, S.O. Tissari

Osaprojektin tehtävänä on kehittää neuromagneettisten mittausten tulkintaa. Työn piiriin kuuluvat mittaussignaalien talteenotto tietokoneen muistiin, mittauksen aikainen esikäsitteily, neuromagnetismin käänteinen ongelma sekä tulosten tilastollinen käsittely.

Monikanavamagnetometrin tunnusluvuksi on kehitetty uusi mitta: Informaatioteoreettinen kanavakapasiteetti. Mitta kertoo, miten paljon laite tuo tietoa aivojen primaarivirtajakautumasta; se riippuu kanavien lukumäärästä, kelakonfiguraatiosta, anturien etäisyydestä päähän sekä SQUIDien kohinasosta. Tätä mittaä käyttäen voidaan objektiivisesti verrata eri laiteparametrien merkitystä, kun koko systeemiä optimoidaan neuromagneettisia mittauksia varten.

Vuoden 1988 syksyllä onnistuttiin kehittämään algoritmi, jonka avulla pallomallia realistisempia pään johtavuusmalleja voidaan soveltaa tosiaikaiseen tulosten käsittelyyn. Ottamalla huomioon aivotilan todellinen muoto saadaan riittävä tarkkuus niissäkin tapauksissa, joissa pallomalli johtaa virheellisiin arvioihin tutkittavan virtalähteen paikasta ja voimakkuudesta. Maailman muilla neuromagnetismiryhmillä ei toistaiseksi ole käytettävissään näin tarkkoja malleja mittaustulosten tulkintaan.

Työssämme on myös selvitetty, kuinka paljon sydämen synnyttämä magneettikenttä häiritsee neuromagneettisia mittauksia. Koska häiriöt ovat suurempia kuin laitekohina, laitteiston kehityksestä ei ole paljon hyötyä, ellei sydänartefaktaa eliminoida. Niinpä kehitettiin suodatusmenetelmä sydänkohinan poistamiseksi.

Koska neuromagneettisten mittausten tulokset halutaan esittää suhteessa anatomiaan ja muiden aivotutkimusmenetelmien antamiin tuloksiin, ryhdyttiin käyttämään globaalia koordinaatistoa paikkainformaation kuvauksessa.

FOSFORI-NMR

H.K. Collan, E.P. Friman, M. Korhonen, S.A. Nenonen, A.K. Sarjala

Projektin alkuperäisenä tavoitteena on ollut fosforin ^{31}P ydinmagneettista resonansispektriä mittaavan lääketieteellisen tutkimuslaitteen rakentaminen. Tällaisen mittaussysteemin keskeinen komponentti on suuritilavuuksisen, voimakkaan ja homogeenisen magneettikentän ($\phi = 0.8 \text{ m}$, $B = 1.6 \text{ T}$, $\Delta B/B = 10^{-7}$) kehittävä suprajohtava solenoidi. Omassa hankkeessamme magneetti on käämitty Outokumpu Oy:n hanketta varten erityistilauksesta valmistamasta NbTi/Cu-komposiittisuprajohtimesta.

Kertomuskauden aikana projektin työskentelytilat olivat edelleen pääasiassa TKK:n sähkömekaniikan laboratorion suuressa konesalissa, jossa hankkeen käyttöön luovutetuissa tiloissa supermagneettimme koestettiin vuoden 1988 keväällä. Koestus osoitti, että magneetti on ns. quench-turvallinen käyttövirralla $I = 305 \text{ A}$, mikä vastaa keskustan vuontiheyttä $B_0 = 1.44 \text{ T}$. Myös magneettikentän mitattu stabiilisuus oli erinomainen, $(dB_0/dt)/B_0 < 0.1 \text{ ppm/h}$, ja pääkäämin ympärille sijoitettu 11 ortogonaalista suprajohtavaa käämiä sisältävä korjauskäämistö toimi kaikilta osiltaan suunnitellulla tavalla. Magneetin kryogeeninen koestus jouduttiin huhtikuussa 1988 lopettamaan hieman ennaikaisesti, kun TKK:n kylmälaboratorion nesteytinkeskukseen asennettiin uusi heliumnesteytin. Kryogeenisen testauksen jälkeen magneetin huoneenlämpötilaiseen koetilaa suunniteltiin ja rakennettiin 0.5 m läpimittainen x-, y-, z-gradienttikäämistö, jonka koestus osoitti myös lineaarisen gradienttikentän vastaan laskettua. Näin magneetti näyttäisi suunnitellulla tavalla soveltuvan elävän kehon kudosten NMR-spektroskopiaan, ja tarjoaisi samalla hyvän lähtökohdan lääke- ym. tieteellisen magneettikuvauksen tutkimusjärjestelmäksi.

Tämä hanke on resurssipulasta johtuen edistynyt alkuperäistä aikataulua hitaammin. Samalla on osoittautunut, että tavoitteena olleen sairaalalaitteen kustannukset, parhaimmillaankin, ovat väistämättä ainakin n. 2-kertaiset alkuperäisiin arvioihin verrattuna. Näistä syistä rahoitusta laitteistosta vielä puuttuvan NMR-elektroniiikan hankkimiseksi ei ole saatu järjestetyksi. Hankkeen päärahoittajan SITRA:n ohella työtä ovat tukeneet Suomen Akatemia, Instrumentarium Oy ja Outokumpu Oy.

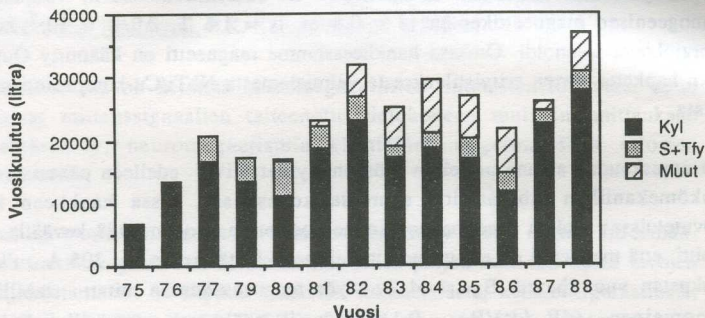
NESTEYTINKESKUS

M.P. Berglund, A.A. Isomäki, K.A. Salminen

Nesteytinkeskus on nesteyttänyt heliumia ja ilmaa kylmälaboratoriolle, korkeakoulun muille osastoille sekä korkeakoulun ulkopuolisille käyttäjille. Toukokuussa asennettiin uusi heliumnesteytin, Sulzer TCF-20. Tämä on tehnyt nesteheliumtuotannon

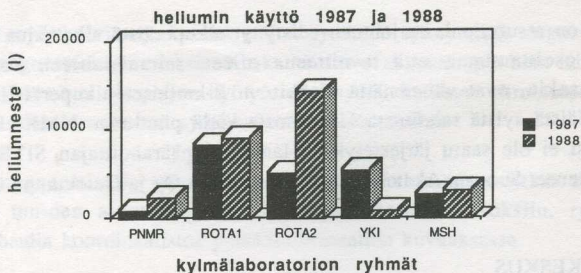
lisäämisen mahdolliseksi, ja vuoden 1988 aikana onkin nesteytettyä heliumia toimitettu käyttäjille 37 000 litraa. Oheisesta kuvasta ilmenee, miten nestemäisen heliumin käyttö on v. 1975 alkaen kasvanut nykyiseen 37 000 litraan vuodessa:

Nesteheliumin käyttö vuodesta 1975



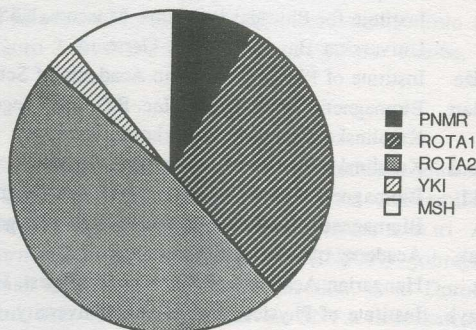
Kyl = kylmälaboratorio, S = TKK:n sähköosasto, Tfy = TKK:n teknillisen fysiikan laitos

Verrattaessa toisiinsa vuosien 1987 ja 1988 nesteheliumin käyttöä todetaan, että vaikka kylmälaboratorion oma käyttökkin on kasvanut, laboratorion ulkopuolelle toimitetun nesteheliumin määrä (noin 9000 litraa vuonna 1988) on lisääntynyt suhteellisesti laskettuna tätä enemmän. Tätä havainnollistavat oheiset kuvat "heliumin käyttö 1987 ja 1988":



Heliumnesteyttimen tuottamasta nesteheliumista 3/4 eli 28 000 litraa vuonna 1988 on kulutettu kylmälaboratorion omassa piirissä. Käytön yhteydessä heliumin keskimääräinen hukka on ollut 13%. Tämä merkitsee sitä, että heliumkaasu pystytään nesteyttämään keskimäärin 8 kertaa. Eri hankkeisiin nesteheliumin käyttö jakaantui seuraavassa kuvassa esitetyllä tavalla:

Kylmälaboratorion käyttö



Koko vuoden 1988 ajan nesteheliumlitran hinta on ollut 101,50 mk. Nesteilma puolestaan on maksanut 2,50 mk/litra. Nestemäistä ilmaa tuotettiin vuonna 1988 sama määrä kuin vuotta aikaisemmin eli n 30000 litraa.

YHTEISTYÖ MUIDEN LABORATORIOIDEN KANSSA

ULKOMAISET VIERAILIJAT

Vuoden 1988 aikana kylmälaboratoriossa ovat vierailleet seuraavassa luetteloidut ulkolaiset henkilöt:

Dr. O. Avenel	Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, Gif-sur Yvette, France
Dr. A. Babkin	P.N. Lebedev Physical Institute, Academy of Sciences, Moskova, USSR
Dr. G. Bednorz	IBM Zürich Research Laboratory, Rüschlikon, Switzerland

- Dr. O. Bertrand INSERM Unité 28, Lyon, France
- Dr. W. Black Biomagnetic Technologies, Inc., BTi, San Diego, USA
- Dr. C. Bohm Karolinska Sjukhuset, Stockholm, Sweden
- Prof. G. Chiarenza Milano University, Italy
- Dr. D. Cram Biomagnetic Technologies Inc. BTi, San Diego, USA
- Dr. J. Davis Physics Department, University of California, Berkeley, California, USA
- Dr. V. Dmitriev Institute for Physical Problems, Academy of Sciences, Moscow, USSR
- Dr. O. Dössel Philips GmbH Forschungslaboratorium, Hamburg, West-Germany
- Dr. S. Elagin Institute for Physical Problems, Moscow, USSR
- Dr. G. Eska Universität Bayreuth, West-Germany
- Dr. A. Gongadze Institute of Physics, Georgian Academy of Sciences, Tbilisi, USSR
- Dr. R. Greenblatt Biomagnetic Technologies Inc. BTi, San Diego, USA
- Prof. T. Greitz Karolinska Sjukhuset, Stockholm, Sweden
- Dr. E. Hellstrand Karolinska Sjukhuset, Stockholm, Sweden
- Dr. H. Jablonski Biomagnetic Technologies Inc. BTi, San Diego, USA
- Dr. S. James Biomagnetic Technologies Inc. BTi, San Diego, USA
- Dr. W. Jaszczuk Academy of Sciences. Wroclaw, Poland
- Dr. G. Karmos Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary
- Dr. J. Kasperczyk Institute of Physics, Pedagogical University, Czestochova, Poland
- Acad. G. Kharadze Institute of Physics, Georgian Academy of Sciences, Tbilisi, USSR
- Dr. N. Kopnin Landau Institute for Theoretical Physics, Academy of Sciences, Moscow, USSR
- Dr. W. Kullman Philips GmbH Forschungslaboratorium, Hamburg, West-Germany
- Dr. I. Lugashevits Kurchatov Institute, Moscow, USSR
- Dr. O. Magradze Institute of Physics, Georgian Academy of Sciences, Tbilisi, USSR
- Dr. H. Meyer Duke University, North Carolina, USA,
- Dr. V. Mineev Landau Institute for Theoretical Physics, Academy of Sciences, Moscow, USSR
- Dr. R. Packard Physics Department, University of California, Berkeley, California, USA
- Dr. J. Pernier INSERM Unité 28, Lyon, France
- Dr. F. Perrin INSERM Unité 28, Lyon, France
- Dr. C. Ragaini Milano University, Italy
- Joht. N. Reimers Office of Technology Licensing, Stanford University, California, USA
- Dr. J. Rembser CERN, Geneva, Switzerland
- Dr. K. Rogacki Institute for Low Temperatures, Academy of Sciences, Wroclaw, Poland
- Dr. A. Rumjantsev Kurchatov Institute, Moscow, USSR
- Dr. M. Scherg Max-Planck-Institut für Psychiatrie, München, West-Germany
- Dr. W. Schoepe Fakultät für Physik, Universität Regensburg, Germany
- Dr. N. Schopohl Institute Laue-Langevin, Grenoble
- Dr. H. Schopper CERN, Geneva, Switzerland
- Dr. V. Schwartz Institute for Low Temperature Physics and Engineering, Kharkov, USSR
- Dr. E. Sonin Physical Technical Institute, USSR Academy of Sciences,

Leningrad, USSR

Prof. S. Williamson New York University, New York, USA

Dr. P. Valdés Sosa National Centre for Scientific Research 2, Havana, Cuba

Dr. E. Varoquaux Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Orsay, France

Dr. G. Volovik Landau Institute for Theoretical Physics, Academy of Sciences, Moscow, USSR

Dr. S. Yin Michigan State University, USA

Laboratorion em. tutkijavieraat jakautuivat eri maiden osalle seuraavati: N-liitto 15, USA 11, L-Saksa 6, Ranska 5, Puola 3, Ruotsi 3, Sveitsi 3, Japani 2 sekä Englanti, Kuuba, Tšekkoslovakia ja Unkari kukin 1.

Neuvostoliiton tiedeakatemian presidentin, akateemikko G.I. Martshukin johtama valtuuskunta vieraili kylmälaboratoriossa 18.4.1988. Valtuuskuntaan kuuluivat akateemikko Martshukin lisäksi Neuvostoliiton tiedeakatemian tieteellisen pääsihteerin sijainen, tekn.tri A.K. Romanov, Yhteiskunta-tieteellisen informaation tutkimuslaitoksen (INION) johtaja, akat. A.A. Dorodnitsyn, Eestin SNT:n tiedeakatemian presidentti, akat. K.K. Rebane, Latvian SNT:n tiedeakatemian presidentti, akat. B.A. Purin, NI:n tiedeakatemian Kuolan filiaalın presidentti, akatemian kirjeenvaihtajajäsen prof. V.T. Kalinnikov, Leningradin tieteellis-tuotannollisen yhtymän johtaja, tiedeakatemian kirjeenvaihtajajäsen prof. M. Aleksandrov, NI:n tiedeakatemian kielitieteen laitoksen varajohtaja, fil.lis. Ju.S. Jelisejev, NI:n tiedeakatemian ulkoisten suhteiden hallinnon apulaisosastopäällikkö, tekn.lis. N.V. Vorontsov ja NI:n tiedeakatemian ulkoisten suhteiden hallinnon tarkastaja R. Muhutdinov.

Kiinan kansantasavallan tieteen ja teknologian valtionkomitean puheenjohtaja, valtioneuvos J. Song seurueineen vieraili kylmälaboratoriossa 19.5.1988.

Neuvostoliiton tiedeakatemian yleisen fysiikan laitoksen valtuuskunta vieraili kylmälaboratoriossa akateemikko A.M. Prohorovin johdolla 17.8.1988. Rva Prohorovan lisäksi valtuuskuntaan kuuluivat prof. A.A. Ruhadze, tri. V.P. Kalinuskin ja tri V.V. Savranski.

KYLMÄLABORATORION SEMINAARISARJA

Kylmälaboratorion keskiviikkoseminaarissa (seminaarın vetäjänä on ollut Peter Berglund) on pidetty seuraavat 20 esitelmää:

Avenel, Olivier, Dr	Phase slippage and Josephson effect in superfluids
Bednorz, George, Dr.	Materials aspects of high T_c superconductivity
Chiarenza, Giuseppe, Dr.	Neurophysiological evaluation of sensorimotor and cognitive processes in humans

- | | |
|---------------------------|---|
| Collan, Heikki, Dr | The phosphorus NMR project: past, present and future |
| Dössel, Olaf, Dr. and | Neuromagnetic SQUID project at Philips |
| Kullmann, Walter, Dr. | |
| Gevins, Alan, Dr | Functional networks of the human brain |
| Hietarinta, Jarmo, Dr. | Introduction to solitons |
| Kasperczyk, Jacek, Dr. | Local-pair superconductivity in high- T_c oxides |
| Kopnin, Nikolai, Dr. | On the analysis of experimental data in high- T_c superconductors |
| Kopnin, Nikolai, Dr. | The motion of the superfluid ^3He A-B phase boundary |
| Lu, Sing-teh, Dr. | Magnetically generated superflow in $^3\text{He-A1}$ |
| Meyer, Horst, Prof. | Oriental ordering in solid hydrogen |
| Mineev, Vladimir, Prof. | Structure of the superconducting phases of $\text{U}_{1-x}\text{Th}_x\text{Be}_{13}$ |
| Packard, Richard, Prof. | The superfluid He interference gyroscope - its physics and applications |
| Schoepe, Wilfried, Dr | How does the resistance of a doped semiconductor diverge as T approaches absolute zero? |
| Soulen, Robert Jr., Dr. | YBaCuO thin films |
| Thuneberg, Erkki, Dr. | The present state of high- T_c superconductivity |
| Varoquaux, Eric, Dr | Josephson effect and phase slippage in superfluids |
| Williamson, Samuel, Prof. | Neuromagnetism: a bridge between physiology and perception |
| Yin, Shi, Dr. | Electric transport measurement on cold-worked potassium below 1 K |

Tiistain aamuseminaarissa (matalien lämpötilojen fysiikka, seminaarin vetäjänä on ollut Matti Krusius) ovat laboratorion ulkomaiset vireraat pitäneet seuraavat 5 esitystä:

- | | |
|------------------------|--|
| Gongadze, Alec, Dr. | ^3He -B phase order parameter textures in cylindrical and slab geometries |
| Eska, Georg, Dr. | Spin-echoes in sodium at low temperatures |
| Schoepe, Wilfried, Dr. | Macroscopic charge carriers: a new probe for superfluid He |
| Schwarz, Vladimir, Dr. | Heat exchange sinters and the Kharkov nuclear demagnetization cryostat |
| Volovik, Grigori, Dr. | ^3He -B in rotation experiments |

Maanantain aamuseminaarissa (aivotutkimus, vetäjänä Risto Ilmoniemi) on ulkomaisten vierailijoiden esityksiä ollut seuraavasti:

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| Scherg, Michael, Dr. | Demonstration of EEG software |
| Scherg, Michael, Dr. | Source density analysis of EEG |

Valdes-Sosa, Pedro, Dr.	EEG and ERP research in Havana
Williamson, Samuel, Prof.	The steady-state paradigm
Bertrand, O., Dr.	Current source density analysis of EEG
Pernier, J., Dr.	scalp maps
Perrin, F., Dr.	

LABORATORION HENKILÖKUNNAN PITEMPAAIKAINEN TYÖSKENTELY ULKOMAILLA

ANNILA	suorittaa tieteellistä tutkimustyötä Risø National Laboratoryssa, Roskilde, Tanska 1.8.1988 alkaen.
HAKONEN	suoritti tieteellistä tutkimustyötä Cornell Universityssä, Ithaca, N.Y. koko vuoden 1988.
JYRKKIÖ	suoritti tieteellistä tutkimustyötä Risø National Laboratoryssa, Roskilde, Tanska, 18.1. - 27.2., 10. - 16.4., 3. - 16.8. ja 13. - 20.11.1988 välisinä aikoina.
LOUNASMAA	suoritti MEG tutkimuksia New York University Neuromagnetism Laboratoryssa, New York, USA 30.10. - 28.11.1988.

OSALLISTUMINEN KONGRESSEIHIN JA KOULUTUSTILAISUUKSIIN

ANNILA	Symposium on spontaneous nuclear magnetic ordering in metals at very low temperatures, Espoo, 2. - 6.6.1988. Esitelmä "Nuclear magnetic ordering in silver?".
	XXII Fysiikan päivät, Jyväskylä, 24 - 26.3.1988. Posterit "Cross relaxation of nuclear spins in silver metal".
COLLAN	STS:n Jyväskylän osaston kevätkokous 18.2.1988 Jyväskylässä. Esitelmä: "Suprajohtavuus - uutta ja vanhaa".
	Sähköliasantajien koulutuspäivät, Ammattienedistämislaitos, Helsinki, 7.4.1988. Esitelmä: "Suprajohtavuus".
	Workshop on High-Temperature Superconductivity, IBM Europe Institute 1988, Oberlech, Itävalta, 8. - 12.8.1988.

- HARI 2nd project coordination meeting on "Biomagnetic Signals", Berlin, May 1988. Kutsuttu esitelmä "Speech related magnetic fields".
- Wenner-Gren international conference on "Visualization of Brain Functions", Stockholm, June 1988. Kutsuttu esitelmä "Neuromagnetic studies of human cortical projection areas".
- Pohjoismainen kliinisen neurofysiologian kokous, Espoo, toukokuu 1988. Laboratoriovierailun yhteydessä esitelmä "Magnetoencephalography: general principles and results".
- HUIKU Symposium on spontaneous nuclear magnetic ordering in metals at very low temperatures, Espoo 2.-6.6.1988. Esitelmä "Review of the magnetic susceptibility measurements on copper".
- International conference on magnetism ICM88, Pariisi, 25. - 29.7.1988. Kutsuttu esitelmä "Studies of nuclear antiferromagnetic ordering in copper by neutron diffraction".
- HÄLLSTRÖM IEEE International symposium on circuits and systems, Helsinki, June 7 - 9, 1988.
- ILMONIEMI 8th general conference of the condensed matter division of the European Physical Society, Budapest, April 1988. Kutsuttu esitelmä "Magnetoencephalography using a seven-SQUID instrument".
- JYRKKIÖ American physical society March meeting, New Orleans, 21. - 25.3.1988. Kutsuttu esitelmä "Neutron diffraction studies of nuclear magnetic order in copper".
- Symposium on spontaneous nuclear magnetic ordering in metals at very low temperatures, Espoo 2. - 6.6.1988. Esitelmä "Neutron Diffraction measurements on copper".
- "Tagung der Nobelpreisträger", Lindau, Saksan liittotasavalta, 27.6. - 1.7.1988
- KEMPPAINEN Nordic summer school on neural modeling and computation, Uppsala, Ruotsi, 29.8. - 2.9.1988. Lyhyt esitys omasta työstä.
- KNUUTILA EPS workshop SQUID, State of Art, Perspectives and Applications, Rooma, Italia, 22. - 24.6.1988. Kutsuttu esitelmä "The Use of Multichannel SQUID Systems in Brain Research".

- LOUNASMAA The Australian Bicentenary Congress of Physicists, Sydney, 25. - 29.1.1988. Yleisesitelmä "Magnetoencephalography - A non-invasive method of basic and applied brain research". Lisäksi kutsuttu esitelmä " Nuclear magnetic ordering in copper and silver at nanokelvin temperatures".
- XXII Fysiikan päivät, Jyväskylä, 24. - 26.3.1988, Kutsuttu esitelmä "Magnetoencefalografia - ei-invasiivinen aivojen tutkimusmenetelmä".
- Soviet-Finnish symposium on low temperature and solid state physics, Leningrad, April 1988. Esitelmä "Nuclear magnetic ordering in copper and silver at nanokelvin temperatures".
- International congress on magnetism ICM88, Pariisi, 25. - 29.7.1988. Kutsuttu esitelmä "Magnetoencephalography - recent results". Puheenjohtaja yhdessä istunnossa.
- MÄKELÄ Ajankohtaista lastenneurologiaa-symposiumi, Helsinki 15. - 16.3.1988. Kutsuttu esitelmä "Magnetoencefalografia kuuloaivokuoren tutkimisessä".
5. kansainvälinen herätevastekokous, Pecs, Unkari, 8. - 10.7.1988. Esitelmä "Magnetoencephalography in the study of the auditory cortex".
- NENONEN Teollisuusfysiikan päivät, Tampere, 28. - 29.9.1988. Posterit "Construction and test results of a large-bore 1.5 tesla high-homogeneity superconducting magnet for MR-spectroscopy".
- NUMMILA XXII Fysiikan päivät, Jyväskylä, 24. - 26.3.1988. Esitelmä "Negative ions as probes of the rotating ^3He superfluids".
- Soviet-Finnish symposium on low temperature and solid state physics, Leningrad, April 1988. Esitelmä "Ion transmission measurements in rotating ^3He superfluids".
- OJA Symposium on spontaneous nuclear magnetic ordering in metals at very low temperatures, Espoo 2. - 6.6.1988. Kokouksen sihteeri sekä seuraavat kaksi esitelmää: "Resplitting of exchange-merged NMR absorption lines at high spin polarizations" ja "Cross-relaxation of isotopic nuclear spin temperatures in silver".

- PEKOLA Soviet-Finnish Symposium on low temperature and solid state physics, Leningrad, April 1988. Esitelmät "Superfluid ^3He films" ja "Progress report on ROTA II".
- PIHKO Suomalais-Neuvostoliittolainen psykofysiologian symposio, Moskova, toukokuu 1988. Esitelmä "Magnetic evoked responses of the human auditory cortex to consonant/vowel transitions and noise/square-wave transitions".
- SALMELIN XXII Fysiikan päivät, Jyväskylä 24. - 26.3.1988. Esitelmä "Internal Magnus effects in superfluid $^3\text{He-A}$ ".
- SALOMAA Soviet-Finnish symposium on low temperature and solid state physics, Leningrad, April 1988. Esitelmä: "Superfluid-superfluid interfaces in ^3He ".
- Solid state symposium of the Danish physical society, Nyborg, Tanska, 26. - 28.5.1988. Kutsuttu esitelmä "Quantized vortices in superfluid ^3He ".
- Lahten yhteiskoulu, Lahti, 4.10.1988 esitelmä "Uudet suprajohteet".
- TIIHONEN Nordiskt mötet i klinisk neurofysiologi, Espoo, toukokuu 1988. Posterit "Somatosensoriset herätevasteet".
- VIERTIÖ Symposium on spontaneous nuclear magnetic ordering in metals at very low temperatures, Espoo 2. - 6.6.1988. Esitelmä "Monte Carlo simulations on nuclear ordering in copper and silver".
- International conference on magnetism ICM88, Pariisi, 25. - 29.7.1988. Posterit "The thermodynamical equilibrium structures of nuclear spin systems in noble metals" ja "Monte Carlo simulation of nuclear magnetic ordering".
- Second Nordic Symposium on Computer Simulation in Physics, Chemistry and Biology, Kööpenhamina, 16. - 17.9.1988. Esitelmä: "Thermodynamic equilibrium structures of nuclear spin systems in noble metals".

MUUT TIETEELLISET TUTUSTUMISKÄYNNIT SEKÄ PIDETYT ESITELMÄT

- BERGLUND Käynti uuden heliumnesteyttimen valmistajan Sulzer Brothers Ltd:n luona Aldershotissa, Englannissa neuvottelemassa nesteyttimen asennuksesta. Saman matkan yhteydessä vierailu Lancasterin yliopistossa 24. - 30.1.1988.
- Universite Paris-Sud, Pariisi, 23.10. - 5.11.1988. Yhteistyöprojekti "³He:n jäädyttäminen ydinjäädytysmenetelmällä".
- ILMONIEMI Institute for Psychology of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 5.4.1988.
- Budapest Technical University, Department of Measurement and Instrumentation Engineering, Unkari, 5.4.1988.
- JYRKKIÖ Esitelmä "Neutron Diffraction Studies of Nuclear Magnetic Order in Copper", Floridan yliopisto, Gainesville, Florida, 28.3.1988 ja ATT Bell Laboratories, New Jersey, USA, 30.3.1988.
- LOUNASMAA "Nuclear magnetic ordering in copper and silver at nanokelvin temperatures" Australian Defence Force Academy'n fysiikan kollokvio, Canberra, Australia, 2.2.1988.
- "Magnetoencephalography - a non-invasive method of experimental brain research", Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) tutkimuskeskuksen kollokvio, Hampuri, Länsi-Saksa, 11.2.1988.
- "Magnetoencephalography - a non-invasive method of experimental brain research", CRTBT laboratorion seminaari, Grenoble, Ranska, 28.7.1988.
- Magnetoenkefalografia - uusi epäinvasiivinen aivojen tutkimusmenetelmä", TEKESin henkilökunnan 5-vuotisseminaari, Helsinki, 23.8.1988.
- Nuclear order at nanokelvin temperatures, kollokvioesityelmä, Neuro-magnetism Laboratory, New York University, USA, 1.12.1988
- NUMMILA Harkov, Neuvostoliitto, kesäkuu 1988. "Ion experiments on rotating ³He superfluids".
- Tbilisi, Neuvostoliitto, kesäkuu 1988. "Ion experiments on rotating ³He superfluids".

SALOMAA

Trondheimin teknillinen korkeakoulu NTH, Trondheim, 14. - 17.1.1988.
 Esitelmä "Properties of superfluid ^3He : inhomogeneous states".

Landau-Instituutti, Moskova. Vierailu 10. - 12.3.1988, samoin 21, -
 23.11. 1988

JULKAISUT

AHOLA, H., COLLAN, H., FRIMAN, E., IKKALA, O., ISLANDER, S., KORHONEN, M., NENONEN, S., PEKOLA, J., SARJALA, A., and SEPPÄLÄ, H., Construction and test results of a large-bore 1.5 Tesla high-homogeneity superconducting magnet for MR-spectroscopy. Proc. IV Finnish conference on physics in industry (Eds. M. Vulli and G. Graeffe, Tampere 1988) 179-182.

BERGLUND, P., Heliums egenskaper vid låga temperaturer. (Kryofysik) Kosmos 1988 65 (1988) 63-74.

BERGLUND, P. and KRUSIUS, M., Produktion och mätning av låga temperaturer. (Kryofysik) Kosmos 1988 65 (1988) 23-42.

HARI, R., Interpretation of cerebral magnetic fields elicited by somatosensory stimuli. Springer Series in Brain Dynamics 1 (Ed. by E. Basar), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 1 (1988), 305-310.

HARI, R., JOUTSINIEMI, S-L. and SARVAS, J., Spatial resolution of neuromagnetic recordings: theoretical calculations in a spherical model. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 71 (1988), 64-72.

HARI, R. and MÄKELÄ, J.P., Modification of neuromagnetic responses of the human auditory cortex by masking sounds. *Experimental Brain Research* 71 (1988) 87-92.

HARI, R., PELIZZONE, M., MÄKELÄ, J.P., HÄLLSTRÖM, J., HUTTUNEN, J., and KNUUTILA, J., Neuromagnetic responses from a deaf subject to stimuli presented through a multichannel cochlear prosthesis. *Ear and Hearing* 9 (1988) 3, 148-152.

HUTTUNEN, J., Evoked magnetic fields in the study of somatosensory cortical areas. *Functional Brain Imaging* (eds. G. Pfurtscheller and F.H. Lopes da Silva) (1988) 61-69.

ILMONIEMI, R.J., WILLIAMSON, S.H., KAUFMAN, L., WEINBERG, H.J., and BOYD, A., Method for locating a small magnetic object in the human body. *IEEE*

Trans. Biomed. Eng. 35 (1988) 561-564.

JOUTSINIEMI, S.-L., Comparison between electric evoked potentials, source dipole components and magnetic evoked fields elicited by noise/square-wave stimuli. *Acta Neurol. Scand.* 78 (1988) 337-345.

JYRKKIÖ, T.A., Magnetic susceptibility and neutron diffraction experiments on nuclear ordering. *Väitöskirja (TKK offset, 1988).*

JYRKKIÖ, T.A., HUIKU, M.T., CLAUSEN, K.N., SIEMENSMEYER, K., KAKURAI, K. and STEINER, M., Calibration and applications of polarized neutron thermometry at milli- and microkelvin temperatures. *Zeitschrift für Physik B - Condensed Matter* 71 (1988) 139-148.

JYRKKIÖ, T.S., HUIKU, M.T., LOUNASMAA, O.V., SIEMENSMEYER, K., KAKURAI, K., STEINER, M., CLAUSEN K.N., and KJEMS, J.K., Observation of nuclear antiferromagnetic order in copper by neutron diffraction at nanokelvin temperatures. *Physical Review Letters* 60 (1988), 2418-2421.

KAJOLA, M., AHLFORS, S., AHONEN, A., HÄLLSTRÖM, J., KNUUTILA, J., LOUNASMAA, O.V., TESCHE, C., and VILKMAN, V., Low-noise seven channel DC-SQUID magnetometer for brain research. *Proc. Sixth International Conference on Biomagnetism* (Ed. Atsumi, K., Kotani, M., Ueno, S., Katila, T., and Williamson, S.J., Tokyo Denki University Press. Tokyo, 1988) 430-433.

KNUUTILA, J., Magnetoencephalography - the use of multi-SQUID systems for noninvasive brain research. *Trends in Physics EPS-7, Physica Scripta* (Ed. T. Åberg and S. Stenholm) T23 (1988) 306-311.

KNUUTILA J. and HÄMÄLÄINEN, M., Characterization of brain noise using a high sensitivity 7-channel magnetometer. *Proc. of the Sixth International Conference on Biomagnetism*, (Ed. Atsumi, K., Kotani, M., Ueno, S., Katila, T., and Williamson, S.J.) (Tokyo Denki University Press, Tokyo, 1988) 186-189.

KNUUTILA, J., KAJOLA, M., SEPPÄ, H., MUTIKAINEN, R., and SALMI, J., Design, optimization, and construction of a DC SQUID with complete flux transformer circuits. *Journal of Low Temperature Physics* 71 (1988) 5/6, 369-392.

LINDGÅRD, P.-A., VIERTIÖ, H.E., and MOURITSEN, O.G., Monte Carlo simulation of adiabatic cooling and nuclear magnetism. *Physical Review B* 38 (1988) 10, 6798-6806.

LOUNASMAA, O.V., SIMOLA, J.T., NUMMILA, K.K., KORHONEN, J.S., and

- SKRBEK, L., Experiments with negative ions in rotating superfluid $^3\text{He-A}$. *Can. J. Phys.* **65** (1987), 1449-1452.
- MÄKELÄ, J.P., Auditory evoked magnetic fields in man. *Väitöskirja* (TKK offset, 1988).
- MÄKELÄ, J., Contra- and ipsilateral auditory stimuli produce different activation patterns at the human auditory cortex. A neuromagnetic study. *Pflügers Archiv, European Journal of Physiology* **412** (1988) 12-16.
- MÄKELÄ, J.P., HARI, R., and LEINONEN, L., Magnetic responses of the human auditory cortex to noise/square wave transitions. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* **69** (1988) 423-430.
- OJA, A.S., Nuclear magnetism in copper and silver: theory and experiments. *Väitöskirja* (TKK offset, 1988).
- OJA, A.S., ANNILA, A.J., and TAKANO, Y., Resplitting of exchange-merged NMR absorption lines at high spin polarizations. *Physical Review B* **38** (1988) 13, 8602-8608.
- SALOMAA, M.M., A phase transition of the moving superfluid $^3\text{He A-B}$ interface. *J. Phys. C: Solid State Phys.* **21** (1988) 4425-4435.
- SALOMAA, M.M., Schrieffer-Wolff transformation for the Anderson Hamiltonian in a superconductor. *Physical Review B* **37** (1988) 16, 9312-9317.
- SALOMAA, M.M. and VOLOVIK, G.E., Cosmiclike domain walls in superfluid $^3\text{He-B}$: Instantons and diabolical points in (k,r) space. *Physical Review B (condensed matter)* **37** (1988) 16, 9298-9311.
- VIERTIÖ, H.E., MOURITSEN, O.G., and LINDGÅRD, P.-A., Computer simulation and mean field calculation of phase diagram and adiabatic demagnetization paths for an antiferromagnet. *Journal de Physique* **49** (1988) 12, 2053-2054.
- VVEDENSKII, V.L., KURTOVOI, K.G., ILMONIEMI, R.H., and KAJOLA, M., Determination of sources of the human magnetic alpha rhythm. *Human Physiology* **13**, (1988) 400-404.

RAPORTIT

- HÄMÄLÄINEN, M.S., HAARIO, H., and LEHTINEN, M.S., Inferences about sources of neuromagnetic fields using Bayesian parameter estimation, Report TTK-F-A620 (1988) 18 s.
- ILMONIEMI, R. and AHLFORS, S., Kehoon, erityisesti pähän kiinnitettyjen elektrodien paikannusmenetelmä ja -laite. Suomalainen patenttihakemus n:o 884187, PRH:n viikkoluettelo, vk. 37/88, s. 8.
- JYRKKIÖ, T.A., HUIKU, M.T., SIEMENSMEYER, K., and CLAUSEN, K.N., Neutron diffraction studies of nuclear ordering in copper, Report TTK-F-A628 (1988) 56 s.
- KOPNIN, N.B. and SALOMAA, M.M., Superfluid phase slippage in ^3He flow through a narrow channel, Report TTK-F-A639 (1989) 10 s.
- NUMMILA, K.K., HAKONEN P.J., and MAGRADZE, O.V., Measurements on the dipolar velocity of superfluid $^3\text{He-B}$, Report TTK-F-A636 (1989) 12 s
- NUMMILA, K.K., SIMOLA, J.T., and KORHONEN, J.S., Experiments with negative ions in ^3He Superfluids, Report TTK-F-A634 (1988) 65 s
- OJA, A.S., ANNILA, A.J. and TAKANO, Y., Cross-relaxation of ^{107}Ag and ^{109}Ag Zeeman temperatures in silver, Report TTK-F-A633 (1988) 16 s.
- OJA, A.S., WANG, X.-W. and HARMON, B.N., First principles study of the conduction electron mediated interactions between nuclear spins in copper metal, Report TTK-F-A632 (1988) 37 s.
- SALOMAA, M.M. and VOLOVIK, G.E., Evidence for a surface state with broken symmetry in $^3\text{He-B}$ from ROTA experiments at Helsinki, Report TTK-F-A635 (1988) 69 s.
- SALOMAA, M.M. and VOLOVIK, G.E., Half-solitons in superfluid $^3\text{He-A}$: Novel $\pi/2$ -quanta of phase slippage, Report TTK-F-A630 (1988) 55 s.
- VIERTIÖ, H.E. and OJA, A.S., Comment on observation of nuclear antiferromagnetic order in copper by neutron diffraction at nanokelvin temperatures, Report TTK-F-A631 (1988) 3 s.