

HOLMSTRÖM  
TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

KYLMÄLABORATORION TOIMINTAKERTOMUS

1976



TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Kylmälaboratorio

TOIMINTAKERTOMUS

1976

TKK-F-C42

TKK OFFSET 1976

## A s e m a j a t e h t ä v ä t

Kylmälaboratorio on hallintokollegin 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.

## V o i m a v a r a t

Kylmälaboratorion toimintaa johtaa johtokunta, jonka jäseninä olivat 1.11.1975 - 30.9.1976:

professori Olli L o u n a s m a a, puheenjohtaja  
 vararehtori, professori Jan-Erik J a n s s o n, 31.7. asti,  
 varapuheenjohtaja 5.4. - 31.7., hallintokollegin edustaja  
 professori Matti R a n t a, varapuheenjohtaja, 1.8. alkaen,  
 hallintokollegin edustaja

professori Eero B y c k l i n g, varapuheenjohtaja, 5.4. asti,  
 F-osaston edustaja  
 apulaisprofessori Toivo K a t i l a, 26.4. alkaen, F-osaston  
 edustaja

filosofian tohtori Seppo I s l a n d e r (varalla diplomi-  
 insinööri Maija V e u r o)

tekniikan tohtori Gösta E h n h o l m (varalla laboratorio-  
 insinööri Marja H o l m s t r ö m)

diplomi-insinööri Martti H i r v o n e n, 30.4. asti; vara-  
 mies diplomi-insinööri Mikko P a a l a n e n, 1.5. alkaen

ja 1.10.1976 alkaen:

vararehtori Matti R a n t a, puheenjohtaja, hallintokollegin edustaja

apulaisprofessori Juhani K u r k i j ä r v i, varapuheenjohtaja, F-osaston edustaja

tekniikan tohtori Gösta E h n h o l m, kylmälaboratorion johtaja

tekniikan tohtori Antti A h o n e n (varalla diplomi-insinööri Markku L o p o n e n)

diplomi-insinööri Mikko P a a l a n e n (varalla tekniikan ylioppilas Jorma K o k k o)

filosofian tohtori Seppo I s l a n d e r (varalla laboratorio-insinööri Marja H o l m s t r ö m).

Johtokunta on pitänyt neljä kokousta, joissa kolmessa on ollut sihteerinä toimistosihtööri Marjatta Friman ja viimeisessä sihtööri Kyllikki Jauho.

#### TUTKIMUSHENKILÖKUNTA

O.V. Lounasmaa, Ph.D., Suomen Akatemian tutkijaprofessori, laboratorion johtaja 30.9. asti, 15.11. alkaen Ranskassa

G.J. Ehnholm, TkT, vanhempi tutkija, 1.10. alkaen laboratorion johtaja

A.I. Ahonen, TkT, tutkija

T.A. Alvesalo, TkT, tutkija, USA:ssa

M.P. Berglund, TkT, tutkija, Ranskassa

H.K. Collan, TkT, dosentti, varttunut tieteenharjoittaja

I. Gachechiladze, Ph.D., vieraileva tutkija (Georgian Academy of Sciences, Tbilissi, USSR), 28.10. - 30.11.

W.J. Gully, MS, vieraileva tutkija (Cornell University, Ithaca, New York, USA), 1.6. asti

B.R. Gylling, TkT, tutkija, 1.3. - 30.6.

A. Fetter, Prof., vieraileva tutkija (Stanford University, Palo Alto, California, USA), 20.8. - 29.9.

Marja Holmström, FL, laboratorioinsinööri

S.T. Islander, FT, dosentti, kryokeskuksen johtaja

W. Jaszczuk, Dr., vieraileva tutkija (Institute for Low Temperature Physics, Wreslaw, Puola), 1.11. - 31.12.

- M.F. Krusius, TkT, dosentti, vanhempi tutkija, USA:ssa  
M.J. Kurkijärvi, TkT, apulaisprofessori (F-os.)  
Li Fu-chen, vieraileva tutkija (Physics Institute, Academia Sinica, Kiina), 20.10. alkaen  
J. Prusak, Ph.D., vieraileva tutkija (Nuclear Physics Institute, Rez, Czechoslovakia), 4.2. asti  
R.C. Richardson, Prof., vieraileva tutkija (Cornell University, Ithaca, New York, USA), 23.6. asti  
W. Schoepe, Ph.D., vieraileva tutkija (Universität Regensburg, Regensburg, Länsi-Saksa), 12.3. - 9.5., 10.8. - 30.10.  
J.W. Serene, Ph.D., vieraileva tutkija (Stanford University, Palo Alto, California, USA), 24.7. asti  
W. Zimmermann, Prof., vieraileva tutkija (University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA), 2.9. asti

#### JATKO-OPISKELIJAT

- T. Haavasoja 15.7. asti ja 1.10.-31.11. Neuvosto-  
liitossa  
M.T. Haikala  
M.T. Hirvonen (F-os.) 28.02. asti  
M.T. Loponen  
M.A. Paalanen  
M.K. Savelainen  
J.K. Soini  
Y. Takano (Japanista)  
Maija Veuro

#### OPISKELIJAT

- H.A. Ahola 01.06. alkaen  
J.P. Ekström 01.06. alkaen  
O.T. Ikkala 01.06. alkaen  
P.K. Juvonen 10.09. asti  
L.H. Kjälldman 01.06. alkaen  
M.A. Kokkala

S.J. Koski	30.06. asti
M.T. Manninen	
K.A. Perkiö	30.05. asti
T.B. Rantala	
L.M. Rehn	01.06. alkaen
A.R. Ritvos	01.06. alkaen
H.J. Vidberg (F-os.)	
P.B. Östman	

#### MUU HENKILÖKUNTA

Hely Ennari, toimistoapulainen  
Marjatta Friman, toimistosihtööri, 31.07. asti  
R. Halme, mekaanikko  
A.A. Isomäki, nesteyttimen käyttöpäällikkö  
Kyllikki Jauho, sihtööri, 01.08. alkaen  
R.J. Kaasinen, laboratoriomestari  
P.J. Lehti, mekaanikko  
E.T. Makkonen, piirtäjä, 20.10. asti  
S.S. Niskanen, piirtäjä  
S.K. Utriainen, mekaanikko

#### AKATEEMISET TUTKINNOT

Vuoden kuluessa on laboratoriossa suoritettu seuraavat tutkinnot:

##### diplomi-insinööri

M. Haikala  
P. Juvonen  
S. Koski  
M. Manninen  
M. Savelainen

##### tekniikan tohtori

A. Ahonen: "NMR Experiments on Superfluid  $^4\text{He}$ "  
M. Hirvonen: "Studies on Nuclear and Electronic Spin Order  
by Gamma Resonance, Susceptibility and Optical  
Measurements"

## T u t k i m u s t y ö

### Perustutkimus

Kylmälaboratorion perustutkimusohjelma on keskittynyt ultramatalissa lämpötiloissa suoritettuihin mittauksiin. Laboratoriossa on käytetty kaikkia niitä jäähdytystapoja, joilla voidaan saavuttaa alle 1 K:n lämpötiloja; useiden menetelmien osalta on suoritettu pioneeriluontoista kehittämistyötä. Tämä koskee erityisesti ns. ydindemagnetointia, jolla alalla laboratorio on tällä hetkellä johtava tutkimuslaitos maailmassa.

Laboratorion laajin perustutkimusohjelma liittyy suprajuoksevaa  $^3\text{He}$ :a koskeviin mittauksiin 3 mK:n alapuolella. Työtä tehdään kahdella kryostaatilla (YDM ja HELY) ja se on jo tuottanut useita korkeaa kansainvälistä luokkaa olevia tuloksia. Kylmälaboratoriossa suoritettut viskositeettimittaukset osoittivat ensimmäisenä vakuuttavasti, että  $^3\text{He}$  on supraneste 2.6 mK:n alapuolella, minkä lisäksi  $^3\text{He}$ :n faasidiagrammi koko höyrystymis- ja sulamiskäyrien välisellä painealueella on toistaiseksi määrätty vain Otaniemessä, sillä muualla ei vielä pystytä jäähdyttämään  $^3\text{He}$ :a sulamiskäyrän alapuolella alle 1,6 mK:n lämpötilaan; YDM-kryostaatilla  $^3\text{He}$  on saatu 0,7 mK:iin.

$^3\text{He}$  SUPRAFAASIEN NMR-OMINAISUUKSIEN TUTKIMUS (YDM-PROJEKTI)  
(Ahonen, Haavasoja, Haikala, Kokko, Lounasmaa, Paalanen, Rehn, Richardson, Schoepe, Takano)

Tutkimuksen kohteena ovat olleet  $^3\text{He}$ :n ja  $^4\text{He}$ :n laimeat liuokset sekä puhtaan  $^3\text{He}$ :n normaali- ja suprafaasit.

Ydindemagnetointikryostaatissa onnistuttiin jäähdyttämään  $^3\text{He}$ :n ja  $^4\text{He}$ :n 9%:n liuos 1,5 mK:n lämpötilaan. Puhdas  $^3\text{He}$  on jäähdytetty 0,7 mK:iin samassa laitteessa. Liuoksen korkeamman loppulämpötilan todettiin johtuvan koekammion ja liuoksen välisestä suuremmasta rajapintavastuksesta, jonka lämpötilariippuvuus oli  $1/T^3$ . Kyseisessä liuoksessa ei havaittu faasitransitiota suprafaasiin 1,5 mK:n yläpuolella. Mittaamalla laimeitten liuosten suskeptibi-

liteetti paineen ja konsentraation funktiona tutkittiin  $^3\text{He}$ -kvasipartikkelien vuorovaikutuspotentiaalia ja mittaustuloksista laskettiin  $F_0^a$ .

Puhtaan  $^3\text{He}$ :n normaali- ja suprafaasien ominaisuuksia on tutkittu mittaamalla negatiivisen ionin liikkuvuutta. Negatiivisen ionin säde,  $\sim 15 \text{ \AA}$ , on lyhyempi kuin kvasipartikkelien vapaa matka ja suprafaasien koherenssipituus, joten liikkuvuusmittausten avulla voidaan selvittää kvasipartikkelien energiaspetrin ominaisuuksia. Normaalifaasissa liikkuvuus oli vakio, jonka osittain pystyy selvittämään Josephsonin ja Leknerin teoria. Suprafaaseissa liikkuvuuden todettiin kasvavan monotonisesti matalampia lämpötiloja kohden, mikä kuvastaa kvasipartikkelien määrän vähenemistä pariumin kautta. A-faasissa liikkuvuus oli pienempi kuin B-faasissa, mikä johtuu energia-aukon erilaisuudesta näissä kahdessa faasissa. Mittaamalla ionin nopeus sähkökentän funktiona todettiin suurilla nopeuksilla nesteen vastuksen kasvavan. Kasvun havaittiin johtuvan siitä, että liikkuva ioni rikkoo kvasipartikkelipareja. Tämä ilmiö tulee huomattavaksi Landaun kriittisen nopeuden yläpuolella.

UUDEN YDINDEMAGNETOINTIKRYOSTAATIN RAKENTAMINEN SUPRAJUOKSEVAN  $^3\text{He}$ :N TUTKIMISEKSI (HELY-PROJEKTI) (Ahonen, Gylling, Gully, Haavasoja, Manninen, Savelainen, Veuro, Zimmermann)

Konstruoitu kahdesta rinnakkaisesta ydindemagnetointiasteesta koostuva jäähdytysjärjestelmä, jonka avulla nestemäinen  $^3\text{He}$  pyritään jäädyttämään mikroastealueelle. Valmistettu ydindemagnetoinnissa tarvittava magneettisysteemi. Konstruoitu koejärjestelmä, jolla pyritään verifioimaan Josephsonin ilmiön olemassaolo  $^3\text{He}$ -supra-nesteessä sekä tutkimaan  $^3\text{He}$ :n hydrodyaamisia ominaisuuksia.

Jäähdytysjärjestelmän kokeilu on juuri alkamassa. Ensimmäisissä kokeissa pyritään tutkimaan konstruoidun laitteiston kryogeenisiä ominaisuuksia sekä tutkimaan suprafaasien NMR-ominaisuuksia erilaisissa geometrioissa.

ATOMIYTIMIEN VÄLISET KO-OPERATIIVISET ILMIÖT (YKI-PROJEKTI)  
(Ehnholm, Ekström, Ikkala, Loponen, Lounasmaa, Perkiö)

Projektin päämääränä on dilutiojäähdytystä ja kahta peräkkäistä ydindemagnetointiastetta hyväksi käyttäen päästä noin 1  $\mu$ K:n lämpötilaan. Näin lähellä absoluuttista nollapistettä on odotettavissa kiinteässä aineessa atomiytimien spontaani järjestäytyminen dipoli-dipoli vuorovaikutuksen seurauksena; projektin puitteissa päästään siten tutkimaan atomiydinten välisiä ko-operatiivisia ilmiöitä eli ydinferromagnetismia ja ydinantiferromagnetismia. YKI-projektin dilutiokone on saatu valmiiksi ja sen testaukset on aloitettu. Samanaikaisesti on suunniteltu ydinasteita ja tutkittu mahdollisia koejärjestelyjä. YKI-projekti on kylmälaboratorion tähänastisista tutkimushankkeista vaikein, mutta kun otetaan huomioon alalla saavutettu kokemus, pitäisi työn onnistumiseen olla hyviä edellytyksiä.

TEOREETTINEN MATALIEN LÄMPÖTILOJEN FYSIIKKA (Fetter, Kjälman,  
Kurkijärvi, Rainer, Serene, Vidberg)

Matalien lämpötilojen teoriaryhmä toimii yhteistyössä Helsingin yliopiston teoreettisen fysiikan tutkimuslaitoksen ja Norditan kanssa. Jo toisena vuonna peräkkäin täällä on Norditan vieraileva professori, tri Joe Serenen jälkeen tri Dierk Rainer.

Ns. vahvojen vuorovaikutusten tutkimus  $^3\text{He}$ :n suprajuoksevan perustilan ymmärtämiseksi sekä vahvojen vuorovaikutusten osuuden selvittämiseksi kuljetusominaisuuksissa on jatkunut (Serene, Rainer, Tilli). Myös vahvasti vuorovaikuttavien suprajohteiden teoriaa on tutkittu (Vidberg).

Suuri osa ryhmän työstä on keskittynyt ionien liikkuvuuden ympärille normaalissa ja ennen kaikkea suprajuoksevassa  $^3\text{He}$ :ssa (Fetter, Rainer, Vuorio, Kurkijärvi) ja on siitä laajentunut käsittelemään yleensä pienten häiriökeskusten aiheuttamia rakennemuutoksia ja niiden kokeellisia seuraamuksia.

Varsinaisen Josephsonin ilmiön (vastakohta ns. sisäinen) tiimoilta

on tehty valmistelevaa työtä (Kjälldman) ja tähän suuntaan tullaan siirtämään lisää painoa.

### Soveltava tutkimus

Kylmälaboratoriossa on alusta alkaen tehty laitteiden kehitystyötä, joka palvelee sen omia tutkimustarpeita. Ultramatalien lämpötilojen mittaamiseen on kiinnitetty erityistä huomiota. Laboratoriossa on mm. suunniteltu ja rakennettu lämpömittari, joka perustuu polarisoituneen radioaktiivisen näytteen lähettämän  $\gamma$ -säteilyn epäisotrooppiseen avaruusjakautumaan. Erityisesti on tutkittu pulssitoimisen ydinmagneettiseen resonanssi-ilmiöön perustuvan lämpömittarin soveltuvuutta ultramatalien lämpötilojen mittaamiseen. Työ on johtanut kaupallisen laitteen valmistumiseen.

LÄMPÖTILASTANDARDI- (KRYOELEKTRONIIKKA- 1. QUEL) PROJEKTI (Ahola, Ehnholm, Islander, Jaszczuk, Juvonen, Li, Rantala, Soini, Wiik, Östman)

Projektin tarkoitus on kehittää kohinamittaukseen perustuva lämpötilastandardi. Mittaamalla vastuksesta tulevan termisen kohinan teho voidaan lämpötila määrätä absoluuttisesti. Menetelmä vaatii onnistuakseen erittäin vähäkohinaisen esivahvistimen, jonka konstruointi muodostaa projektin päätehtävän. Näin ollen tutkimusmetodiikka koostuu lähinnä kryoelektroniiikasta ja hankkeen välitulokset muodostuvat erilaisista matalissa lämpötiloissa toimivista elektronisista kojeista.

Kohinamittausvahvistinketjun ensimmäisenä elimenä käytetään ns. suprajohtavaa kvantti-interferometriä l. SQUIDIä. Tämä on niin matalakohinainen, että ketjussa seuraavana olevan vahvistimen kohina määrää systeemin herkkyyden. Tämä vahvistin on rakennettava kryogeeniseksi, sillä konventionaaliset laitteet kohisevat liikaa.

Kertomusvuonna on kehitetty kahta kryogeenista vahvistinta, joista toinen valmistui kesän aikana. Se on kapasitanssidiodeilla toimiva ns. parametrinen vahvistin. Mittaukset osoittavat sen toimivan korkeilla signaalitaajuuksilla odotuksien mukaisesti, mutta pienillä taajuuksilla se kohisee liikaa. Parhaillaan tutkitaan miten

tästä kohinasta päästäisiin eroon. Parametrivahvistin muodosti Juvosen diplomityön ja se on tarkoitus julkaista.

Toinen kryogeeninen vahvistin toimii galliumarseniditransistoreilla. Tämä transistorityyppi on aivan hiljattain ilmestynyt markkinoille. Se ei ole oikeastaan konstruoitu kryogeenistä käyttöä silmälläpitäen, mutta materiaalinsa ansiosta se kuitenkin soveltuu siihen mainiosti. Tämän tyyppinen vahvistin on paljon helpompi rakentaa ja käyttää kuin parametrinen vahvistin. Vahvistimen on todettu toimivan ja sen kohina on kertalukua pienempi kuin aikaisemissa transistorivahvistimissa.

Varsinaisia kohinamittauksia silmälläpitäen on SQUIDin teoriaa kehitetty tarvittavassa laajuudessa. Kehitetyn teorian avulla on mahdollista suorittaa lämpötilastandardiin vaadittavat konstruktiolaskut. SQUID-teoriasta on kirjoitettu julkaisu. Kyseinen teoria on myös kokeellisesti todettu oikeaksi ja samalla on mitattu käytössä olevien SQUIDien sähköiset parametriarvot. Alustavia kohinamittauksia on suoritettu ja tulosten käsittelyä varten on kirjoitettu sovitusohjelma tietokoneelle.

Ensi vuoden aikana on tarkoitus valmistaa lopullinen kryogeeninen vahvistin SQUIDille. Kohinamittauksia tullaan jatkamaan ja parantamaan mittaustilaitteistoja niin, että haluttu tarkkuus, n. 0.1%, saavutetaan. Kohinalämpötiloja tullaan vertailemaan ns. susceptibiliteettilämpömittarin tuloksiin.

#### MAGNEETTINEN SUODATUS (MASU) JA TAVALLISEN SÄHKÖTEKNIIKAN SUPRA-JOHDINSOVELLUTUKSET (TASU) (Collan, Kokkala, Koski, Ritvos)

Vuoden 1976 ajan on jatkettu vuonna 1975 aloitettua VTT:n kemian laboratorion kanssa yhteistyönä tehtävää projektia, jossa tutkitaan ns. magneettisen suurgradienttierotuksen teknistä toteutusta ja menetelmän soveltuvuutta erilaisiin teollisuuden suodatustehäviin. Vuoden alussa valmistui kylmälaboratoriossa suunniteltu ja rakennettu koelaitteisto, jossa suodatukseen tarvittava voimakas magneettikenttä synnytetään suprajohtavan käämin avulla. Suoritetut suodatuskokeet ovat osoittaneet, että suprajohtavaa magneet-

tia käytävä laitteisto on luotettava ja keveytensä vuoksi helpposti kuljetettavissa Otaniemen ulkopuolella oleville koepaikoille. Vastaavanlaista suprajohtavaa koelaitteistoa ei ole muualla vielä rakennettu. Kokeellisen työn ohella on tutkittu magneettista suodatustapahtumaa teoreettisesti.

Suodatuskokeita ja niiden kanssa rinnan tehtävää teoreettista työtä tullaan edelleen jatkamaan, sillä mahdollisuudet löytää teollista mittakaavaa olevia sovellutuskohteita näyttävät hyviltä.

Vuoden lopulla aloitettiin uuden suprajohdavan magneettijärjestelmän konstruointi. Tätä magneettia käyttävän magneettisuotimen kapasiteetti tulee olemaan 15-kertainen nykyiseen koelaitteeseen verrattuna. Vuoden 1976 aikana on myös kehitelty suprajohdinkäämien ja ja heliumkryostaattien suunnittelumenetelmiä sekä kerätty tietoja kryoteknisistä rakennemateriaaleista pitäen silmällä suprajohdavan tasavirtakoneen magnetointikäämin suunnittelua ja rakentamista.

Ryhmän työn ovat rahoittaneet Kauppa- ja teollisuusministeriö VTT:n kautta sekä Suomen Akatemian teknistieteellinen toimikunta TKK:n kautta.

#### K r y o k e s k u s (Islander, Isomäki, Salminen)

Kryokeskuksen kehittäminen luotettavaksi palvelulaitokseksi on jatkunut. Uuden heliumnesteyttimen hyödyntämiseksi on rakennettu uusi kaasuväri (pullopaino) sekä suurennettu nesteytys- ja väriintikapasiteettia uusilla väreillä. Nesteväri, nyt 500 l, kaksinkertaistuu vielä vuoden 1977 alkupuolella ja pidempien nesteytysjaksojen myötä esijäähdytyksen aiheuttaman tyhjäkäynnin suhteellinen osuus vähenee.

Nesteyttimen käyttöohje, jota on "kokeellisesti" kehitelty ja testattu kuluneen vuoden aikana, on valmistumassa.

Ilmanesteytin on peruskorjauksen jälkeen toiminut moitteettomasti. Kummallekin nesteyttimelle on määräaikaishuollot suoritettu vuoden 1976 aikana. Trukkiin rakennettu nostolava on lisännyt kuljetuskapasiteettia ja työturvallisuutta. Työturvallisuutta ja viihty-

vyyttä nesteyttimellä on lisännyt myös äänieristyksen parantaminen kompressorihuoneen ja ohjaamon välillä.

QUEL-ryhmän kanssa yhteistyössä on konstruoitu monikäyttöinen heliumin pinnankorkeusmittari ja heliumnesteyttimen turbiinien kierosluku- ja stabilisuusmittari. Lisäksi on selvitetty nesteyttimen ohjauslogiikka käyttöohjeen laatimista ajatellen.

Nestepalvelu on koko vuoden ajan toiminut keskeytyksettä, joskin huollot ovat aiheuttaneet jossain määrin säännöstelyä. Nesteheliumin tuotto on edelliseen vuoteen verrattuna kaksinkertaistunut ja suhteellinen hukka nesteyttimellä pienentynyt. Samanaikaisesti on nesteilman käyttö vähentynyt yli kolmanneksella, kun uusi nesteytin toimii ilman nesteilmaesijähdytintä.

Laboratoriossa on hukka kasvanut käyttöä nopeammin. Kokonaishukka on 3118 nestelitraekvivalenttia, josta käyttäjien osuus on yli 80%. Nesteyttimen suhteellinen osuus hukatusta kaasusta on huomattavasti pienentynyt (ks. taulukko).

Vuosi	1975	1976
Nestettä tuotettu (l)	6664	13761
Hukka 1) käyttäjät (l)	479 = 40%	2522 = 81%
2) nesteytin (l)	727 = 60%	596 = 19%
Yhteensä	1206	3118
Hukka, %	18	23

VIERAILIJAT

Seuraavat henkilöt ovat vierailleet kylmälaboratoriossa pitäen seminaariesitelmiä ja osallistuen tieteellisiin keskusteluihin:

- Dr. J. Albertson, Tekniska Högskolan i Lund, Ruotsi
- Prof. G. Baym, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA
- Dr. F. Buchholz, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Länsi-Saksa
- Dr. Yu.M. Bunkov, Institute for Physical Problems, Moskova, Neuvostoliitto
- Dr. S. Fujita, State University of New York, Buffalo, USA
- Dr. N. Goldman, CEN, Saclay, Ranska
- Dr. T. Kemeny, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Unkari
- Dr. W. Kessel, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Länsi-Saksa
- Dr. G. Kharadzé, Institute of Physics, Georgian Academy of Sciences, Tbilissi, Neuvostoliitto
- Dr. A.J. Leggett, University of Sussex, Brighton, Englanti
- Prof. J. Micsowicz, Puolan tiedeakatemian varapresidentti, Puola
- Dr. V.S. Mihalenkov, Institute of Metal Physics of the Ukrainian Academy of Sciences, Kiev, Neuvostoliitto
- Dr. G. Mihali, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Unkari
- Dr. D.D. Osheroff, Bell Laboratories, Murray Hill, N.J., USA
- Dr. C.J. Pethick, Nordita, Kööpenhamina, Tanska
- Dr. J. Saunders, School of Mathematical & Physical Sciences, University of Sussex, Brighton, Englanti
- Prof. A. Theodossiou, University of Patras, Kreikka
- Prof. S. Ting, MIT, Lincoln Laboratory/Brookhaven National Laboratory, USA
- Prof. E. Trojnar, Institute for Low Temperature Physics, Wrocław, Puola
- Dr. F.E. Wagner, Technische Hochschule, München, Länsi-Saksa
- Prof. Zaharcheniya, Joffe-Instituutti, Leningrad, Neuvostoliitto

## LABORATORION HENKILÖKUNNAN TYÖSKENTELY ULKOMAILLA

Alvesalo on 3.1.1975 alkaen suorittanut tieteellistä tutkimustyötä prof. D.M. Leen laboratoriossa Cornellin yliopistossa (Ithaca, New York, USA).

Berglund on 15.10.1975 alkaen työskennellyt prof. A. Abragamin laboratoriossa Ranskan ydintutkimuskeskuksessa (Saclay, Ranska).

Haavasoja on 13.9.1975 - 15.7.1976 ja 1.-31.10.1976 opiskellut prof. P.L. Kapitzan laboratoriossa Neuvostoliitossa (Institute for Physical Problems, Moscow, Neuvostoliitto).

Krusius on 1.9.1975 alkaen työskennellyt prof. J.C. Wheatleyn laboratoriossa (University of California, La Jolla, California, USA).

## OSALLISTUMINEN KONFERENSSEIHIN JA KOULUTUSTILAISUUKSIIN

Paalanen osallistui Englannin fyysikkoseuran kiinteän olomuodon fysiikan konferenssiin Manchesterissa Englannissa 5.-7.1.1976 pitten esitelmän "Boundary Magnetism in Liquid  $^3\text{He}$  at Very Low Temperatures.

Tvärminnen talvikoulussa 5.-9.1.1976 pitivät luentoja Ahonen, Ehnholm, Goldman, Kurkijärvi, Leggett, Pethick, Richardson, Serene, Vuorio ja Zimmermann. Talvikouluun osallistui 14 kylmälaboratorion tutkijaa. Luentojen aiheina olivat suprajuokseva  $^3\text{He}$  ja atomiydinten väliset ko-operatiiviset ilmiöt.

suomen Fyysikkopäiville 13.-14.2.1976 Hanasaarella Espoossa osallistui esitelmäitsijöinä Collan: Suprajohtavan solenoidin avulla toteutettu magneettinen suurgradienttiseparointi, Paalanen: Nestemäisen  $^3\text{He}$ :n rajapintamagnetismi hyvin matalissa lämpötiloissa, ja Voutilainen: OhutkalvoSQUID-laitteiston esittely.

Collan on pitänyt esitelmän "Magneettinen suurgradienttisuodatus" Helsingin yliopiston fysiikan laitoksella 7.4.1976 ja esitelmän "Suprajohtavuuden käyttösovellutuksista" Oulun yliopistossa 6.5.1976.

Collan osallistui Grenoblessa Ranskassa 11.-14.5.1976 pidettyyn konferenssiin "6th International Cryogenic Engineering Conference". Samalla matkalla hän tutustui Ranskan tieteellisten toimikuntien tutkimuslaboratorioihin Pariisissa (Saclay) ja Grenoblessa.

Islander ja Isomäki vierailivat Englannissa 15.-22.5.1976 tutustuen BOC Ltd:n valmistaman Turbocool-heliumnesteyttimen valmistusvaiheisiin, huoltoon ja sovellutuksiin.

Loponen tutustui kryostaattien suunnitteluun Ranskassa 23.-29.5.1976 vierailien laboratorioissa Centre d'Etudes Nucleaires de Saclay (Pariisi) ja Centre de Recherches sur les Très Basses Temperatures (Grenoble).

Ahonen ja Paalanen osallistuivat konferenssiin "Sussex Symposium on Superfluid  $^3\text{He}$  1976" Brightonissa (Englannissa) 23.-25.8.1976 pitäen seuraavat esitelmät: Ahonen "Extraordinary Magnetism of Liquid  $^3\text{He}$  Intermixed with Carbon Particles down to 1 mK", Paalanen: "Mobility of Negative Ions in Superfluid  $^3\text{He}$ ". Samalla matkalla he tutustuivat Sussexin yliopiston fysiikan laboratorion matalien lämpötilojen tutkimukseen.

Suomalais-neuvostoliittolaiseen matalien lämpötilojen fysiikan symposiumon Leningradissa 25.-31.8.1976 osallistui 8 kylmälaboratorion tutkijaa pitäen seuraavat esitelmät:

- Collan: A Superconducting High Gradient Magnetic Filter
- Haavasoja: NMR Experiments on Superfluid  $^3\text{He}$
- Juvonen: A Low Noise Parametric Preamplifier for SQUIDs
- Rantala: A SQUID Noise Thermometer for Very Low Temperatures
- Schoepe: Ion Mobilities in Superfluid  $^3\text{He}$
- Takano: Extra Ordinary Magnetism on a Surface Layer of  $^3\text{He}$
- Veuro: A Double Bundle Nuclear Demagnetization Refrigerator for  $^3\text{He}$  Studies at Ultra Low Temperatures
- Zimmermann, Jr.: The Design and Construction of a Cell to Study the Flow of Superfluid  $^3\text{He}$  and to Search for Josephson Effects in That Liquid.

Collan osallistui Lontoossa 1.-3.9.1976 olleeseen konferenssiin "Advances in Magnetic Materials and Their Applications". Samalla matkalla hän vieraili Salfordin yliopistossa Manchesterissa.

Loponen osallistui Lancasterissa 25.-27.9.1976 olleeseen konferenssiin "Dilution Refrigeration and Its Applications" pitäen kutsuttuna luennoitsijana esitelmän "Practical Thermometry". Samalla hän vieraili Sussexin yliopistossa Brightonissa.

Östman osallistui Gardone Rivierassa Italiassa 1.-10.9.1976 pidettyyn kesäkouluun "Summerschool on Small Scale Superconducting Devices".

Länsi-Berliinissä 5.-8.10.1976 pidettyyn IC-SQUID-konferenssiin osallistuivat kutsuttuna esitelmöitsijänä Ehnholm "Complete Equivalent Circuit for the SQUID" ja Kurkijärvi istunnon puheenjohtajana.

Ahonen ja Haavasoja tutustuivat 18.-25.10.1976 Gruusian Tiedeakatemian fysiikan instituutissa suoritettavaan supraneste  $^4\text{He}$ :n hydrodynamiikan tutkimukseen sekä Fysikaalisten probleemien instituuttiin Moskovassa.

#### TIETEELLISET JULKAISUT

A.I. Ahonen, M.A. Paalanen, R.C. Richardson, and Y. Takano, "The Magnetic Susceptibility of Dilute Mixtures of  $^3\text{He}$  in Liquid  $^4\text{He}$ ", J. Low Temp. Phys. 25, 733 (1976).

H.K. Collan, M.A. Kokkala, S.J. Koski, N.T. Koivumäki, and V.J. Pohjola, "High Gradient Magnetic Separation with a Superconducting Solenoid", Proc. Annual Conference of the Finnish Physical Society 1976, paper 0.2 (abstract).

G.J. Ehnholm, R. Voutilainen, and T. Wiik, "Demonstration of Thin Film Squid Equipment", Proc. Annual Conference of the Finnish Physical Society 1976, paper 0.3 (abstract).

A.I. Ahonen, T.A. Alvesalo, T. Haavasoja, M.T. Haikala, M. Krusius, and M.A. Paalanen, "NMR Experiments on Superfluid  $^3\text{He}$  in Restricted Geometries", Proc. Annual Conference of the Finnish Physical Society 1976, paper 7.6 (abstract).

A.I. Ahonen, M. Krusius, and M.A. Paalanen, "NMR Experiments on the Superfluid Phases of  $^3\text{He}$  in Restricted Geometries", J. Low Temp. Phys. 25, 421 (1976).

A.I. Ahonen, T. Kodama, M. Krusius, M.A. Paalanen, R.C. Richardson, W. Schoepe, and Y. Takano, "Boundary Magnetism in Liquid  $^3\text{He}$  at Very Low Temperatures:", Proc. Annual Conference of the Finnish Physical Society 1976, paper 7.7 (abstract).

A.I. Ahonen, T. Kodama, M. Krusius, M.A. Paalanen, R.C. Richardson, W. Schoepe, and Y. Takano, "Boundary Magnetism in Liquid  $^3\text{He}$  at Very Low Temperatures", J. Phys. C: Solid State Phys. 9, 1665 (1976).

A.I. Ahonen, J. Kokko, O.V. Lounasmaa, M.A. Paalanen, R.C. Richardson, W. Schoepe, and Y. Takano, "Mobility of Negative Ions in Superfluid  $^3\text{He}$ ", Phys. Rev. Lett. 37, 511 (1976).

M.I. Aalto, G.J. Ehnholm, B. Rantala, and R. Voutilainen, "Automatic Circuitry for SQUID Systems, J. Phys. E: Sci Instrum. 9, 1123 (1976).

G.J. Ehnholm, T. Wiik & T. Stubb, "Thin Film SQUIDS for Magnetic Field Measurements", Proc. 8th Conf. Solid-St. Dev., Tokyo, 1976 (to be published as a supplement to Jap. J. Appl. Phys. in 1977).

H.K. Collan, T. Koivumäki, M. Kokkala, S.J. Koski ja V. Pohjola, "Magneettinen suurgradienttieroitus", VTT kemian laboratorio, tiedonanto 8, huhtikuu (1976).

O.V. Lounasmaa, "Miksi kylmäfysiikkaa kannattaa tutkia", Helsingin Sanomat 5.5.1976.

O.V. Lounasmaa, "IUPAP and the Membership of China", Physics Today, July 1976, p. 55.

O.V. Lounasmaa, "The Low Temperature Laboratory of the Helsinki University of Technology", Scandinavian Refrigeration 3, 94 (1976).

O.V. Lounasmaa, "Neljästoista kansainvälinen matalien lämpötilojen fysiikan kongressi Otaniemessä", Arkhimedes No. 1 (1976), p. 63.

A.I. Ahonen, P.M. Berglund, M.T. Haikala, M. Krusius, O.V. Lounasmaa, and M.A. Paalanen, "Nuclear Refrigeration of Liquid  $^3\text{He}$ ", Cryogenics 16, 521 (1976).

D. Rainer and J. Serene, "Strong Coupling Corrections to Response Coefficients in Superfluid  $^3\text{He}$ ", (to be published in Phys. Rev.).

A.L. Fetter and J. Kurkijärvi, "Motion of Ions in Normal and Superfluid  $^3\text{He}$ ", (to be published in Phys. Rev.).

#### VÄITÖSKIRJAT

A.I. Ahonen, "NMR Experiments of Superfluid  $^3\text{He}$ ", maaliskuu (1976).

M.T. Hirvonen, "Studies of Nuclear and Electronic Spin Order by Gamma Resonance, Susceptibility, and Optical Measurements", tammikuu (1976).