Fra Fysikkens Verden

Nr. 4 – 1997
59. årgang

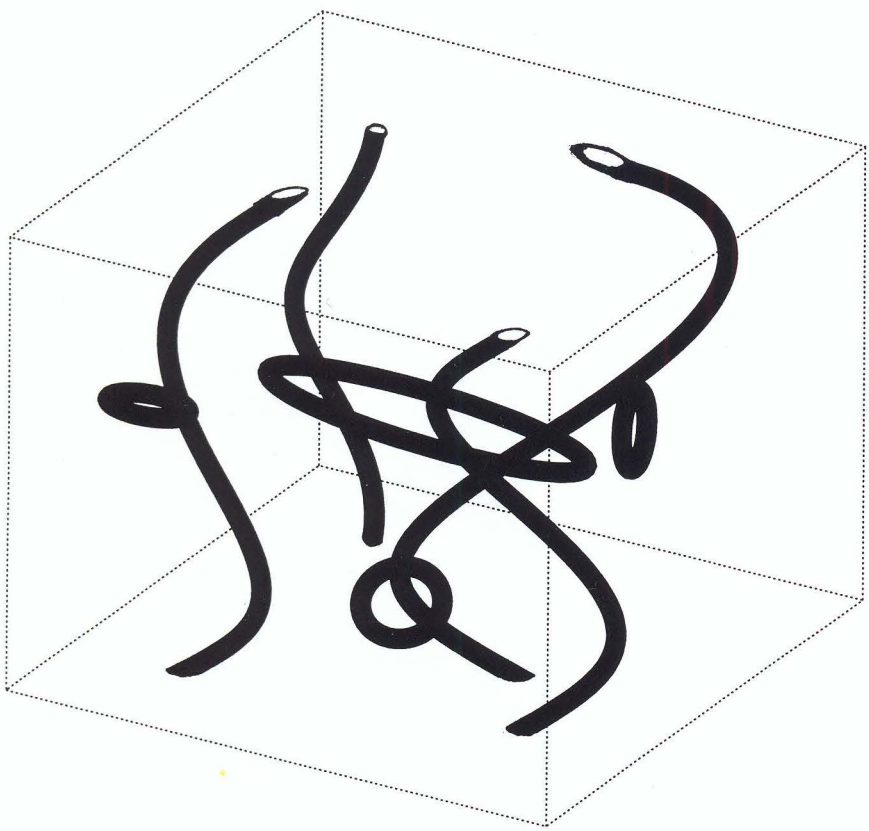
Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

A. K. Nguyen og A. Sudbø:
Virvelløkker og superledere.....91
Helle Anholt og Johan Moan:
Sol, solarier og solkrem.....99
Olav Steinsvoll:
Kulturer på kollisjonskurs 106
Fra Redaktørene.....90
FFV Gartulerer 90
Asgeir Brekke og
Alv Egeland
Nobelprisen i fysikk.....109
Bokomtale.....111
In Memoriam 112
Knud Hansen
Nye Doktorer 113
Dr.ing. Mari Helene Hjelstuen
Dr.ing. Morten Kildemo
Dr.ing. Knut Kvien
Dr.ing. Ragnvald H. Mathiesen
Dr.ing. Anders Kristoffersen
Dr.ing. Turid Worren
Dr.ing. Zhenghong Gong
Dr.scient. Geir Engen
Trim i FFV 117
Hva skjer.....118
Symposium i akustikk
Nytt fra NFS 118
UHU/Fysikklærerforeningen
Nye medlemmer



Virvellinjer og virvelløkker i en superleder
(Se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

CERN- og ESA-samarbeidet er de største internasjonale samarbeidsprosjekter innen fysikk der Norge deltar. Dette er prosjekter som hver for seg har sin forhistorie knyttet direkte til fysikkens bestrebelser på å klarlegge de fundamentale lovmessigheter som styrer universets utvikling, dets skapelse, byggestener, struktur, ekspansjon, størrelse, alder og framtid. Vår tids internasjonale forskerteam er derfor etterkommere av de vitenskapsmenn som formet vår nåværende innsikt i universets lovmessigheter, noe de maktet i kraft av sin dype innsikt konfrontert med eksperimentelle resultater og systematisert kunnskap om fenomener som ofte var nær knyttet til vår dagligdagse erfaringsverden.

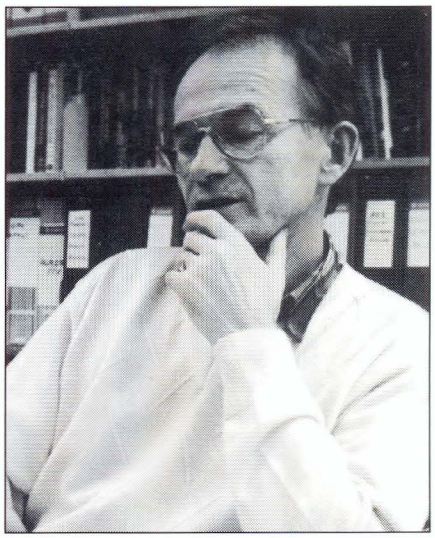
Prisen for den moderne fysikks suksess er at vår forståelse og innsikt innen mange områder bare kan videreføres ved hjelp av store ressurskrevende eksperimenter. For å kunne avdekke de fundamentale krefter som bestemmer universets utvikling, må man gjenskape – i akseleratorer – de fysiske forhold som eksisterte da universet ble dannet. Den naturlige base for å observere jordas omgivelser, solsystemet og universet, er flyttet ut til satellittene. Eksperimenter på dette nivå kan bare gjennomføres i store organiserte enheter, enheter som representerer en konsentrasjon av det fremste av verdens kompetanse innen vitenskap og teknologi.

Det er fullt ut legitimt for et land å vurdere sin deltagelse i denne type samarbeid. Men, det er ikke åpenbart hvilke kriterier som er egnet som grunnlag for å foreta slike vurderinger. Faglig kvalitet er et selvsagt kriterium. Samfunnsmessige nyttevurderinger lar seg vanskeligere anvende; nytteverdien klarlegges først i ettertid. Karakteren av de forskningsmessige utfordringer de store internasjonale organisasjonene står overfor forutsetter at kompetansen presses til sin yttergrense. Dette stiller store krav til de nasjoner som deltar; de må kunne etablere egen faglig kompetanse på det nivå som kreves i disse prosjekter. At et land vurderer sine forutsetninger – vitenskapelige, teknologiske og økonomiske – for å opprettholde internasjonalt samarbeid av denne karakter er rimelig. At vi anser Norge for å være kvalifisert for denne vitenskapens 1. divisjon, kan kanskje ikke tillegges særlig vekt – vi anser oss for å være parter i saken.

∞

FFV Gratulerer

Priser for god forskningsformidling



Professor Asgeir Brekke i Tromsø, og professor Alv Egeland i Oslo, har fått Norges forskningsgråds pris for sin formidling av nordlysforskning. I 1979 ga de sammen ut boka *Nordlyset: Fra mytologi til forskning*, som også er oversatt til engelsk. Senere har de to bidratt med en rekke artikler, utstillinger og foredrag, samt deltatt i mange radio- og TV-programmer. FFV gratulerer!

En god ting kommer sjeldent alene – et gammelt ordtak som Alv Egeland kan gjøre til sitt, idet han nylig også mottok Universitetet i Oslos pris for god forskningsformidling. Han var blant mye annet idéopphavsmannen til nordlysutstillingen under OL på Lillehammer. FFV Gratulerer igjen!

∞

Virvelløkker i helium og høytemperatur-superledere

Anh Kiet Nguyen og Asle Sudbø *

Lars Onsager foreslo allerede i 1949 at det er dannelsen av strømvirvler i løkkeform som forårsaker superfluid–normalfluid faseovergangen i flytende helium (^{4}He). Det er nylig kommet eksperimentelle resultater som indikerer at disse virvelløkkene også finnes i visse høytemperatur-superledere med lav ladningsbærerkonsentrasjon, og det er dannelsen av disse virvelløkkene som forårsaker superleder–normalmetall faseovergangen i høytemperatur-superledere. Dette bildet av superleder–normalmetall faseovergangen skiller seg vesentlig fra det konvensjonelle bildet som BCS-teorien gir. Virvelløkkene spiller også en viktig rolle for superleder–normalmetall faseovergangen i høytemperatur-superledere i et ytre påtrykt magnetfelt.

Innledning

I 1939 oppdaget Peter Kapitza at flytende helium (^{4}He) blir til et superfluid for temperaturer under 2,17 K. Superfluidet karakteriseres ved null viskositet. Dette gir opphav til mange interessante effekter. Det finnes f.eks. filtre som har så små hull at normalfluid ^{4}He ikke kan strømme igjennom dem, mens superfluidet kan. En annen effekt er at dersom vi setter i gang en rotasjon av superfluidet, vil rotasjonen fortsette i flere hundre tusen år.

Et ^{4}He-atom består av to protoner, to nøytroner og to elektroner. Summen av ladningene til elementærpartiklene i ^{4}He-atomet er lik null, og totalspinnet er null etter Hunds regel. ^{4}He-atomet er derfor et ladningsløst boson, og er noe av det nærmeste naturen kommer en realisering av den "ideelle gassen" som mange av oss stifter bekjentskap med i den videregående skolen.

I tre dimensjoner finnes det to typer av identiske partikler; bosoner og fermioner. Bosonpartiklene har heltallig spinn $(0, \pm 1\hbar, \pm 2\hbar, ...)$ og følger Bose-Enstein statistikk. Eksempler på boson-partikler er ^{4}He, fotoner, fononer (gittervibrasjoner). Karakteristisk for bosoner er at flere bosoner kan dele en og samme énpartikkeltilstand. Fermioner må i henhold til Pauliprinsippet okkupere énpartikkel tilstander med ikke-identiske sett av kvantetall. Fermioner har halvtallig spinn $(\pm\frac{1}{2}\hbar, \pm\frac{3}{2}\hbar, ...)$, eksempler på fermioner er elektroner, protoner og nøytroner.

Likevel har dette systemet store overraskelser å by på dersom det blir kjølt ned. For temperaturer under $T_p = 4,2$ K, er ^{4}He i væskeform, men væsken har fortsatt en endelig viskositet. Ved enda lavere temperaturer, under $T_c = 2,17$ K, kondenserer ^{4}He til en forbløffende tilstand hvor en ny type orden opptrer, et bosekondensat. Det er dette bosekondensatet som danner den superfluide, ikkeviskøse fasen til ^{4}He. Tilstanden til systemet i denne fasen kjennetegnes av en merkelig "stivhet", hvor tilstandsfunksjonen til systemet (løsningen til systemets Schrödingerligning) bare meget motvillig lar seg deformere, eller ødelegge. Har vi først satt en slik tilstand i bevegelse, ønsker den å forbli i bevegelse, gjerne i et par hundre tusen år, dersom den blir overlatt til seg selv, og dersom temperaturen holdes lav nok. En nøyere regning viser at "stivheten" til systemet er proporsjonal med Plancks konstant $\hbar$, og fenomenet superfluiditet er derfor en ren kvanteeffekt. Ingen klassisk væske kan miste sin viskositet ved nedkjøling.

En mer velkjent klassisk analogi til denne motvilligheten til bosekondensatet mot å la seg ødelegge, møter vi i ferromagneter som vi stifter bekjentskap med i det daglige. En ferromagnet er intet superfluid, men den har en ordningstemperatur T_c, slik at over T_c peker de mikroskopiske spinnene i magneten i alle mulige retninger, og netto magnetisering er null. Under T_c derimot, finner ferromagneten ut *på egen hånd*, at den "ønsker" at spinnene i magneten (typisk antall $\sim 10^{23}$) skal peke i samme retning! Prøver man å deformere denne tilstanden slik at retningene til noen spinn avviker fra de andre, motsetter de øvrige spinnene i magneten

*Institutt for fysikk, NTNU

seg det. Denne graden av kooperasjon og samhold er intet mindre enn utrolig med et så stort antall frihetsgrader.

Retningene til spinnene i magneten har en motpart i bosekondensatet i ^{4}He. Dette kondensatet er karakterisert av en funksjon i tid og rom som beskriver hele grunntilstanden til dette makroskopiske mangepartikkelsystemet. Funksjonen er en kompleks skalar størrelse med en lokal amplitude og fase, og kalles *bølgefunksjonen* til systemet. Det er den lokale fasen til bølgefunksjonen som er analog med retningen til spinnene i magneten. Stivheten i bosekondensatet er representert ved en motvillighet mot at fasen skal endres lokalt i kondensatet. Magneten har en "spinnstivhet", og superfluidet har en "fasestivhet". Med basis i denne analogien brukes ofte disse to begrepene om hverandre i teorien for superfluiditet. Generelt er det slik at i *absolutt alle* faseoverganger som naturen kan fremvise, oppstår det en *generalisert stivhet* i den ordnede lavtemperaturtilstanden. Nok et eksempel på hva en slik generalisert stivhet kan være, har vi ved den velkjente skjærstivheten som oppstår når en væske fryser til et fast stoff.

Når temperaturen er forskjellig fra null, finnes det to typer lavenergieksitasjoner i det superfluide ^{4}He-kondensatet. Den ene typen er representert ved "glatte" romlige variasjoner i fasen til bølgefunksjonen, den andre er brå variasjoner som gir opphav til virvelløkker i systemet. Den første typen er analog med spinnbølger i magneter. Den andre typen eksitasjoner har en interessant analogi i magneter, og som betegnende kalles "pinnsvin"-spinnkonfigurasjoner: Rundt et lite område i en magnet stritter spinnene utover i alle retninger. Slike brå forandringer i teksturen til et system kalles *topologiske eksitasjoner* og er av stor betydning i alle kritiske fenomener. En virvellinje (som har essensielt samme struktur som en tornado) er dannet av ^{4}He-partikler som strømmer i ring omkring en senterlinje, og hvor hastigheten divergerer inn mot senteret. Dersom vi tar en slik virvellinje og skjøter de to åpne endene sammen, har vi en virvelløkke. Det er verd å merke seg at en virvellinje ikke kan slutte eller begynne inne i kondensatet. Den må enten gå tvers igjennom, eller så må den danne en lukket kurve. Lars Onsager foreslo allerede i 1949 at det er dannelsen av virvelløkker i alle lengdeskalaer inne i ^{4}He-systemet som forårsaker superfluid–normalfluid faseovergangen.[1] Med dette bildet får man prediksjoner som stemmer godt med eksperimentelle resultater, spesielt i temperaturvariasjonen til varmekapasiteten som fremviser den velkjente λ-formen rundt det kritiske punktet.

Superledere

På samme måte som superfluiditet kan oppstå i ^{4}He, kan det også oppstå i en elektrongass i et metallisk system ved at elektrongassen på en eller annen måte kondenserer. To ting skiller dette fenomenet fra det vi har skissert for ^{4}He. For det første er elektronene ladede partikler, slik at et påtrykt elektromagnetisk felt kobler direkte til kondensatet, hvilket det ikke kan i ^{4}He. (Det er også verd å merke seg at et elektromagnetisk felt kobler til fasen til det superledende kondensatet på en helt annen måte enn et magnetisk felt kobler til et virkelig spinn. Superleder-spinnanalogien må altså ikke trekkes altfor langt.) Elektronene er dessuten fermioner, ikke bosoner. Vi skal se litt nærmere på hva dette innebærer og hvilken relevans diskusjonen over har for elektroner.

I 1911 oppdaget Heike Kammerlingh Onnes at kvikksølv ble superledende ved temperaturer under 4,2 K.[2] Etter den tid fant man at en rekke andre metaller og mange legeringer, blir superledende ved lave temperaturer. Tradisjonelt har niobiumlegeringer vært regnet som fremragende superledere, og de er mye brukt i magneter for å produsere sterke magnetfelt. Superledning er karakterisert med null elektrisk motstand ved lave nok temperaturer. I tillegg, og dette er det mest fundamentale aspektet ved fenomenet, er det slik at *en superleder fremviser perfekt diamagnetisme, dvs. at et forsøk på å presse et magnetfelt inn i lederen vil mislykkes totalt for små magnetfelt.* Dette kalles Meissner-effekten etter dens oppdager, og er den egentlige definerende egenskapen til en superleder. Den kan direkte tilbakeføres til en "fasestivhet" av den typen vi skisserte for ^{4}He. I kvantemekanikk er vi vant til å tolke bølgefunksjonen via dens absoluttkvadrat som en sannsynlighetstetthet, men her ser vi at den lokale *fasen* til bølgefunksjonen er en høyst relevant størrelse for fysikken til superledere.

Det tok hele 50 år før forskerne fant en forklaring på dette nesten litt utrolige fenomenet. John Bardeen sa i sitt nobelfordrag i 1972:

> "Our present understanding of superconductivity has arisen from a close interplay between theory and experiment. It would have been very difficult to arrive at the theory by purely deductive reasoning from the basic equations of quantum mechanics. Even if someone had done

so, no one would have believed that such remarkable properties would really occur in nature. But, as you all know, this is not the way it happened."

I 1957 foreslo John Bardeen, Leon Cooper og Robert Schrieffer en mikroskopisk teori (BCS-teorien) som ga en fullstendig beskrivelse av fysikken i lavtemperatur superledere (LTS).[3] Det er vel grunn til å understreke at dette må være den hittil mest vellykkede teorien i kondenserte fasers fysikk: Den kom med meget subtile *prediksjoner* for et komplisert mangepartikkelproblem, med rette tall! Noe tilsvarende er ikke gjentatt siden. (Den første nordmannen som seriøst konsentrerte seg om teorien rundt dette problemet, var Birger Stølan ved NTH. Stølan tok sin doktorgrad på temaet med Leon Cooper i 1964, og var nok langt forut for sin tid når det gjaldt kvantemekanisk mangepartikkelteori her i landet.) Kjernen i teorien er at elektronene, på et nærmest mirakuløst vis, ved hjelp av gittersvingninger (fononer) faktisk klarer å "lure" Coulomb-frastøtningen og danne en to-elektron bundet tilstand, et Cooper-par. Grovt sett kan et slikt Cooper-par betraktes som et boson (Cooper-paret viser seg å være spinnløst) med ladning. Disse "nesten-bosonene" organiserer seg deretter i et kollektiv under mottoet "En for alle og alle for én", som under visse betingelser kan minne litt om en bosekondensasjon, selv om en må være forsiktig med en slik betraktning. I alle fall er resultatet av kondensasjonen at systemet blir superledende.

Det første høytemperatur superledende (HTS) keramet, LaBaCuO, ble oppdaget av G. Bednorz og K.A. Müller[4] i 1986, med en kritisk temperatur på 30 K, som siden gikk opp til 42 K. I dag høres 30 K kanskje ikke spesielt imponerende ut, men i 1986 var det en sensasjon.

Det kan nesten synes som om en psykologisk barriere ble brutt i 1986. De fleste superledere som oppdages nå for tiden, synes etter 1986-standarder å ha meget respektable kritiske temperaturer. For eksempel oppdaget man i 1991 at dersom grafittstaver brennes i en ovn, vil det resulterende *sotet* på veggen i ovnen, etter litt massasje og overtalelseskunster, avsløre seg som en ypperlig superleder med en kritisk temperatur på 28 K. Sot er altså i en viss forstand en bedre superleder enn de beste niobium-legeringer som finnes. Enda mer utrolig: det "superledende sotet" består av et FCC-gitter av C_{60}-baller, interkalert med alkaliske metaller.

I over 70 år hadde man arbeidet med å øke T_c i legeringer, og var før 1986 kommet opp i ca. 21 K. En pioner i dette arbeidet var Bernd Mathias ved University of California at San Diego. Fremskrittene kom i typiske steg på 0,1 K år om annet. Et plutselig sprang opp til 30 K er på denne bakgrunnen ganske enkelt gigantisk. Da superledning i YBaCuO kort etter ble oppdaget av Paul Chu ved University of Texas, med en kritisk temperatur på hele 92 K, var det klart at man stod overfor et helt særegent og nytt fenomen. Dette er blitt enda tydeligere etter hvert som tiden har gått: "Verdensrekorden" i T_c ligger i dag på ca. 133 K for et kvikksølvbasert keram.

Den mikroskopiske mekanismen som får elektronene til å danne Cooper-par i HTS, er fortsatt ikke avklart, og vi vil ikke ta opp temaet her. Vi skal i stedet diskutere hva slags eksitasjoner som er viktige for å drive superlederen metallisk når superledningsfenomenet først har oppstått. Da trenger vi ingen mikroskopisk teori for "limet" som binder elektronene sammen; vi konstaterer simpelthen at sammenslåingen til Cooper-par har skjedd. Bildet vi får, er radikalt forskjellig fra det man har for konvensjonelle superledere.[5]

Faseovergang i null ytre magnetfelt

I BCS-teorien dannes Cooper-parene ved en bestemt temperatur T_c, og den assosierte "kollektiviseringen" eller kondensasjonen, skjer så godt som nøyaktig ved samme temperaturen. I en høy-T_c superleder synes det å være annerledes: Cooper-parene dannes tilsynelatende først ved en temperatur T_p. Imidlertid forhindrer store termiske fluktuasjoner den påfølgende kondensasjonen til et fase-koherent superfluid. Man må kjøle ned ytterligere til en temperatur T_c, vesentlig lavere enn T_p, før "fasestivheten" oppstår. Det finnes eksperimenter som tydelig indikerer at en slik to-stegs faseovergang faktisk skjer i HTS.[6] Disse eksperimentene finner, ved $T_p > T_c$, et signal i den magnetiske susceptibiliteten, som kan forklares ved at en del av elektronene danner Cooper-par uten at noen fase-koherens oppstår i mangepartikkel-systemet som helhet. T_p er målt helt opp til 600 K (BiSCCO) for HTS med svært lav ladningsbærerkonsentrasjon.[6]

Et Cooper-par består av et elektron med spinn "opp" og et elektron med spinn "ned" langs en vilkårlig definert z-akse. Totalspinnet til et Cooper-par er derfor lik null. Cooper-parene har boson-egenskaper dersom de er sterkt lokaliserte, og avstanden mellom Cooper-parene er mye større enn størrelsen til et Cooper-par, fordi et svært lite

Cooper-par synes som en punkt-partikkel på relevante lengdeskalaer. Dette er nettopp tilfellet for HTS, men ikke for LTS. I LTS (f.eks. aluminium) er avstanden mellom de to elektronene som danner et Cooper-par ca. 1500 Å, mens midlere avstand mellom to elektroner bare er ca. 4,5 Å. Det finnes altså tusenvis av elektroner innenfor det arealet som utspennes av et Cooper-par. Overlappet mellom Cooper-parene er derfor betydelig, og en forventer derfor at en middelfeltstilnærming (som i BCS-teorien) gir gode resultater. Situasjonen er analog med den vi har for van der Waals type vekselvirkninger i en klassisk gass. I HTS (f.eks. BiSCCO) er avstanden mellom elektroner i et Cooper-par krympet ned til ca. 7 Å, mens midlere avstand mellom to elektroner er ca. 23 Å. Av dette kan vi konkludere med at overlappet mellom de forskjellige Cooper-parene i HTS er betydelig mindre enn i LTS-tilfellet, og middelfeltstilnærming er ikke lenger adekvat. Vi ser også at i HTS vil bosonegenskapene til Cooper-parene tre tydeligere frem siden vi ikke "ser" deres indre struktur like tydelig som når de er store.

Faseovergang i endelig magnetfelt

Et magnetfelt $\vec{B}$ trenger gjennom superledere (type II) i form av virvellinjer dannet av superledende elektroner, og som strømmer i ring omkring et sylinderformet område av normalmetall. Disse virvellinjene ligner på tornadoer, men i motsetning til disse som er klassiske objekter, er den magnetiske fluksen Φ_0 til en virvellinje i superledere kvantisert i enheter av flukskvantet $\Phi_0 = 2,07 \times 10^{-15}$ Weber. Disse virvellinjene de eneste kvanteobjekt som lar seg avbilde via et mikroskop. Parallelle virvellinjer frastøter hverandre, og en samling av slike virvellinjer vil derfor danne et heksagonalt gitter, det såkalte Abrikosov-virvellinjegitteret (VLG), se figur 5. Den statistiske mekanikken for VLG er viktig for superleder–normalmetall faseovergangen, og også for teknologiske anvendelser av disse materialene. Et gitter av magnetiske flukslinjer kan smelte, og dette vil endre transportegenskapene til en superleder drastisk: Dersom VLG smelter ved en temperatur T_m som er lavere enn T_c, vil enhver infinitesimal ytre påtrykt strøm bevege de nå "frie" virvellinjene og dissipere energi. I dette tilfellet er det smelteovergangen til VLG ved T_m som beskriver superleder–normalmetall faseovergangen, slik at T_c ikke lenger vil være noen kritisk temperatur. (Merk at T_m og T_c minker med økende magnetfelt.)

Et ytre påtrykt magnetfelt har en tendens til å ødelegge mulighetene for superledning, og fører dermed til reduksjon av T_c ved økende magnetfelt. Det er to effekter som er relevante, en orbital effekt og en Zeeman-effekt. Den orbitale effekten skyldes at Cooper-par dannes av elektroner med motsatte gitterimpulser, og forutsetningen er at et slikt kvantetall er et tilnærmet godt kvantetall. For elektroner i et magnetfelt er bølgetallet ikke lenger et godt kvantetall, elektronene låses tvert imot fast i kvantiserte og lokaliserte Landau-orbitaler. Dette undertrykker dannelsen av Cooper-par. Zeeman-effekten, eller Pauli-parbrytningseffekten, skyldes at Cooper-paret er en spinnsinglett. Ved sterke magnetfelt vil singletten tvinges til å bli en triplett, og Cooper-paret brytes opp. Dette krever vanligvis mye sterkere magnetfelt enn det som skal til for at bølgetallet ikke skal være et godt kvantetall. Spesielt er dette tilfelle dersom elektronets effektive gyromagnetiske moment er lite ($<< 2$), noe som ofte er tilfelle i faste stoff. Den orbitale effekten av magnetfeltet er derfor dominant. En geometrisk tolkning av det øvre kritiske magnetfeltet er derfor at nullfeltsstørrelsen til et Cooper-par er lik Larmor-radien til frie elektroner i et magnetfelt. Se forøvrig figur 4.

I LTS er $T_m(B) = T_c(B)$. Smelteovergangen til VLG vil derfor ikke bidra til noen *ny* kritisk linje i $B - T$ fasediagrammet for LTS. Eksperimenter med HTS viser imidlertid at de magnetiske egenskapene til HTS skiller seg vesentlig fra LTS. I HTS finnes det en temperatur $T_m(B) < T_c(B)$, der VLG smelter og tvinger superlederen til å bli et normalmetall med endelig resistivitet. Denne VLG-smelteovergangen er av første orden med en latent varme som nylig er blitt målt i to ekperimenter gjennomført av Zeldov et al.[7,8] og Schilling et al.[9] $T_c(B)$ vil i dette tilfellet ($T_m(B) < T_c(B)$) ikke lenger markere noen faseovergang, kun et bredt fluktuasjonsregime der adskilte områder begynner å bli superledende. Den skarpe toppen i varmekapasiteten ved null felt, ved temperaturen $T_c(B = 0)$, blir i endelig magnetfelt "smurt" utover et bredere temperaturområde i endelig felt. Disse fluktuasjonsinduserte magnetiske egenskapene til HTS lar seg ikke beskrive av BCS-teorien siden den totalt overser fluktuasjonseffekter. Videre er det slik at disse fluktuasjonseffektene er uvesentlige i konvensjonelle lavtemperatur-superledere; de nye keramene er derimot ypperlige laboratorier for å studere nye og interessante fluktuasjonseffekter som vanligvis er meget vanskelig tilgjengelige i naturen. Det skyldes at fluktuasjonseffektene er tydelige over et mye bredere temperaturintervall enn hva vi er

vant til fra mange andre systemer.

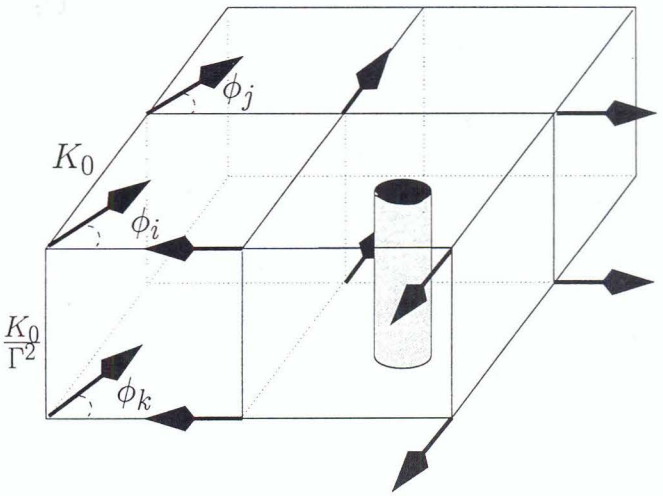
XY-modellen

Vi gir en kort beskrivelse av den enkle tredimensjonale XY-modellen vi har brukt i ekstensive Monte Carlo simuleringer for å studere HTS. Med denne enkle modellen er vi i stand til å beskrive store deler av deres $B - T$ fasediagram. XY-modellen har også gitt prediksjoner om den latente varmen til den første ordens VLG-smelteovergangen.[10] Disse prediksjonene er nå blitt verifisert i eksperimenter.[7,8,9]

I XY-modellen ser vi kun på fluktuasjoner i fasen til bølgefunksjonen for bosekondensatet, gitt at det er bosoner (Cooper-par) til stede. Denne modellen tar altså ikke opp spørsmålet om hvordan *amplituden* til denne funksjonen oppsto. I null magnetfelt forventes XY-modellen å gi en god beskrivelse av superleder–normalmetall faseovergangen ved T_c, dersom Cooper-parene blir dannet ved en temperatur T_p som er større enn den kritiske temperaturen T_c, hvor fasestivheten og dermed superledning inntrer.

I et endelig magnetfelt $\vec{B}$ skjer faseovergangen ved $T_m(B)$ (der VLG smelter). Siden $T_m(B) < T_c(B)$, er eksistensen av Cooper-par garantert, og XY-modellen vil alltid gi en god beskrivelse av magnetiske egenskaper av HTS, i alle fall i moderate magnetfelt. Vi må også passe på at magnetfeltene ikke er for høye, dersom XY-modellen skal kunne brukes. Dette har å gjøre med at modellen ikke gir noen detaljbeskrivelse av kjernen i virvellinjene. Ved høye felt (over 10 T) utgjør kjernene i virvellinjene en stor del av superlederen og nødvendigheten av en slik detaljbeskrivelse blir adskillig mer påtrengende. Ved enda høyere magnetfelt, bryter naturligvis fenomenet superledning sammen, og antagelsen om en vel utviklet amplitude på kondensatets bølgefunksjon er da ikke lenger gyldig. I høyfeltsregimet må det derfor en annen beskrivelse til.

I Monte-Carlo-simuleringer defineres superlederen på et numerisk gitter, og det er denne diskretiseringen som leder oss til en beskrivelse ved hjelp av XY-modellen. XY-modellen er opprinnelig en standard gittermodell for klassiske spinnsystemer. Vi har valgt å definere XY-modellen på et tredimensjonalt enkelt kubisk gitter, og på hvert gitterpunkt definerer vi en lokal fase til bølgefunksjonen, ϕ_i, analogt med et planart spinn, se figur 1. Planare spinn S_i kan kun rotere i planet. Spinnet S_i kan



Figur 1. En diskretisert modell av en superleder. Planare spinn vekselvirker med sine nærmeste naboer. Koblingsenergien er K_0 mellom spinn i samme plan, og K_0/Γ^2 mellom spinn i forskjellige plan. Vi ser også en spinnkonfigurasjon som gir opphav til en virvellinje.

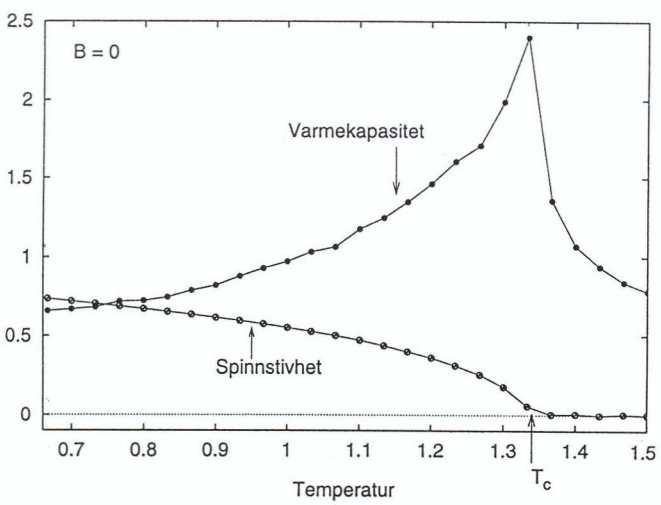
dermed beskrives ved en fasevinkel ϕ_i, akkurat som en urviser. Hvert spinn vekselvirker kun med sine 6 nærmeste naboer. Energifunksjonen for dette systemet av spinn er relativt enkel, gitt ved

$$H = -\sum_{<i,j>} K_{i,j}\vec{S}_i \cdot \vec{S}_j = -\sum_{<i,j>} K_{i,j}\cos(\phi_i - \phi_j),$$

der $< i, j >$ står for summering kun over nærmeste nabopar av spinn ϕ_i og ϕ_j. Vi har i tillegg innført koblingsenergien $K_{i,j}$ mellom to nærmeste nabospinn, og som dermed blir systemets naturlige energiskala. Denne modellen ser enkel ut; det mest kompliserte ved den er en cosinusfunksjon! Likevel er det en stor utfordring å skulle simulere den på en adekvat måte. Modellen forteller at energien til superlederen blir minimalisert ved at alle spinnene/fasene er parallelle overalt inne i superlederen; da blir cosinusfunksjonen størst og energien minst. Dette svarer til total faseordning og kjennetegner den perfekte superledende tilstanden. Når temperaturen økes i superlederen, vil fasene eksiteres termisk og ikke lenger være parallelle. Oppgaven vår blir å undersøke hvor høyt vi kan heve temperaturen uten at spinnene blir altfor uordnede, da vil superledningsfenomenet bli ødelagt. I tillegg er det viktig å karakterisere nøyaktig de spinneksitasjonene som ødelegger superledningen. Dette er lettere sagt enn gjort. Imidlertid har det vist seg å være en utmerket oppgave for den nye tungregnemaskinen Cray-T3E ved det nasjonale tungregneanlegget på NTNU.

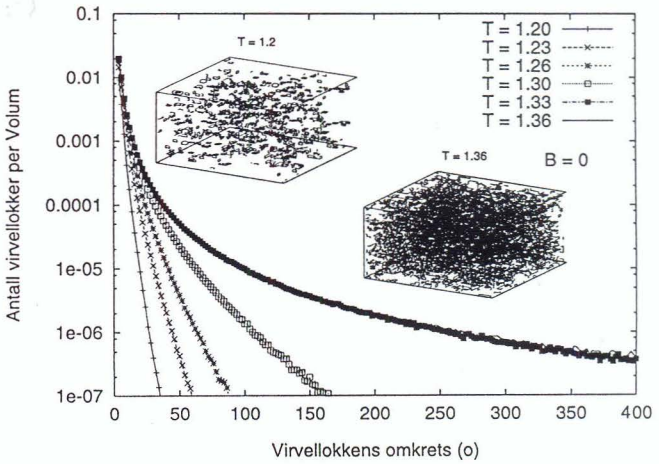
Flytende ^{4}He er en isotrop væske, slik at koblingsenergiene er konstanter $K_{i,j} = K_0$ for alle i og j. K_0 er en parameter som må bestemmes av eksperimenter. Høytemperatur-superledere består av plan med kopperoksid (CuO), og disse planene er forbundet via en komplisert gitterstruktur. HTS er derfor anisotrope, lagdelte system. Vi kan inkludere denne anisotropien i vår XY-modell ved å la $K_{i,j} = K_0$ for spinn i samme plan, og $K_{i,j} = K_0/\Gamma^2$ for spinn i forskjellige plan. Γ er en anisotropiparameter som i likhet med K_0 må bestemmes av eksperimenter, og den angir hvor lagdelte systemene er. Stor Γ angir stor grad av lagdelthet.

Herved har vi en beskrivelse av superlederen ved hjelp av den lokale fasen til kondensatets bølgefunksjon, som altså ligner på en spinn-variabel i en klassisk magnet. Hvordan får vi informasjon om virvellinjer/virvelløkker fra dette? Lokaliseringen av virvellinjene/virvelløkkene i XY-modellen skjer på følgende måte: Summen av fasedifferansene rundt en lukket kurve i xy-planet er enten null

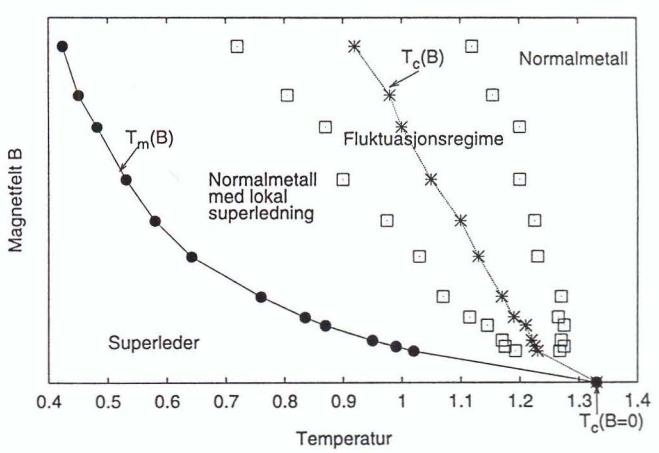


Figur 2. Varmekapasitet og spinnstivhet i null magnetfelt som funksjon av temperatur. Vi ser at varmekapasiteten har en skarp topp ved den kritiske temperaturen $T_c/K_0 = 1,33$ K. Vi ser også at spinnstivheten forsvinner ved T_c. Dette viser at superleder–normalmetall faseovergangen skjer ved T_c. Merk også at spinnstivheten faller gradvis mot null for $T \to T_c$. Dette indikerer at faseovergangen er kontinuerlig (ingen latent varme).

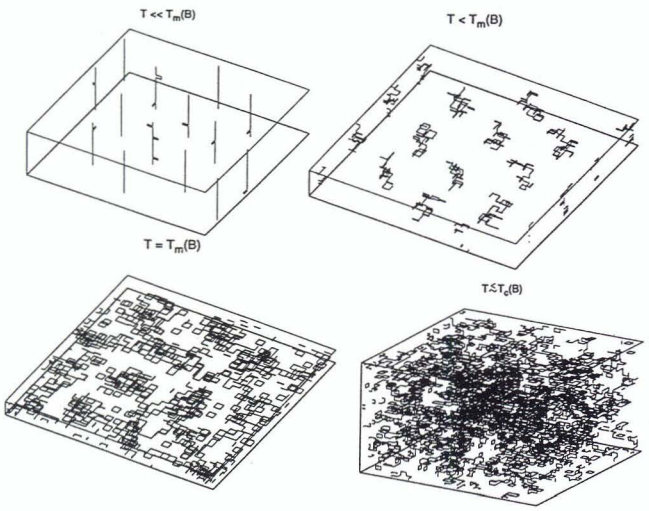
eller et helt tall multiplisert med $\pm 2\pi$, se figur 1. Den korteste lukkede kurven i xy-planet omslutter det vi kaller en elementær plakett. Dersom summen av fasedifferansene er ulik null, vet vi at den elementære plaketten er gjennomhullet av en virvellinje/virvelløkke, se figur 1. Hver eneste ele-



Figur 3. Fordelingen av antall virvelløkker som funksjon av løkkenes omkrets, P(O), i null magnetfelt for seks forskjellige temperaturer. For temperaturer under den kritiske temperaturen $T_c = 1,33$ K, tilpasses P(O) best til en eksponentielt avtagende funksjon, men for temperaturer lik eller over T_c, tilpasses P(O) best til en algebraisk avtagende funksjon. Dette viser at for $T \geq T_c$ er virvelløkker av alle størrelser termisk eksitert. De små figurene viser øyeblikksbilder av virvelløkkene i systemet ved $T/K_0 = 1,2$ K og $T/K_0 = 1,36$ K. Vi ser at for $T/K_0 = 1,2$ $K(< T_c)$ er kun virvelløkker av endelig størrelse termisk eksitert, mens for $T = 1,36$ $K(> T_c)$ er virvelløkker av alle størrelser termisk eksitert. Det har altså skjedd en "virvelløkke-eksplosjon" ved T_c.



Figur 4. Magnetfelt–temperatur fasediagrammet for høytemperatur-superledere prediktert av XY-modellen. Det er to forskjellige faser i dette diagrammet, superledende fase og normalledende fase. De to fasene er adskilt av virvelgitterets smelteovergang ved $T_m(B)$. Under $T_m(B)$ er systemet superledende med null resistivitet, og over $T_m(B)$ er systemet normalledende med endelig resistivitet. I området mellom $T_m(B)$ og $T_c(B)$ eksisterer superledning kun i mindre, adskilte regioner. Merk at $T_c(B)$ i endelig magnetfelt ikke er noen veldefinert linje, den markerer kun "midtlinjen" til fluktuasjonsregimet. Fluktuasjonsregimet markerer en "virvelløkke-eksplosjon" der superledning på alle lengdeskalaer blir ødelagt.



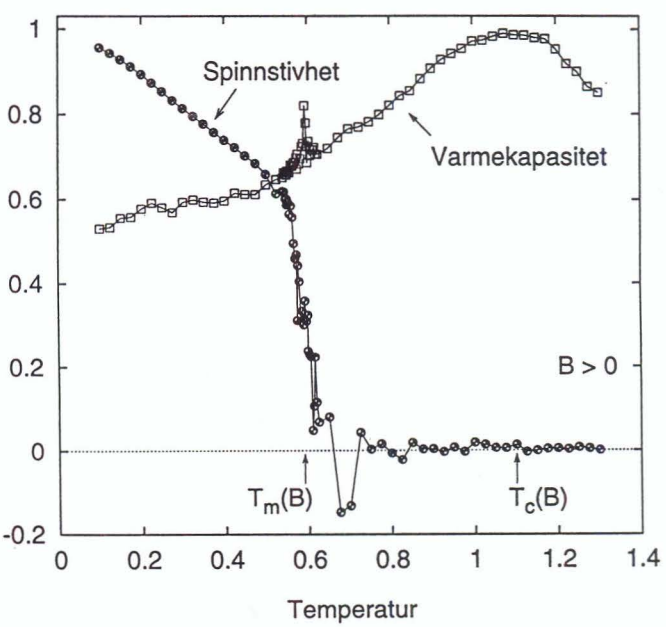
Figur 5. Øyeblikksbilder av virvellinjegitteret. Vi ser at ved temperaturer langt under virvellinjegitterets smeltetemperatur $T_m(B)$, danner virvellinjene et nærmest perfekt heksagonalt gitter. For temperaturer like under $T_m(B)$, danner virvellinjene fremdeles et heksagonalt gitter, men virvellinjene er ikke lenger rette, og de fluktuerer omkring sine likevektsposisjoner. For $T = T_m(B)$ kan ikke virvellinjene lenger betraktes som veldefinerte. Legg også merke til eksistensen av *frie* virvelløkker som ikke er forbundet med virvellinjene. For $T \lesssim T_c(B)$ ser vi at like før "virvelløkke-ekplosjonen" eksisterer det mindre områder som er superledende (frie for virvelløkker).

mentære plakett i systemet kontrolleres på denne måten, og dermed dannes et bilde av virvellinjene og virvelløkkene inne i superlederen.

Resultater, null magnetisk felt

De fysiske størrelsene vi bruker for å studere faseovergangen superleder–normalmetall i null magnetfelt, er varmekapasiteten, fasestivheten og fordelingen av antall termisk eksiterte virvelløkker som funksjon av løkkenes omkrets. En faseovergang manifesterer seg ved at varmekapasiteten har en ikke-analytisk variasjon med temperaturen ved det kritiske punkt. Fasestivheten er definert som den stivheten systemet har imot en liten perturbasjon av vinkelen til en av fasene på toppen av gitteret relativt til fasene på bunnen av gitteret. Dersom det "spinnet" man holder fast kan føle perturbasjonen til spinnet på den "andre" siden av gitteret, er stivheten endelig. Dersom det spinnet som man holder fast ikke kan føle perturbasjonen til spinnet på den "andre" siden av gitteret, er stivheten lik null. Fordelingsfunksjonen for antall virvelløkker som funksjon av løkkenes omkrets, P(O), brukes til å prediktere eksistensen av virvelløkker av uendelig størrelse. Dersom P(O) er eksponentielt avtagende med O, vet vi at store løkker har liten sannsynlighet til å bli eksitert. En algebraisk avtagende P(O) indikerer at det finnes løkker av alle størrelser, også løkker av systemets omkrets. En algebraisk oppførsel av P(O) indikerer derfor eksitasjoner av virvelløkker med uendelig omkrets i et makroskopisk gitter; systemet "opplever" en termisk indusert "eksplosjon" av virvelløkker. Onsager kalte det tilsvarende fenomenet i ^{4}He en "vortex-loop blowout".

I figur 2 ser vi at varmekapasiteten har en skarp topp ved T_c, som indikerer en faseovergang. Vi kan se av samme figuren at spinnstivheten faller mot null ved T_c. Dette viser at T_c er den kritiske temperaturen for superleder–normalmetall faseovergangen. I figur 3 ser vi fordelingen av antall virvelløkker som funksjon av løkkenes omkrets P(O). Ved å analysere disse kurvene nøye, finner vi at P(O) tilpasses best med en eksponentielt avtagende funksjon av O under T_c. Ved og over T_c,



Figur 6. Varmekapasitet og spinnstivhet i endelig magnetfelt. Vi ser at varmekapasiteten har en skarp topp ved $T_m(B)$ der virvellinjegitteret smelter. Vi ser også at den skarpe toppen i varmekapasiteten ved $T_c(B = 0)$ i endelig magnetfelt, er blitt smurt utover og representerer kun et fluktuasjonsregime. Spinnstivheten viser et skarpt fall ved $T_m(B)$, noe som indikerer en førsteordens faseovergang.

tilpasses P(O) best med en algebraisk avtagende funksjon av O. Vi kan av dette konkludere med at ved T_c vil også virvelløkker av uendelig omkrets

være eksitert og forårsake superleder–normalmetall faseovergang. Ved å sette inn verdier for materialparametre for YBCO, finner vi at $T_c = 70\ K$. Dette stemmer godt med den kritiske temperaturen i underdopede YBCO-keramer, dvs. keramer som er dopet for lite til at optimal T_c er oppnådd.

I BCS-teorien vil varmekapasiteten være diskontinuerlig ved T_c med et universelt sprang. I bosonkondenseringsbildet vil derimot varmekapasiteten være singulær med en så godt som logaritmisk divergens ved T_c i den termodynamiske grensen (dvs. for uendelig store systemer). I et endelig system vil verdien av varmekapasitetstoppen øke logaritmisk med den lineære dimensjonen L til systemet.

Resultater, endelig magnetisk felt

I figur 4 ser vi $B - T$ fasediagrammet for den tredimensjonale XY-modellen.[11] Dette fasediagrammet er konsistent med fasediagrammet som fremkommer eksperimentelt.[9] Ved lave temperaturer danner virvellinjene et heksagonalt gitter av magnetiske virvellinjer, se figur 5. Ved $T = T_m$ smelter dette heksagonale gitteret. Merk at for $T > T_m$ er virvellinjene ikke lenger veldefinerte; de er ofte i kontakt med hverandre langs deres lengderetning, og det finnes ingen entydig måte å skille dem på, se figur 4. Vi ser også av figur 5 at eksitasjoner av virvelløkker av uendelig størrelse først skjer ved $T_c(B)$. Eksistensen av slike virvelløkker bekreftes også av oppførselen til fordelingsfunksjonen for antall virvelløkker som funksjon av løkkenes omkrets P(O). Våre data (som ikke er presentert her) viser at P(O) går over fra eksponentielt avtagende til algebraisk avtagende funksjon av O ved $T_c(B)$, og altså ikke ved $T_m(B)$.

Spinnstivheten gjør et markert sprang til 0 ved T_m, se figur 6. Dette *indikerer* at faseovergangen kan være av første orden. At spinnstivheten forsvinner ved $T_m(B)$, betyr at superleder–normalmetall faseovergangen i magnetfelt skjer ved $T_m(B)$, og ikke ved $T_c(B)$. Dette scenarioet bekreftes også av variasjonene i varmekapasiteten. Vi ser av figur 6 at varmekapasiteten har en skarp topp ved $T_m(B)$ som øker med systemets størrelse som L^3. Dette er også en indikator på en førsteordens faseovergang. Den skarpe toppen i varmekapasiteten vi fant ved null magnetfelt er blitt glattet ut, og dens høyde øker ikke lenger med systemstørrelsen. Dette betyr at den skarpe faseovergangen i null magnetfelt ved $T_c(B = 0)$, i endelig magnetfelt er konvertert til en gradvis, og ikke skarp, overgang hvor bosekondensatet begynner å dannes *lokalt*. Makroskopisk fasekoherens, derimot, oppstår først ved $T_m(B)$.

Vi har også brukt spranget i indre energi ved $T_m(B)$ til å estimere smeltevarmen til VLG, og har funnet verdier som er konsistente med eksperimenter.[11,13] Ved nærmere analyse av P(O) i endelig magnetfelt, finner vi at det er eksitasjoner av virvelløkker med diameter av samme størrelse som den magnetiske lengden (avstanden mellom feltinduserte virvellinjer), som forårsaker VLG-smelteovergangen.

Konklusjon

I denne artikkelen har vi sett litt på et nytt bilde av den makroskopiske fysikken til høytemperatur superledere med lav konsentrasjon av ladningsbærere. I konvensjonelle superledere oppstår superledning umiddelbart som en konsekvens av Cooper-par dannelse, dvs. dannelse av to-elektron bundne tilstander. Slike tilstander oppstår også i høytemperatur-superledere, men leder ikke umiddelbart til fasekoherens og dermed superledning. Cooper-parene dannes ved en temperatur T_p som er signifikant høyere enn den kritiske temperaturen T_c hvor makroskopisk fasekoherens inntreffer. Vi understreker at vi ikke har forsøkt å forklare *hvordan* elektroner "limes" sammen i Cooper-par i HTS. I null magnetfelt blir superleder–normalmetall faseovergangen drevet av eksitasjoner av virvelløkker på alle lengdeskalaer, analogt med det som Onsager foreslo skjedde i ^{4}He.[1] I endelig magnetfelt blir superleder–normalmetall faseovergangen drevet av eksitasjoner av virvelløkker med diameter svarende til avstanden mellom feltinduserte virvellinjer. Det er eksitasjoner av disse virvelløkkene som får virvellinjegitteret til å smelte i en førsteordens faseovergang, og som også ødelegger den superledende fasen.[11,12,13]

Dette arbeidet har fått støtte fra Norges forskningsråd, og en tildeling av kjøretid (NN2818K) på tungregneanlegget Cray-T3E i Trondheim. Resultatene som er presentert, er noen av resultatene fra ca. 45000 CPU-timers kjøring på Cray-T3E. Vi takker Jørn Amundsen for hjelp i optimaliseringsarbeidet av vår Monte–Carlo simuleringsrutine, og Per Chr. Hemmer for mange nyttige kommentarer til manuskriptet.

Referanser

1. P.C. Hemmer, H. Holden and S.K. Ratkje (eds.): *The collected works of Lars Onsager.* World Scientific, Singapore, (1996) s. 1070.
2. K.K. Onnes: Leiden Comm. **120b, 122b, 124c** (1911)
3. J. Bardeen, L.N. Cooper and J.R. Schrieffer: *A theory of superconductivity.* Phys. Rev. **108,** 1175 (1957)
4. J.G. Bednorz and K.A. Müller: *Possible high- T_c superconductivity in the $Ba-La-Cu-O$-system.* Z. Phys. B **64,** 189–193 (1986)
5. V.J. Emery and S.A. Kivelson: *Importance of phase fluctuations in superconductors with small superfluid density.* Nature **374,** 434 (1995)
6. H. Ding, T. Yokoya, J.C. Campuzano, T. Takahashi, M. Randeria, M.R. Norman, T. Mochiku, K. Kadowaki and J. Giapintzakis: *Spectroscopic evidence for the pseudogap in the normal state of underdoped high-T_c superconductors.* Nature **382,** 51 (1996)
7. E. Zeldov, D. Majer, M. Konczykowski, V.B. Geshkenbein, V.M. Vinokur and H. Shtrikman: *Thermodynamic observation of first order vortex lattice melting transition in $Bi_2Sr_2Cu_3O_8$.* Nature **375,** 373 (1995)
8. N. Morozov, E. Zeldov, D. Majer and M. Konczykowski: *Paramagnetic ac susceptibility at the first order vortex lattice phase-transition.* Phys. Rev. B **54,** R3784 (1996)
9. A. Schilling, R.A. Fisher, N.E. Phillips, U. Welp, D. Dasgupta, W.K. Kwok and G.W. Crabtree: *Calorimetric measurement of the latent heat of vortex lattice melting in untwinned $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$.* Nature **382,** 791 (1996)
10. R.E. Hetzel, A. Sudbø and D.A. Huse: *First order melting transition of the Abrikosov vortex lattice.* Phys. Rev. Lett. **69,** 518 (1992)
11. A.K. Nguyen and A. Sudbø: *A vortex liquid is not a superfluid.* Sendt til Phys. Rev. Lett. (1997)
12. A.K. Nguyen, A. Sudbø and R.E. Hetzel: *Vortex loop transition and first order flux line lattice melting.* Phys. Rev. Lett. **77,** 1592 (1996)
13. A.K. Nguyen and A. Sudbø: *Onsager loop transition and first order flux line lattice melting in tigh-T_c superconductors.* Sendt til Phys. Rev. B. (1997)

∞

Sol, solarier og bruk av solkrem

Helle Anholt og Johan Moan *

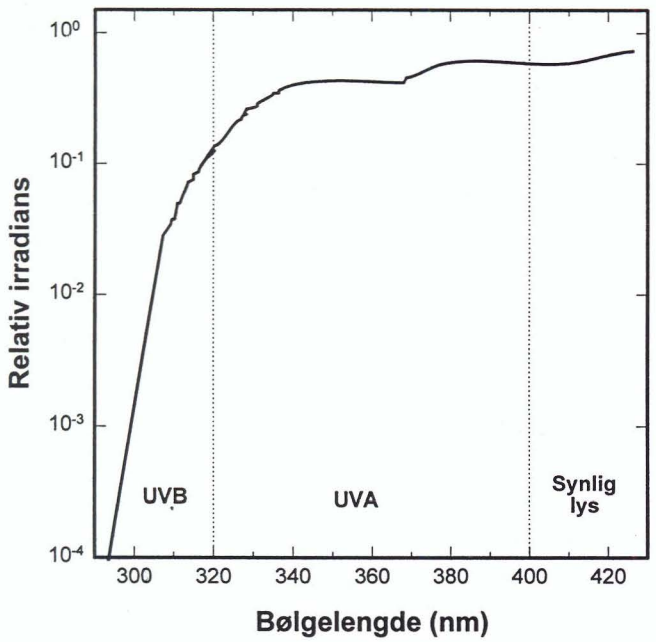
Det ser ut til å være en klar sammenheng mellom UV-stråling og hudkreft. Forekomst og dødlighet av malignt melanom (ondartet føflekksvulst) har økt i de senere år og er nå en hyppig forekommende kreftform.

Innledning

Elektromagnetisk stråling strekker seg over et meget bredt spektrum av bølgelengder. Den deles inn i gamma-, røngten- og ultrafilolett (UV)-stråling, synlig lys som går over i infrarødt, mikrobølger og radiobølger. Gammastrålene er de mest energirike, og energien avtar gradvis etter som man beveger seg mot radiobølger. Når det er snakk om solarier og solstråling, så er det først og fremst ultrafiolett stråling som er interessant. UV-strålingen deles opp i UVC, fra 200 til 280 nm, UVB, fra 280 til 320 nm, og UVA, fra 320 til 400 nm. I denne sammenheng er det bare UVB- og UVA-strålingen som er aktuell, idet all UVC-stråling fra sola absorberes i ozonlaget. UVB-strålingen absorberes delvis av ozonlaget, mens UVA-strålingen slipper nesten uhindret gjennom.

Figur 1 viser spektralfordelingen av innkommende solstråling (relativ irradians) i UVB- og UVA-området målt i Oslo på formiddagen midtsommers. Som det fremkommer av figuren, inneholder solstrålingen mindre av UVB enn UVA. Forholdet mellom irradiansen i UVA- og UVB-området er avhengig både av årstiden og tiden på dagen. Siden UVB-strålingen absorberes av ozon, vil mer UVB

* Institutt for Kreftforskning, Det Norske Radiumhospital.



Figur 1. Solspektrum i UVB- og UVA-området målt i Oslo midt på dagen midtsommers.

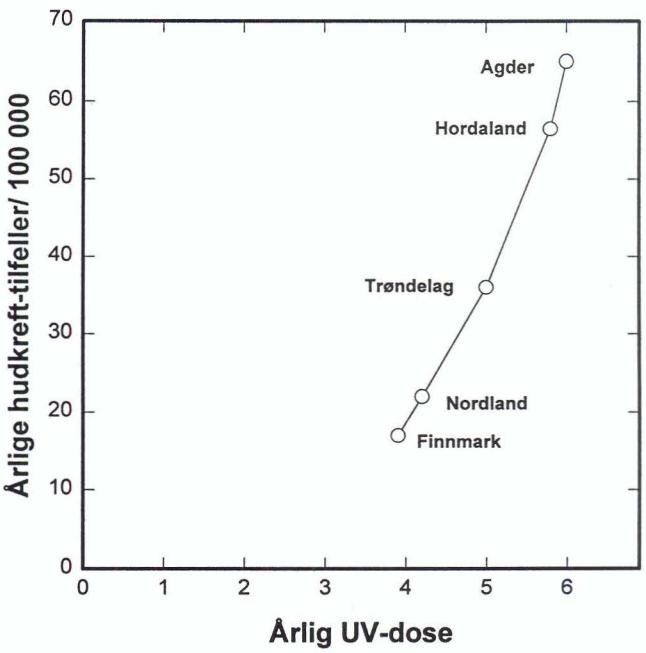
bli absorbert når sola står lavt på himmelen fordi sollyset da får en lenger vei å gå gjennom ozonlaget. Om ettermiddagen er derfor bidraget av UVA-stråling relativt større enn midt på dagen.

Sollyset danner grunnlaget for alt liv gjennom fotosyntesen, og de fleste av oss forbinder sol og sollys med noe positivt. Delvis skyldes dette varmen i solstrålingen, og delvis lyset. Lyset som kommer inn gjennom øynene våre påvirker også hormonbalansen, og enkelte psykiske lidelser kan mildnes ved lysbehandling. Viktig er også UV-lysets stimulerende effekt på syntese av vitamin D_3 i huden fra provitaminet 7-dehydroksykolesterol.[1]

På den negative siden kan nevnes fotosensitisering, dvs. at lys absorberes av visse molekyler, såkalte kromoforer i huden, hvorpå det kan bli dannet giftige forbindelser. Men fenomenet med fotosensitisering kan også anvendes til medisinske formål, bl.a. til kreftbehandling. Andre negative effekter av UV-strålingen i sollyset er hudskader, først og fremst aldring av huden og hudkreft.[2]

Hudkreft kan opptre i tre varianter: melanomer, basalcellekreft og plateepitelkreft. Melanomer oppstår i pigmentceller, melanocytter, som finnes spredt i epidermis' (overhudens) dypere lag. Melanomene vil ofte oppstå i medfødte føflekker. Basalcelle- og plateepitelkreft oppstår i de celler i epidermis som har gitt disse kreftformene navn og begynner gjerne som knuter i huden eller sår som ikke vil gro. De to sistnevnte er relativt ufarlige kreftformer som sjelden sprer seg. Malignt melanom, som også kalles ondartet føflekk-kreft, er farlig fordi den lett sprer seg til indre organer.

Det er vel akseptert at det er en klar sammenheng mellom hudkreft og eksponering for UV-stråling. Det kan illustreres ved å se på forekomsten av hudkreft i forskjellige landsdeler i Norge. Fra figur 2 ser vi at det årlige antall hudkrefttilfeller pr. 100 000 innbyggere øker som funksjon av UV-dosen. Nord i landet hvor den årlige UV-dosen er lav sammenlignet med sør i landet, er forekomsten av hudkreft også betydelig lavere.

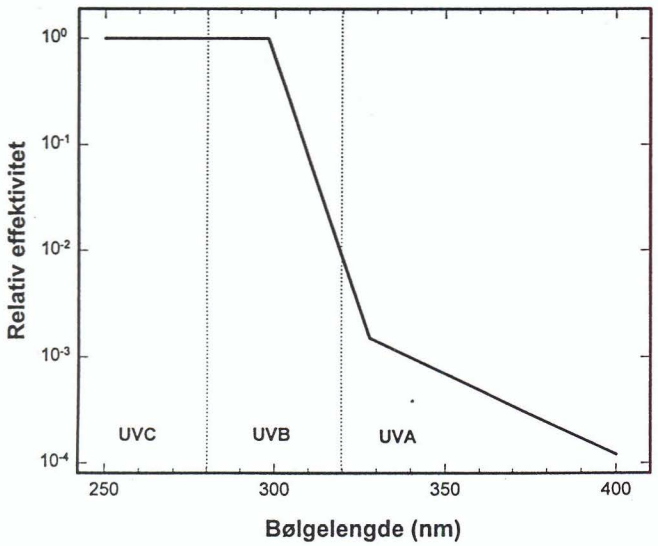


Figur 2. Årlig antall tilfeller av basalcellekreft pr. 100 000 innbyggere i forskjellige landsdeler i Norge i perioden 1976–1985, som funksjon av årlig UV-dose.

Aksjonsspektre

Et aksjonsspektrum angir hvor effektiv stråling med forskjellig bølgelengde er til å indusere en gitt prosess (skade). Figur 3 viser det såkalte CIE-spektret som er et standard, teoretisk aksjonsspektrum for dannelse av erytem (lett solbrenthet). Det bygger på data fra publiserte aksjonsspektra fra 1964 til 1987, og viser den relative effektiviteten i å indusere erytem som funksjon av bølgelengden. Dette aksjonsspektret forteller oss at UVB-strålene er mye mer effektive til å framkalle solbrenthet enn UVA-strålene.

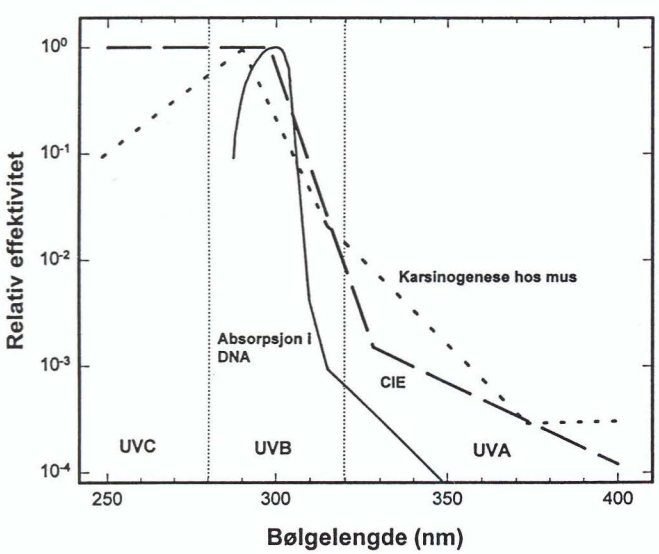
Hva er det så en kan bruke et slikt aksjonsspektrum til? En kan f.eks. sammenligne det med absorpsjonsspektrene for forskjellige kromoforer i



Figur 3. Standard aksjonsspektrum (CIE-spektret) som viser den relative effektiviteten til å indusere erytem som funksjon av bølgelengde.

huden, som DNA, proteiner, urokansyre og melanin. Aksjonsspektret for dannelse av hudkreft hos mus er kjent (figur 4). Dette gjelder ikke-melanomer, fordi mus i motsetning til mennesker, ikke utvikler melanomer.

Sammenligning av disse spektrene (figur 4) forteller oss at dannelse av ikke-melanomer hovedsakelig er forårsaket av UVB. Vi ser at dannelsen av ikke-melanomer følger CIE-spektret rimelig bra. Dette indikerer at det sannsynligvis er den samme kromoforen som er ansvarlig for dannelsen av ikke-melanomer og erytem. For det tredje, ser vi at CIE-spektret og spektret for hudkreftutvikling

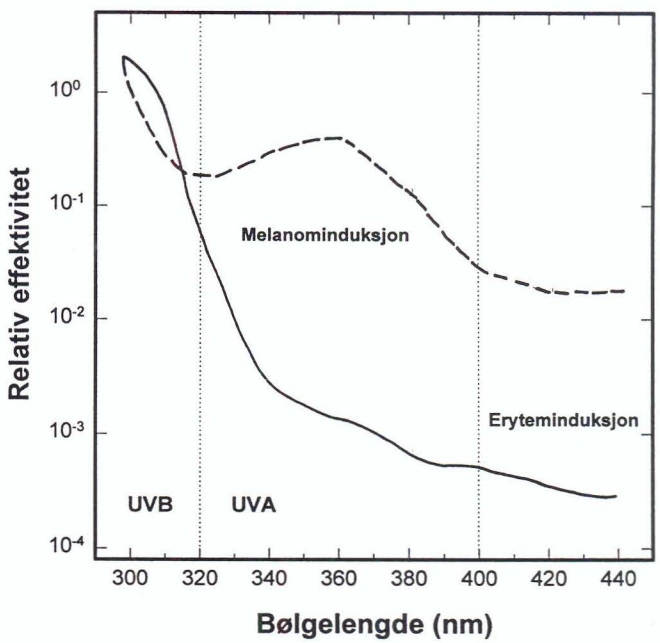


Figur 4. CIE-spektret, aksjonsspektret for dannelse av hudkreft (karsinogenese) hos mus, samt absorpsjonsspektrum for DNA.

(karsinogenese) følger spektret for DNA-absorpsjon i UVB-området. Det er derfor sannsynlig at DNA-molekyler i hudceller er kromoforer i UVB-området.

I UVA-området, derimot, er det avvik i spektrene, så her er det sannsynligvis andre kromoforer enn DNA som er ansvarlige for effekten. Hvilke kromoforer dette er, er ikke kjent. Det har vært foreslått at melanin, som er det fargestoffet som gir huden brunfarge etter soling, kan være en kandidat. Man tenker seg da at UVA-strålene absorberes i den aktuelle kromoforen. Dette kan så føre til dannelse av radikaler som så igjen kan skade DNA. I UVA-området har vi derfor indirekte virkningsmekanismer i motsetning til i UVB-området, hvor strålene absorberes direkte i DNA-molekylet og skader dette.

Siden mus ikke utvikler melanomer, har det lenge ikke vært mulig å få fram et aksjonsspektrum for dannelse av melanomer. En har derfor lenge lett etter en egnet dyremodell, og i 1993 dukket det opp et arbeid hvor en hadde studert utvikling av melanomer i en liten hybrid fisk kalt xiphophorus, se figur 5.[3] Nå er det slett ikke sikkert at et aksjons-



Figur 5. Aksjonsspektre for dannelse av erytem og melanom hos fisken xiphophorus.

spektrum for dannelse av melanomer i en spesiell fiskeart er det samme som et aksjonsspektrum for dannelse av melanomer hos mennesker, siden fiskehud og menneskehud er ganske forskjellige. La oss imidlertid sammenligne xiphophorus-spektret med erytemspektret for mennesker. (Erytemspektret i figur 5 er et av de spektrene som CIE-spektret bygger på.) I UVB-området mellom 300 og 313 nm,

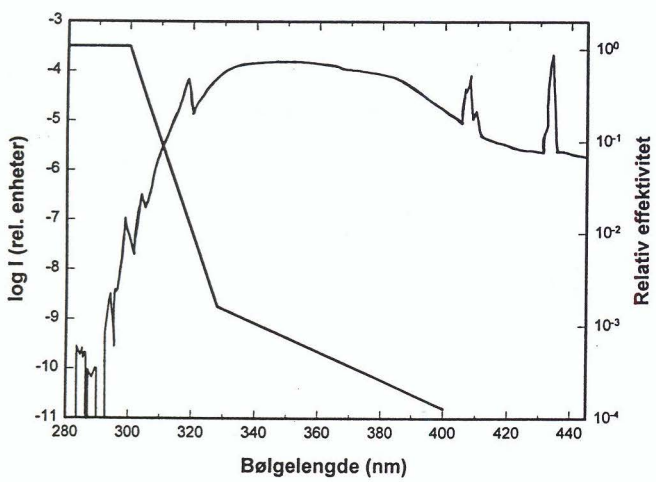
følger de to spektrene hverandre, men i bølgelengdeområdet over 313 nm er xiphophorus-spektret mye høyere enn erytemspektret, dvs. at UVA-strålingen er mer effektiv til å indusere melanomer enn til å forårsake solbrenthet. Dette antyder at *UVA-strålingen kan være mye farligere enn tidligere antatt fordi den muligens kan være involvert i utvikling av melanomer.*

Solarier

Såkalte UVA-solarier ble tatt i bruk tidlig på 1980-tallet, fordi en antok at disse var mindre farlige enn UVB-solariene. Dette er en oppfatning det kan stilles spørsmålstegn ved.

Ved vurdering av en lyskildes effektivitet, er det fruktbart å introdusere et såkalt effektivitetsspektrum som er produktet av emisjonsspektret for kilden og aksjonsspektret for den prosessen en ønsker å studere. Effektivitetsspektret forteller altså hvilket bølgelengdeområde i strålingen fra den gitte kilden som bidrar mest til å indusere den aktuelle prosessen.

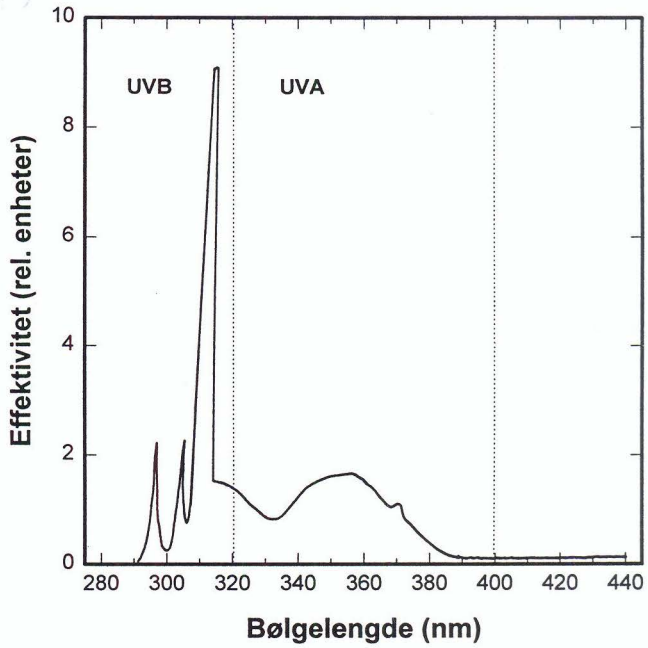
La oss betrakte CIE-spektret og emisjonsspektret for et typisk UVA-solarium, som vist i figur 6.



Figur 6. CIE-spektret og emisjonsspektret for et typisk UVA-solarium som funksjon av bølgelengde i UVA- og UVB-området.

Vi ser at dette solariet emitterer mer UVA- enn UVB-stråling. Effektivitetsspektret for solariet med hensyn til erytemdannelse, lager vi ved å multiplisere de to spektrene med hverandre bølgelengde for bølgelengde. Vi ser at det ikke er UVA-strålene alene som gir erytemdannelse. UVB-delen av spektret bidrar betydelig, som vist i figur 7.

Hvis vi istedenfor å bruke aksjonsspektret for erytemdannelse hadde brukt aksjonsspektret for



Figur 7. Effektivitetsspektrum for et UVA-solarium med hensyn til erytemdannelse.

melanomdannelse, som vektlegger UVA-delen av spektret sterkere, så ville effektivitetsspektret for solariet ha vist at UVA-strålingen var mest effektiv, og betegnelsen UVA-solarium ville være mer riktig. Dette impliserer at UVA-solariene gir betydelige bidrag av melanomframkallende UVA-stråling hvis aksjonsspektret for melanomdannelse hos xiphophorus også gjelder for mennesker.

Poenget med å sole seg er først og fremst å bli brun. Aksjonsspektret for bruning, i alle fall for personer med lyse hudtyper, følger aksjonsspektret for erytem. Det er altså UVB-strålene i sollyset som først og fremst er ansvarlige for bruningsprosessen. Personer med lys hud kan derfor ikke finne et solarium som gir brunhet uten risiko for samtidig å bli brent. Man kan bli solbrent og brun også av UVA-stråler, men aksjonsspektret for erytem (figur 3) viser at UVB-strålene er mer effektive. Derfor trengs det mye høyere doser av UVA før man oppnår samme brunende effekt som av UVB-stråler.

UVA-strålene trenger dypere ned i huden enn UVB-strålene. Forsøk har vist at UVB-indusert pigmentering kan beskytte mot erytem, mens en tilsvarende UVA-indusert pigmentering ikke gjør det i like stor grad. Det synes klart at UVA og UVB induserer melaninproduksjon via forskjellige fotobiologiske prosesser og i forskjellig dybde i huden, UVA dypere nede og nærmere celler som er under deling, enn UVB.

En rekke studier har vist at *bruk av solarier øker risikoen for utvikling av melanomer, og at risikoen øker med solingstiden.*[4]

Et annet moment ved bruk av solarier er at de ikke inneholder forholdsvis like mye synlig lys som solstrålingen. Det er kjent at skade på arvematerialet DNA kan føre til utvikling av kreft, men en stor del av DNA-skadene kan repareres ved hjelp av forskjellige mekanismer i cellene. En slik mekanisme er fotoenzymatisk reparasjon ved hjelp av synlig lys. Spesielle enzymer absorberer synlig lys og kan da spalte opp DNA-skadene. Det er imidlertid stor uenighet om et slikt reparasjonssystem finnes i menneskehud. Hvis så er tilfelle, vil det ikke være gunstig å bruke solarier fordi solarielys inneholder relativt sett mindre synlig lys enn solstråling.

Ikke alle solarier er like godt kontrollerte. Undersøkelser foretatt av Forbrukerrapporten viser at 7 av 10 solarier inneholder ikke-godkjente lysrør som gir altfor høye UV-doser.

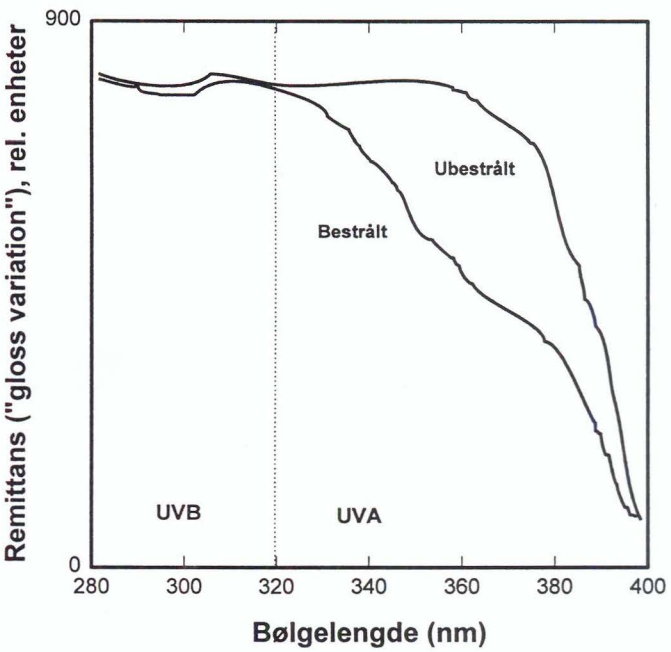
Solkremer

Utbredt bruk av solkremer startet på 1960-tallet. Slike kremer er ment å skulle beskytte huden mot UV-stråling ved at de inneholder forskjellige typer absorpsjonsfiltre. Mange av disse filtrene er kjemiske stoffer, ofte aromatiske forbindelser. De fleste solkremene inneholder UVB-filtre, men i den senere tiden er det også blitt mer og mer vanlig å tilsette UVA-filtre. Det første virkelige UVA-filtret, Parsol 1789, ble tilgjengelig i Europa tidlig på 1980-tallet. Fysiske filtre som reflekterer strålingen, finnes også.

Solbeskyttelsesfaktoren for en krem angir kun beskyttelsen mot UVB-stråling. En beskyttelsesfaktor på 10 vil si at du kan oppholde deg 10 ganger så lenge ute i sola uten å bli solbrent med bruk av krem enn uten. Bestemmelsen av solbeskyttelsesfaktoren i UVB-området baserer seg på aksjonsspektret for erytemdannelse. Dette er rimelig siden det først og fremst er UVB-strålingen som gjør at vi blir brente. Beskyttelsfaktoren for UVA er som regel betydelig lavere enn for UVB, og er ikke angitt. Et av problemene med å fastsette en beskyttelsesfaktor for UVA, er at det er vanskelig å vite hvilket aksjonsspektrum en skal legge til grunn.

Beskyttelsesfaktorene som blir fastsatt i laboratorier, er basert på at det smøres på en standard mengde av solkremen. Det er vanlig å benytte 1,5–2 mg pr. cm^2. Men det har vist seg at solkrembrukere i gjennomsnitt bare smører på seg 0,5 mg/cm^2, slik at den reelle beskyttelsesfaktoren blir lavere enn den oppgitte, faktisk mindre enn en tredjedel av denne.

Solkremer testes for stabilitet over tid, men det har ikke vært vanlig å teste dem for fotostabilitet, dvs. om kremene forandrer karakter når de utsettes for sollys. Det er vist at solkremprodukter kan endre seg under soling, og dermed få forandret sin absorpsjonsprofil. Kurvene i figur 8 er fremkommet

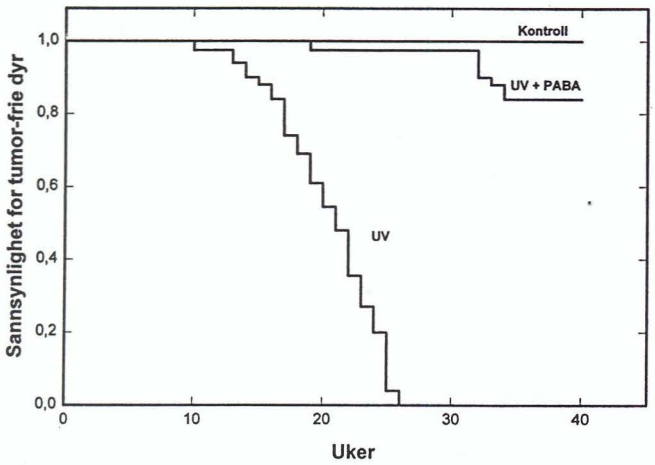


Figur 8. Remittansprofilen for en kommersielt tilgjengelig solkrem før og etter UVA-bestråling tilsvarende ca. 1 times opphold i sola i juni måned i Sør-Frankrike. Når remittansen avtar, vil mer stråling gå inn i huden. (Figuren er fra en artikkel av R.E. Mascotto: "Ozone, Sun, Cancer. Molecular and cellular mechanisms. Prevention." INSERM, 1995. Mascotto angir "gloss variation", hvilket vi har oversatt med remittans.)

ved at en har påført solkrem på skuldrene til frivillige forsøkspersoner og fått fram et mål for absorpsjonsprofilen til kremen ved hjelp av refleksjonsspektroskopi. Den øverste kurven viser refleksjonsspektret for solkremen før den utsettes for bestråling, og den nederste viser spektret etter bestråling med 15 J UVA, som tilsvarer ca. 1 times opphold i sola i juni måned i Sør-Frankrike. Som vi ser, så er det en sterkere nedbrytning av solkremen i UVA- enn i UVB-området.

Beskytter kremer mot hudkreft?

Mange undersøkelser viser en klar sammenheng mellom bruk av solkrem og redusert hudkreftutvikling.



Figur 9. Utvikling av plateepitelkreft hos mus som ble UV-bestrålte uten beskyttelse (UV) og hos mus som ble påført et UVB-filter før de fikk tilsvarende bestråling (UV + PABA). Kontrollgruppen ble ikke bestrålt.

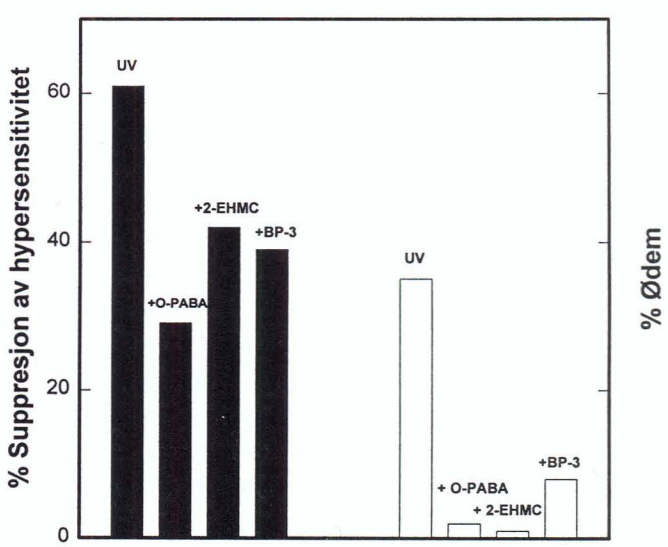
Forsøket som er illustrert i figur 9 er gjort med mus, så det er altså snakk om ikke-melanomer, nærmere bestemt plateepitelkreft. Vi ser at kontrolldyrene (som ikke bestråles) ikke utvikler hudkreft, mens alle bestrålte dyr får hudkreft. Hvis en påfører huden solkrem før bestrålingen, i dette tilfelle et stoff kalt PABA (para-aminobensoesyre) som har vært mye brukt som UVB-filter i solkremer, så reduseres sannsynligheten for utvikling av hudkreft betraktelig.

På grunn av mangel på dyremodeller er det ikke gjort tilsvarende studier for melanomer. Hvis en ser på utviklingen i antall tilfeller av melanomer hos mennesker over tid, så viser det seg at forekomsten har økt fra 1935 og framover i USA, selv om det på 1960-tallet ble vanlig å bruke solkrem. Det samme gjelder i Norge hvor både forekomst og dødlighet av malignt melanom inntil nylig har vært økende. Flere studier konkluderer faktisk med at risikoen for utvikling av malignt melanom *øker* ved bruk av solkrem. De som i undersøkelsene har svart at de bruker solkrem, har en forhøyet risiko for å få melanomer.[5,6]

Det kan være flere grunner til at antall hudkrefttilfeller øker. Ved å bruke solkrem vil vi kanskje oppholde oss lenger ute i sola enn vi ville ha gjort *uten* solkrem. Nå er det også slik at de fleste solkremer, i alle fall inntil de senere år, hovedsakelig har inneholdt UVB-filter. Hvis en tar for seg effektivitetsspektrene for erytem- og melanominduksjon og ser på hva som skjer når en multipliserer hvert av dem med absorpsjonsspektret til et UVB-filter, så viser det seg at dette filtret gir god beskyttelse mot erytem, men det gir nesten ingen beskyttelse mot melanomdannelse. Det at en ikke så lett blir solbrent med solkrem, kan lure en til å bli lenger ute i sola; og hvis kremen ikke inneholder noe UVA-filter, eller hvis UVA-filtret ikke er så effektivt, så vil en kunne få større UVA-eksponering enn om en ikke hadde brukt solkrem.

UV-stråling kan også føre til svekkelse av immunsystemet (immunsuppresjon) lokalt i huden. Noen mener at dette kan være medvirkende til utvikling av hudkreft.

Aksjonsspektret for immunsuppresjon følger aksjonsspektret for erytem til en viss grad, men strekker seg lenger ut i UVA-området. UVA-strålene er derfor mer immunsvekkende enn erytemdannende. Mange studier har vist at solkremer ikke beskytter like godt mot immunsuppresjon som de gjør mot erytem. En har sammenlignet effekten av tre forskjellige solfiltre med hensyn til beskyttelse mot henholdsvis ødem hos mus, som tilsvarer solbrenthet hos mennesker, og immunsvekkelse (se figur 10). De tre filtrene var O-PABA og 2-EHMC, som er UVB-filtre, og BP-3 som beskytter mot både UVA og UVB. De hvite stolpene refererer til ødem eller solbrenthet. UV-bestråling alene gir en viss grad av ødem, mens påføring av solkrem før bestrålingen fører til betydelig reduksjon av ødem/erytemdannelse. De sorte stolpene refererer til immunsuppresjon. Her ser vi at bruk av de tre solkremene ikke gir like stor beskyttelse mot immunsvekkelse som mot erytemdannelse.



Figur 10. Effekten av tre forskjellige solfiltre (O-PABA, 2-EHMC og BP-3) med hensyn til beskyttelse mot ødem/erytem (hvite stolper) og immunsuppresjon, dvs. svekkelse av immunsystemet, hos mus ved UV-bestråling.

UV-stråling initierer dannelse av pre-vitaminet D_3 i huden. Dette omdannes til vitamin D_3 ved en varmeavhengig prosess. Vitamin D_3 er forløperen til et hormon som er nødvendig for benmetabolismen (stoffskiftet). Det trengs bare noen få minutters soling av og til på begrensede hudområder, for å dekke vårt behov for vitamin D, og en betydelig del av D-vitaminet i kroppen er dannet ved solbestråling av huden. Det er UVB-strålene som stimulerer produksjonen. Solstråling gir ikke overproduksjon av vitamin D fordi D-vitaminsyntesen er nøye regulert i kroppen. Solkremer kan imidlertid påvirke vitamin D-syntesen og således øke risikoen for dannelse av melanomer, såvel som de kan påvirke benmetabolismen.

Enkelte av stoffene som har vært hyppig brukt som filtre i solkremer, har vist seg å kunne være kreftframkallende. Forsøk har vist at celler som UV-bestråles i nærvær av disse stoffene kan omdannes til kreftceller ved at DNA-molekylene skades.[7]

Som nevnt, inneholder mange solkremer aromatiske forbindelser. Det er vel kjent innen fotobiologien at slike forbindelser kan fungere som fotosensitiserere, dvs. stoff som absorberer lys og deretter reagerer med oksygen. Singlett oksygen som da dannes, er meget reaktivt. Energien som skal til for å få oksygen i grunntilstanden overført til singlett oksygen, er 22,7 kcal/mol. Hvis triplett-tilstanden til det aktuelle fotosensitiserende stoffet i solkremen innehar mer energi enn dette, vil den kunne være i stand til å generere singlett oksygen. Energien til triplett-tilstanden av PABA er 75 kcal/mol, altså betydelig høyere enn 22,7 som er nødvendig for å danne singlett oksygen. Bruken av PABA i solkremer har avtatt betraktelig i det senere, pga. betydelige uønskede effekter på huden; men det viser seg også at flere andre av stoffene i solkremene kan danne singlett oksygen eller andre reaktive forbindelser.

Konklusjon

Det er vanskelig å trekke noen entydig konklusjon om hvorvidt solstråling er sunt eller skadelig, bl.a. fordi vi mangler relevante dyremodeller. Sikrest er det derfor å nyte sola med måte, og bruke solkrem med både UVA- og UVB-filter. Slike beskytter tross alt huden. En bør unngå å sole seg særlig lenger enn en ville ha gjort uten solkrem. Det er få holdepunkter for å hevde at solariebruk er sikrere enn vanlig soling, snarere tvert om.

Referanser

1. J. Moan: *Sol og helse.* Norges Apotekerforenings Tidsskrift **4**, 6–9 (1996)
2. J. Moan: *Solstråling, solbeskyttende midler og hudkreft.* Norges Apotekerforenings Tidsskrift **9**, 280–283 (1994)
3. R.B. Setlow et al.: *Wavelengths effective in induction of malignant melanoma.* Proc. Natl. Acad. Sci. **90**, 6666–6670 (1993)
4. P. Autier et al.: *Cutaneous malignant melanoma and exposure to sunlamps or sunbeds: an eortc multicenter case-control study in Belgium, France and Germany.* Int. J. Cancer **58**, 809–813 (1994)
5. P. Autier et al.: *Melanoma and use of sunscreens: an eortc case-control study in Germany, Belgium and France.* Int. J. Cancer **61**, 749–755 (1995)
6. J. Westerdahl et al.: *Is the use of sunscreens a risk factor for malignant melanoma?* Melanoma Res. **5**, 59–65 (1995)
7. J. Knowland et al.: *Sunlight-induced mutagenicity of a common sunscreen ingredient.* FEBS Lett. **324**, 309–313 (1993)

∞

Så er sagt

Emilio Segrè om Enrico Fermi

I remember a remark that Fermi made in 1940 at the time of his visit to Berkely for the Hitchcock lecture. After attending a seminar given by one of Oppenheimer's pupils on Fermi's beta-ray theory, Fermi met me and said: "Emilio, I am getting rusty and old. I cannot follow the highbrow theory developed by Oppenheimer's pupils anymore. I went to their seminar and was depressed by my inability to understand them. Only the last sentence cheered me up; it was: 'And this is Fermi's theory of beta decay.'"

∞

Om forenklingens kunst

At være pedagog, er at kunne lyve på de riktige steder!

Edgar B. Schieldrop

∞

To kulturer på kollisjonskurs

Olav Steinsvoll *

I de siste årtier er det vokst fram betydelige bevegelser med en skeptisk innstilling til naturvitenskap og teknikk. Mange lar seg fange inn i troen på f.eks. økosofisk landbruk eller astrologi, og alternative medisinske behandlingsmåter settes opp mot "skolemedisin". Disse folkebevegelsene har fått sine motsvarigheter innen filosofi og erkjennelsesteori.

Kulturkløften mellom naturvitere og humanister har bare eksistert i noe over tre hundre år. Den ble åpenbar etter at Rene Descartes publiserte sin avhandling *"Discours de la methode"* i 1637, der han la fram fire regler for å oppnå sann kunnskap, eller den vitenskapelige metoden. Han skilte mellom sjel og legeme, eller stoff. Stoffet, eller materien og dets bevegelser, kunne bare beskrives på grunnlag av mekanikk gjennom anvendelse av ren matematikk, altså aritmetikk eller geometri. Blaise Pascal utdypet og forfinet dette synet ved sine ideer om forskjellen mellom *"l'esprit de finesse"* og *"l'esprit de geometrie"*. Descartes "Metode" viste seg utrolig fruktbar gjennom århundredene, og ved hjelp av den nye matematikken, differensial- og integralregningen, har teoretisk fysikk og den vitenskapelige Metoden ført fram til det høyteknologiske samfunnet som vi alle nå nyter godt av.

De forunderlige matematiske symbolene som er kortformer for kompliserte logiske regneoperasjoner, fyller alle lærebøker i fysikk. Likningene, som symbolene inngår i, inneholder ingenting om moral, estetikk, politiske ideer, poesi, lukt eller smak, og kan synes kalde og uforståelige etter humanistisk målestokk. Men de har vist seg å beskrive materiens oppførsel i minste detalj og universet i stort. Framgangsmåtene i fysikk er derfor blitt modellen eller paradigmet på den vitenskapelige metoden etter at de store fysikerne som Newton, Maxwell, Einstein, Planck, Bohr, Schrödinger og mange andre har laget et solid byggverk av likninger og teorier som er etterprøvd ved nitide eksperimenter.

Metoden er tilgjengelig for enhver som bruker noe tid på å lære seg matematikken og symbolenes betydning, på samme måten som alle med litt utholdenhet kan forstå poesi, lære å spille piano, lære seg russisk grammatikk eller å sette pris på et maleri. Naturvitenskapen er helt gjennom demokratisk og skjuler ingenting. Kløften mellom de to kulturer er derfor egentlig illusorisk. Det er gjerne tilfeldigheter, legningen eller interessene hos en ungdom som avgjør om han velger den ene eller den andre veien for sine studier. For de gamle grekere var det ikke spørsmål om å velge: Faget filosofi omfattet hele kulturspektret.

Kløften er blitt observert og dens moderne utgave er beskrevet av flere forfattere, bl.a. C.P. Snow.[1] Han framhevet at naturvitenskap var en like stor og viktig del av vår kulturarv som humaniora, men at humaniora så ned på og hadde liten interesse for å sette seg inn i de eksakte vitenskaper. En "dannet person" burde ha like god greie på de grunnleggende lover innafor naturen som på historie og litteratur! Den gang gjaldt det kanskje mer et krav om anerkjennelse for naturvitenskap. Kløften har likevel ikke gitt opphav til direkte fiendskap eller inntrengning på hverandres territorier. Begge kulturytringer, naturvitenskap og humaniora, har levd parallelle, fredelige liv.

Nye retninger innen humaniora

For noen år sida dokumenterte to amerikanske vitenskapsmenn de nye moteretningene innen de humanistiske og sosiale vitenskapene.[2] Det begynte innafor litteraturkritikk som "postmodernisme" og "dekonstruksjonalisme" som går til angrep på "gammeldags" litterær kritikk. Disse synsmåtene har etter hvert også funnet innpass i andre ikke-eksakte fag som historie, sosiologi, psykologi, antropologi og filosofi, på universiteter i Europa og USA. De beskriver alle vestlige kulturytringer i løpet av de siste århundredene som uttrykk for et mannsdominert system hvor alle ideologier, teorier og formalismer er gjennomsyret av lyst til å legge

*Institutt for energiteknikk, Kjeller.

forholdene bedre til rette for en mannlig elite med stort maktbegjær. Dessuten antas alle arbeider av forfattere eller forskere å gi uttrykk for den tidsånd som hersket på det tidspunktet de ble forfattet, og alltid med det siktepunkt å være strømenn for maktteliten. Målet for disse filosofene er derfor å rense vår vestlige kultur for sin eurosentrisme og kolonialistiske tankegang, og åpne for den andre og tredje verdens kulturytringer med deres eksotiske kunstformer, musikk, dans og vitenskap som etter deres oppfatning vil være en like god og anvendbar framgangsmåte for å vinne sann viten. I lys av det faktiske forholdet at antall kvinner innen naturvitenskap og humaniora ikke har vært særlig stort de siste par hundre år, og heller ikke minoriteter har fått utfolde seg, kan disse ideene ha en viss mening og gjennomslagskraft.

Hadde forfekterne av disse ideene holdt seg til de humanistiske vitenskapene, kunne alt være forståelig. Våre samfunnsforskere, historieskrivere eller litteraturkritikere har skrevet mye rart i årenes løp. Men nå har filosofene også gått løs på det eksakte fag fysikk og dens metode, og prøvd å detronisere fysikken som foregangsfag og modell når det gjelder vitenskapelig framgangsmåte. Vitenskapelig objektive sannheter som kommer fram ved eksperimenter og observasjoner, er etter de nye filosofers mening ikke annet enn sosiale konvensjoner innafor en liten klikk av fysikere som er meningsløse utafor menigheten. I sin ekstreme form kunne denne tankegangen parodieres på følgende måte: *"Newtons tre lover for bevegelse er ikke annet enn uttrykk for tidsånden i England på 1600 tallet og har ikke gyldighet i våre dager. Newton var forresten en mannsjåvinist, kanskje kvinnehater, var grusom og en mystiker, og dette kommer fram i lovene hans. Det er ikke gravitasjonen som holder verden sammen, men kjærligheten!"*

Fysikkens framgangsmåter, lover og likninger ses på som etterlevninger av modernismens tidsånd, og er ikke lenger hovedoppskriften på hvordan sann viten skal erverves. Fysiske lover relativiseres slik at buskmannens oppfatning av naturlover og kosmos skal gis samme sannhetsinnhold som Newtons lover og Einsteins relativitetsteori. Den vitenskapelige metoden skal detroniseres. På den annen side kan en se at det innafor de alternative bevegelsene ofte henvises til vitenskapelige undersøkelser som skal ha bevist at f.eks. homeopatiske preparater virker. De bruker altså vitenskap som begrunnelse når det passer dem, mens det egentlig er trosforhold det dreier seg om.

Forholdene i USA

I USA har denne nye filosofien nærmest tatt preg av å gå til krig mot naturvitenskap og teknikk, og det er særlig ekstreme feministiske filosofer som ligger i fronten. En "Science War" er i gang. Nå gjelder det å bryte ned den for store anerkjennelse som fysikk og naturvitenskap har fått i filosofenes øyne. For undertegnede, som alltid har betraktet seg selv å tilhøre vesntresida, har det vært en skuffelse å erfare at også radikale og miljøbevisste, grønne grupperinger har latt seg forføre til å bruke det samme skytset mot naturvitenskapens framgangsmåter og resultater som er skildret ovenfor. Naturvitenskapens krav på å gi den objektive sannhet ansees bare å være en selvbekreftelse.

Filosofiprofessoren Sandra Harding, en radikal feminist, skriver i en av sine bøker, *The Science Question in Feminism*: *"Physicists, chemists, philosophers of science, and most of the rest of us believe that physics is the paradigm of science, and that science without physics as its paradigm is unimaginable. Minds reel at the suggestion that perhaps in the science of the future, physics will be relegated to the backwaters of knowledge-seeking and thought to be concerned only with esoteric problems that have little impact on how we live. Perhaps even today its problematics, methods, and favored languages already provide distinctly atypical examples of scientific enquiry that should not be models of other areas."* Det har vært historiske forsøk på å etablere nasjonale fysiske skoler der det etniske opphav til fysikerne ble en målestokk for sannhetsinnholdet i deres teorier. Disse forsøkene endte i katastrofer. Det samme vil en eventuell kjønnsrelatert fysikk.

Ut fra frykt for hva de nye filosofiske retningene skulle bety for de harde fysiske og biologiske vitenskapene, arrangerte New York Academy of Sciences for et par år sida en konferanse der vitenskapsmenn fra forskjellige fagfelt la fram sine tanker. En nylig utkommen bok[3] inneholder over 40 foredrag fra møtet der forfatterne går sterkt ut mot at humaniora og de sosiale vitenskapene vil avskaffe de vitenskapelige idealene eller Metoden, og også prøver seg med dette overfor naturvitenskapen. Dette ser de som en fare, ikke bare for vitenskap generelt, men også for det demokratiske samfunnet.

Vitenskapen trues fra mange kanter. Forståelsen for naturvitenskap hos vanlige folk er gått drastisk tilbake samtidig som det moderne samfunnet i stadig større grad er avhangig av vitenskapelige re-

sultater for å overleve og utvikle seg. Grunnforskning får stadig lavere bevilgninger. Søkningen til realfagene på universitetene er nedadgående. Folk flokker seg om moderne overtro, alternative metoder slik som økosofisk landbruk, homøopati og astrologi. Store folkegrupper lar seg bevege mer av tro enn av viten. Noen av innleggene i boka inneholder angrep på termodynamikken til Ilya Prigogine og København-skolens kvantefilosofi som de mener blir misbrukt til å forfekte metafysiske og holistiske oppfatninger av kvanteverdenen.

Det viser seg at elendigheten har spredd seg helt inn i USAs National Academy of Science. I et forslag derfra om nasjonale kunnskapskrav som måtte stilles til studenter innafor naturvitenskap, ble den beskrevet som *"a social activity of constructing knowledge"* og at elevene måtte forstå *"the tentative nature of scientific knowledge"*, videre at *"science is just a matter of social convention, rather than analysis of data."* Forslaget møtte hard kritikk fra amerikanske fysikere og ble senere trukket tilbake.

Forholdene i Norge

Ved NTNU i Trondheim, skal sivilingeniørstudentene fra nå av avlegge en prøve i filosofi, Ex.phil., slik det har vært vanlig for studenter ved alle andre norske universiteter. Ettersom NTNU består både av en teknisk-naturvitenskapelig og en samfunnsfaglig-humanistisk del, har målet for undervisningen i dette faget vært å gi studentene et grunnlag for å få et perspektiv på fagene ut ifra fundamentale problemstillinger som er almenne for alle fag. Det skal bidra til en tverrfaglig forståelse slik at teknologene skal kunne forstå humaniora og samfunnsvitenskap, mens de sistnevnte skal forstå naturvitenskap. Håpet har vært å skape en identitet ved universitetet slik at alle studenter skulle utvikle evnen til en vitenskapelig tenkemåte, til kritisk refleksjon og etisk bevissthet. Intensjonene har vært de beste.[4,5]

Emneinnholdet i dette nye faget, og hvem som burde undervise i det, har vært diskutert intenst i en serie artikler i Universitetsavisa, NTNU, det siste året. Det er blitt tatt for gitt av filosofene at de skulle ta hånd om dette faget ettersom de var spesialister på dette området. I diskusjonene mellom filosofene og naturviterne ved universitetet har likevel filosofene gjennom sine artikler 'skutt seg sjøl i foten' ved at de har blottet sin uvitenhet om naturfilosofien og – ja nettopp – Newtons lover! Dette viser seg altså å være et gjennomgående trekk ved alle filosofiske grupperinger i Norge, ikke bare Oslo-grupperingen som Jostein Gaarder er utgått fra.[6] En artikkel av en sosialantropolog[7] hadde følgende bombastiske tittel: *"Vitenskapens nye morgengry foran det tredje millennium."* Det var tydelig at forfatteren hadde forlest seg på spekulative artikler og bøker om moderne fysikk. Den ble møtt av et motinnlegg fra en kjemiker[8] med tittelen: *"Uforståelig vrøvl i akademisk innpakking."* I en av avisartiklene[9] kan en lese følgende revolusjonerende utsagn fra en ledende Trondheims-filosof: *"Som vi alle vet, faller ikke epler på en måte som tilfredsstiller Newtons lover for bevegelsesforandring, og et papir gjør det enda mindre."*(!) Disse sære filosofiske skriverier[7,9,10] møtte naturligvis en storm av protester fra professorer i fysikk, kjemi og ulike teknikker.[11,12,13,14]

Er denne diskusjonen et uttrykk for at den multikulturelle *"dekonstruksjonen"* av naturvitenskap og Metoden også er på vei inn i norsk filosofisk tenking? Vi ser med spenning fram til hvordan filosofiundervisninga ved NTNU vil arte seg i åra framover!

Referanser

1. C.P. Snow: *The two cultures, 2. ed.* Cambridge University Press (1964)
2. P.R. Gross and N. Levitt: *Higher superstition: The Academic Left and its Quarrels with Science.* The Johns Hopkins University Press (1994)
3. P.R. Gross, N. Levitt and M.W. Lewis (eds): *The Flight from Science and Reason.* New York Academy of Sciences (1996)
4. H.R. Skullerud: *Ikke-teknologiske fag i NTH-studiet.* UA (Universitetsavisa, NTNU, Trondheim) nr 9 (1996)
5. M. Reitan og I. Gullvåg: *Examen philosophicum etter år 2000.* UA nr 16 (1996)
6. O. Steinsvoll og Joe McCauley: *Naturvitenskapelige bommerter i litteraturen.* FFV **57**, 83 (1995)
7. S.E. Johansen: *Vitenskapens nye morgengry foran det tredje millennium.* UA nr 17 (1996)
8. M. Ystenes: *Uforståelig vrøvl i akademisk innpakning.* UA nr 18 (1996)
9. T. Wyller: *Fysikk og vitenskapsfilosofi.* UA nr 2 (1997)
10. T. Wyller: *Tråder til en vitenskapsfilosofisk klessnor.* UA nr 19 (1996)
11. C.M. Larssen: *Felles innføringskurs – innføring til hva?* UA nr 18 (1996)
12. I. Svare: *Felles vitenskapsfilosofi?* UA nr 1 (1997)

13. I. Svare: *Innføring i filosofi, Newton og fysikk.* UA nr 3 (1997)

14. T.K. Lien: *Wyller opphever Newtons lover.* UA nr 3 (1997)

(UA = Universitetsavisa, NTNU, Trondheim)

Jeg har også brukt tanker og informasjon om amerikanske forhold fra et foredrag som professor i fysikk, Scott Desjardins, Rhode Island University, holdt på et symposium i Osieczany, Polen, i 1997.

∞

Nobelprisen i fysikk -97

Nobelprisen i fysikk for 1997 deles likt mellom Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji og William D. Phillips for "utvikling av metoder til å avkjøle og innfange atomer ved hjelp av laserlys". Chu og Phillips er amerikanere, ansatt ved hhv. Stanford University og National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg. Cohen-Tannoudji er fransk og professor ved Collège de France og Ecole Normale Superieure i Paris.

For åtte år siden ble halve Nobelprisen tildelt Hans Dehmelt og Wolfgang Paul for utviklingen av teknikken med ionefeller. Årets pris kan sees som en oppfølging av utdelingen for 1989, siden de to temaene er nær beslektet. En vesentlig forskjell er imidlerdid at årets pris gis for avkjøling og innfanging av nøytrale atomer, noe som er svært mye vanskeligere å realisere enn å "stoppe" ioner ved hjelp av elektromagnetiske felt.

Nobelprisen honorerer de tre fremste aktørene innen et forskningsfelt i atom- og laserfysikk hvor det har vært stor aktivitet de siste 12–15 årene. Muligheten for å avkjøle atomer til nær 0° K ved hjelp av laserlys, ble først foreslått og diskutert i 1975. Det tok imidlertid ca. 10 år før de første praktiske resultatene ble publisert. Da klarte Phillips og medarbeidere å stoppe en stråle av natriumatomer og redusere temperaturen ned til 0,1° K. Dette ble oppnådd ved såkalt Dopplerkjøling. Dopplerkjøling for frie atomer oppnår en ved å utsette atomene for to motgående laserstråler med samme frekvens som er satt litt lavere enn en resonansfrekvens ω_A for atomet. Et atom som beveger seg med passende hastighet vil da kunne absorbere et foton fra den motgående laserstrålen, mens det ikke påvirkes av strålen i samme retning. Når atomet absorberer et motgående foton, får det også overført fotonets impuls og bremses derved litt, dvs. avkjøles. Atomet kvitter seg med den absorberte energien ved spontan emisjon av et foton etter en tid på typisk 10^{-8} s. Det kan da absorbere et nytt foton fra den motgående strålen, og bremses ytterligere ned. Denne syklusen kan så gjentas mange ganger. Ved spontan emisjon sendes fotonene ut i vilkårlige retninger, og det gir i gjennomsnitt ingen hastighetsforandring for atomet. Ved å benytte to motgående laserstråler, får en samtidig bremset ned atomer med motsatte hastigheter.

Nå har imidlertid et atom ikke uendelig skarpe resonansfrekvenser, men absorberer frekvenser innenfor en naturlig linjebredde Γ. Det viser seg at atomene stoppes mest effektivt hvis laserfrekvensen ω_L er satt slik at $\omega_L - \omega_A = -\frac{1}{2}\Gamma$. På grunn av den vilkårlige rekylretningen ved spontan emisjon av fotoner, og på grunn av noen andre mer subtile statistiske årsaker, vil det være en nedre teoretisk grense T_D for temperaturen som kan oppnås ved denne mekanismen. Denne såkalte Dopplergrensen er gitt ved $kT_D = \frac{1}{2}\hbar\Gamma$, der k er Boltzmanns konstant. For natriumatomer er Dopplergrensen 240 μK, og for cesium 125 μK. Hvis en vil avkjøle en stråle av atomer, behøves bare en motgående laserstråle. Starthastigheten i en slik stråle kan være av størrelsesorden 1000 m/s. Etter hvert som atomene bremses ned, vil de komme ut av resonans med laserfrekvensen. Dette problemet løste Phillips og medarbeidere ved å la atomstrålen gå langs aksen i en solenoid. Han benyttet seg da av Zeeman-effekten, og justerte magnetfeltet langs strålen slik at atomenes resonansfrekvens avtok i takt med hastigheten.

Noen tall kan belyse effekten av Dopplerkjøling. Den gjennomsnittlige bremsekraften på et atom under avkjølingen kan typisk være 100 000 ganger høyere enn gravitasjonskraften. Dette er allikevel ikke mer enn kraften på et enkeltladet ion i et elektrisk felt på $5 \cdot 10^{-8}$ V/cm. For å avkjøle et atom fra romtemperatur og ned mot 0° K trengs omring 30 000 fotonabsorpsjoner. En stråle med hastighet 1000 m/s lar seg stoppe på ca. 50 cm. Laserkjøling egner seg dårlig for makroskopiske systemer. Å avkjøle et mol av et stoff ned mot 0° K, ville kreve flere hundre kWh i laserenergi.

Et tredimensjonalt lasersystem er nødvendig for å oppnå nedkjøling av en prøve med frie atomer. Chu og medarbeidere realiserte dette ved hjelp av

seks lasere som parvis gir motgående stråler langs de tre koordinataksene. På denne måten klarte de å stoppe og innfange atomene i skjæringspunktet for alle strålene i tidsrom av inntil 0,5 s. Atomene oppførte seg i dette tilfelle som partikler i en seig væske, og lasersystemet fikk betegnelsen "*optical molasses*", eller 'optisk sirup' på norsk. På denne måten klarte de å avkjøle natriumatomer til 240 μK, i overensstemmelse med den teoretiske Dopplergrensen. Det viste seg imidlertid ved nye forsøk at det ble oppnådd en langt lavere temperatur på ca. 40 μK, dvs. eksperimentet fungerte mye bedre enn planlagt! Forklaringen på dette uventede resultatet ble etter hvert gitt av Cohen-Tannoudji og medarbeidere i Paris. Man hadde ikke tatt hensyn til at de atomære nivåene er degenererte, og at denne degenerasjonen heves som følge av vekselvirkningen med feltene i laserstrålen. Denne analysen førte til en ny og meget sofistikert kjøleteknikk som er kjent som Sisyfos-kjøling, etter den greske sagnfiguren Sisyfos som gudene dømte til å utføre det evigvarende arbeidet med å rulle en stein opp en bratt skråning. Analogien består i at en ved hjelp av en stående laserbølge hvor polarisasjonen periodisk skifter mellom lineær og høyre- og venstredreiende, kan få et atom som beveger seg langs bølgen til hele tiden å bevege seg fra et potensialminimum til et potensialmaksimum i det stående laserfeltet. Under bevegelsen vinner da atomet potensiell energi som tas fra dets kinetiske energi, dvs. det avkjøles. Minima og maksima i potensialet forekommer periodisk langs laserbølgen, men når atomet når et maksimum, sendes det via en eksitert tilstand direkte ned til neste minimum (optisk pumping). Økningen i potensiell energi stråles ut idet atomet returnerer fra den eksiterte tilstanden, ved spontan emisjon av et foton. Ved hjelp av denne finurlige teknikken ble det mulig å passere Dopplergrensen for nedkjøling, og temperaturer så lave som 3 μK ble oppnådd.

Neste utfordring var å passere rekylgrensen, som skyldes at atomene vil ha små vilkårlige bevegelser på grunn av rekylen de får ved hver spontan emisjon av et foton. Cohen-Tannoudji og medarbeidere klarte imidlertid a passere også denne grensen ved en teknikk hvor atomer med spesielt lav hastighet ble forhindret fra å absorbere stråling, og dermed også fra å emittere fotoner. Dette oppnådde de ved å få atomer med lav hastighet til å innta en tilstand i form av en koherent superposisjon av to tilstander med motsatte hastigheter. Absorpsjon fra en slik tilstand ble forhindret ved at de to superponerte tilstandene i det tilfellet ville interferere destruktivt. Temperaturer lavere enn μK ble oppnådd ved denne teknikken.

Har så disse elegant utførte eksperimentene vært til noen praktisk nytte, eller har de gitt ny fundamental fysisk kunnskap? De oppnådde resultatene bygger stort sett på oppfinnsom kombinasjon av kjente effekter, og teorien bak eksperimentene er essensielt semiklassisk strålingsteori. Det nye og meget interessante ligger i mulighetene for å manipulere og studere frie enkeltatomer nærmest uten termisk bevegelse. Dette gir mulighet for ekstremt nøyaktig bestemmelse av atomenes struktur og egenskaper, og ikke minst muligheter for å studere kvantefenomener for enkeltatomer, istedenfor som tidligere bare å studere statistiske gjennomsnitt fra et stort antall systemer. Som praktisk nytte nevnes gjerne at laserkjøling og innfanging synes å gi mulighet for enda nøyaktigere atomklokker enn de som allerede finnes. Chu og medarbeidere har ved hjelp av sin 'optiske sirup' klart å lage fontener av svært kalde cesiumatomer som kastes et lite stykke opp i tyngdefeltet. Idet de snur og faller ned igjen, står de nærmest stille i et tidsrom av omkring ett sekund. Dette gir en uhørt lang observasjonstid for et atomært system, og forventes å gjøre det mulig å observere klokkefrekvensen i cesium med en nøyaktighet på én til 10^{16}, mot én til 10^{13} for nåværende cesiumklokker.

Atomer med svært lave hastigheter gjør det også mulig å utføre en rekke atom-interferometrieksperimenter. Dette beror bl.a. på at slike langsomme atomer får deBroglie bølgelengder av størrelsesorden som laserbølgene. Slike atom-interferometre gjør det f.eks. mulig å foreta uhyre nøyaktige målinger av gravitasjonskraften, og spesielt av variasjoner i denne fra sted til sted. Teknikken vurderes av oljeselskapene som hjelpemiddel i oljeletingen. Sist, men ikke minst, må det nevnes at det er slike raffinerte kjøleteknikker som har gjort det mulig å observere den mye omtalte Bose–Einstein kondensasjonen av atomer. Dette fenomenet, som første gang ble observert sommeren 1995, består i at et stort antall atomer ved en temperatur på omkring to nano-Kelvin ($2 \cdot 10^{-9}$ K) inngår i en koherent kvantetilstand. Dette er det materielle motstykket til en koherent laserstråle av fotoner, og mye oppfinnsomhet konsentreres nå om å konstruere en "boser", dvs. en "laserstråle" i form av et Bose–Einstein kondensat av atomer. Kanskje dette blir temaet for den neste Nobelprisen innen atomfysikk?

Leif Veseth

∞

Bokomtale

Andrzej Krasinski: Inhomogeneous Cosmological Models. Cambridge University Press, 1997 (317 sider) £ 50,00 (US$ 80,00) ISBN 052148180.

Det kompliserte univers

Kosmologi er vitenskapen om universet som helhet, både i rom og tid. Først da Einstein i 1915 lanserte sin gravitasjonsteori, den generelle relativitetsteori, ble dette emnet en respektabel disiplin innenfor naturvitenskapene. Men Einsteins feltlikninger er vanskelige, og pionérene gjorde derfor visse forenklinger, både med matematisk og filosofisk begrunnelse. En antar da at det såkalte kosmologiske prinsipp er gyldig. Det betyr at i stor skala er universet likt over alt. Universet skal være homogent og isotropt. Homogenitet betyr da at universet skal synes å være det samme fra ethvert observasjonspunkt. Isotropi betyr at universet skal være det samme i enhver retning. En får da de såkalte Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker (FLRW)-modeller for universet. Det er disse modellene en møter i alle lærebøker i generell relativitetsteori.

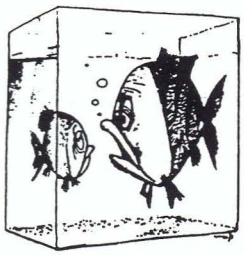
Andrzej Krasinski fra Kopernikus-senteret for astronomi i Warszawa har nå skrevet ei stor bok: "Inhomogeneous Cosmological Models", som tydelig viser hvor mye mer komplisert universet egentlig kan være. Men det viktige budskapet er at forskerne likevel ofte makter å behandle både de matematiske og fysiske problemer de møter. Krasinski er interessert i *eksakte* kosmologiske modeller, og han antar at FLRW-modellene er den korrekte første tilnærmelse for universmodellene. Han undersøker følgelig bare de modeller som vil gi en FLRW-modell når vilkårlige konstanter eller funksjoner antar spesielle verdier. Målet er å gi en oversikt over alle uavhengige kosmologiske løsninger for Einsteins feltlikninger og påpeke alle sammenhenger mellom dem. Dernest vil Krasinski vise alle de fysiske forhold disse løsningene forteller om.

Nå er det ingen lett oppgave å skaffe seg oversikt over den aktuelle forskningslitteraturen innenfor generell relativitetsteori. Arbeidene er spredt utover en skog av forskjellige fysikkjournaler. Dette fikk jeg sannelig selv erfare da jeg var gjesteforsker ved Institutt for teoretisk fysikk i Warszawa. Jeg ville samle all relevant litteratur om gravitasjonskollaps av kulesymmetriske, relativistiske stjerner. Jeg leste alle referansene i den litteraturen jeg visste om, og fulgte en spiralbane til stadig nye arbeider. Det bibliografiske materialet jeg hadde samlet, overlot jeg senere med glede til min gode venn Andrzej Krasinski, da han fortalte meg om prosjektet sitt angående inhomogen kosmologi.

Det er særdeles gledelig å vite at det kunnskapsfrøet jeg da sådde, har båret slike enorme fold. For Krasinski har studert denne litteraturen overordentlig grundig, siden disse ikke-statiske stjernemodellene ofte også er ganske relevante for inhomogene kosmologiske modeller. Men Krasinski nøyer seg ikke med å se på perfekte væsker. Han starter ganske så generelt med den store Szekeres–Szafron-familien av løsninger. Han behandler også løsninger med netto elektrisk ladning, varmestrøm, viskositet, orientert-rettet stråling og løsninger der kilden er et skalarfelt. Boka til Krasinski innebærer rett og slett en eksponentiell vekst av den viten mitt bibliografimateriale representerer.

Det er virkelig hyggelig at Krasinski skjønte alvoret da jeg under mitt siste forskningsopphold ved Kopernikus-senteret rådet han til å gi ut stoffet sitt i skikkelig bokform og ikke bare nøye seg med å publisere dette viktige materialet som et spesialnummer av f.eks. Physics Reports. Boka representerer et kosmologiens skattkammer, og den relativitetsteoretiker er fattig som ikke har "Inhomogeneous Cosmological Models" i sitt eie. Den som nå *vil* lære, *kan* lære.

Krasinski har gjort et enormt flittig samlerarbeid, og denne boka er kartet en kan og bør orientere etter for å finne fram i villnisset av publiserte arbeider som ofte ikke er lett tilgjengelige. Her finnes også en mengde av figurer og diagrammer som gir en rask oversikt over hvordan de forskjellige forskningsarbeidene for bestemte områder er relatert til hverandre. Koordinatfriheten i generell relativitetsteori innebærer jo at selvsamme løsning kan opptre i helt forskjellige forkledninger. Det er en ganske formidabel oppgave å finne fram slektskapet mellom ulike løsninger. Den fysiske tolkningen av en løsning er heller ikke uten videre gitt, siden forskjellige kilder for gravitasjonsfelt kan gi samme linjeelement. Den som mener å ha fruktbare ideer innenfor dette emnet, må absolutt finne ut hvor problemstillingen hører hjemme ved å lese i denne boka før han regner oppover stolper og nedetter vegger. Krasinski understreker hvor mange det er som bare finner opp hjulet på nytt når de ignorerer den vitenskapelige litteraturen som foreligger. Den særdeles viktige metrikken for kulesymmetriske



løsninger uten skjær ble f.eks. oppdaget av minst 17 forskjellige forfattere over en periode på omtrent et halvt århundre. Forskerne må altså lære seg å *lese*; det er ikke nok å være flink til å regne.

Boka vil selvsagt være utrolig nyttig for folk som skal bedømme kvaliteten på nye forskningsarbeider i relativitetsteori. Krasinski gir også en god del hint underveis om problemer som det kan være verdt å forfølge. Her er det oppgaver å ta fatt på for unge, friske krefter som vil arbeide mot en doktorgrad.

Her er en utrolig mengde stoff til spennende ettertanke. Eksakte løsninger finnes som kunne forutsi de enorme tomrommene i kosmos der astronomene i 1980-årene påviste at det knapt finnes galakser. Galaksedannelse ble undersøkt av Lemaître allerede i 1933, og Bonnor kunne påvise at statistiske perturbasjoner i et homogent univers ikke ville vokse til galakser i den tiden som sto til rådighet. Her påpekes også at allerede Szekeres-løsningene gir et moteksempel til den eldste og enkleste formuleringen av hypotesen om såkalt kosmisk sensur. Det nevnes videre at det finnes modeller der det berømte Big Bang er ganske underfundig. Den singulariteten som urskapelsen representerer, er posisjonsavhengig. Big Bang blir da en prosess i tiden og er ikke en enkelt begivenhet i tid og rom.

Selvsagt er det et utpreget matematisk foretak å gi seg i kast med å få fram eksakte løsninger av tensorlikningene til Einstein. Men forskningslitteraturen viser at dristige vitenskapsfolk med pågangsmot har oppnådd vakre resultater. Boka til Kramer, Stephani, MacCallum og Herlt, "Exact Solutions of Einstein's Field Equations", gir en bredest mulig oversikt over alle mulige eksakte løsninger. Boka til Krasinski er mer spesialisert og går da følgelig mye dypere i det stoffet den behandler. Men for å bli frelst er det nødvendig å kjenne både de ti bud fra Det gamle testamente og Bergprekenens budskap om nestekjærlighet fra Det nye testamentet. Nå foreligger også relativitetsteoretikernes to fundamentale "bibeltekster".

Henning Knutsen

∞

In Memoriam

Knud Hansen (1927 – 1997)

En av Nordens mest markante personligheter innen eksperimentell elementærpartikkelfysikk, Knud Hansen, Niels Bohr Institutet, er gått bort, såvidt 70 år gammel. Han ble født 12. oktober 1927 og døde 15. oktober 1997.

Knud Hansen ble cand.scient. ved Universitetet i København i 1954 og vitenskapelig assistent ved Niels Bohr Institutet (NBI) i 1956. Han var amanuensis ved NBI fra 1959 og avdelingsleder fra 1965. Han var medlem av NBIs bestyrelse 1972–79, bestyrer 1982–89 og medlem av fakultetsrådet 1978–79. I perioden 1982–85 var han adjungert professor ved University of Philadelphia. Han var også i en periode medlem av CERNs råd. I erkjennelse av Knud Hansens store innsats for partikkelfysikken ble han i 1983 kreert til æresdoktor ved Universitetet i Lund.

Knud arbeidet med alle teknikker innen moderne eksperimentell partikkelfysikk, fra emulsjoner via boblekammerteknikk til vår tids gigantmaskiner og svære detektorkompleks. Han søkte alltid fysikken bak observasjonene, og teorien var for ham en del av observasjonsgrunnlaget. Teori var forøvrig noe som ikke bare teoretikere uten skitt på fingrene kunne ha en mening om. Knud hadde den sjeldne egenskap som noen få eksperimentalfysikere har, en følelse for de fysiske størrelser ut over det som tallkolonner og diagrammer gir. På en måte var han en kunstnertype som gikk sine egne veier fordi han søkte fysikkens indre sammenheng og vesen.

Knud var fra starten av sterkt engasjert i et norsk–dansk proton–proton eksperiment ved CERNs PS-akselerator basert på CERNs 2-meter hydrogen boblekammer som hurtig fikk tilslutning fra svenske og finske grupper. Han viste tidlig tro på kvarkene ved allerede på Heidelberg-konferansen 1967 å presentere kollaborasjonens primitive "quark exchange model" i en tid da Regge-polene dominerte. Siden kom mer avanserte og matematiserte "constituent exchange models" som viste at kollaborasjonen tidlig hadde vært inne på et interessant og lovende spor. Knud prøvde å reprodusere observasjonene ved en strålingsmodell der han tenkte seg de eksiterte protoner som kilde for Planck-stråling. Da Feynmans skaleringsartikkel kom i 1969, fanget den straks Knuds interesse, og han benyttet data fra det skandinaviske proton–proton-eksperimentet ved 19 GeV/c til å studere mulig skalering av de negative partiklers fordelinger. Skalering ("scaling") forble i lang tid Knuds store interesse.

Knud valgte så sammen med grupper fra Bergen og Lund å gå i samarbeid med britiske grupper om et eksperiment på ISR, dvs. CERNs lagringsringer, der han ville observere partikkelproduksjonen i 90-graders området for å studere Feynman-scaling.

Det nordiske ISR-samarbeidet ble videreført i et nytt eksperiment ved den såkalte splitfield-magneten. Observasjon av jets var nå blitt hovedformålet. Man trigget på en partikkel med høyt transversalt moment og studerte partikkelstrukturen på motsatt side. Resultatene gikk i favør av jetproduksjon.

Knud sluttet seg til et forslag om å bygge en toroide-magnet for optimal observasjon av partikler emittert i området vinkelrett på strålene. Ved å trigge på stor samlet transversell energi en vei, kunne man vise jetproduksjon på "motsatt side". Resultatene som ble presentert på konferansen i Paris i 1982, kom imidlertid noe i skyggen av resultatene fra CERNs proton–antiproton-collider.

Da ISR ble lagt ned, gikk Knud og hans gruppe i prinsippet over til DELPHI, men Knuds hjerte fulgte ikke med. Derfor gikk han til et relativistisk tungioneprosjekt for å lete etter kvark–gluon plasma. Her var han så aktiv som bestyrerjobben på NBI og hans etter hvert sviktende helse, tillot.

Vi har i forskjellige perioder hatt nære forbindelser med Knuds aktiviteter innen fysikk. Den som har hatt anledning til å diskutere fysikk med Knud, og da helst partikkelfysikk, den som har fått lære av bredden i hans dype forståelse av fysikk, eller den som har fått synge "... slibe knive og slibe sakse ..." sammen med ham, glemmer ham ikke.

Vi skulle gjerne igjen kunnet vandre sammen med Knud gjennom Københavns nattstille gater, men det er ikke lenger mulig. Vi lyser fred over Knuds minne.

Tor Jacobsen
Ragnar Møllerud
Haakon Olsen

∞

Nye Doktorer

Mari Helene Hjelstuen

Sivilingeniør Mari Helene Hjelstuen har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med avhandlingen *Opptak og distribusjon av antistoffer i multicellulære sfæroider og tumorer.* Antistoffene som ble benyttet kan være effektive i behandling av små svulster som ofte oppstår ved spredning av kreft.

På overflaten av kreftceller finnes det spesielle proteiner, såkalte antigener, som kan utnyttes til å drepe kreftceller uten at normale celler skades. Antistoffer som binder seg spesifikt til disse antigenene brukes som bærere av radioaktive isotoper eller andre giftstoffer. Forsøk med pasienter har vist at en altfor liten del av antistoffene som sprøytes inn i blodet når fram til kreftcellene. Bakgrunnen for doktorgradsarbeidet har vært å studere noen av de faktorene som begrenser opptak og distribusjon av antistoffer i kreftvev. Dette ble studert i to typer tumormodeller: små kuleformede samlinger av kreft-

celler dyrket i laboratoriet, såkalte multicellulære sfæroider, og kreftsvulster grodd i mus.

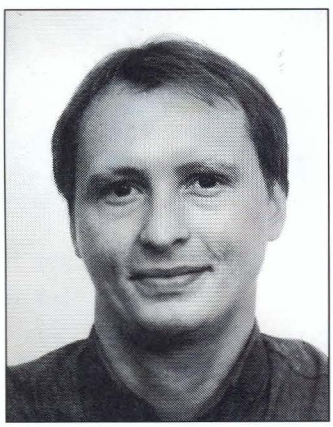
Hjelstuen har etablert en ny metode for å måle opptak av antistoffer i tykke vevsprøver. De tre antistoffene som ble benyttet bandt seg til alle cellene i sfæroidene, men opptak og distribusjonsmønster varierte. Opptaket økte med økende konstentrasjon. Det var lavt i kreftsvulster grodd i mus, og lokalisert til områder rundt blodårer i ytterkant av tumorene, men distribusjonen ble bedre ved injisering av større mengder antistoff. Tumorcellene er omgitt av en sukkergel med proteiner som begrenser opptaket av antistoffer. Mengden av sukker og proteiner i de to tumormodellene ble sammenliknet.

Avhandlingen er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med førsteamanuensis Catharina de Lange Davies som hovedveilder. Doktorgradsarbeidet ble støttet økonomisk av Den Norske Kreftforening.

Mari Helene Hjelstuen ble utdannet siv.ing. ved Fakultet for fysikk og matematikk, NTH, i 1992.

∞

Morten Kildemo



Sivilingeniør Morten Kildemo har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med avhandlingen *Monitorering og regulering av plasmadeponerte optiske strukturer ved hjelp av ellipsometri.*

Optiske filtre og multilagstrukturer anvendes i en mengde kommersielle produkter fra kamerafiltre til avanserte laserspeil i integrert elektro-optikk og høyeffekt laserteknikk. De består av mange tynne filmer som er lagt oppå hverandre eller filmer med kontinuerlig varierende sammensetning. Nye bruksområder innenfor industri og forskning krever høy presisjon ved produksjon av slike strukturer.

I doktorgradsarbeidet har Kildemo benyttet seg av at polarisasjonsgraden til lyset forandres ved refleksjon fra en overflate eller en multilagstruktur. Ellipsometri er en teknikk hvor polarisasjonsgraden til lyset brukes for å bestemme de optiske egenskapene til filmene. I prosjektet er det utviklet banebrytende matematiske metoder for å bestemme den optiske strukturen under vekst. Det er oppnådd svært høy presisjon ved å bestemme og regulere brytningsindeks og tykkelse til en film.

Filmene ble grodd i en reaktor basert på tilførsel av gasser som inneholder de atomene som skal danne filmen. Ved å tilføre energi til gassen oppnås filmvekst på substratet. Denne prosessen, Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition, håper man skal bli banebrytende innenfor optikk og integrert elektronikk på store overflater som solcellepaneler og flate dataskjermer. Prosjektet vil trolig få betydning i optikk- og elektronikkindustrien.

Arbeidet er utført i et samarbeidsprosjekt mellom Institutt for fysikk, NTNU, og Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces, École Polytechnique, Frankrike, med professorene Ola Hunderi og Bernard Drévillon som hovedveiledere.

Morten Kildemo ble utdannet Master of Engineering (siv.ing.) ved University of Glasgow, i 1993.

∞

Knut Kvien

Sivilingeniør Knut Kvien har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med avhandlingen *Eksakt teori for bilder av sylindre og kuler.*

Moderne avbildningsteknikker brukes på så vidt forskjellige områder som seismisk oljeleting og medisinsk røntgen- og ultralydavbildning. For å få

gode og pålitelige bilder må vi kjenne til vekselvirkningen mellom bølgefelt og den strukturen vi ønsker å avbilde. Det finnes flere tilnærmede modeller for denne vekselvirkningen, men til nå har det vært usikkert hvor gode de er. I avhandlingen undersøker Kvien avbildning av sylindriske og kuleformede strukturer hvor vi har eksakte modeller for vekselvirkningen. Disse sammenliknes med de ulike tilnærmede modellene, og av disse gir en enkel strålemodell de beste resultatene.

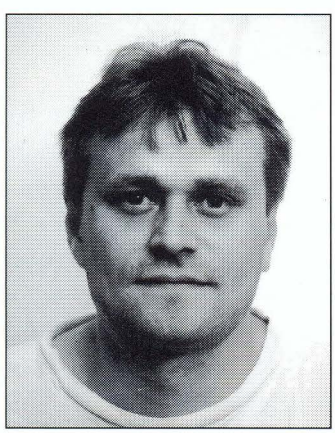
Kvien undersøker også hvor nøyaktig omrissene av en sylinder eller en kule blir avbildet. Det viser seg at det blir en forskyvning av skyggekanten som avhenger av objektets overflatekrumming. Dette har stor betydning for kontaktløs presisjonsmåling av strukturer. På teorisiden har Kvien utviklet formler og beregningsprogrammer for eksakt billedfeltberegning. Han har også påvist at de eksakte resultatene har enkle fysiske fortolkninger. Resultatene har direkte anvendelse for tredimensjonale avbildningsmetoder som diffraksjonstomografi og konfokalmikroskopi.

Avhandlingen er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor Hans Magne Pedersen som hovedveileder og professor Ole Johan Løkberg som medveileder.

Knut Kvien ble utdannet sivilingeniør ved Fakultet for fysikk og matematikk, NTH, i 1991.

∞

Ragnvald H. Mathiesen



Sivilingeniør Ragnvald H. Mathiesen har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med avhandlingen *Triplettfase invarianter – fysisk estimering med utvalgte anvendelser innen krystallografi.*

Ved bruk av høykvalitets røntgenstråling fra synkrotronanlegg kan krevende eksperimentelle betingelser oppfylles slik at en får tilgang til størrelser som ikke lar seg bestemme ved vanlig røntgendiffraksjon. Disse størrelsene er inkludert som tilleggsinformasjon i eksisterende løsningsmetoder for molekylstrukturer i krystallinske materialer. Dette har ført til en utvidelse av metodenes anvendelsesområde, spesielt med henblikk på studier av biokjemiske strukturer som f.eks. proteiner. Tilleggsinformasjonen kan brukes til studier av strukturelle faseoverganger.

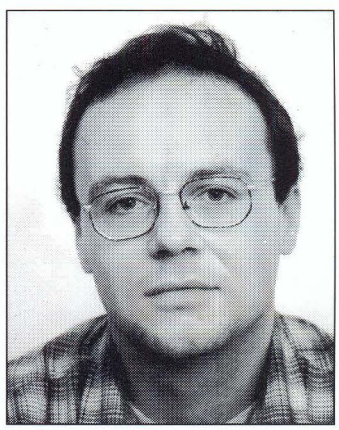
Forskningsresultatene er spesielt viktige i karakteriseringen av små proteinstrukturer og krystallinske polypeptider der det ikke eksisterer metoder som gir løsninger generelt, men hvor hvert enkelt problem må angripes med de mest hensiktsmessige eksperimentelle og analytiske metoder.

Avhandlingen er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor Frode Mo som hovedveileder.

Ragnvald H. Mathiesen ble utdannet sivilingeniør ved Fakultet for fysikk og matematikk, Norges tekniske høgskole, i 1991. Han er for tiden post doc. ved NTNU, finansiert av Norges forskningsråd.

∞

Anders Kristoffersen



Sivilingeniør Anders Kristoffersen har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med avhandlingen *Elektroner i sterke magnetfelt og forurensningspotensialer.*

Elektroner i uordnede todimensjonale systemer med sterke magnetfelt har betydning for forståelsen av kvante Hall-systemet. Kvante Hall-effekten er blant de viktigste oppdagelsene innen faststoff-

fysikk i den senere tid og innbrakte oppdageren, Klaus von Klitzing, Nobelprisen i fysikk for 1985. I doktorgradsarbeidet har Kristoffersen studert en klasse av matematiske modeller for dette systemet. Modellene er enkle nok til at man kan gjøre detaljerte beregninger på dem, men samtidig avanserte nok til å fange opp de essensielle egenskapene til det fysiske systemet som betraktes.

Kristoffersen har foretatt både analytiske og numeriske beregninger av energispekteret og bølgefunksjonene til systemet. Videre har han analysert effekter av å gjøre kvantemekaniske beregninger i systemer med ikke-triviell (torus) topologi. Dette – også kjent som 'periodiske grensebetingelser' – er en standardmetode innen teoretisk faststoff-fysikk, men den fører til spesielle effekter når man har magnetfelt til stede.

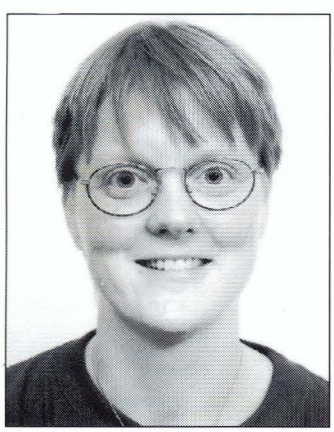
I kvante Hall-systemet er det essensielt å kunne skille mellom elektroner som er lokalisert til bestemte steder i rommet og elektroner som er utstrakt over hele systemet. Kristoffersen har utviklet en ny metode for å kunne skille mellom disse to kategoriene. De analytiske beregningene kan brukes til å sammenlikne med eksperimenter, og til å kontrollere numeriske simuleringer.

Prosjektet er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor Kåre Olaussen som hovedveileder.

Anders Kristoffersen ble utdannet sivilingeniør ved Fakultet for fysikk og matematikk, NTH, i 1993. Han er for tiden stipendiat ved Institutt for fysikk, NTNU.

∞

Turid Worren



Sivilingeniør Turid Worren har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med avhandlingen *Optisk karakterisering av InxGa1-xAs/GaAs multiple kvantebrønner – Eksperimenter og teori.*

Framskritt innen informasjonsteknologi er basert på en grunnleggende forståelse av egenskapene til halvledere som danner basis for elektroniske og elektro-optiske komponenter, som transistorer og laserdioder. Kontrollert framstilling av halvlederheterostrukturer kan oppnås på ulike måter og med varierende presisjon.

Prøvene som Worren har studert er framstilt atomlag for atomlag ved hjelp av molekylstråleepitaksi (MBE). De består av tynne alternerende lag av indium–galliumarsenid og galliumarsenid. Disse materialene vil gi lasere som krever mindre strøm for å drives. For små systemer blir kvantemekaniske effekter viktige, bl.a. kan et elektron bare ha bestemte energier. Disse energiene er beregnet for de aktuelle prøvene. Spesielt omhandler avhandlingen beregninger og målinger av elektroniske tilstander i et energiområde som er lite studert tidligere. Ved å studere prøvene med spektroskopiske teknikker kan elektroniske overganger mellom energinivåer observeres. Worren har beregnet de målte spektrene i god overensstemmelse med eksperimentene.

Prosjektet er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor Ola Hunderi som hovedveileder.

Turid Worren ble utdannet sivilingeniør ved Fakultet for elektro- og datateknikk, NTH, i 1992. Hun er nå post doc. ved NTNU.

∞

Zhenghong Gong

Sivilingeniør Zhenghong Gong fra Kina, har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med en avhandling om høytemperatur-superledere. Avhandlingen har tittelen *Investigation of YBa2Cu3O7-è/Ag Thin Film Interfaces; Performance of a Surface Acoustic Wave Filter with YBa2Cu3O7-è Superconducting Electrodes.*

Høytemperatur-superleder (HTS)-teknologien finner nu veien inn i deteksjons- og målekretser for mobil kommunikasjon, medisinsk diagnostikk, materialkontroll og mer eksotiske vitenskapelige anvendelser som radioastronomi. I doktorgradsarbeidet har Gong spesielt tatt for seg framstilling av normalledende kontakter til HTS-tynnfilmer av

yttrium–bariumkopperoksid. Hun har blandt annet undersøkt transportegenskaper og mikrostrukturer for slike kontakter, og har også framstilt og analysert et akustisk overflatebølge-frekvensfilter med HTS-transduserelektroder. Et viktig funn her er redusert innskuddstap med ca. 30 dB i den superledende tilstanden. Arbeidet bidrar til økt innsikt i sammenhengen mellom dekomponeringsbetingelser og mikrostruktur for høytemperatur-superledende komponentstrukturer.

Doktorgradsarbeidet er utført ved Institutt for fysikalsk elektronikk, NTNU, med professor Jostein Grepstad som hovedfaglærer.

Zhenghong Gong ble utdannet Master of Science ved Nanjing University i Kina, i 1987.

∞

Geir Engen

Cand.scient. Geir Engen har forsvart sin avhandling *Imaging ocean waves with Synthetic Aperture Radar*, for dr.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø.

I dette prosjektet har Engen studert hvordan kombinasjonen av statistiske parametre fra SAR-bilder (Syntetisk Apertur Radar) kan brukes til å estimere energifordelingen i havbølger som funksjon av retning og bølgelengde. For store havområder kan slik informasjon bare fåes fra SAR montert på satellitt, og denne informasjonen er viktig både for skipsfart, for maritime installasjoner og som grunnlag for meteorologiske klimastudier.

Engen har beskrevet hvordan havoverflaten avbildes med en SAR, og hvordan dette kan gi informasjon om vind og havbølger. Metoden som er utviklet, er uavhengig av tilleggsinformasjon om vindens retning og hastighet. Dette er oppnådd ved samtidig å benytte flere SAR-bilder med ulik polarisasjon. Metoden er demonstrert på SAR-data fra både fly og romferge.

Den europeiske romforskningsorganisasjonen ESA, vil i 1999 sende opp en satellitt (ENVISAT) der ett av instrumentene er en SAR med flere polarisasjonsmuligheter. Metoden vil ha betydning for hvordan denne satellitten kan benyttes til avbildning av havbølger.

Doktorgradsarbeidet er utført ved Norut Informasjonsteknologi AS i Tromsø. Under studiet har Engen gjestet både IFREMER i Frankrike og NASA Goddard Space Flight Center i USA. Prosjektet ble finansiert av Norges forskningsråd.

Geir Engen tok cand.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø i 1990, og arbeider nå som forsker ved Norut Informasjonsteknologi AS.

∞

Trim i FFV

FFVT 4/97

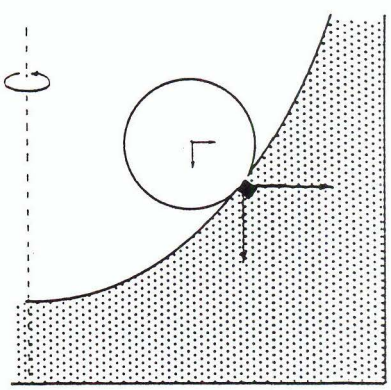
a) Fordi lysspredningen på små partikler er omvendt proporsjonal med bølgelengden i fjerde potens, vil det spredte sollys med kortest bølgelengde dominere, og dette argumentet alene tilsier at himmelen burde være fiolett. I enkelte framstillinger sies det at med overflatetemperatur 5900 K på sola, vil den innfallende solstråling ha mindre intensitet i fiolett enn i blått så resultatet blir en blå og ikke en fiolett himmel. Er du tilfreds med forklaringen?

b) Hvordan kan lysutstrålingen fra den røde kjempestjernen Mira variere med en faktor på omlag 250 når overflatetemperaturen bare varierer mellom 1900 K og 2600 K? Bryter ikke dette med Stefan-Boltzmanns T^4-lov?

Løsning FFVT 3/97

Spørsmålet dreide seg om likevektsposisjonen til en flytende bordtennisball i et kar som roterer med konstant vinkelhastighet. Når ballen legges et stykke fra sentrum, vil den drive ut mot kanten, drive inn mot sentrum eller ligge i ro?

Svaret er at den vil drive inn mot sentrum. En ser det enkelt for en svært lett ball, som på tegningen.



Et lite væskeelement i overflata (merket med et svart kvadrat) vil ligge i ro. Det betyr at i det roterende systemet vil summen av tyngdekraft og sentrifugalkraft ikke ha noen komponent parallell med væskeoverflata. For bordtennisballen vil størrelsen av sentrifugalkrafta pr. masseenhet bli mindre siden tyngdepunktet ligger nærmere rotasjonsaksen, mens tyngdekraft pr. masseenhet naturligvis er den samme som for væskeelementet. For ballen vil derfor summen av sentrifugalkraft og tyngdekraft få en komponent parallell med overflata, rettet innover.

Denne kraftkomponenten blir liten, og det går derfor seint å drive mot sentrum. En husholdningsmaskin (uten rører i bollen) er velegnet til å etterprøve saken.

∞

Hva skjer

Skandinavisk symposium i akustikk

Akustikkgruppen inviterer til *21th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics* 1–3. februar 1998, på Ustaoset Høyfjellshotell. Aktuelle temaer er hydroakustikk, undervannsakustikk, ikkelineær akustikk, geoakustikk, ultralyd og anvendelser i teknologi og medisin. Vi påregner 50–60 deltakere fra Norden og enkelte andre land, og ca. 30 foredrag i 5 sesjoner. Det avsettes også rimelig tid til friluftsaktiviteter og kontaktskapende samvær. Møtespråket er engelsk.

Programmet blir i hovedtrekk: Ankomst i løpet av søndag ettermiddag, med åpning om kvelden. Morgen og ettermiddagsesjon mandag og tirsdag, og morgensesjon onsdag, med foredrag av 15–25 min. lengde. Det endelige programmet utsendes i begynnelsen av januar. Proceedings vil bli utgitt etter møtet.

Pensjonspris inklusive alle måltider, er 850 kr i enkeltrom og 700 i dobbeltrom. Det er ingen registreringsavgift. Hovedfags- og doktorstudenter kan søke Akustikkgruppen om reisestøtte, så langt midlene rekker.

Påmelding (med foredrag) skjer innen 8. desember til: Halvor Hobæk, Fysisk institutt, Allégt. 55, 5007 Bergen; tlf: 55582787, fax: 55589440, e-post: halvor.hobak@fi.uib.no Senere påmelding aksepteres i den grad det er plass på hotellet. Oppdatert informasjon legges ut på: http://www.fi.uib.no/SAFT/akustikk/ustaoset.html

∞

Nytt fra NFS

Aktivt år for UHU

UHU – Utvalg for universitets- og høgskoleundervisning i Norsk Fysikklærerforening, har sitt første virkeår bak seg, godt og vel. Siden juni 1996 er følgende aktiviteter gjennomført:

- Egen temadag om postgymnasial fysikkundervisning under "Landskonferansen om fysikkundervisning" på Hafjell, 9. august.
- Medarrangør av "Nordisk workshop om grunnleggende fysikkundervisning på universitetsnivå", med representanter fra ti universitet og høgskoler i fire nordiske land, 10–12. august.
- Ordning med kontaktperson for fysikklærere i videregående skole på alle universitet.
- Fellesannonsering av fysikkstudier i meldingsbladet "Fysikklæreren".
- Samarbeid med Norsk fysikkråd om en handlingsplan for rekruttering og læreplanarbeid.
- Deltakelse i European Physical Societys "Forum on Education".
- Felles nettverk for forelesere på grunnkursnivå på universitetene og de regionale høgskolene, er under oppstarting.
- Utarbeidelse av oversikt over undervisningen i emnegruppene i fysikk ved de institusjonene som utdanner fysikere.
- Utarbeidelse av statistikker over studenttall på grunnfags- og hovedfagsnivå.

I forbindelse med de to siste punktene, er det utarbeidet en enkel rapport: "Grunnleggende fysikkundervisning på universitetsnivå." Rapporten inneholder en detaljert oversikt over fysikkursene på grunnfagsnivå ved NLH og alle universitetene i Norge, med navn på forelesere, læreboktitler, timefordeling, studenttall m.m. for hvert kurs. Dertil gir den en enkel oversikt over antall fysikkstudenter på alle nivåer ved hvert lærested siste år, som gjengitt

i tabellen. Som appendix, er en eksamensoppgave fra det første grunnkurset gjengitt.

UHU har som målsetning å gi ut en slik rapport årlig, slik at oppdatert informasjon er tilgjengelig som utgangspunkt for samarbeid i forelesernettverk og som informasjon om hvordan studentrekruttering og kandidatproduksjon utvikler seg.

Studenttall fra lærestedene i Norge som har fysikkundervisning på hovedfagsnivå

Student -tall 1996	UiTØ	NTNU siv. ing. fysikk	NTNU cand. scient.	UiB	UiO	NLH cand. scient. + siv. ing. fysikk	SUM
Grunnkurs for ikke-fysikere «biologkurs»	27	-	27	66	339[1]	85	**544**
strykprosent	22		18	39	28	18	
Første grunnkurs i emne-gruppen	12	102	32	72	99	8	**334**
strykprosent	42	5	6	19	24	25	
Ferdig med emne-gruppe	14	89	25	36	45	15	**224**
Hovedfag	8	43	9	34	45	3	**142**
jenteandel	38%	39%	67%	15%	20%	0%	
Doktor-grad	5	7	0 (ordinært 2-3)	6	16	0	**34**
jenteandel	0%	14%		0%	31%		

[1] *Sum høst og vårsemester*

En gruppe bestående av Inger Forseth (Høgskolen i Narvik), Leif Fausa (Sjøkrigsskolen) og Tarald Peersen (Høgskolen i Agder), arbeider med å lage en oversikt over fysikkundervisningen ved de regionale høgskolene med tanke på å utvide forelesernettverket.

Rapporten "Grunnleggende fysikkundervisning på universitetsnivå" (pris 40 kr), kan bestilles fra: Biblioteket, Institutt for tekniske fag, NLH, Postboks 5065, 1432 Ås. Tlf. 6494 8700; e-post: karin.lyngmo@itf.nlh.no

Arne Auen Grimnes
leder UHU

∞

Nye medlemmer tatt opp 14. nov. 1997:

Nils Olav Hoemsnes
6443 Tornes i Romsdal

Thor Østmoe
Åsta Vest, 2450 Rena

Alv-Arne Grimstad
Fysisk institutt, UiB, Allégt. 55, 5007 Bergen

Egil Jacobsen
Dølebakken 28, 3215 Sandefjord

Berit Bugnum
Høibøgata 18, 3670 Notodden

Bernt Bøckmann
Ole Johansens vei 76, 3025 Drammen

Arnljot W. Klæt
7074 Spongdal

Roald Skjerdal
Ryggeveien 363, 1580 Rygge

Svein Børge Haugberg
Bokeveien 27, 3229 Sandefjord

Harald Kolderup
Brevikveien 18, 1555 Son

Tarald Peersen
Kongsgård allé 20, 4604 Kristiansand

Bjørn Lie
Steinvikveien 76, 5353 Straume

Sigurd Jaastad
Odda vgs., 5742 Odda

Erik Andersen
Kipleveien 37, 5074 Godvik

Lars Engvik
Kurveien 37, 0495 Oslo

Åshild A. Broks
Grønlandsveien 20, 9013 Tromsø

Rune Stadsnes
Tanks skole, Pb. 1113, 5001 Bergen

∞

C-BLAD

Returadresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

God Jul!

GRAFISK PRODUKSJON OG TRYKK: OSLO SATS, REPRO & MONTASJE A/S

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.
E-post: thormod @fys.uio.no

Visepresident:
Professor Erlend Østgaard,
Fysisk inst., NTNU (AVH), Trondheim.

Styremedlemmer:
Stipendiat Leni Grant,
Nordlysobs., Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Førsteamanuensis Anders Isnes,
ILS, Univ. Oslo.

Selskapets sekretær:
Stipendiat Tove Svendby,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 56 41, Fax.: 22 85 56 71
E-mail: tove.svendby@fys.uio.no
Postgiro: 0802 5883889
Bankgiro: 5102.05.42806

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Professor Øivin Holter,
Professor Finn Ingebretsen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonssekretær:
Overingeniør Karl Måseide,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå,
Inst. f. mat. realfag, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup,
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer,
Inst. f. fys., NTHU (NTH), Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. f. teor. astrofys., Univ. Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 28
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22
E-post:
oivin.holter@fys.uio.no
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0807 5104724
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement 120 kr. (Studenter 60 kr.)
Løssalg 40 kr. pr. nummer.