Fra Fysikkens Verden

Nr. 3 – 1992
54. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

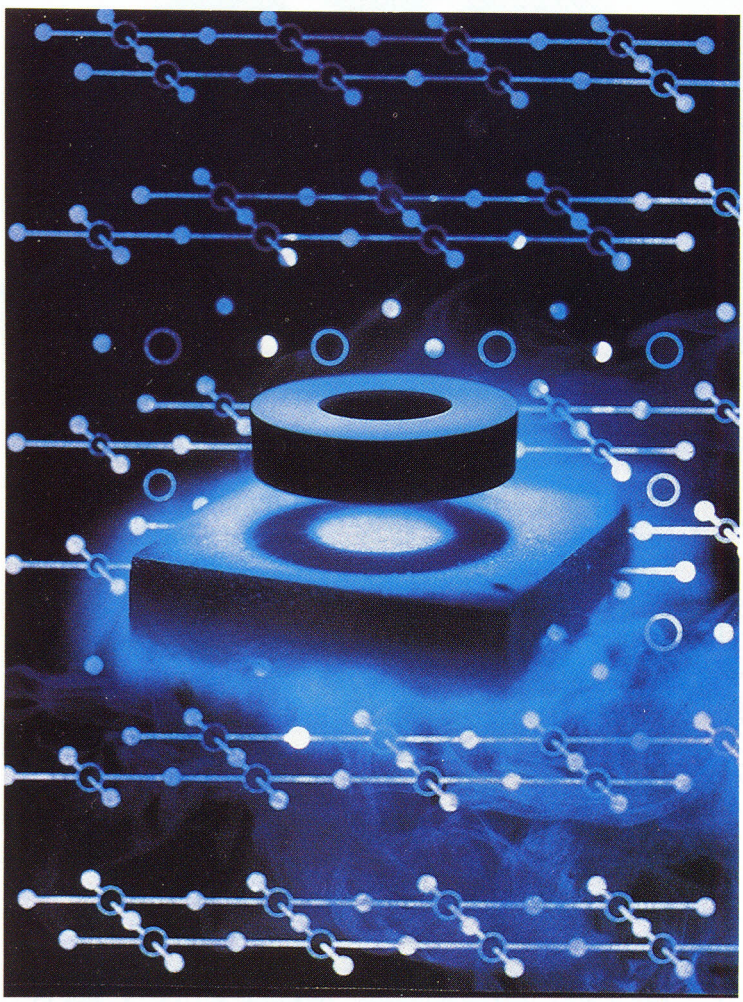
Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

T.H. Johansen, H. Bratsberg og A.T. Skjeltorp:
Magnetisk levitasjon 64

Olav Steinsvoll:
Nøytronet 60 år 70

Fra Redaktørene 62
In Memoriam: Sverre Westin 62
FFV Gratulerer 63
Kommentar: Stefan-Boltzmanns lov . 76
Konferanse: Romforskning i Oslo ... 77
Bokomtaler 78
Nye Doktorer 79
Dr.ing. Helge Nareid
Dr.ing. Trond Inge Westgaard
Trim i FFV 79
Hva skjer 80
Nytt fra NFS 80
Årsmelding
Nye medlemmer



Magnetisk levitasjon (Se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Store deler av norsk fysikk er i de senere årene blitt evaluert av internasjonale ekspertkomitéer, enkelte er til og med blitt evaluert flere ganger. I disse dager foreligger nok en evalueringsrapport, denne gangen er det norsk CERN- aktivitet som har vært under den kritiske lupen.

Evalueringsrapportene har, tross svakheter og feilskjær, gitt såvel verdifull informasjon om fagområdenes tilstand som velbegrunnede anbefalinger. Dette er verdifulle innspill for faglige prioriteringer og tiltak.

Selv om det er fagspesifikke problemer, er det en del felles problemer som tas opp i evalueringene. Disse er godt kjente for fagmiljøene: for trange rammer, for få faste stillinger, for få rekrutteringsstillinger på dr. og post dr. nivå, og for liten mobilitet.

Når så rammene tilnærmet forblir konstante, gir det få muligheter til å rette opp disse forholdene. For NAVF, som har stått for de fleste evalueringer, og som er den viktigste finansieringskilden for universitetsforskningen i fysikk, er det lite spillerom for annet enn mindre interne omprioriteringer. Beslutning om og midler til mer omfattende oppfølging og endringer må skje på høgere plan. Dette har skapt ikke så lite frustrasjon i fagmiljøene.

CERN-evalueringen er imidlertid initiert av vårt fagdepartement. CERN-kontingenten, som i 1992 er på ca. 60 Mkr, er "usynlig" for forskningsrådssystemet, mens følgeforskningsmidlene (ca. 10 Mkr) er en øremerket avsetning som forvaltes av NAVF gjennom en egen komité. For departementet er dette en stor samlet sum i grunnforskningssammenheng, og ønsket om en evaluering av satsingen er forståelig.

Vi skal selvsagt ikke her kommentere anbefalingene i detalj. I tillegg til de velkjente anbefalingene foreslås også en konsentrasjon og konsolidering av engasjementet på CERN. Siden evalueringen er initiert fra departementet, er vi noe mer spente enn tidligere på oppfølgingen fra dette hold. Evalueringen er denne gangen sendt ut til høring til fysikkmiljøene, og vi aner at responsen på høringen ikke vil være uvesentlig for den videre oppfølging.

∞

In Memoriam

Sverre Westin 1909 - 1992

Det er med stor sorg vi har mottatt budskapet om at professor Sverre Westin er avgått ved døden. Westin ble født i Overhalla 5. desember 1909, og han har hatt en meget omfattende yrkeskarriere. Han ble student i 1929 og kjemiingeniør fra Norges Tekniske Høgskole, NTH, i 1933. Han fortsatte der som vitenskapelig assistent og høgskolestipendiat til han i 1938 ble ansatt ved LUMA i Stockholm. Han var i årene 1940-48 sjef for kjemisk avdeling ved Statens teknologiske institutt.

I 1949 ble han utnevnt til professor i teknisk fysikk ved NTH. Han ble dr.techn. i 1949 på en eksperimentell avhandling om spredning av langsomme elektroner i edelgasser, der han spesielt studerte Ramsauer-Townsend-effekten. Westins målinger er stadig noen av de beste på området, og hans eksperimenter får bred omtale bl.a. i Mott og Masseys standardverk "The theory of atomic collisions".

Allerede i 1948 var Westin i gang med å bygge opp det nye studiet ved Linjen for teknisk fysikk, der de første studenter ble tatt opp høsten 1948. Westin gjorde i disse årene et grunnleggende arbeid for den fremtidige undervisningen. Teknisk fysikk studiet ble et studium på et høyt vitenskapelig nivå. Studiet ble

populært, og i løpet av den tiden som er gått, har det vært et av de mest ettertraktede studier ved NTH.

Westin var også drivkraften bak opprettelsen av studieretningen Biofysisk og medisinsk teknologi ved NTH, en studieretning som har fått stor betydning ved instituttet. Også utenfor NTH gjorde Westin en betydelig innsats. Han startet opp fysikkundervisningen ved Norges Lærerhøgskole og ledet undervisningen der i mange år.

Westins handlekraft og fagkunnskaper var av stor betydning da SINTEF, Selskap for Industriell og Teknisk Forskning, ble opprettet. Westin var en av initiativtakerne og han ledet komiteen som la grunnlaget for professorrådets beslutning om opprettelsen av SINTEF i januar 1950. Han arbeidet med stor kraft for å forberede oppbyggingen av den administrative ledelse av selskapet.

Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab fikk på mange måter nyte godt av Westins innsats. Han var medlem av styret i mange år, og i en periode de senere år var han Selskabets visepreses. Hans interesse for generell vitenskapelig virksomhet innenfor forskningen som preger Selskabet, kombinert med hans sans for praktiske løsninger, har gitt Selskabet verdifulle impulser. Samtidig har han forfektet Selskabets mer enn 200 år gamle tradisjoner. I erkjennelse av hans store innsats ble han i 1963 tildelt Selskabets høyeste utmerkelse, Gunnerusmedaljen.

Westin var formann i Norsk Fysisk Selskap i perioden 1959-65. Han var varamedlem i styret fra selskapets opprettelse i 1953 og fram til han ble formann. I sin formannstid arbeidet Westin med en rekke betydningsfulle saker for selskapet. Først og fremst tok han et krafttak for å redde selskapets tidsskrift Fra Fysikkens Verden, som var kommet i store økonomiske vaskeligheter. Vanskelighetene var så store at man i selskapets styre drøftet nedleggelse av tidsskriftet. Westin var blant dem som mente at selskapet trenger et populært tidsskrift for å kunne ivareta selskapets opplysningsoppgave i fysikk. Han maktet å refinansiere tidsskriftet, og han flyttet redaksjonen til Trondheim. For oss i Norsk Fysisk Selskap er det viktig å vite at uten Westins sterke engasjement ville Fra Fysikkens Verden neppe ha overlevd krisen.

Westin hadde nære kontakter i norsk industri, og det var naturlig at han var opptatt av å bedre kontakten mellom Norsk Fysisk Selskap og industrien. Sammen med direktør O. Chr. Bchmann sikret han selskapet en rekke industrimedlemmer. Denne industrikontakten har uten tvil gagnet selskapet både faglig og økonomisk.

Endelig var Westin den drivende kraft bak etableringen av faggrupper innenfor Norsk Fysisk Selskap. Disse gruppene har hatt betydning både for det indre liv i selskapet og for utviklingen av norsk fysikk som helhet. Enkelte grupper arrangerer faglige møter og 'workshops' som er nyttige ikke minst for unge forskere.

For sin store fortjenestfulle innsats for Norsk Fysisk Selskap ble Westin i 1972 utnevnt til æresmedlem i selskapet.

Med Sverre Westins bortgang har vi mistet en av norsk fysikks mest markante skikkelser. Men Westin hadde interesser også utenom det rent faglige. Han var bl.a. en habil pianist, og helt til det siste var han levende opptatt av miljøspørsmål. Spesielt var han i de senere år opptatt av spørsmål omkring lagring av radioaktivt avfall. Senest engasjerte han seg i problemet med lagring i Killingdal gruver. Hans engasjement resulterte i en velfundert utredning - i samarbeid med andre - for Holtålen kommune.

For de mange av oss som har fått den glede å lære Sverre Westin å kjenne, er hans bortgang et tap av en god kollega og en nær og oppofrende venn.

Haakon Olsen og Torbjørn Sikkeland

∞

FFV Gratulerer

IBMs Fysikkpris

IBMs Fysikkpris i "Kondenserte fasers fysikk" for 1992 ble tildelt Jens Feder og Torstein Jøssang, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo. Prisen ble overrakt på NFS årsmøte i Stavanger, der Torstein Jøssang holdt prisforedraget.

De to leder en forskningsgruppe som i dag er en av verdens fremste innen sitt område. De har tidligere vært presentert i denne spalte i forbindelse med priser

for deres faglige og pedagogiske dyktighet. Hovedtyngden av gruppens arbeid er innenfor fraktale strukturer anvendt på en rekke områder fra porøse medier til biologiske systemer. Gruppen har en rekke studenter og stipendiater, og har noen av verdens fremste forskere som gjesteprofessorer. FFV gratulerer!

∞

Magnetisk Levitasjon med Supraledere

T.H. Johansen, H. Bratsberg og A.T. Skjeltorp *

En magnet som svever rolig i lufta over et stykke supraleder er kanskje den mest slående manifestasjon av at et materiale befinner seg i den supraledende tilstand. Før man oppdaget de såkalte høytemperatur supralederene ville en demonstrasjon av denne levitasjonen kreve at man nedkjølte supralederen ved hjelp av flytende helium (4.2K). Det innebærer bruk av relativt komplisert utstyr, og dessuten blir man tvunget til å beundre fenomenet på avstand gjennom flere vegger av glass. Med de nye forbindelsene, som f.eks. YBaCuO der flytende nitrogen (77K) bringer materialet i den supraledende tilstanden, er levitasjon av magneter blitt svært enkelt og håndgripelig, og er kanskje allerede blitt historiens mest framviste fysikk-eksperiment.

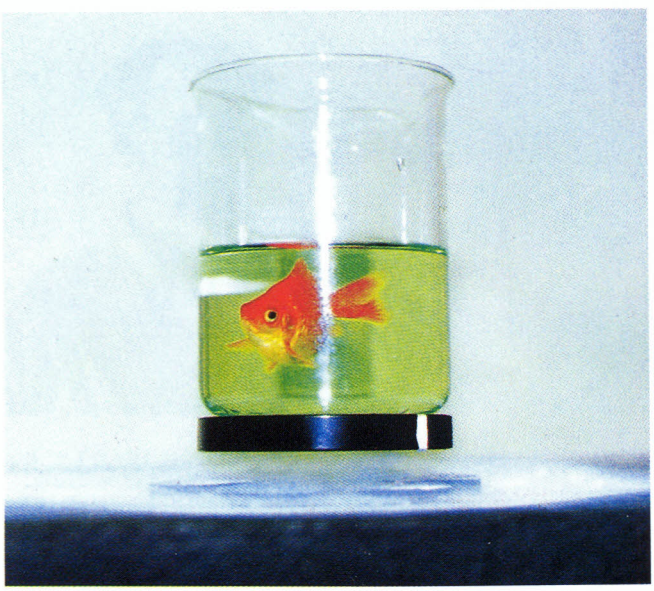


Fig.1. Levitasjon av en gullfisk-bolle. Vannkaret står på en ringformet magnet som svever over 6 supraledende skiver plassert i en sirkel rett under magneten.

*Fysisk institutt, Universitet i Oslo.

Inntil ganske nylig har mange betraktet levitasjonseksperimentet som kun en morsom demonstrasjon, og benyttet det som en kjapp test på hvorvidt en prøve er supraledende eller ikke. Den siste tids utvikling innen materialframstilling, der særlig japanske forskere har spilt en ledende rolle, har ført til at det idag produseres supraledere som gir tilstrekkelig løftekraft til at man for alvor kan tenke på teknologiske anvendelser. Som Fig.1 antyder, kan masser på størrelsesorden kilogram idag holdes svevende på en magnet som leviterer med en klaring på flere millimeter.

I og for seg er ikke løftekraft på en magnet noe man bare kan få til ved bruk av supraledere. Holdes to magneter med like poler mot hverandre kan en jo også produsere en kraft som motvirker tyngden. Allikevel er det en vesentlig forskjell mellom disse to typer vekselvirkning, nemlig stabiliteten. Med to magneter har man alltid en ustabil situasjon. En ekstra føring må til for å holde den ene magneten på plass over den andre.

Levitasjon med bruk av høy-temperatur supraledere derimot, er stabil. Kraften på magneten fra supralederen har en komponent som vil prøve å holde den på plass dersom magneten flyttes ut av sin opprinnelige posisjon. Denne forunderlige stabiliteten er på mange måter den mest interessante siden ved vekselvirkningen. I denne artikkelen skal vi forklare noe av fysikken bak levitasjons-fenomenet. Mot slutten vil vi komme inn på anvendelser man idag ser for seg realisert innen en relativt kort tid.

Meissner effekten

I 1933 gjorde W. Meissner og R. Ochsenfeld en eksperimentell observasjon som har vært helt grunnleggende for forståelsen av den supraledende tilstanden.

De fant at når en supraleder nedkjøles i et svakt ytre magnetfelt vil flukslinjene bli presset ut av materialet idet temperaturen synker under den kritiske verdi T_c. Den supraledende tilstanden er altså ikke bare karakterisert ved at den elektriske motstanden R forsvinner, men også ved at den magnetiske flukstettheten, B, i materialet er null. Når supralederen makter å opprettholde $B = 0$ internt, skyldes det at den setter opp elektriske strømmer i et tynt sjikt nær overflaten. Disse super-strømmene, som altså ikke dempes med tiden fordi $R = 0$, lager selv et B-felt som akkurat oppveier det ytre feltet, og det indre av supralederen blir dermed fullstendig skjermet. Vi sier at materialet er en perfekt diamagnet.

Denne såkalte Meissner-effekten er det som vanligvis trekkes fram som forklaring på hvorfor en magnet kan løftes av en supraleder. Som vi ser i Fig.2 vil utestengningen av fluks føre til at magnetfeltet blir kraftig forandret, spesielt nær supralederen der feltlinjene må gå parallelt med overflaten. Denne randbetingelsen er faktisk den samme som for en situasjon

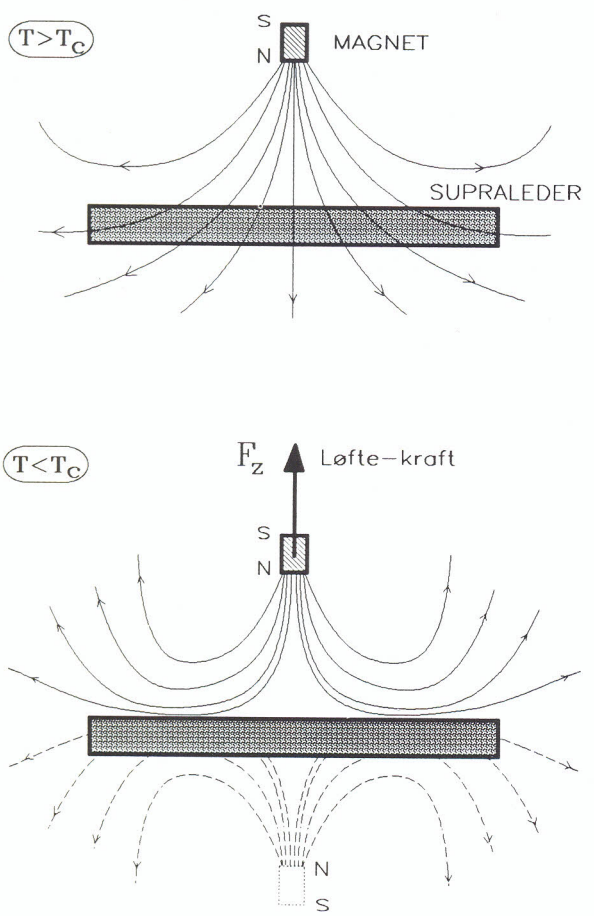


Fig.2. Liten magnet plassert nær en stor supraledende skive. Over: $T > T_c$, dvs. supralederen er normal, og magnetfeltet trenger uhindret gjennom. Under: $T < T_c$, materialet er i den supraledende tilstanden, og fluks-linjene bøyer av nær overflaten.

med to identiske magneter der like poler vender mot hverandre. Man kan si at skjærmings-strømmene i supralederen simulerer en fantom-magnet plassert rett under den reelle, og speilet om supralederens øvre flate. Vekselvirkningen gir dermed en løftekraft.

Nå viser det seg i praksis at denne beskrivelsen er i dårlig kvantitativ overensstemmelse med virkeligheten. Kraften på magneten er vesentlig mindre enn forventet ut fra speilbilde modellen, spesielt når avstanden til supralederen blir liten, se Figur 3. En annen, og mer betydelig, svakhet ved denne modellen er at den overhode ikke kan forklare hvorfor det opptrer en horisontal kraft som stabiliserer den svevende magneten.

Nøkkelen til en bedre forståelse ligger i det faktum at de nye høy-T_c materialene tilhører det som betegnes type-II supraledere. En type-II supraleder er karakterisert ved at etterhvert som det ytre magnetfelt øker i styrke, vil materialet gjennomgå tre faser. I de svakeste felt har man Meissner effekt slik som beskrevet over, mens et meget sterkt felt vil ødelegge den supraledende egenskapen fullstendig. I et mellomliggende intervall vil supralederen befinne seg i en tilstand der fluksfortrengningen ikke er komplett, dvs. $B \neq 0$ og samtidig $R = 0$. Feltet som en svevende magnet skaper, er tilstrekkelig sterkt til å bringe supralederen i denne mellomfasen der noe fluks trenger inn i materialet.

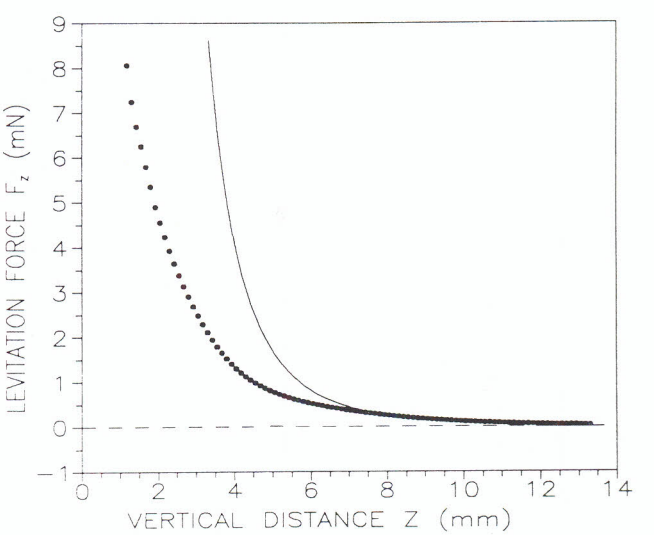


Fig.3.Løftekraft på en liten kuleformet magnet i avstand z fra en plan supraledende skive (YBaCuO, 7cm i diameter, $T = 77K$). Målte verdier er vist som punkter, mens speilbilde-modellen er angitt som heltrukken kurve. Frastøtningen øker i begge tilfelle dramatisk med avtagende avstand, men økningen er i virkeligheten mye mindre enn man forventer ut fra Meissner-effekten alene.

Fluks i en type-II supraleder

Som først påvist teoretisk av Abrikosov i 1957, kan en type-II supraleder inneholde fluks på en måte som er skissert i Figur 4. Under påtrykk fra et ytre magnetfelt danner materialet et regulært gitter av tråd-lignende områder der flukslinjene kanaliseres. Samtidig omdannes materialet der til normal-tilstanden. Rundt en slik normal tråd settes det opp virvelstrømmer (superstrøm) som skjermer det omliggende materialet som forblir supraledende. Fluksen forbundet med hver slik tråd er kvantisert, og har verdien $\Phi_0 = h/2e$. Denne elementære flukskanalen kalles ofte for en fluksoide.

At en slik fluksoide-struktur ikke bare er en teoretisk mulighet, men at naturen faktisk også realiserer dette kan tydelig påvises ved en avansert form for den velkjente jernfil-spon metoden, utviklet på slutten av '60-tallet av Essmann og Träuble. Idag kan også scanning-tunneling-mikroskopi (STM) avsløre de samme strukturene.

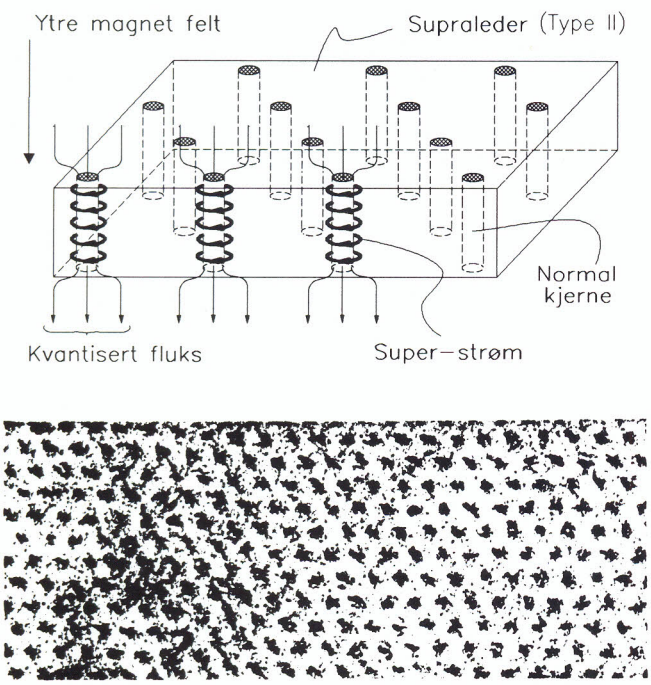


Fig.4. Over: Fluks-kanaler i en type-II supraleder. Under: Bilde av små magnetiske partikler som har dannet et regulært mønster på en supraleders overflate. Siden hver flukskanal kan betraktes som en strømførende spole med sine magnetiske poler, vil partiklene gjenspeile ordningen av fluksoidene, som har en innbyrdes avstand på ca. 1 μm.

Nå viser det seg at fluksoider ikke er å betrakte som fritt bevegelige enheter, men tvert imot har de en tendens til å hekte seg fast i uregelmessigheter i materialet de befinner seg i. Hekte-sentra kan være av mange ulike slag, som f.eks. feil i krystall-strukturen eller inhomogeniteter i kjemisk sammensetning. Det er denne hektingen av fluksoider som er det sentrale poeng i stabilitets-spørsmålet. La oss se hvordan det henger sammen.

Når det ytre magnetfeltet rundt supralederen øker vil det dannes fluksoider i overflaten. Siden fluksoider frastøter hverandre (som man lett ser ved å betrakte dem som små solenoider) vil de raskt trenge innover i materialet. Dette blir hindret ved at de hekter seg fast – inntil "trykket bakfra" blir tilstrekkelig til at fluksoidene river seg fri – for bare å rykke fram til neste hekte-senter. Slik vil denne svermen bevege seg i rykk og napp inntil en likevekt-konfigurasjon oppstår der hekte-kraften overalt balanserer drivkraften fra omliggende fluksoider. Konsentrasjonen vil dermed avta fra en maksimalverdi nær supralederens overflate til en null-verdi et stykke, d, inn i materialet. Situasjonen er illustrert i Figur 5, der for enkelhets skyld det ytre feltet er homogent og parallelt med overflaten. Legg her merke til at siden antall fluksoider avtar, så vil virvel-strømmene addere seg opp til en ensrettet makroskopisk strøm. En stor gradient, dvs. at B avtar raskt, vil gi en stor strømtetthet, j. Gradientens verdi er bestemt av styrken til hektesentrene.

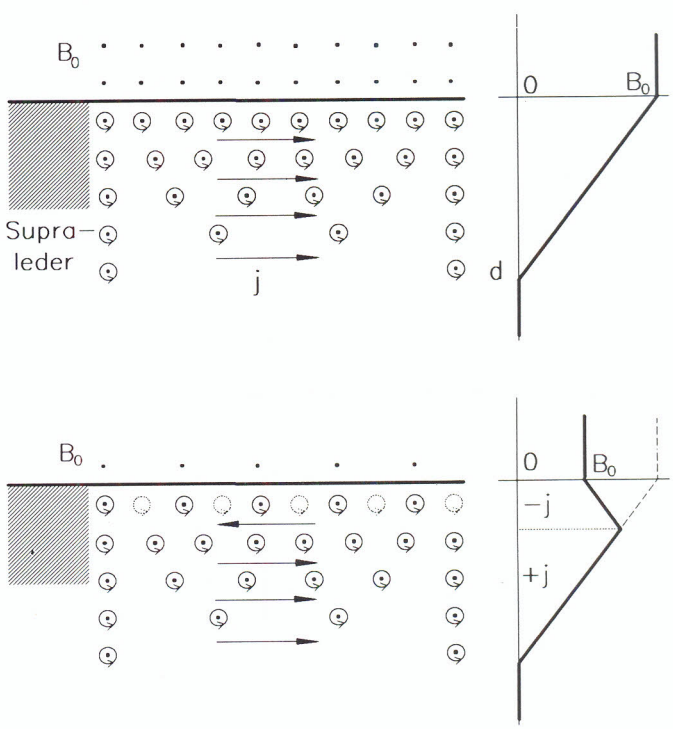


Fig.5. Inntrengning av fluksoider (ut av papirplanet) nær supralederens overflate. Over: Det ytre feltet fører til en avtagende konsentrasjon av fluksoider, med en tetthetsprofil som vist til høyre. Under: Ved en reduksjon av det ytre feltet vil fluksoider først forsvinne nær overflaten, slik at B får en maksimalverdi et stykke inne i materialet.

I figuren under er det antydet hva som skjer når det ytre feltet reduseres noe. Påtrykket utenfra avtar slik at fluksoider vil forsvinne fra supralederens overflate. Dette fører til at B-profilen blir som vist til høyre, og dermed en strømfordeling bestående av to lag med motsatt rettede strømmer.

For å vise kvalitativt at denne mekanismen gir stabilisering, kan vi se på kraften på en magnet av aller enkleste slaget, nemlig en rett strømførende ledning, som vist i Figur 6.

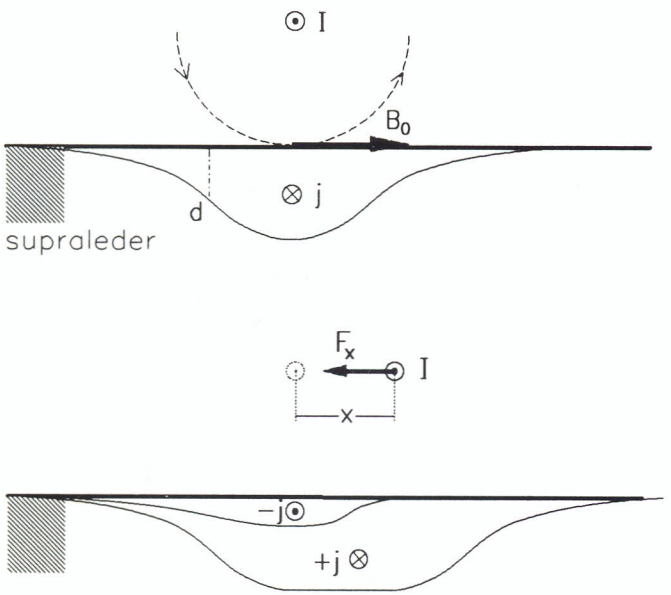


Fig.6. Over: En strømførende ledning plassert over en plan supraleder setter opp et magnetfelt som gir fluks-inntrengning, og dermed en strøm, j, som vist i dette snittet. Under: Når ledningen flyttes til siden dannes det et dobbelt sjikt med motgående strømmer, som totalt gir en stabiliserende horisontal kraft på ledningen.

Ledningen, som ligger parallelt med supralederens overflate og med strømmen I ut av papiret, setter opp et felt med variabel styrke ved overflaten. Inntrengningsdybden, d, vil derfor også variere med en profil som antydet på den øvre figuren. Mellom overflaten og denne profilen vil det være en strømtetthet, j, rettet inn i papirplanet. Dersom nå ledningen (les: magneten) flyttes til siden, vil fluksoider trenge dypere inn overalt der hvor det ytre feltet øker. Der hvor feltet avtar, derimot, vil fluks forsvinne fra overflaten, og det dannes et sjikt på toppen der strømretningen er snudd til $-j$, dvs. samme retning som strømmen i ledningen. Siden "like strømmer tiltrekker hverandre", vil resultanten av denne vekselvirkningen ha en horisontal-komponent, F_x, som trekker ledningen tilbake.

Måling av horisontal kraft

Med tanke på praktiske anvendelser av levitasjonsfenomenet er det vesentlig at både løftekraften så vel som den lateralt stabiliserende vekselvirkningen er godt karakterisert.

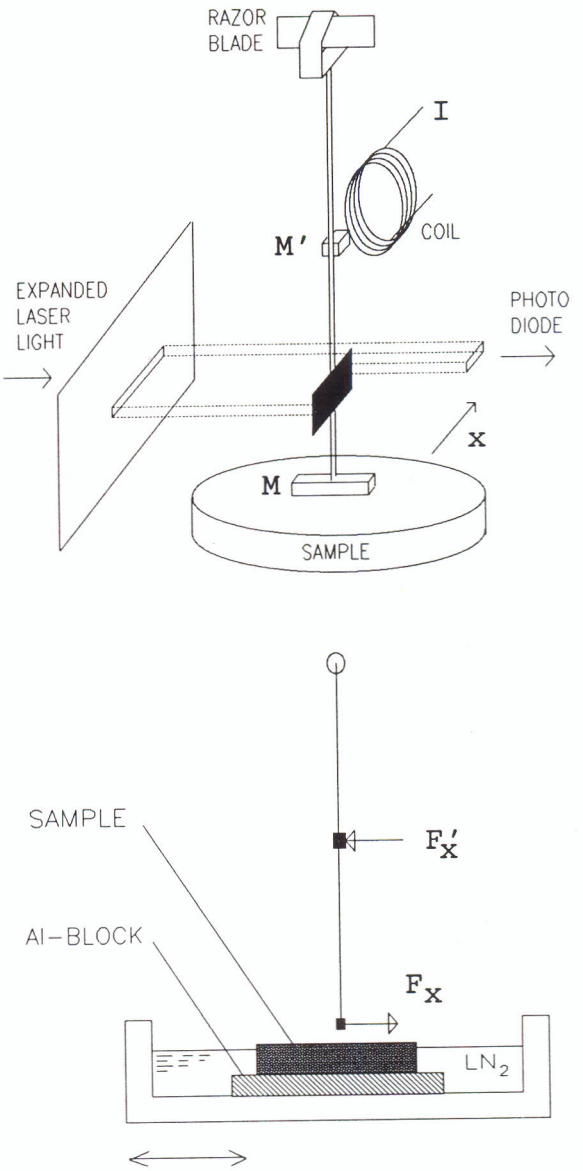


Fig.7. Eksperimentell oppstilling for måling av horisontal kraft mellom en magnet og en supraleder.

Figur 7 viser skjematisk et måle-oppsett for bestemmelse av horisontal-kraften, F_x, på en magnet, M, som festes til enden av en plan pendel. Metoden baserer seg på at når supralederen beveges et stykke, x, horisontalt, vil F_x forsøke å dreie pendelen om sin rotasjonsakse. Kraftmomentet til F_x blir så balansert ved et kontrollerbart moment fra kraften, F'_x, som virker

fra en strømspole på en annen magnet, M', plassert høyere opp. Ved å måle den strømmen som skal til for hele tiden å holde pendelen i ro, bestemmes kraften F_x mens supralederen forflyttes. Posisjonen til pendelen overvåkes ved hjelp av en laser stråle og en foto-doide som sensor. En PC styrer reguleringen.

Oppførselen til den horisontale kraften ved ulike typer relativ bevegelse er illustrert i Figur 8.

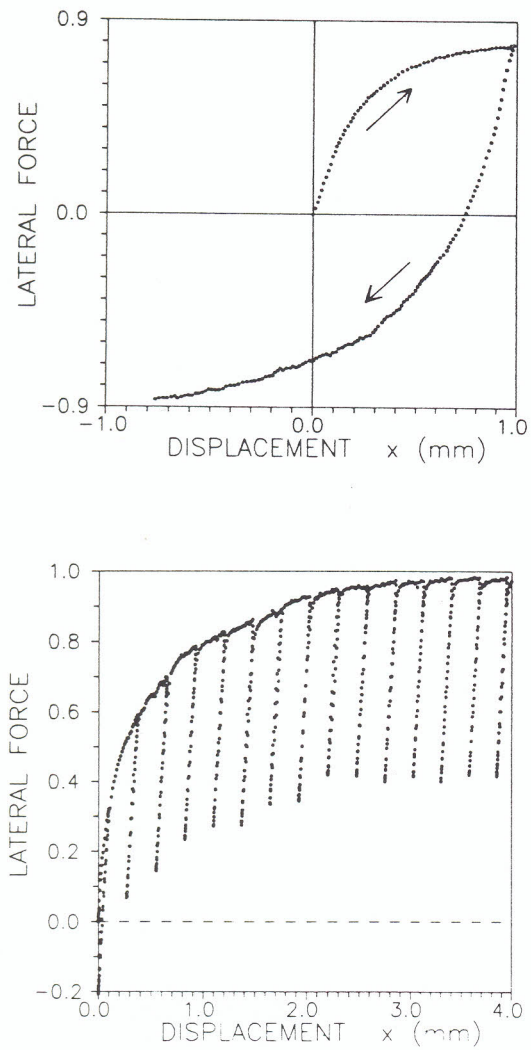


Fig.8. Lateral kraft, F_x, på en magnet fra en supraledende skive som funksjon av horisontal forflytning. Kraften er angitt relativt til maksimalverdien, her 5.9 mN.

Til venstre har bevegelsen først gått 1mm en vei, deretter snudd og gått tilbake forbi start posisjonen. Vi ser at kraften øker raskt ved bevegelsens begynnelse, for så å flate ut mot en metnings-verdi. Når forflytningen stanser, og bevegelsen starter motsatt vei, ser vi at kraften meget raskt faller til null. Dette er i full overensstemmelse med den erfaring man gjør hvis en tar å flytter en svevende magnet et godt stykke til siden. Ved første øyekast kan det se ut til at magneten blir umiddelbart værende i den nye posisjonen. Ser man litt nærmere etter, vil en finne at magneten gjør en liten tilbakebevegelse før den faller til ro. Figuren viser dessuten at sammenhengen mellom kraft og posisjon ikke er entydig, men avhenger av bevegelsens forhistorie. En fram-og-tilbake bevegelse er forbundet med en stor hysterese. Denne hysteresen er en konsekvens av fluksoidenes ulineære bevegelse i materialet.

Figuren til høyre viser resultatet fra et eksperiment der en ensrettet horisontal bevegelse med jevne mellomrom er avbrutt med en 0.1mm forflytning tilbake. Målepunktene som ligger på en av de mange rette linjestykkene, er kraftens oppførsel under tilbakebevegelsen *og* under den etterfølgende forflytning fram til der hvor bevegelsen ble avbrutt. Vi legger spesielt merke til at under en slik bevegelses-cyklus er kraften reversibel – oppførselen er som for en fullstendig elastisk fjær. Eksperimentet viser klart at når forflytningene blir tilstrekkelig små vil fluksoidene vekselvirke med hektesentrene på en elastisk måte.

Som følge av dette vil en svevende magnet som utsettes for en vibrasjonsforstyrrelse, raskt dempes helt til amplituden er blitt så liten at den elastiske oppførselen setter inn. Restbevegelsen, derimot, vil vedvare lenge. Det er av stor praktisk betydning å ha en god karakteristikk av denne oppførselen.

Realistiske anvendelser

De teknologiske anvendelser av levitasjonsfenomenet man idag ser for seg kan deles inn i to kategorier. Den ene er av den typen man ser eksemplfisert i Fig.1, der et eller annet holdes svevende i ro over supralederen. På grunn av den betydelige laterale stabiliteten vil det svevende objektet lett kunne transporteres til en ny posisjon ved at supralederen flyttes, mao. objektet beveges uten at noe tar direkte tak i det. Et slikt kontaktfritt transport system ser man for seg som svært anvendelig f.eks. når noe skal beveges på en kontrollert måte inne i et vakum-kammer. Det er gunstig at alle "bevegelige deler" kan holdes utenfor vakumsystemet i de tilfeller der høy renhet er avgjørende.

Kanskje enda større kommersiell interesse er knyttet til den andre kategorien: kontaktfrie lagringer for roterende systemer. Figur 9 viser prinsippet for et lager der en aksling kan rotere stabilt med høyt omdreiningstall. I begge ender av akslingen er det festet en magnet som er aksialt polarisert. På grunn av symmetrien i magnetfeltet vil supralederen hele tiden oppleve den samme feltstyrken. Dette fører til at fluksoidene ikke vil bevege seg, og akslingens rotasjon dempes derfor

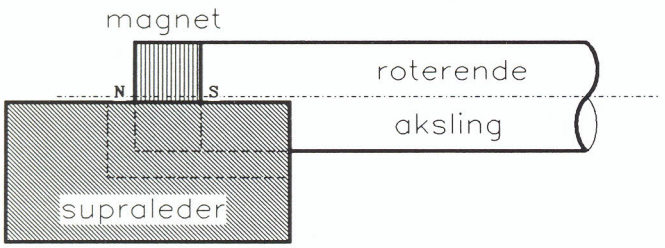


Fig.9. Kontaktfritt, og dermed smørefritt, mekanisk lager for en roterende aksling. Figuren viser opplagringen ved akslingens ene ende, der en magnet svever nede i en utfrest halvsylindrisk kavitet i supralederen.

kun av luftmotstanden. Slike kontaktfrie lagre, som altså er helt fri for friksjonsoppvarming og behov for smøring, kan idag kjøres med hastigheter nær 200,000 omdr./min. Miniatyr-utgaver har til og med vært helt oppe i 500,000 omdr./min. Det er kjent at bil-industrien ser med meget interesserte øyne på denne utviklingen.

Et annet konsept som idag er under utvikling er et system for mekanisk energi-lagring. Også dette baserer seg på at en svevende magnet kan rotere nærmest uten dempning så lenge supralederen ikke opplever varierende magnetfelt. Systemet er illustrert på Figur 10. En rekke supraledende skiver danner en nedre, statisk del, mens flere ringformede magneter festet til en rotasjons-symmetrisk masse utgjør rotoren, som altså kan dreie rundt sylinder-aksen mens den svever. En prototype er blitt laget ved Japans International Superconductivity Center (ISTEC), der 33 skiver YBCO løfter en 30 kg rotor med ca 10mm klaring. Svinghjulet settes i rotasjon med en liten motor, og energien kan tas ut ved tilkopling til en dynamo, omtrent slik som på en sykkel. Prototypen kan lagre en energimengde på rundt 100 Wh. Energitap så små som 1 promille pr. time er realistisk for systemer av denne typen.

Ved ISTEC tenker man seg at en større utgave, ca 3m i diameter, kan lagre opp til 10 kWh. En slik form for energilagring kan fungere som en nødreserve eller et supplement til dagens energikilder. En måte å utnytte det på kan være å la svinghjulet motta energi i

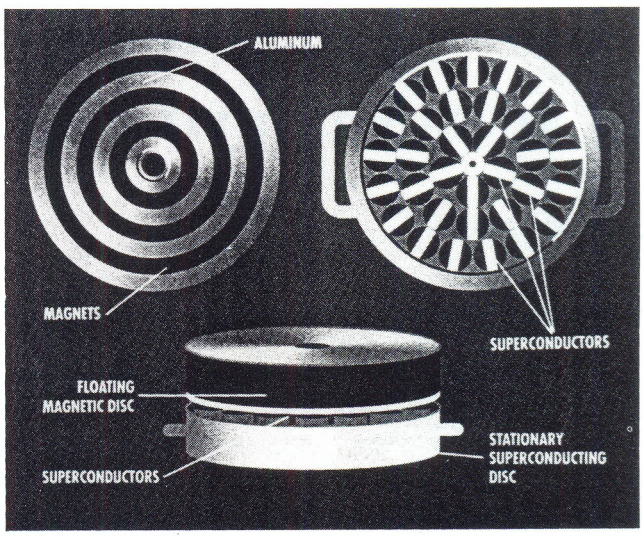


Fig.10. Svinghjul for lagring av mekanisk energi ved en roterende masse.

perioder med lavt generelt energiforbruk, for så å tappe rotoren for energi når tilførselen ellers er begrenset.

Som man forstår, er magnetisk levitasjon ved hjelp av supraledere fascinerende ikke bare sett med en fysikers øyne. Fenomenet er også en utfordring til alle som går med en liten oppfinner i seg. Det er mange som mener at praktiske anvendelser vil se dagens lys innen relativt kort tid.

Annen litteratur

1. E.H. Brandt: *Leviation in Physics.* Science **243** 349-355 (1989)

2. E. Edelson: *Superconductors take-off.* Popular Science 101-105, May (1991)

3. E.H. Brandt: *Rigid levitation and suspension of high-temperature superconductors by magnetics.* Am. J. Phys. **58** 43-49 (1990)

∞

60 år siden nøytronet ble oppdaget

Olav Steinsvoll *

I 1932 oppdaget den engelske fysikeren James Chadwick (1891 - 1974) nøytronet og fikk Nobelprisen i fysikk for dette i 1935. For fysikere på den tida måtte det ha vært som om en supernova hadde eksplodert på stjernehimmelen: Etter at nøytronet ble føyd inn i rekka av elementærpartikler, falt en rekke brikker på plass i beskrivelsen av atomkjernen. Egentlig var det vel en "dobbeltstjerne" som hadde vist seg, fordi en fra nå av kunne betrakte "tvillingene" proton og nøytron som byggesteiner i alle kjerner.

Det viser seg at den historiske utviklinga innen atomfysikken fra århundrets begynnelse og fram til 1932 kan leses som en kriminalroman der spenningen fortettes etter som eksperimentalteknikken forbedres og nye fakta og teorier kommer til. Tampen begynner å brenne i 1930, og den brant inntil J. Chadwick med ett slag forklarer alle de sprikende resultatene med å anta at en nøytral partikkel, nøytronet, måtte ha materialisert seg i eksperimentene og dermed lurt både tyske og franske forskere trill rundt.

Vi skal prøve å beskrive denne utviklinga i korte trekk ved å summere opp hva som var kjent om atomkjernen ved visse avgjørende tidspunkter og dessuten se litt på hvilke hjelpemidler de hadde til disposisjon for sine eksperimenter på den tida.

Artikkelen er tilegnet Jon Olav Berg, IFE, på 60-års dagen 28.04.92.

Kjernefysikk uten atomkjerne

Hvis vi tar utgangspunkt i århundreskiftet, visste en at atomet besto av svært lette, negativt ladde elektroner og en tyngre del som måtte være positivt ladd siden atomene var elektrisk nøytrale. *M.H. Becquerel hadde funnet den naturlige radioaktiviteten i 1896* og seinere analysert strålinga og funnet at den kunne atskilles ved et magnetisk felt i tre typer: *alfa-, beta- og gamma-stråling*. I åra like etter ble det fastslått at alfapartiklene var dobbelt ioniserte helium-atomer, betapartiklene var elektroner og gamma-strålinga var av samme type som den *W. Røntgen* hadde fått fram i 1895. I 1904 summerte derfor den engelske fysikkprofessoren *J.J. Thomson* opp erfaringene en hadde på dette tidspunktet til en atom-modell der den tunge, positive delen i atomet var spredd jamt ut innafor en radius på 10^{-8} cm, mens de lette negative elektronene fantes her og der som rosiner i vørterkaka, se figur 1.

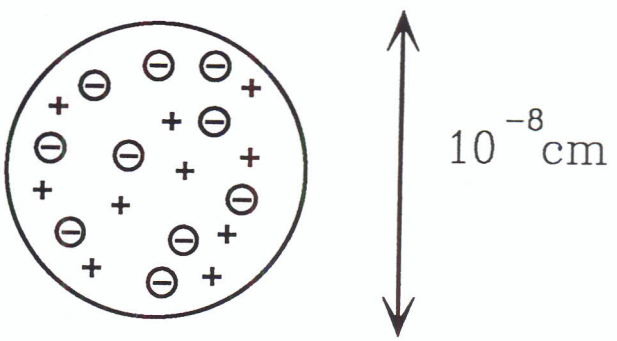


Fig.1. Atomet i 1904. Den tunge, positive delen av atomet er spredd jamt utover atomets volum på 10^{-8} cm. Lette, negative elektroner fins her og der som rosiner i ei vørterkake.

Atomkjernen manifesterer seg

En kunne nå bruke de kjente radioaktive stoffene som kilder for energirike, hurtig flygende partikler som kunne bombardere atomer av andre elementtyper og bli spredd fra dem. Spredningsmønstret, eller intensitetsforholdene som funksjon av spredningsvinkelen, kunne måles ved at en i fokalplanet til et bevegelig mikroskop hadde satt en plate med et fluorescerende materiale, oftest zink-sulfid, som produserte små lysblink, scintillasjoner, når den ble truffet av de spredde partiklene, se figur 2. Disse måtte telles én for én av en forsker som satt i et mørkt avlukke. De eksperimentelle hjelpemidlene var altså utrolig primitive; eksperimentene tok lang tid og satte store krav til forskernes utholdenhet.

*Institutt for energiteknikk, Kjeller.

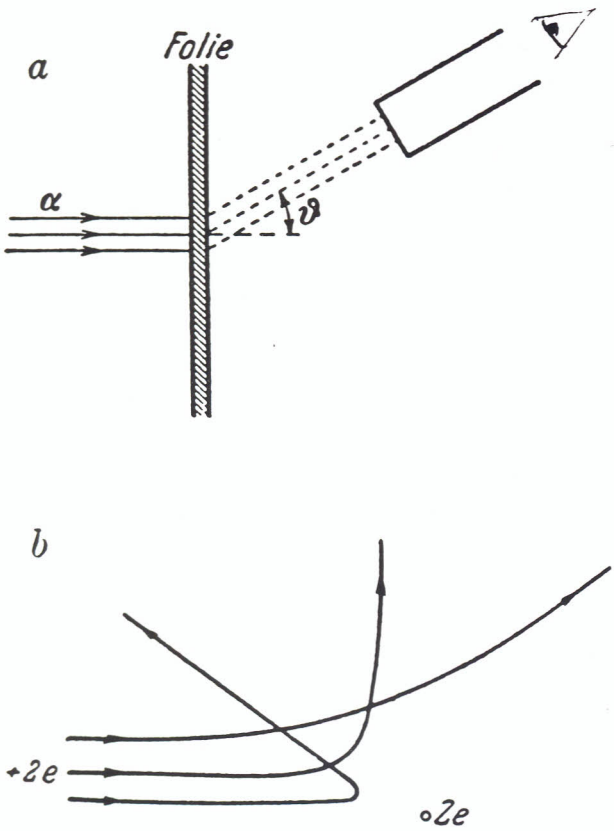


Fig.2. Spredning av alfa-partikler. a) Et folie av gull-atomer sprer alfa-partikler en vinkel θ mot et lag av sink-sulfid som scintillerer når det treffes av de energirike alfa-partiklene. Lysglimtene kan telles gjennom et mikroskop. (Gammastråling og elektroner gir svært svake lysglimt). Eksperimentatoren måtte sitte i et mørkt "telt" og ble raskt sliten i øynene. b) Noen alfa-partikler ble spredd eller avbøyd til store spredningsvinkler. Noen få ble tilbakespredd.

En fant at alfa-partiklene ble spredd ut til store vinkler bort fra den innkommende vel avgrensede strømmen av partikler når en f.eks. satte et gullfolie i veien for dem. Dette spredningsmønstret kunne ikke forklares ut fra *Thomson-modellen*. Det var *Ernest Rutherford* som i 1911 innførte en ny atom-modell med en liten tung, positiv kjerne med radius 10^{-13} cm, mens de negative elektronene fordelte seg jamt på resten av atom-volumet, se figur 3. En teoretisk formel som han stilte opp, stemte ganske nøyaktig med alfa-partiklenes spredningsfordeling.

Kjernefysikk uten nøytronet

Rutherfords atom-modell slo straks igjennom. I 1913 forfinet *Niels Bohr* Rutherford-modellen ved å foreslå solsystem-modellen der elektronene sirkulerte rundt kjernen i bestemte stabile baner uten at atomet avga

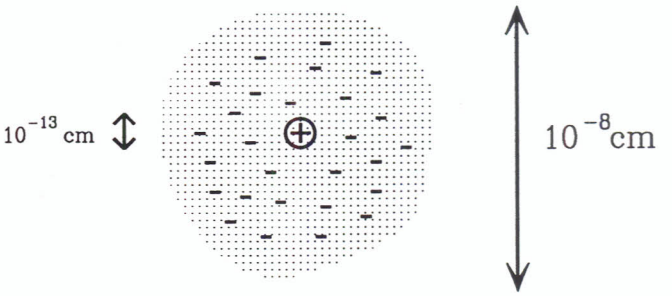


Fig.3. Rutherfords atom-modell fra 1911. En liten tung, positiv kjerne (10^{-13} cm) er omgitt av en "sky" av negative elektroner (10^{-8} cm).

noen energi til omverdenen. Han fant da igjen formelen som *J.J. Balmer* hadde satt opp rent empirisk i 1885 for å forklare hydrogenspektret. Det skjedde også en hel del andre viktige ting utover i dette tiåret, selv om den første verdenskrigen la store hindringer i vegen for fysisk forsking. *J. Chadwick* var så uheldig å oppholde seg hos *H. Geiger* i Tyskland ved krigsutbruddet i 1914 og satt i krigsfangenskap i 4 år. Før krigen brøt ut, rakk likevel Geiger og Chadwick (1) å påvise at energi spektret til beta-partiklene som sendes ut av radioaktive stoffer, er kontinuerlig. Bare denne oppdagelsen ville i våre dager ha gitt Chadwick en Nobelpris! Den unge fysikeren *H.G.J. Moseley* falt ved fronten.

I 1920 fant *E. Rutherford* tiden inne til å summere opp tidens viten om de letteste atomkjernene på sin berømte Baker minneforelesning (2) for å kunne sette i gang på ny frisk med eksperimenter innen feltet. Han prøver også å utvikle nye tanker om hvordan kjernen kunne tenkes å være oppbygd i detalj. De vesentlige nye fakta som var kommet til utover det en visste i 1911 var:

1. Antall elektroner som sirkulerer rundt kjernen i et atom er lik atomnummeret Z til elementet (H.G.J. Moseley, men også Chadwick i 20-årene).

2. Siden atomene er nøytrale, må den positive ladningen på kjernen også være $+Ze$, der e er den elektriske elementærladningen.

3. Det finnes atomkjerner med forskjellig masse A, men med samme atomnummer Z. Vi kaller dem nå for *isotoper*. Massetallet A er (nesten) et heltallig multiplum av hydrogenatomets masse.

4. Atomkjernen kan altså ikke bare være bygd opp av tunge positive hydrogenkjerner; det må også være noen elektroner tilstede inne i kjernen.

Hvilke partikkel-konfigurasjoner kunne nå tenkes å bygge opp atomkjernen? Det er naturlig at *Rutherford* tar for seg alle de enkleste partikkel-sammenslutninger som inntil da hadde vist seg i den naturlige radioaktiviteten og i sprednings-eksperimentene, nemlig

ioniserte hydrogen-atomer og to ganger ioniserte helium-atomer, altså ${}^1H^+$ og ${}^4He^{++}$. Dessuten hadde en observert ${}^3He^{++}$. Så gjør han en dristig antakelse: Det kunne tenkes at det finnes en sammenslutning av to ioniserte hydrogen-atomer som holdes tett sammen av et mellomliggende elektron. (Vi ville i våre dager kalle dette "atomet" for døyterium-kjernen!) Elektronet kaller han et bindings-elektron. Etter å ha tenkt seg denne nye konfigurasjonen, filosoferer han videre om det er mulig å forestille seg at det ene ioniserte hydrogen-atomet og et nærbundet elektron kunne eksistere fritt, "*a kind of a neutral doublet*". Vi ville ha kalt denne dubletten for et nøytron!

Han bemerker videre: "*Such an atom would have very novel properties. Its external field would have been practically zero, except very close to the nucleus, and in consequence it should be able to move freely through matter. Its presence would probably be difficult to detect by the spectroscope, and it may be impossible to contain in a sealed vessel. On the other hand, it should enter readily the structure of atoms, and may either unite with the nucleus or be disintegrated by its intense field, resulting possibly in the escape of a charged H atom or an electron or both. If the existence of such atoms be possible, it is to be expected that they may be produced, but probably only in very small numbers, in the electric discharge through hydrogen, where both electrons and H nuclei are present in considerable numbers. It is the intension of the writer to make experiments to test whether any indication of the production of such atoms can be obtained under these conditions.*"

Dette er første gangen at en partikkel, et slags komprimert hydrogen-atom, med nøytronets egenskaper er nevnt i litteraturen. Selve ordet *nøytron* blir ikke brukt, men det var allerede brukt noen år før for å karakterisere noen nøytrale tyngre partikler. (*Døyterium*, den tunge hydrogen-isotopen, ble først påvist av *H. Urey* i 1932). Med denne forelesningen anga *Rutherford* retningen for både sine og andres eksperimentelle arbeid i åra som kom.

Modellen av atomkjernen fra 1920 til 1932 kan derfor illustreres skjematisk ved figur 4. Ioniserte hydrogen-atomer og lette elektroner (internal electrons) ligger tett sammen i kjernen, hver i et slikt antall at kjerneladningen blir $+Ze$ for det elementet det dreier seg om. Et antall Z negative elektroner (external electrons) sirkulerer rundt kjernen, og atomet blir elektrisk nøytralt utad. Vi kan nevne at en også tenkte seg andre, mer sammensatte kjernemodeller der flere alfa-partikler ble holdt sammen av tilsvarende flere bindings-elektroner. Kjernefysikerne var altså bunn ærlige og tillot seg ikke å operere med andre

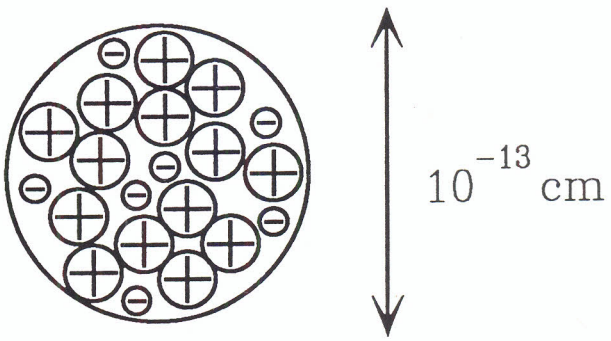


Fig.4. Modell av atomkjernen slik den framsto mellom 1920 og 1932. Som eksempel er valgt kjernen til nitrogen-atomet ${}^{14}_{7}N$. Nitrogenkjernen antas nå å inneholde 14 positive protoner og 7 negative elektroner ("internal electrons") for å få fram massetallet 14 og kjerneladninga +7.

byggesteiner i kjernen enn dem en hadde påvist i det fri. Men *Rutherford* hadde tydeligvis en sikker intuisjon om at nøytroner ville forenkle kjernemodellen betraktelig.

Jakten på et mulig nøytron

Rutherford annonserte altså sin hensikt å lete etter en slik "neutral doublet" og satte flere studenter i gang med å prøve seg. *J. Chadwick* var nå kommet tilbake fra fangenskapet og var blitt Rutherfords assistent i Cambridge. En nærliggende tanke var altså å få dubletter, la oss kalle dem nøytroner fra nå av, ut av hydrogen-atomer ved å bombardere dem med høyenergetiske elektroner i en gass-utladning. Eksperimentene ble satt i gang, og nøytronene ble forsøkt påvist enten ved ionisasjonskammer, elektroskop-utladning eller ved scintillasjoner uten hell. Men Rutherford hadde jo nettopp fortalt hvor ubemerket en slik partikkel ville oppføre seg. Et mer realistisk opplegg var derfor å bruke kalorimetri der energi-omsetninga og energi-balansen i kjerne-reaksjoner kunne måles. Alle forsøk, både ved Cambridge og andre steder i verden, var resultatløse, enda de prøvde med stadig høyere energi på elektronene. Vi vet nå at dersom de hadde prøvd med akselererte ioner, ville de kanskje ha sett noe. Elektroner kan nemlig ikke tre inn med den sterke vekselvirkning, men forståelsen av dette måtte vente til *I. Tamms* arbeid i 1934.

Den spesielle relativitetsteoriens og kvantemekanikkens rolle

Alle eksperimentene som *E. Rutherford* og andre hadde utført var egentlig strålende bekreftelser på at *A. Einsteins formel* $E = mc^2$ var rett. Reaksjonslikningene for de lette atomene stemte energimessig når en ek-

vivalerte masse og energi. Det var verre å forklare det kontinuerlige beta-spektrum som *J. Chadwick* hadde oppdaget i 1914. Kanskje måtte en likevel gi slipp på energibevaringslova for kjerner? *N. Bohr* var faktisk en av dem som var inne på tanken. I 1930 foreslo *W. Pauli* (3) at en liten nøytral partikkel "nøytronet" (nå kalt *nøytrino*) ble sendt ut fra kjernene i reaksjonsøyeblikket. Partikkelen løste problemet med energibevarelsen, men ble mottatt med mistro.

Men det skulle komme verre ting for *E. Rutherfords kjernemodell.* I midten av tjue-åra fikk den nye kvantemekanikken sitt gjennombrudd innen atom-fysikken, men en nølte med å anvende den på fenomener i atomkjernen. Allerede i 1926 hadde en påvist at elektroner måtte tillegges et *spinn* eller rotasjons egenskaper. Dette forklarte finstrukturen i flere atomspektre. For å forklare hyperfinstrukturen strakk ikke dette til, og en måtte i tillegg anta at også atomkjernen hadde et spinn. Hvis vi går tilbake til figur 4, som gjelder kjernen til nitrogen $^{14}_{7}N$, ser vi at modellen omfatter totalt 21 partikler som altså skulle gi en halvtallig verdi for totalspinnet. "Ulykken" var nå at en analyse av N_2 spektret ga et hyperfin-mønster som bare kunne forklares dersom kjernen i nitrogen-atomet hadde spinn 1, altså et helt tall. På den annen side kunne resultatet forklares dersom en antok at alle elektronene i kjernen hadde mistet spinnet sitt! Kanskje det ikke fantes "vanlige" elektroner i kjernen? Modellen stemte ikke lenger med terrenget.

Et annet paradoks dukket også opp da en anvendte *Heisenbergs usikkerhets-relasjon* på de lette elektronene i kjernen. Den viste at elektroner slett ikke kunne oppholde seg særlig lenge inne i kjernen. Elektronenens materie-bølgelengde var større enn de 10^{-13} cm som sto til disposisjon! Reaksjonen hos noen kjente teoretikere var faktisk at de begynte å tvile på om det gikk an å anvende kvantemekaniske betraktninger i kjerne-sammenheng.

Tampen brenner!

I 1930 bombarderte tyskerne *Bothe og Becker* i Berlin metallet beryllium (Be) med alfa-partikler og fant at det oppsto en gjennomtrengende ukjent "stråling" rundt preparatet (4). Beskyting av elementene litium (Li) og bor (B) førte til samme effekt. Denne ble kalt "*beryllium-stråling*".

I 1931 bekreftet *F. Joliot og I. Curie* i Paris disse resultatene. De prøvde også å karakterisere "strålinga" ved å måle energien dens ved absorpsjon i bly (Pb), se figur 5. I stedet for å telle partiklene én for én, brukte de altså et elektrometer til å måle partiklenes

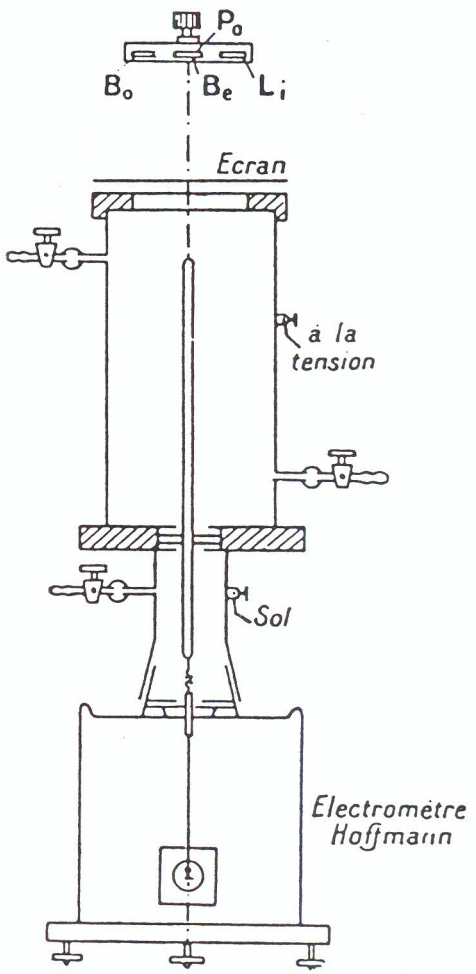


Fig.5. Eksperimental-oppstillinga til ekteparet Joliot - Curie. Under en intens polonium alfa-kilde laget av Marie Curie var det plassert et sylindrisk luft-ionisasjonskammer med en spenning mellom metallveggen og en metallstav med en spiss. Ionene som ble produsert i luft, ble sugd opp av midtstaven og ført til et Hoffmann elektrometer. Prøver av bor (B), beryllium (Be) og litium (Li) kunne nå bombarderes med alfa-partikler. Ved hjelp av blyfolier av forskjellig tykkelse ble energien til de antatt utsendte gammastrålene målt ved absorpsjonseffekten.

samlede ioniserende effekt i luft. De tolket resultatene som forårsaket av energirike gamma-kvanter med energi $\gamma_1 \simeq 20$ MeV i Be-tilfellet, $\gamma_2 = 0.9$ MeV i Li-tilfellet, og $\gamma_3 \simeq 11$ MeV i B-tilfellet. Kjernereaksjonene som ga opphav til "strålinga" mente de var følgende:

$$^{4}_{2}He + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{13}_{6}C + \gamma_1$$
$$^{4}_{2}He + {}^{6}_{3}Li \rightarrow {}^{10}_{5}B + \gamma_2$$
$$^{4}_{2}He + {}^{10}_{5}B \rightarrow {}^{14}_{7}N + \gamma_3$$

Med så energirik "stråling" for hånden fant de videre ut at de kanskje kunne oppnå å få til kjernereaksjoner med utsendelse av hydrogen-kjerner ved å la "beryllium-strålinga" bombardere stoffer som in-

neholdt mye hydrogen, slik som vann og parafin. Det stemte at de da fikk en økning av ioniseringa med opptil 100 %. Hydrogen-atomenes energi målte de til 4.5 MeV. De prøvde også tilsvarende beskyting av elementene gull, sølv og aluminium, men fikk da ingen økning i ioniseringa. Da de gjorde samme måleserie for "bor-strålinga", fant de at hydrogen-atomenes energi var 2 MeV, og de fikk som før ingen økning av ionisasjonen ved å sette inn de andre metallene som er nevnt ovenfor.

Forklaringen som de gir i rapporten 18. januar 1932 (5), er enkel: Den gjennomtrengende strålinga skyldtes en svært energirik gamma-stråling som klarte å slå ut hydrogen-atomer fra atomkjerner ifølge en tilsvarende prosess som gjelder for *Compton-effekten*:

$$\gamma + bundet\ Hkjerne \rightarrow \gamma' + fri\ Hkjerne.$$

Hvis en likevel benytter Klein-Nishina formelen for Compton-effekten og setter inn verdier for protoner i stedet for elektroner, finner en lett at primær-energien for γ_1 i beryllium-tilfellet måtte ha vært 50 MeV. Dette sto i motstrid til verdien på 20 MeV som ble rapportert ovenfor. Det var altså åpenbart at det var noe som ikke stemte i deres forklaring!

Nøytronets oppdagelse

Det korte franske notatet gikk ikke hus forbi i Cambridge da det kom 8 dager etter, og den sprikende forklaringen i artikkelen ble raskt oppdaget. *J. Chadwick* satte straks i gang med å sjekke resultatene til Bothe og Becker og Joliot-Curie. Han kunne nå bruke mer avansert måleutstyr enn dem. I stedet for elektrometer, kunne han bruke en rørdetektor (et slags Geiger-Müller rør) og en elektronisk forsterker der pulsene kunne telles én for én ved utslagene på en oscillograf, se figur 6. Han fant fort ut at den sekundær-stråling

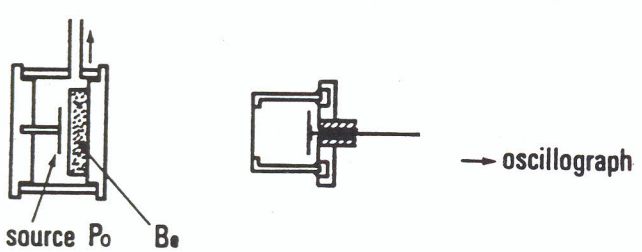


Fig.6. Eksperimental-oppstillinga til J. Chadwick. En alfa-kilde av polonium (Po) var plassert nær en plate av beryllium (Be) i vakuum. Ionisasjonskammeret med et tynt aluminiumsvindu var knyttet til en elektronisk forsterker og en oscillograf. En 2 mm plate av parafin fikk detektoren til å øke tellehastigheten betydelig. Absorpsjonsmålinger med plater av aluminium mellom parafin-plata og detektoren viste at det ble sendt ut protoner.

som den primære "beryllium- strålinga" forårsaket fra alle elementene som Joliot-Curie hadde prøvd, var rekyl-atomer av de samme elementene. Bare fra de hydrogen-holdige stoffene kom det ut ioniserte hydrogen-atomer. "Beryllium-strålinga" kunne altså ikke være elektromagnetisk stråling med kvantenatur, men partikkelstråling! For å si det med *Chadwick: "The difficulties disappear, however, if it be assumed that the (beryllium,* vår tilføyelse) *radiation consists of particles of mass 1 and charge 0, or neutrons."*

Dessuten fant han at γ_1 i Joliot-Curie's reaksjonslikning for alfa-partikler med beryllium (gitt ovenfor), ikke kunne ha energi høyere enn 14 MeV. Ellers ville ikke energiene balansere på begge sider av reaksjonstegnet. Massedefektene for de atomene som inngikk var nemlig godt kjent i Cambridge. Han skriver derfor videre: *"Up to the present, all the evidence is in the favour of the neutron while the quantum hypothesis can only be upheld if the conservation of energy and momentum be relinquished at some point."*

Den 27. februar 1932 sto allerede Chadwicks korte meddelelse (6) i Nature. Lengden er litt over en spalte i tidsskriftet. Men før Chadwicks artikkel var publisert, hadde allerede Joliot-Curie rukket å sende inn en ny artikkel (7). Der mener de å ha funnet avgjørende bevis for sin nye effekt som tilsvarer Compton-spredning av gamma-kvanter på protoner. De var så sikre på sin forklaring at det nesten var like før de ville kalle den Joliot-effekten! Det føltes nok som et skikkelig mageplask da de fikk lese Chadwicks artikkel litt seinere. De var altså svært nære på en stor oppdagelse, men sporet av i innspurten! Historien var likevel rettferdig mot ekteparet Joliot-Curie. De fikk Nobelprisen i kjemi samtidig med Chadwick for å ha fått til kunstig radioaktivitet ved å skyte alfa-partikler mot alumiumkjerner og seinere skille ut de radioaktive isotopene ved kjemiske metoder.

I en lengre artikkel (8) som er datert 10. mai 1932, viste Chadwick at primær-reaksjonene i radium/beryllium-kilden kunne skrives:

$$^4_2He + {}^9_4Be \rightarrow {}^{12}_6C + {}^1_0n,$$

og at nøytron-energien måtte være 5.68 MeV. Han fant videre at nøytronets masse var $m_n = 1.0067$ amu, noe som er 0.2 % forskjellig fra den moderne verdien, $m_n = 1.008982$ amu. Fra nå av ble også navnene *protoner* og *nøytroner* brukt på partiklene i atomkjernen, altså ikke lenger "ionised hydrogen atom" eller "neutral doublet", se figur 7. Den lette partikkelen til Pauli i den svake vekselvirkningen ble omdøpt til *nøytrino*.

Chadwick skulle bli lederen av britenes gruppe i

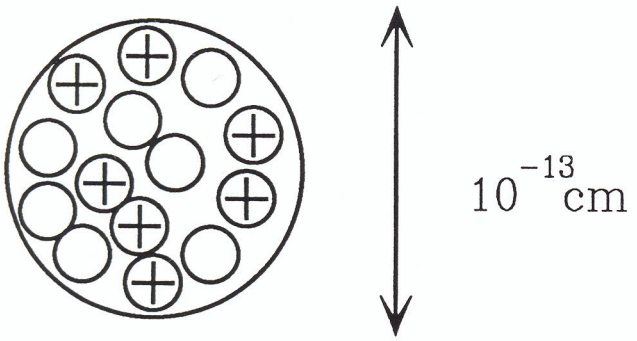


Fig.7. Modell av atom-kjernen etter 1932. Nitrogen-kjernen på figuren antas nå å inneholde 7 protoner og 7 nøytroner.

Manhattan-prosjektet i USA under Den 2. verdenskrig da atombombene ble konstruert. *F. Joliot-Curie* ble lederen av Frankrikes atomenergi-program etter krigen, men ble i 1950 satt utenfor fordi han var erklært kommunist. Den kalde krigen var i gang.

Etterord

Hvorfor skulle det gå nesten 12 år fra de første tankene om eksistensen av nøytroner ble publisert og til de ble påvist? Rutherford forteller selv i sin programerklæring om hvor merkelig et nøytron ville oppføre seg, og hvor vanskelig det ville være å påvise det. Men ingen kom på den tanken at nøytroner kunne påvises ved "knock out"-reaksjoner før det nærmest skjedde ved en tilfeldighet. Dessuten var det nok vanskelig å tenke seg utsendelsen av et nøytron, en materiell partikkel, med en bestemt energi fra en kjerne, enda en nå godtok at kvanter med bestemt energi kunne sendes ut fra et atom. Når det gjelder oppklaringen av eksperimentene til Bothe og Becker, må en tenke på at *Cavendish-miljøet* hadde drevet med kjernefysikk siden århundre-skiftet. J. Chadwick var en erfaren fysiker, mens ekteparet Joliot - Curie var unge, entusiastiske radio-kjemikere.

Det skulle gå ytterligere 10 år før den første menneskebygde atomreaktoren gikk kritisk. Den var basert på nøytronenes evne til å frigjøre energi ved fisjon av uran-atomer. Dette skjedde i desember 1942 under tribunene på en fotballbane i Chicago under *Enrico Fermis* ledelse. Atomreaktoren feirer altså 50-års jubileum i år. Samtidig er det akkurat 40 år siden den første norskbygde atomreaktor kom i vanlig drift på Kjeller ved Oslo. Alt dette er en annen historie som vi skal behandle i en seinere artikkel.

∞

Referanser

1. J. Chadwick, Verh. Deutsch. Phys. Gesells. **16** (1914) 383
2. E. Rutherford, Proc. Roy. Soc. A **97** (1920) 374
3. W. Pauli, brev til Lise Meitner, 4. desember, (1930)
4. W. Bothe og H. Becker, Phys. Z. **32** (1931) 661
5. I. Curie og F. Joliot, Compt. Rend. **194** (1932) 273
6. J. Chadwick, Nature **129** (1932) 312
7. I. Curie og F. Joliot, Compt. Rend. **194** (1932) 708
8. J. Chadwick, Proc. Roy. Soc. A **136** (1932) 692

Populære framstillinger på norsk

1. Egil A. Hylleraas: *Atomene, forskningens vei mot ukjent land.* Cammermeyer, (1947)
2. Donald J. Hughes: *Det fantastiske nøytronet.* Cappelens Realbøker Nr. 3, J.W.C. forlag, (1963)
3. Alfred Romer: *Det aktive atomet.* Cappelens Realbøker Nr. 5, J.W.C. forlag, (1963)
4. E.N. da Costa Andrade: *Rutherford og moderne atomfysikk.* Cappelens Realbøker Nr. 27, J.W.C. forlag, (1965)

Lærebøker med fysikk-historie

1. John M. Blatt and Victor F. Weisskopf: *Theoretical Nuclear Physics.* Springer, Berlin, (1952)
2. F.K. Richtmyer, E.H. Kennard and T. Lauritsen: *Introduction to modern physics.* McGraw-Hill, N.Y. (1955)

Biografier

1. D. Schulze: *Die Entdeckung des Neutrons. Zum Gedenken an James Chadwick.* Phys. Bl. **47** (1991) 998
2. E. Pollard: *Neutron pioneer.* Physics World, okt (1991) 31

Kommentarer

Stefan-Boltzmanns lov – et enkelt fysisk forsøk

Kommentar til en artikkel av Bjørn Bjørneng i FFV nr. 1, 1990, hvor han beskriver et laboratorieforsøk som går ut på å demonstrere Stefan-Boltzmanns strålingslov.

Utstyret som er meget enkelt, består av en glødelampe, to multimetre (ett for spenning og ett for strømmåling) og en variabel spenningskilde. Figur 1 viser forsøksoppstillingen.

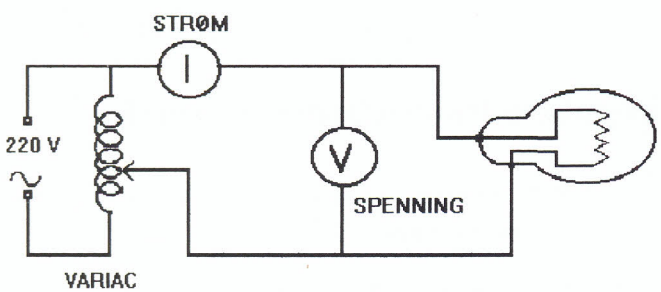


Fig.1. Forsøksoppstilling.

Vi varierer spenningen V, leser av strømforbruket I, beregner effekten $P = V \cdot I$ og filamentmotstanden $R = V/I$.

Fra fysiske tabeller (Hanbook of Physics and Chemistry) finner vi wolframs resistivitet som funksjon av temperaturen, og ut fra resistansberegningene kan vi utlede filamentets temperatur T. Plottes så logaritmen av effekten P som funksjon av logaritmen av T, skulle vi få punkter som skulle ligge langs en rett linje med stigning lik 4. Vi kan da sette opp *Stefan-Boltzmanns lov*:

$$P(T) = a \cdot \sigma T^4$$

hvor a er filament-arealet.

Et slikt enkelt forsøk inspirerer til gjentakelse.

På Samvirkelaget fåes en 15 watts kjøleskapslampe. Hobbyforretninger selger billige multimetre, og en "Variac" fåes lett gjennom et postordrefirma.

Forsøket resulterte i et plott hvor målepunktene virkelig lå langs en rett linje. Men stigningen ga verdier omkring 5,1 og ikke 4,0. Se fig 2, kurve a.

Var det en systematisk feil et eller annet sted? Jeg gjentok forsøket med flere typer lamper og multimetre, jeg konsulterte "Handbook'en" for presise data på resistivitet, men resultatet blev det samme: stigningen lå mellom 5,1 og 5,2. Stefan-Boltzmanns lov skulle da ha formen:

$$P(T) = a \cdot \sigma T^{5.15}$$

Hvor var feilen? Jeg hadde ventet at noen andre hadde gjort forsøket og gitt signal om at figuren i FFV nr. 1, 1990, side 17, umulig kunne være korrekt. Jeg har ennå ikke funnet noen kommentarer, så derfor sender jeg denne.

Wolfram som sort-strålings-legeme

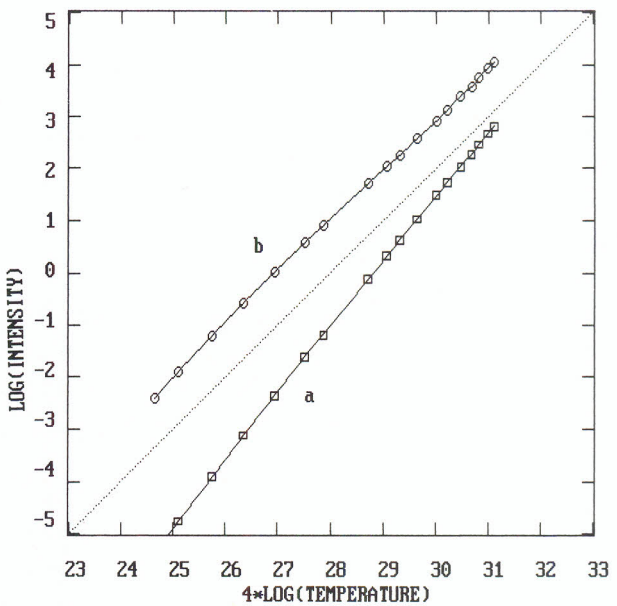


Fig.2. Stefan-Boltzmanns lov. Plottet viser $log(P(T)/\bar{\epsilon}(T))$.

Wolfram er ingen ideell sort-stråler. Det har en emisjonskoeffisient som er ca 0,4 i det synlige, avtar mot 0,3 i det røde området, og synker mot 0,1 i det infrarøde (hvor mesteparten av strålingen er). Etterhvert som filamenttemperaturen øker, vil Planck-kurven forskyve seg mot kortere bølgelengder, og emisjonskoeffisienten vil øke. Integreres produktet *emisjonskoeffisient ganger Planck-funksjonen*, vil vi kunne formulere Stefan-Boltzmanns lov:

$$P(T) = a \cdot \bar{\epsilon}(T) \cdot T^4$$

hvor $\bar{\epsilon}(T)$ er den totale emisjonskoeffisienten. Tabell for resistivitet og total emissivitet finnes i noen utgaver av "Handbook'en". Brukes disse data sammen med målingene, vil vi kunne presentere logaritmiske plott hvor målepunktene ligger langs en rett linje med den korrekte stigning lik 4 (se fig. 2, kurve b).

Jeg har laget en lab-oppgave inspirert av dette

forsøket som skulle kunne anvendes i den videregående skole og i introduksjonskurset i fysikk ved universitetene. Det er en del kjedelige beregninger og interpolasjoner fra de fysiske tabellene som må utføres, så jeg har utviklet et enkelt PC-program som har tabellene i seg. En lager en datafil med målingene som programmet bruker, og det hele presenteres som plott på skjermen som så 'dumpes' ut på printeren.

Interesserte vil kunne få programmet og instruksjoner ved å sende en diskett til undertegnede.

Ove Harang,
Nordlysobservatoriet,
Universitetet i Tromsø.

∞

Konferanser

Mini-workshop i romforskning i Oslo

I samarbeid med Fysisk institutt arrangerte Institutt for teoretisk astrofysikk en mini-workshop i tiden 15. – 17. juni 1992. Dette møtet var det 6. i rekken. Sentrale områder innen norsk romforskning (både teoretisk og eksperimentelt) har vært tatt opp på disse møtene. Hensikten har vært å bringe sammen internasjonale eksperter og norske forskere til foredrag og diskusjon.

Tittelen på årets møte var "Magnetic Reconnection in Physics and Astrophysics". Tre amerikanske, to engelske og seks norske foredragsholdere var invitert. I tillegg deltok forskere fra Bergen, Kjeller, Oslo, og Tromsø, og studenter fra Oslo. Årets tema vil stå sentralt i tolkningen av solfysikk-data fra SOHO (Solar and Heliopheric Observatory) og magnetosfærefysikk-data fra CLUSTER-satellittene. Disse prosjektene, som den europeiske romorganisasjonen ESA gjennomfører i samarbeid med NASA, er to deler av ett hjørnestensprosjekt med felles interesser i tolkningen av dataene.

Begrepet "magnetic reconnection" brukes om en prosess der et magnetfelts konfigurasjon endres og deler av den magnetiske energien frigjøres og går over til oppvarming og akselerasjon av gassen. Magnetisk reconnection er bare mulig der hvor den magnetohydrodynamiske beskrivelsen av plasmaet bryter sammen, og i denne forbindelse betyr det områder hvor magnetfeltet er null. Et eksempel på et område der magnetisk reconnection kan opptre er magnetopausen hvor jordens magnetfelt møter magnetfeltet i solvinden. Dersom solvinden bringer med seg et magnetfelt som er motsatt rettet av jordens magnetfelt, vil man i møtepunktet ha en meget ustabil konfigurasjonen, og magnetisk reconnection kan initieres. Selv om dette eksempelet er sterkt forenklet, viser observasjoner at sydlig rettet magnetfelt i solvinden favoriserer magnetisk reconnection ved magnetopausen.

Philippa Browning (Manchester, England), Kristoffer Rypdal (Tromsø) og Reiner Stenzel (UCLA) holdt foredrag om laboratorie-eksperimenter med magnetisert plasma. Mens hovedinteressen i solfysikk og romplasma ligger i prosesser hvorved energi transformeres fra elektromagnetisk energi til ladete partikler, er det endringer i magnetfelt-topologien forårsaket av magnetisk reconnection som studeres i laboratoriet. Spesiell vekt legges på de sider som er av interesse for transportprosesser i fusjonseksperimenter.

Terry Forbes (New Hampshire, USA) ga en interessant oversikt over utviklingen innen modeller for magnetisk reconnection fra Giovanelli, Hoyle og Dungey's tidlige arbeider i 50 og 60-årene, via Alfvéns kritikk til nyere bidrag, bl.a. innen numerisk simulering. Begrensninger ved simuleringer i to isteden for i tre dimensjoner, og effekten av forskjellige randbetingelser ble diskutert. Forbes konkluderte med å presentere en modell for solare utbrudd (flares) og påviste analogier til reconnection i magnetosfære-halen.

Mike Lockwood (Rutherford–Appleton Lab., England) og Per Even Sandholt (Oslo) diskuterte nyere observasjoner innenfor magnetosfære – ionosfære systemet som kan tolkes som signaturer på reconnection. Disse inkluderer satellitt-observasjoner ved magnetopausen (grensesjiktet solvind – magnetosfære), radarmålinger av ionosfærisk ionedrift (fra EISCAT - anlegget i Tromsø) og visse signaturer i dagnordlyset. Lockwood konkluderte med at reconnection er den sentrale mekanisme for moment-overføring fra solvinden til magnetosfæren/ionosfæren. Eksakt hvilke reconnection moder som er virksomme og deres relative betydning er forsatt uavklart. Kvasi-periodiske hendelser i dagnordlyset indikerer en sekvens av reconnection-pulser ved magnetopausen og tilhørende plasmainjeksjoner fra solvinden.

De fleste moderne teorier for flare-utbrudd på sola tar utganspunkt i magnetisk reconnection. Diskusjonen går derfor vesentlig på om solkoronaen både i og utenfor aktive områder varmes opp ved et stort antall, meget små utbrudd, kalt nano-flares. En tenker seg at nano-flares er forårsaket av magnetiske ustabiliteter som gir opphav til magnetisk reconnection. Med utgangspunkt i ultra-fiolette spektrallinjedata fra High Resolution Telescope and Spectroscope (HRTS) prosjektene diskuterte Nils Brynildsen, Olav

Kjeldseth-Moe, Viggo Hansteen og Per Maltby (Oslo) forskjellige måter å observere nano-flares på og påvise magnetisk reconnection. John Zirker (Sunspot, NM, USA) diskuterte muligheten for at en høy sirkulasjonshastighet i granulasjons-mønsteret på soloverflaten kunne gi energi til korona-oppvarming.

I det siste foredraget stilte Øystein Elgarøy og Oddbjørn Engvold (Oslo) spørsmålet om flares på andre stjerner enn sola var forårsaket av magnetisk reconnection. De ga ikke noe fullstendig svar på møtet, men diskusjonene førte til en aktiv innsats på dette feltet i dagene etter møtet. Egil Leer (Oslo) var tildelt den vanskelige oppgaven å gi et sammendrag av møtet. Han holdt et meget engasjert innlegg og avsluttet møtet på en inspirerende måte.

Per Maltby og Per Even Sandholt

Bokomtaler

Levente Szasz: The Electronic Structure of Atoms. John Wiley & Sons, 1992 (571 s).

Boken utgjør første del av en tobinds monografi om den kvantemekaniske teori bak elektronstrukturen til atomære systemer. Dette første bindet gir en systematisk analyse av Hartree-Fock-modellen (enkelt-konfigurasjons-formulering – Multi-Configuration-Hartee-Fock-modellen blir formodentlig behandlet i bind 2), og av forskjellige valens-elektron-teorier basert på såkalte effektive Hamilton-operatorer.

De tre første kapitlene gir en elementær og konvensjonell innføring i standard HF-teori. Med utgangspunkt i Hartrees atom-modell der hvert enkelt elektron antas å bevege seg uavhengig av de andre i et midlere effektivt, sfærisk-symmetrisk potensial satt opp av kjernen og de øvrige elektronene, gir forfatteren i kapittel 2 en detaljert utledning av Hartrees velkjente ligning. Dette suppleres med en diskusjon av en representativ numerisk Hartree-beregning for kvikksølvatomet. Deretter redegjøres det for Focks bidrag med antisymmetrisering av bølgefunksjonen og determinantrepresentasjon av denne. Så følger underkapitler med behandling av atomer med fylte grupper eller nl-subskall (karakterisert ved at tilstanden alltid er en singlett S), ombyttingspotensialer, Koopmans' teorem, og tetthetsmatriseformulering. I kapittel 3 utpensles behandlingen av det mer generelle tilfellet representert ved atomer med ikke fylte grupper.

Med tanke på at dette primært er en 'oppslagsbok' skrevet for teoretiske fysikere med forskningsmessige interesser innen teorien for atomær struktur, noe forfatteren selv antyder i forordet, og derfor neppe kan forventes å få særlig utbredelse som studentlærebok, kunne kanskje de tre første kapitlene med fordel vært kortet inn ganske vesentlig slik at boken begynte på et noe høyere nivå. Tross alt gir disse kapitlene relativt lite nytt i forhold til Froese-Fischers bok fra 1977 eller standardverker som f.eks. Slaters bøker fra 50- og 60-tallet.

I kapittel 4 gis en grundig og oversiktlig fremstilling og kritisk analyse av eksisterende modeller for relativistisk beskrivelse av mange-elektron-atomer. Fremstillingen spenner fra Darwins klassisk-relativistiske Hamilton-funksjon til Breit-Pauli perturbasjonsteori og Hartree-Fock-Dirac-modellen, hvor sistnevnte synes å representere dagens dominerende trend innen relativistisk behandling av komplekse atomære systemer. Her skiller Szasz' bok seg fordelaktig ut fra tidligere bøker innen atomær struktur ved at relativistiske metoder blir behandlet på like fot med de ikke-relativistiske, og ikke bare tilføyd nærmest som en eftertankens fotnote. Dette kapittelet representerer stoff som utvilsomt forsvarer en enhetlig fremstilling mellom to permer.

Presentasjon og en systematisk, kritisk analyse av endel representative HF-resultater – både relativistiske og ikke-relativistiske – utgjør kapittel 5, igjen meget nyttig og et av bokens pre.

Med kapittel 6 innledes bokens Del II: Valens-elektron-teorier. Denne delen tar for seg noen av de vanlig anvendte metoder og approksimasjoner som benyttes på valens-elektroner med utgangspunkt i HF-modellen. Det ville føre for langt og bli for teknisk i herværende sammenheng å gå i detalj om dette, så jeg nøyer meg med å nevne (for de spesielt interesserte) at en her finner en grundig matematisk behandling av 'frozen core'- og utvidet 'frozen core'-approksimasjonene (kapittel 6), en utledning som demonstrerer den direkte ekvivalensen av pseudopotensialer og Lagrange-multiplikatorer (kapittel 7), eliminasjon av fler-elektron projeksjonsoperatorer i teorier basert på effektive Hamilton-operatorer (kapittel 8), samt den interessante observasjon at mange av de Hamilton-operatorene som opptrer i teorien for atomær struktur, er ikke-hermiteske (Appendiks K). Det dreier seg her tildels om ikke tidligere publisert materiale. Relativistiske, effektive Hamilton-operatorer behandles i kapittel 9, og boken avsluttes med en serie nyttige og utfyllende appendikser.

"The Electronic Structure of Atoms" fremstår for meg som en velskrevet og grundig fremstilling av et omfattende emne. Boken er ikke fri for trykkfeil,

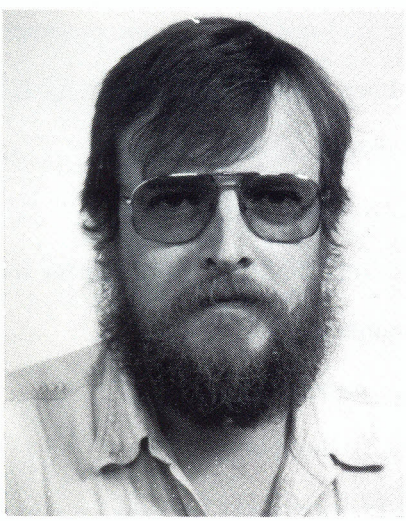
men de forekommer etter min mening ikke i et omfang som virker direkte irriterende. (Som en kuriositet kan nevnes at Alec Dalgarno konsekvent og på en rekke steder – også i referanselisten – omtales som A. *Dolgarno*, hvilket neppe uten videre kvalifiserer til rubrisering under trykkfeil.) Stikkordregisteret fremstår som sterkt amputert (i underkant av to sider), hvilket medfører at det ofte er unødig vanskelig å finne frem til detaljer av interesse uten å måtte 'bla gjennom halve boken'.

Selv om en leser utvilsomt finner ting å sette en kritisk pekefinger på, anser jeg denne boken som et nyttig supplement til hva der ellers gjerne befinner seg på skrivebordet til teoretiske fysikere med interesse for atomær struktur og atomære prosesser.

Kjell Aashamar

Nye Doktorer

Helge Nareid



Helge Nareid, Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim, AVH, forsvarte den 20. mai 1992 sin avhandling *Diffractive Display Optics – Volume gratings in Lippmann photography and holography, applied to the development of an automotive head-up display* for dr.ing.-graden.

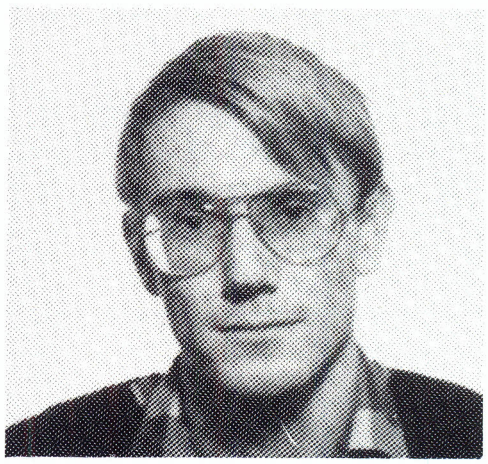
Helge Nareid er cand.scient. fra AVH, 1986, med fysikk hovedfag.

Doktorgradsarbeidet er innenfor faget optikk, og er konsentrert om rekonstruksjonsprosessen i holografi og beslektede teknikker (f.eks. Lippmann fotografi). Et mulig anvendelsesområde for disse teknikkene er såkalte holografiske optiske elementer som i enkelte situasjoner kan erstatte konvensjonelle linser med betydelige reduksjoner i størrelse og vekt.

En stor del av arbeidet har bestått i å delta i utviklingen av et optisk system for bilinstrumentering – et såkalt "head-up display". To slike systemer er designet – et som bruker vanlige linser, og et som bruker holografiske optiske elementer. Prototypsystemer er blitt bygget.

Arbeidet er i hovedsak utført ved SINTEF avdeling for anvendt fysikk og ved Institutt for fysikk ved NTH. Veileder for avhandlingen har vært professor Hans M. Pedersen ved Institutt for fysikk, NTH.

Trond Inge Westgaard



Trond Inge Westgaard, Institutt for fysikk, Universitetet i Trondheim, NTH, forsvarte den 18. juni 1992 sin avhandling *Optical characterization of semiconductor heterostructures* for dr.ing.-graden.

Trond Inge Westgaard er siv.ing. fra NTH, 1987, Avdeling for fysikk og matematikk. Doktorgradsarbeidet er innenfor faget optikk, og er et studium av halvledermaterialer som er bygget opp av monomolekylare lag. Prosjektet har bidratt til en bedre grunnleggende forståelse av fysikken i slike lagstrukturer. Denne forståelse er med på å gi en basis for konstruksjon av komponeneter til f.eks. optoelektronisk bruk innen informasjonsteknologi.

Westgaard har siden august i år vært gjesteforsker ved IBM Thomas J. Watson Research Centre i New York.

∞

Trim i FFV

FFVT 3/92

Punktet L på bakken ligger loddrett under toppen av et høyt tårn. En vindstille dag slippes et metall-lodd fra toppen av tårnet, og tilskuerne A og B diskuterer hvor det treffer bakken. A mener at loddet treffer i punktet

L, mens B hevder at p.g.a. jordrotasjonen har loddet på toppen av tårnet større hastighet enn punktet L har, og vil derfor falle ned et stykke østenfor L. Hva er riktig?

Løsning FFVT 2/92

Stillingssøkeren hos "Smart og Snedig A/S" skulle finne tilordningen av 3 lyspærer til 3 brytere i et annet rom ved først å besøke bryterrommet en eneste gang.

Han kunne bestått testen ved å slå på to av de tre bryterne, og etter noen minutter slå av den ene. Ved å gå raskt til lamperommet vil identifikasjonen være enkel når han finner én lysende lampe og to mørke der den ene fremdeles er varm. (Den alternative prosedyre der én bryter slås på lenge og en annen like før avmarsjen, er lite brukbar fordi den karakteristiske tid for å varme opp en vanlig lyspære er svært kort. Prøv!)

∞

Hva skjer

Nato Advanced Study Institute inviterer til møte på Geilo 13. - 23. april 1993, om

PHASE TRANSITIONS AND RELAXATION IN SYSTEMS WITH COMPETING ENERGY SCALES

Emnene vil dekke såvel teori som eksperiment og laboratorie-demonstrasjoner, og omfatter: *critical fields, critical dynamics, entanglement, instability, levitation, melting, phase slip, pinning, supercooling* og *vortices.*

Møtet er internasjonalt, og påmeldingsfristen er 15. januar 1993. Nærmere informasjon kan fåes fra Norsk Fysisk Selskaps sekretær Gerd Jarrett (adresse på bladets omslag).

NABLA 50 år

Den 20. mars 1993 feirer linjeforeningen NABLA ved NTH 50-års jubileum, og alle NABLA-komponenter inviteres til feiringen. For utsendelse av invitasjon og program trenger vi adresser. Vennligst send inn din egen og evt. andres adresser til:

NABLA, Studpost 244, 7034 Trondheim.
Tlf. 07593456, Fax. 07593628.

∞

Nytt fra NFS

ÅRSMELDING

Årsmeldingen omfatter perioden mellom årsmøtene 26. juni 1991 og 24. juni 1992.

Organisasjonsforhold

Styret har bestått av:

- Thormod Henriksen (Oslo), president.
- Johan Stadsnes (Bergen), visepresident til 1/1 92.
- Egil Leer (Oslo), visepresident fra 1/1 92.
- Marianne Foss (Tromsø).
- Haakon Olsen (Trondheim).
- Anne Grete Frodesen (Bergen) fra 1/1 92.

Varamedlemmer:

- Jacob Stamnes (Bergen).
- Hallstein Høgåsen (Oslo).
- Unni Pia Løvhaug (Tromsø).

Selskapets sekretær er Gerd Jarrett.

Styret har hatt fem møter i perioden: to i Oslo, ett i Trondheim, ett i Stavanger og ett i Tromsø.

Selskapet har 789 individuelle medlemmer (juni 1992), derav 28 studenter. Selskapet hadde gjennom det meste av året tre æresmedlemmer.

Den 22. mai døde **Sverre Westin** som gjennom mange år var et av Selskapets mest ruvende medlemmer. Han ble æresmedlem i 1972. Vi minnes Westin med ærbødighet og takk for alt han har gjort for NFS.

NFS har følgende 7 kollektive medlemmer:
Chr Michelsens Institutt, Laborel A/S, Norsk Hydro A/S, SINTEF, Statoil Norge AS, Simrad Optronics A/S, Aanderaa Instruments.

Deltakere ved Fysikkolympiaden 1991 på Cuba. Fra venstre: Morten Kloster (gull), Morten Smedsrud, Yngve Kvinnsland, Jarl Totland og Jørgen Lorentz (Honourable mention).

Årskontingenten for 1992 er kr 180,- for individuelle medlemmer og kr 90,- for studenter. Bidraget fra de kollektive medlemmer var i 1991 kr 21 500,-.

Selskapets økonomi er god, og regnskapet for 1991 er gjort opp med overskudd.

Fra Fysikkens Verden

Selskapets tidskrift "Fra Fysikkens Verden" gis ut fire ganger i året med et opplag på 1600. For Selskapets medlemmer er abonnementet inkludert i årskontingenten og utgjør omkring halvparten av denne.

- **Redaktører:**
  1. Øivin Holter
  2. Finn Ingebretsen
- **Redaksjonskomité:**
  1. Noralv Bjørnå
  2. Anne Grete Frodesen
  3. Ingerid Hiis Helstrup
  4. Per Chr. Hemmer
  5. Egil Leer

Tidsskriftet drives med stor grad av egeninnsats fra redaktørenes side. Det har fått en god form og stofftilgangen er tilfredsstillende. Budsjettet er på ca. kr 160 000. Herav kommer ca. halvparten fra abonnentene, og der er et betydelig bidrag fra NAVF.

Fysikermøtet

Fysikermøtet 1991 ble holdt i Trondheim i tiden 25. – 28. juni med 108 deltagere. Arne Reitan var formann i arrangementskomitéen.

Fra programmet kan nevnes følgende inviterte foredrag:

- **R. S. Sigmond** (Trondheim): Electron Optical Registration of Ultra–Fast transient Phenomena.

- **T. Vänngård** (Gjøteborg) : Photosyntesis – The conversion of light energy to chemical energy.
- **B. H. Wiik** (Hamburg) : A 500 GeV e^+e^- Linear Collider.
- **H. J. Braathen** (Sandefjord) : Modern Physics in Norwegian Senior High School.
- **H. Skoie** (Oslo) : Some future problems and perspectives in Norwegian R&D policies.
- **B. Pettersen** (Oslo) : From school physics to University physics.
- **K. Bogen** (Trondheim) : The Q–free System. An example of industrialization of Norwegian technology.

Videre var det faggruppen for biofysikk som presenterte seg selv. Det var 9 plenumsforedrag og 32 bidrag i en "postersession".

På den sosiale siden var det middag på Ringve museum, og bespisning og omvisning på Marintek.

Selskapets årsmøte ble holdt 26. juni. Under årsmøtet ble IBM's fysikkpris for 1991 tildelt **Jon Magne Leinaas** og **Jan Myrheim**. Jan Myrheim hodt prisforedraget.

Simrad Optronics' pris gikk til **Kjell Bløtekjær**.

Fysikermøtet ble dyktig ledet og gikk med et overskudd på kr 20803,-. Selskapets styre bevilget kr 15000,- til student- og lektorstipend til møtet.

Faggruppene

Selskapet har følgende faggrupper (med ledere): Akustikk (W. Løchstøer), Astrofysikk (R. Stabell), Biofysikk (T. Lindmo), Datafysikk og måleteknikk (T.H. Løvås), Kondenserte fasers fysikk (O. Steinsvoll), Generell teoretisk fysikk (H. Olsen), Geofysikk og ionosfærefysikk (A. Egeland), Kjernefysikk (J. Vaagen), Optikk (Aa. Sudbø), Partikkelfysikk (K. Mork), Petroleumsfysikk (J. Samseth), Plasma og gassutladningsfysikk (R. Armstrong), Undervisning (P. Vold) og Kontaktnett for kvinnelige fysikere (Annik Magerholm Fet).

Flere av gruppene har arrangert egne møter. Styret har gitt studentstipend til følgende konferanser og seminarer:

- Seminar i petroleumsfysikk, Stavanger (august 1991).
- Rondablikkseminaret i Kondenserte fasers fysikk og kjemi (september 1991).
- Partikkelfysikkmøtet på Spåtind (januar 1992).
- Plasmamøtet på Wadahl (februar 1992).
- Biofysikkmøtet på Kongsvoll (mars 1992).

Fysikkolympiaden

Fysikkolympiaden for skoleelever ble i 1991 arrangert i Havana på Cuba. Norske ledere var Ingerid Hiis Helstrup og Kårmund Myklebost.

De norske deltagere gjennomgikk et "treningskurs" på Universitetet i Bergen. Resultatet i konkurransen ble meget bra idet Morten Kloster fikk gullmedalje. Han ble totalt nr. 10 og den beste fra Vest-Europa. Videre oppnådde Jørgen Lorentz "honourable mention". Det deltok 31 land.

Vår deltagelse ble økonomisk støttet av Kirkeutdannings- og forskningsdepartementet og av NAVF.

For å ivareta norsk deltagelse i Fysikkolympiaden, og for å arrangere OL i Norge i 1996, ble det på Undervisningsseminaret på Ustaoset i august 1990 satt ned to utvalg:

1. For å ta seg av den årlige deltagelse i fysikkolympiaden (T. Engeland, A. Haug, S. Lie, E. Osnes og A. I. Vistnes)
2. For å arrangere OL i 1996 (K. Myklebost, E. Osnes og E. Østgaard).

Styret har oppnevnt Egil Leer som kontaktperson mellom Styret i NFS og de to komitéer.

Norsk Fysikkråd

Norsk Fysisk Selskap har valgt følgende representanter til Norsk Fysikkråd: Bjørn Berre, Marianne Foss, Jan Johannessen og Thormod Henriksen.

På årsmøtet i januar ble Jan Vaagen valgt til formann og Bjørn Berre til nestformann.

Forøvrig henvises til Norsk Fysikkråds årsmelding.

European Physical Society

Norsk Fysisk Selskap er assosiert til EPS og ca. 20% av våre økonomiske ressurser går med til dette. De fleste av NFS medlemmer har dessverre liten kontakt med EPS og det som forgår der.

EPS er nå inne i en omstruktureringsfase. Styret i EPS arbeider etter en linje som vil føre til at medlemmene i alle de assosierte fysiker–selskaper blir medlemmer i EPS. Det vil i så fall øke antall medlemmer fra ca. 4000 til ca. 60 000. En slik omstrukturering kan tre i virksomhet fra 1994.

På rådsmøtet i Aten i mars 1992 ble Eivind Osnes valgt inn i styret. Han er den eneste fra Norden i styret og overtar plassen etter svensken Hans Ryde.

EPS gir ut "Europhysics News" som bare kommer til norske fysikere som er personlige medlemmer (82).

Fysikkpriser

Norsk Fysisk Selskap har gleden og æren av å kunne dele ut 2 priser i fysikk:

1. **Simrad Optronics' pris i elektro-optikk.** Prisen gis for et norsk arbeid på fagområdet elektro-optikk eller et arbeid der elektro-optiske metoder er anvendt. Prisen er på kr 10 000,- og deles ut annethvert år. Den ble delt ut i 1991 for femte gang.

2. **IBMs fysikkpris i kondenserte fasers fysikk.** IBM Norge vil hvert år i 5 år gi en pris i kondenserte fasers fysikk. Prisen er på kr 20 000,- og deles ut i 1992 for tredje gang.

Det er fattet vedtak om at NFS skal dele ut en **Undervisningspris**. Prisen skal gis til én eller flere lærere i grunnskolen og den videregående skole som har gjort en ekstraordinær innsats for å fremme fysikkundervisningen.

Styret i NFS har nå arbeidet med å skaffe et finansielt grunnlag for denne prisen. Vi har møtt stor velvilje, men fått svært liten støtte. Vi gikk til det skritt at vi ba om en frivillig støtte fra medlemmene på kr 100,- sammen med medlemskontingenten for 1992. Det fikk en noe blandet mottakelse, men styrket fondet slik at det nå er på ca. kr 70 000. Vi håper derfor at det skal være mulig å dele ut den første prisen i 1993. For å realisere dette, vil vi trolig be om støtte også i 1993.

Styret takker

Styret i NFS vil rette en takk til alle tillitsvalgte i Selskapet for en fin frivillig innsats for norsk fysikk.

Styret vil rette en spesiell takk til Selskapets sekretær Gerd Jarrett som gjør en kjempejobb og binder Selskapet sammen på en utmerket måte.

Blindern i juni 1992

Thormod Henriksen
President

∞

Nye medlemmer tatt opp under fysikermøtet 1992:

Siv.ing. Ronny Arne Albrechtsen
Høgskolesenteret i Rogaland
Postboks 2557 Ullandshaug
4004 Stavanger

Fagkonsulent Bente Lilja Bye
NAVF
Sandakerveien 99
0483 Oslo

Lektor Dag Eriksen
Møglestu videregående skole
4790 Lillesand

Professor Ivar Giaever
Physics Dept.
Rensselaer Polytechnic Institute
Troy, N.Y.
12180- 3590 USA

Siv.ing. Randi Gussgard
Dept. of Radiological Science
Biomed. Physics Grad. Program
UCLA Med., Chs, 10833 Le Conte Ave.
CA 90024 Los Angeles, USA

Dr.scient. Stein Ivar Hansen
Televerkets forskningsinstitutt
Postboks 83
2007 Kjeller

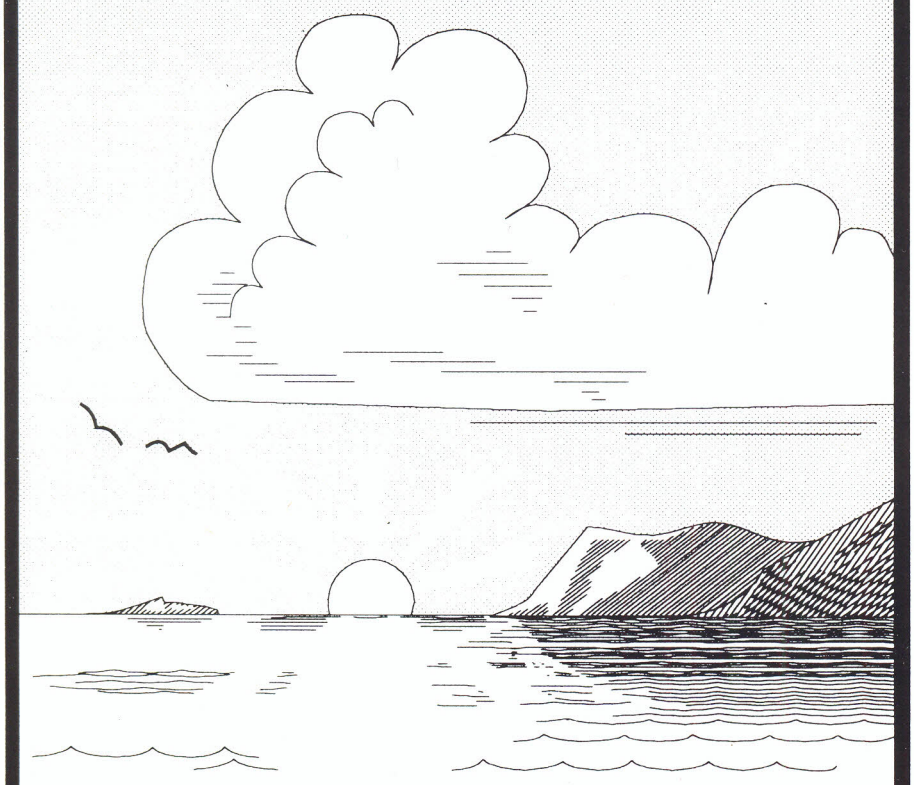
Student Lars Haukeland
Senter for industriforskning
Postboks 124 Blindern
0313 Oslo

Siv.ing. Olav Fredrik Syljuåsen
Dept. of Physics
Knudsen Hall
UCLA
CA 90024 Los Angeles, USA

Lektor Svein Åtland
Sandnes videregående skole
4300 Sandnes

∞

VÆR – KLIMA – MILJØ



Vi utvikler instrumenter for oseanografi og meteorologi fra scratch til avanserte produkter for et internasjonalt marked. Vi krever allsidige ingeniører.

AANDERAA INSTRUMENTS

FANAVEIEN 13B,
5051 BERGEN, NORWAY.
TEL. 05 132500, TLX 40049
TELEFAX + 05 137950

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Visepresident:
Professor Egil Leer,
Institutt for teoretisk astrofysikk,
Universitetet i Oslo.

Styremedlemmer:
Amanuensis Marianne Foss,
Institutt for matematiske realfag,
Universitetet i Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.
Professor Haakon A. Olsen,
Fysisk institutt, AVH,
Universitetet i Trondheim.

Selskapets sekretær:
Gerd Jarrett,
Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.
Tlf.:(06) 80 60 75 Fax.:(06) 81 09 20
Postgirokonto: 5 88 38 89.
Bankgirokonto: 5102.09.58344.

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Professor Øivin Holter,
Professor Finn Ingebretsen,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.
Redaksjonssekretær:
Avd.ing. Karl Måseide,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå,
Institutt for matematiske realfag,
Universitetet i Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup,
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer,
Fysisk institutt, NTH,
Universitetet i Trondheim.
Professor Egil Leer,
Institutt for teoretisk astrofysikk,
Universitetet i Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.:(02) 85 64 28
Fax.:(02) 85 56 71 / 85 64 22
Email:
oivin.holter@fys.uio.no
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no

Fra Fysikkens Verden utkommer fire gange årlig. Abonnement kan tegnes direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 90,-. Studenter og skoleelever kr.45,-. Løssalg kr 30.- pr. nummer.

Postgirokonto: 0807 5 10 47 24
Bankgirokonto: 6094.05.40227