Fra Fysikkens Verden

Nr. 2 – 1995
57. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Sven Oluf Sørensen:
Kosmisk stråling – Del I 37

Olav Steinsvoll:
Væsker og væskeformer 44

Fra Redaktørene 34
FFV Gratulerer 34
Bokkronikk 52
Bokomtaler 54
Debatt 56
Trim i FFV 57
Nye Doktorer 58
Dr.scient. Cecilia Marie Futsæther
Dr.ing. Jorunn Skofteland Gislefoss
Dr.ing. Randi Holmestad
Dr.scient. Øyvind Isaksen
Dr.ing. Jan Langhammer
Dr.scient. Martin Lefstad
Dr.ing. Ivar Linnerud
Dr.ing. Pål Tuset
Dr.scient. Kjetil Ullaland
Nytt fra NFS 63
Logo for fysikkolympiaden
Nye medlemmer

KRABBETÅKEN
Rester etter supernovaeksplosjon observert i år 1054
(Se artikkel om kosmisk stråling)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

I skrivende stund er vi midt oppe i årets lønnsforhandlinger, og for første gang på lenge er muligheten for akademikerstreik en realitet. Vi ønsker ikke å kaste oss inn i diskusjonen om berettigelsen av å bruke "streikevåpenet" for de yrkesutøvere som naturlig hører hjemme blant FFVs lesere. Det er et faktum at akademikere i skoleverket, så vel som på universiteter og høgskoler, har hatt en svakere lønnsutvikling enn de vi hittil har sammenlignet oss med. Vår lille undring i disse tider er, som hos de fleste av våre kolleger – hvorfor har dette skjedd?

En forklaring kan være den labre interesse akademikere generelt viser som deltakere i organisasjonssamfunnet. Her er vi direkte utklasset av en rekke yrkesgrupper. Vi husker for eksempel serien av aksjoner for heismontørene i 70-årene, spesielt på universitetene. Om heisene er blitt bedre vet vi ikke, men det ga god uttelling på lønnskontoen. Videre har vel de fleste av våre kolleger observert, ikke uten en viss resignasjon, at våre beste hovedfagskandidater ikke sjelden starter sin yrkeskarrière på et høyere lønnsnivå enn sine lærere.

For universitetslærere kan også et annet forhold ha bidratt til den beskjedne lønnsderiverte; omfattende muligheter til eksterne biinntekter for enkelte grupper – muligheter som for mange gir en betydelig lønnskompensasjon. Dette er nok ikke særlig utbredt blant fysikere, og ikke kan vi se hvordan norsk fysikks internasjonale renommé ville bli styrket hvis den prioriterte "forskningsoppgave" blir å identifisere de mest lukrative bierverv. Vi vet ikke riktig hva som kom først, svak lønnsutvikling eller inntekter på si'. Men uansett, dette er en ond sirkel som man kanskje bør komme ut av selv om det kan bli vanskelig. Vi har i hvert fall fjernet oss langt fra Kristian Birkelands holdning – biinntektene ble brukt til å finansiere hans eksperimentelle nordlysforskning.

Heldigvis er lønn fortsatt ikke den eneste avgjørende faktor for valg av livsoppgave, noe den harde konkurransen om relativt få forskerstillinger vitner om. Men hvor lenge vil køen av søkere fortsatt bestå av de beste kandidatene?

∞

FFV Gratulerer

Nytt æresmedlem i NFS

Gerd Jarrett ble innvalgt som æresmedlem i NFS den 19. mai. Gerd har vært en av de viktigste drivkrefter i NFS i mer enn 25 år. Hun kjenner de fleste av medlemmene og har alltid vært til stede på styremøter og årsmøter.

Gerd Jarrett kom med i Norsk Fysisk Selskap som sekretær i 1969, den gang Tormod Riste ble valgt til president. Hun arbeidet for NFS i hele Ristes presidentperiode (10 år), fortsatte med Eivind Osnes som president i 10 år og endelig de siste 5 årene med den nåværende president. Denne lange perioden i selskapets historie har gått knirkefritt takket være Gerd. Hennes rutine, dyktighet og gode humør har preget styremøter, fysikermøter og det samarbeid vi har hatt.

I NFS statutter heter det: *Som æresmedlem kan innvelges personer som har innlagt seg særlige fortjenester av selskapets virksomhet.*

Det er sjelden å finne noen som i den grad fyller statuttenes krav om æresmedlemskap som Gerd Jarrett. Derfor er det en glede for oss å velge Gerd inn som æresmedlem i Norsk Fysisk Selskap.

Thormod Henriksen

Ozonforskningens nestor fyller år

Søren H.H. Larsen fylte 75 år 9. juni. Da han begynte med ozonforskning like etter krigen, var det få, om ingen, som brydde seg noe særlig om ozonet der høyt oppe i stratosfæren. Søren Larsen kunne sysle med sine ozonmålinger uten å bli forstyrret av miljøjournalister og andre som i dag engstelig spør om hvordan det går med ozonlaget.

Søren H.H. Larsen er utdannet ved Universitetet i Oslo. Han tok sin doktorgrad hos den store ozonpionéren Gordon M.B. Dobson i Oxford i England, og han har i mange år vært ansvarlig for de norske ozonmålingene.

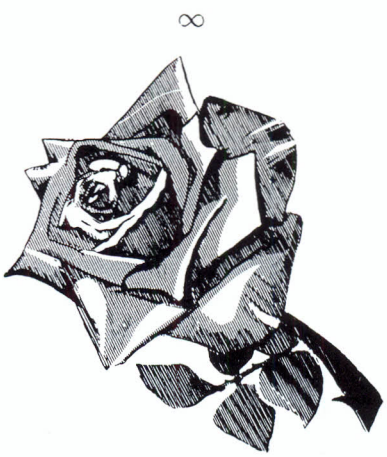
Søren Larsen var den aller første som målte ozon i polarområdene. Det var så tidlig som i 1951. Da en noen år senere skulle gjøre ozonmålinger i Antarktis, ble Larsens målinger fra Svalbard brukt som referanse – en forventet at målingene i Antarktis skulle være lik målingene i nord, bare forskjøvet 6 måneder i tid. Men da Dobson mottok de første resultatene fra den engelske basen Halley Bay, trodde han at instrumentet var blitt skadet under transporten til Antarktis fordi ozonverdiene lå langt under de verdier som Søren Larsen hadde funnet på Svalbard. Resultatene viste seg imidlertid å være korrekte, og dette var den aller første antydning om at det i syd er et tynnere ozonlag i vårmånedene. I dag omtaler vi denne fortynningen i vårmånedene som *"ozonhullet i Antarktis"*. Denne fortynningen varer gjerne et par tre måneder i Antarktis, mens en tilsvarende ozonfortynning i nord gjerne varer et par tre dager, og kan kalles et "minihull".

Hvis du vil treffe Søren Larsen og tror at han nå hviler på sine laurbær og nyter sitt otium, tar du feil – for Søren finner du som regel ennå på Blindern fullt opptatt med å studere ozon. Alle de norske målingene som ulike organisasjoner nå forsøker å lage trendanalyser av, er Søren H.H. Larsens målinger. Det er i første rekke han som kan fortelle deg hvordan ozonlaget er i dag og hvordan det har vært tidligere. Det Søren sjelden går inn på, er å spå om hvordan ozonlaget vil bli i tiden som kommer, – men det er det jo så mange andre som gjør.

Vi har nå gjennom mange år til stadighet hørt at ozonlaget blir tynnere. Det må jo da være på sin plass å spørre om det lenger er noe ozonlag igjen. Da kan vi gå til Søren H.H. Larsen, for i de siste årene har han, i samarbeid med en doktorgradsstudent, studert noen ozonmålinger som den gamle amatørastronomen Sigurd Einbu foretok på Dombås i årene fra 1940 til 1946. Søren har her vært den rene detektiven og funnet frem til originalmålingene. Alle disse dataene er nå re-analysert, og da kommer en til det forunderlige resultatet at ozonlaget over Norge for mer enn 50 år siden var litt tynnere enn det er i dag. Det er mye som tyder på at ozonlaget økte i tykkelse gjennom 1950- og 1960-årene, at det nådde et maksimum i 1970-årene, og at det de siste 20 årene har hatt en svak nedgang. Det ligger ikke noe dramatisk i dette, men alle de som frykter for uttynningen av ozonlaget burde kanskje lytte litt mer til en av de virkelige pionérene innen dette feltet, Søren H.H. Larsen.

Men Søren Larsen er mer enn ozonforsker. Han er en vennekjær mann med mange interesser. Som ivrig friluftselsker og dyktig tegner har han laget en rekke fine bilder fra sine mange turer i skog og mark, og fra sine forskningsreiser bl.a. til Svalbard. Dertil har Søren sterke musikkinteresser, og han har vært en entusiastisk cellist i Bærum Symfoniorkester gjennom en årrekke. På Blindern har han ofte gledet sine fysikervenner med musikk på instituttets mange sammenkomster. – Vi ønsker ham hjertelig til lykke med 75-årsjubileet!

Thormod Henriksen



Høyt respektert fysiker jubilerer

Professor emeritus Tormod Riste fylte 70 år 14. mai. Dette ble markert med et stort jubileum i Det Norske Videnskaps-Akademi den 13. mai med en rekke internasjonale fagkolleger på talerstolen for å ære Tormod Riste, med etterfølgende middag og enda mer hyllest.

Tormod Riste er født i Volda og tok sin cand.real.-eksamen i 1953 med hovedoppgave ved Institutt for atomenergi på Kjeller, senere Institutt for energiteknikk. Ved et lykkelig sammentreff av omstendigheter og framsynte personer, fikk Norge, som ett av de første små land utenom stormaktene, allerede i 1951 sin første forskningsreaktor JEEP I, etterfulgt av en større og forbedret reaktor JEEP II i 1967. Riste så straks hvilke muligheter Norge hadde for utnyttelsen av de unike nøytronstrålene fra forskningsreaktoren til grunnleggende materialforskning. Som det senere skulle vise seg, ble nøytronstråler et like uunnværlig verktøy i slik forskning som elektron- og røntgenstråler.

Som en følge av Ristes faglige dyktighet og kloke lederskap i hele 25 år fra 1966, kan det hevdes at pr. krone og megawatt reaktoreffekt, er det blitt produsert mer god forskning på Kjeller enn ved noen annen forskningsreaktor i verden ellers. Kjeller-miljøet tiltrakk seg også gode utenlandske forskere – en lykke for et lite land som Norge. Riste ble også knyttet til Universitetet i Oslo som professor II fra 1980 til 1991.

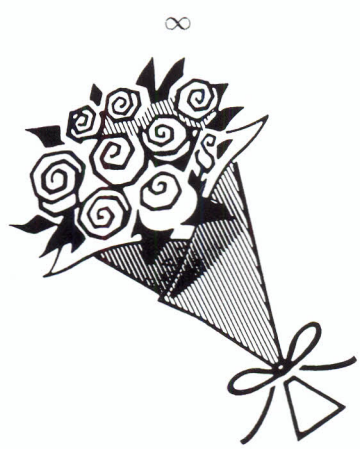
Tormod Ristes vitenskapelige produksjon omfatter rundt 100 publikasjoner og 12 bøker som han har vært redaktør og medforfatter av. Spennvidden er stor fra banebrytende undersøkelser av magnetiske strukturer ved bruk av nøytronspredning på 50-tallet, som dannet grunnlaget for hans dr.philos.-avhandling i 1961, innføring av bedre "nøytronspeil" og nøytronspredning fra uordnede magneter på 60-tallet, oppdagelsen av den såkalte sentraltoppen i strukturelle faseoverganger på 70-tallet, til et frontalangrep på et av de store uløste problemer i fysikk, turbulens, i de senere år.

Ved siden av sin vitenskapelige karriere, har Riste også innehatt en lang rekke nasjonale og internasjonale faglige tillitsverv. Han var bl.a. leder av Norsk Fysisk Selskap fra 1969 til 1979, leder av NAVFs komité for materialvitenskapelig grunnforskning fra 1987 til 1993, mangeårig medlem av Norsk Fysikkråd, representant i rådet til European Physical Society fra 1982 til 1985, formann i panelet for NATO Advanced Study Institutes fra 1981 til 1984, norsk delegat til ESRF fra 1989, og dertil har han hatt forskjellige redaksjonsverv i fem fagtidsskrifter. Han er også medlem av Det Norske-, Det Danske- og Det Polske Videnskaps-Akademi, samt æresmedlem i Norsk Fysisk Selskap fra 1980.

Forrige måned ble et av Ristes seneste forskningsresultater publisert i Physical Review Letters. Like før påske arrangerte Riste et fysikkseminar på Geilo – det siste i en rekke på 13 siden 1971, og som denne gang samlet 98 forskere fra 28 land. Kvelden før jubileet kom han tilbake fra et ukelangt opphold i Litauen der han hadde deltatt i en evaluering av litauisk fysikk. Feiringen av Ristes 70 års dag var dermed ikke et vanlig avskjedsselskap, men mer en feiring av en av Norges mest aktive forskere og forskningsstrateger for tiden.

Vitenskapsmannen Tormod Riste har vært og er, en streng forsvarer av grunnforskningens store betydning. Hans egen karriere er et synlig bevis på det. Det burde blinke røde lys og ringe i alarmklokker hos flere i tider som disse, når stadig flere glemmer grunnforskningens egenverdi. Det er ingen tvil om at Tormod Riste har vært en av de mest markante og mest respekterte fysikere i Norge etter krigen. Vi vet at det er et stort antall fysikere og venner i inn- og utland som takker ham og ønsker ham alt godt for tiden fremover.

Arne Skjeltorp og Olav Steinsvoll



Opprinnelsen til kosmisk stråling – Del I

Sven Oluf Sørensen *

Jorden bombarderes kontinuerlig av et tynt "regn" av atomære partikler fra verdensrommet. Energien til de hurtigste av disse partiklene er mange størrelsesordener høyere enn de man kan oppnå kunstig med akseleratorer. Opprinnelsen til denne strålingen er ennu ukjent, og det eksisterer ingen tilfredsstillende teori for hvorledes partiklene akselereres og hvordan strålingen er fordelt i rommet. Studiet av den kosmiske stråling representerer et sentralt forskningsfelt i grenseområdet mellom elementærpartikkelfysikk og astronomi.

Innledning

Den kosmiske stråling ble oppdaget ca. 1912 ved at man i ballongoppstigninger fastslo eksistensen av en gjennomtrengende ioniserende stråling som fra alle retninger av verdensrommet kontinuerlig bombarderte jorden. Utforskningen av denne stråling er et sentralt tema i moderne fysikk, og har ledet til registrering av en lang rekke revolusjonerende atomære fenomen hvis høydepunkter er oppdagelsen av positronet, myonet, π-mesonet, særpartikler etc. I tillegg kommer kartleggingen av eksotiske prosesser som elektromagnetiske kaskadeskurer, multippel mesonproduksjon etc. Den kosmiske stråling representerer dessuten et ytterst interessant astronomisk fenomen. Man kan f.eks. nevne at det er den eneste kilde til materie, muligens bortsett fra meteoritter, som kommer fra områder utenfor vårt solsystem, og i visse tilfeller kanskje fra ekstragalaktiske kilder.

Man kjenner i dag ikke til opprinnelsen til den kosmiske stråling. Det eksisterer for tiden ingen tilfredsstillende teori eller modell for kilden til disse partikler, hvorledes de akselereres til de enorme energiene, og hvorledes strålingen er fordelt i verdensrommet. Skal man derfor forsøke å gi en redegjørelse for problemet om opprinnelsen til den kosmiske stråling, må fremstillingen få karakteren av en "collage" av en rekke til dels innbyrdes motstridende modeller og teorier. Vi vil i det følgende starte med å gi en generell eksperimentell beskrivelse av den kosmiske stråling, dvs. dens sammensetning, energispektra og vinkelfordeling. Deretter vil vi redegjøre, basert på de observerte data, for de viktigste teorier for dens opprinnelse.

Den primære kosmiske stråling består av et tynt "regn" av atomære partikler, i første rekke protoner, alfapartikler og tyngre atomkjerner som kontinuerlig bombarderer jorden fra alle kanter av verdensrommet. Når denne stråling kolliderer med kjernene i nitrogen- og oksygenatomene i atmosfæren, oppstår det bl.a. skurer av π-mesoner. De ladede π-mesonene desintegrerer til myoner som på grunn av sin svake vekselvirkning kan trenge dypt ned i jordskorpen og derved danne *den gjennomtrengende komponent* av den kosmiske strålingen. – De nøytrale π-mesonene desintegrerer til gammakvant som, når de er tilstrekkelig energirike, starter elektromagnetiske kaskadeskurer i atmosfæren og derved danner *den bløte komponent* av den kosmiske stråling. Ved hjelp av en meget avansert eksperimentalteknikk, som i de siste år er supplert med satellitter og romsonder, har man dannet seg et noenlunde koherent bilde av den stråling som kommer inn mot jorden.

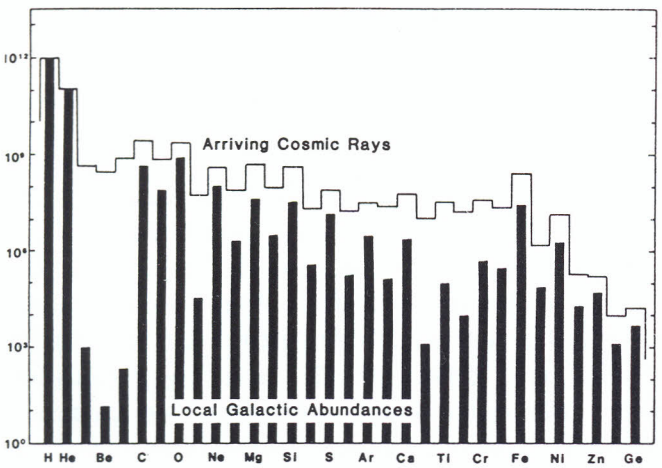
Sammensetning

Den relative hyppighet av de atomære partikler i den kosmiske strålingen som treffer toppen av atmosfæren har i årtier vært gjenstand for intense eksperimentelle undersøkelser. Det har vist seg at strålingen inneholder alt fra protoner og opp til de aller tyngste atomkjerner. Dessuten er det i de siste år fastlagt at den primære kosmiske strålingen inneholder elektroner og gammastråling. Videre må man selvfølgelig regne med en relativt betydelig intensitet av nøytrinoer.

Når det gjelder å bestemme den opprinnelige sammensetning av den primære kosmiske stråling, er det en hovedvanskelighet at denne forandres stadig på grunn av sekundærreaksjoner etter som den trenger gjennom materien, det være seg i det interstellare medium eller i jordens atmosfære. Ved at man i de siste årene har kunnet plassere instrumenter utenfor jordens atmosfære, er denne siste vanskelighet vesentlig redusert. Et av de

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

mest imponerende trekk ved denne nye eksperimentalteknikk er hvorledes man i dag med betydelig presisjon kan bestemme ikke bare grunnstoff-fordelingen, men i visse tilfeller også den isotopiske sammensetningen av den primære kosmiske strålingen.



Figur 1. Hyppigheten av grunnstoffer i den kosmiske stråling som treffer toppen av jordens atmosfære (linjen) sammenliknet med hyppigheten av grunnstoffer i vårt solsystem (sorte staver). Dataene er normaliserte til hydrogen.

Resultatet av disse målinger av den nukleære komponent av primærstrålingen, er vist i figur 1. Disse data er selvfølgelig av helt avgjørende betydning for å kunne diskutere spørsmålet om opprinnelsen til den kosmiske stråling. I den forbindelse er det bl.a. interessant å sammenlikne den relative hyppighet av grunnstoffene i den primære kosmiske stråling med den tilsvarende generelle fordeling av elementene i universet.

Det ligger i sakens natur at den sistnevnte fordeling bare kan bestemmes med en begrenset nøyaktighet. Men etter meget omfattende analyser av meteoritter, interstellart støv, solens atmosfære etc., er man kommet til et bilde som er angitt i figur 1. Denne figuren viser den relative hyppighet av grunnstoffene i kosmisk stråling og i solsystemet. Man finner her en rekke markante forskjeller, hvorav de viktigste er:

1. Det er langt større fluktuasjoner i grunnstoff-fordelingen i solsystemet enn i den kosmiske stråling.

2. Forholdet mellom hydrogen og helium relativt til de tyngre kjernene er betydelig større i solsystemet enn i den kosmiske stråling.

3. I den kosmiske stråling er den relative hyppighet av de lette grunnstoffene Li, Be og B i forhold til de tyngre elementene mange størrelsesordener høyere enn i solsystemet.

Den umiddelbare tolking av disse diagrammer er at den kosmiske stråling må komme til oss fra fjerne kilder, og ved passasjen gjennom verdensrommet er en betydelig del av de opprinnelige atomkjernene blitt spaltet opp ved kollisjoner med den interstellare materie. Kjernefragmentene vil være lettere atomkjerner, og resultatet er en utvisking av den opprinnelige grunnstoff-fordeling.

Hyppigheten av primære elektroner, positroner og gammakvanter er betydelig vanskeligere å bestemme. Dette skyldes at disse partikler dannes som desintegrasjonsprodukter i de mesonskurer som den nukleære kosmiske strålingen produserer. Det er derfor her helt nødvendig å operere med instrumenter i så store høyder at man unngår sekundære betapartikler og gammakvant produsert ved reaksjoner i atmosfæren. En definitiv fastleggelse av betapartikler i den primære kosmiske strålingen ble først oppnådd i 1961. Resultatet av disse undersøkelser var at antallet av energirike betapartikler utgjør bare ca. 1 % av antallet primære protoner. Man har videre fastlagt at ca. 10–20 % av disse primære betapartikler er positroner, og at dette forhold er betydelig energiavhengig.

Energispekteret

Det mest interessante trekk ved den kosmiske stråling er de store energier av partiklene som vi observerer i dette naturfenomen. Man har hittil registrert energier opp til ca. $3 \cdot 10^{20}$ eV av primære partikler som kommer inn fra verdensrommet, dvs. kinetiske energier av størrelsesorden en milliard ganger høyere enn det som er oppnådd i akseleratorer med stråler på en stasjonær *target*. Da energiene av partiklene i den kosmiske stråling spenner over en skala på ca. 20 størrelsesordener, må nødvendigvis den eksperimentelle teknikk også være meget variert. Denne går fra relativt lette ballong- og satellitt-transportable instrumenter til meget store kompliserte anlegg på jordoverflaten for registrering av *Extensive Air Showers*, EAS.

For energier < 300 MeV, vil de fleste partiklene stoppe i detektorene, og identifikasjon og bestemmelse av partiklenes energi gjøres ved simultane målinger av ionisasjon og rekkevidde. Et ideelt instrument for dette formål er den kjernefysiske emulsjon. I energiområdet 300 MeV – 1,5 GeV, benyttes scintillasjons- og Cherenkov-tellere. For partikler mellom 1,5 og 100 GeV, benyttes vesentlig to forskjellige metoder. Den ene er basert på den svake økning i en partikkels ionisasjon når den kinetiske energi blir større enn partikkelens hvileenergi (*relativistic increase*). Langsomme og

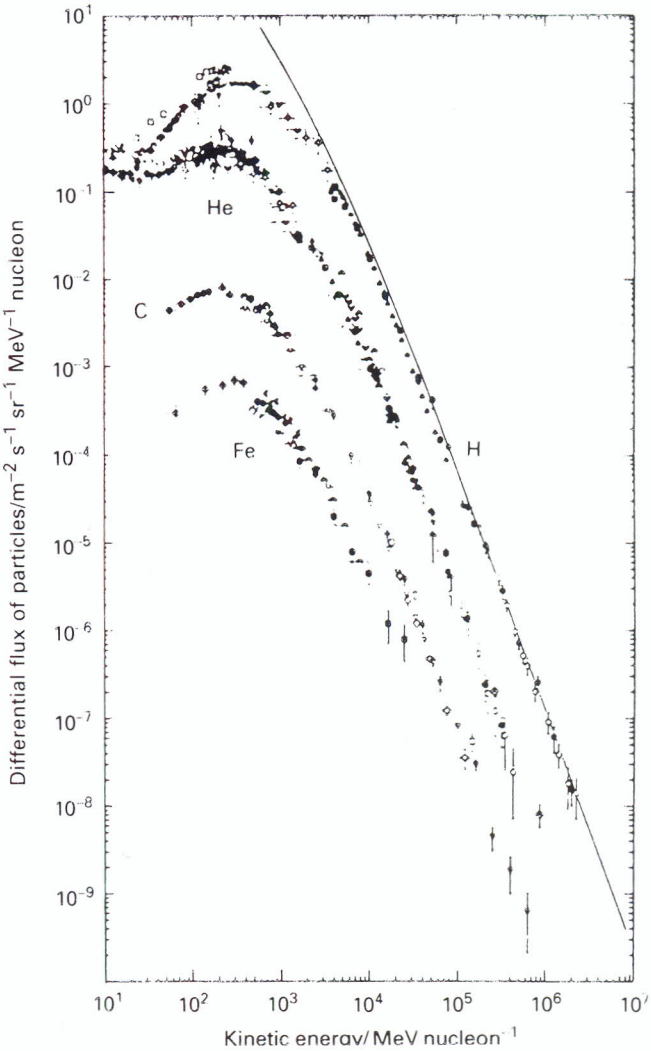
hurtige partikler kan derved ha samme ionisasjonstap, men denne tvetydighet kan elimineres ved samtidig å benytte Cherenkov-tellere som kan identifisere hurtige partikler. Målinger av denne relativistiske økning av ionisasjonen kan bare anvendes i gass-ionisasjonskamre, da effekten i *solid state*-detektorer er for liten til å kunne registreres. Den annen metode er å benytte spektrografer med magnetisk avbøyning av partiklene i et sterkt magnetisk felt.

For energier over 500 GeV, kan ikke scintillasjonstellere eller magnetisk avbøyning benyttes til å identifisere de forskjellige partiklene eller bestemme deres energier. – I området $10^3 - 10^6$ GeV, benyttes kalorimeterteknikk.

For energier over 10^6 GeV, benyttes selve atmosfæren som detektor. Dette beror på at ultrahøyenergetiske partikler kan utløse elektromagnetiske kaskader i atmosfæren som, når de treffer jordoverflaten, kan være mange kvadratkilometer i tverrsnitt. I løpet av de siste årene har man utviklet måleinstrumenter som er basert på deteksjon av den fluoressensstråling fra nitrogenmolekyler som oppstår ved passasje av ultra-høyenergetiske elektromagnetiske skurer i atmosfæren, *Fly's eye detector*[1].

Vi vil i det følgende gi en kvalitativ beskrivelse av det samlede energispektrum av den kosmiske stråling, og i den forbindelse peke på hvilken relevans dette observasjonsmaterialet har for spørsmålet om kilden, akselerasjonsmekanismen og forplantningen av strålingen gjennom verdensrommet. Figur 2 viser energispektrene ved toppen av atmosfæren for noen av de mest hyppige partiklene i den kosmiske stråling. Det mest karakteristiske trekk ved spektrene er selvfølgelig den meget sterke avtakning av intensiteten med økende energi. Ved 10 GeV er det en fluks ved toppen av jordens atmosfære på ca. 1 partikkel/m^2 pr. min, mens man over 10^{20} eV bare kan vente ca. 1 partikkel/km^2 pr. århundre.

Forholdene i de lavenergetiske delene av spektrene er relativt kompliserte. De har alle et bredt maksimum omkring noen hundre MeV/nukleon. Går vi mot lavere energier, finner vi at spektrene av protoner og *He*-kjerner har et minimum ved ca. 50 MeV/nukleon før de begynner å stige igjen ved de aller laveste energier. Dette lavenergispektrum varierer merkbart over den 11-årige sol-syklusen. Denne modulasjon av spektrene skyldes at den kosmiske stråling som treffer jorden må passere en "solvind" som blåser forbi jorden, hvorved strålingen mister energi. Et typisk energitap kan være 400–600 MeV/nukleon. Hvis vi derfor måler en partikkelenergi på 1000 MeV på toppen av atmosfæren, kan den opprinnelige energien være 1400–1600 MeV



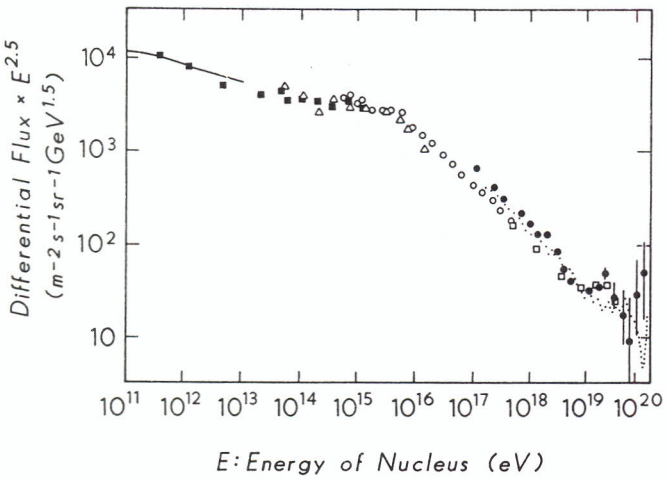
Figur 2. Differential-energispektret av den kosmiske stråling målt ved toppen av jordens atmosfære. Partiklene er atomkjerner av *H*, *He*, *C* og *Fe*.

før partikkelen møter solvinden. Av denne grunn er vår kunnskap om energispekteret under ca. 1 GeV meget usikker, selv om dette energiområdet inneholder det meste av den kosmiske stråling.

For energier over ca. 10 GeV/nukleon, viser energispektrene også tydelige strukturer. De kan beskrives relativt godt med en invers potenslov av formen:

$$\frac{dN}{dE} \sim E^{-\alpha} \qquad (1)$$

Energispektret for området $> 10^{11}$ eV, er gitt i figur 3. For å gjøre strukturene i spektret tydeligere, er datapunktene justert slik at et differensialspektrum med potensen $\alpha = 2{,}5$ ville bli gjengitt som en rett linje parallell med abscissen. Opp til ca. 10^{15} eV, er det et intensitetsfall med en eksponent $\alpha = 2{,}71 \pm 0{,}05$. Omkring ca. 10^{15} eV er det et "kne" i spektret,



Figur 3. Differential-energispektret av den nukleære komponenten av den kosmiske stråling i energiområdet $10^{11} - 10^{20}$ eV målt ved toppen av jordens atmosfære. Dataene er multipliserte med en faktor $E^{2,5}$.

og deretter faller spektret betydelig sterkere opp til ca. 10^{19} eV med en eksponent α av størrelsesorden 3.

"The Leaky Box"-modellen

Det har vært fremsatt en rekke teorier for å forklare eksistensen av "kneet" i energispektret ved 10^{15} eV. Den enkleste er *The Leaky Box Model* som i korthet går ut på følgende[2,3]:

Vårt melkeveisystem består av en gruppe på ca. 200 milliarder sirkulerende stjerner. Den synlige del av systemet har form som en flattrykt skive med diameter på ca. 100 000 lysår og en midlere tykkelse på ca. 1000 lysår. Det er alminnelig antatt at hele systemet er omgitt av en "halo" med en betydelig lavere massetetthet.

The Leaky Box-modellen antar at det meste av den kosmiske stråling er innesluttet i den galaktiske skiven og at det er en relativ fri diffusjon av partikler innenfor denne. På grunn av det interstellare magnetfelt, som har en midlere styrke av størrelsesordenen $B \sim 1\mu$Gs, vil en stor del av partiklenes baner være tilnærmede sirkler med en Larmorradius R (lysår) gitt ved:

$$R = \frac{10^{-15}E}{ZB} \qquad (2)$$

hvor E er partikkelens energi (eV), Z dens ladning og B det interstellare magnetfeltet (μGs). For protoner med energier 10^{15} og 10^{19} eV, er Larmorradiene henholdsvis ca. 1 og ca. 10 000 lysår, dvs. at for partikler med energier over "kneet", vil det begynne å bli en viss sannsynlighet for at partiklene kan lekke ut av den galaktiske skiven. Dette tap vil øke med energien til partiklene og dermed gi en naturlig forklaring på spektrets økende fall for energier over "kneet". Av formel (2) ser man at Larmorradien varierer omvendt proporsjonalt med ladningen Z. Dette betyr at de tyngre grunnstoffene i den kosmiske stråling vil ha mindre sannsynlighet for å lekke ut av skiven sammenliknet med protoner av samme energi. *Leaky Box*-modellen predikterer derfor at forholdene mellom hyppigheten av tyngre grunnstoffer og protoner skulle øke med energien over "kneet".

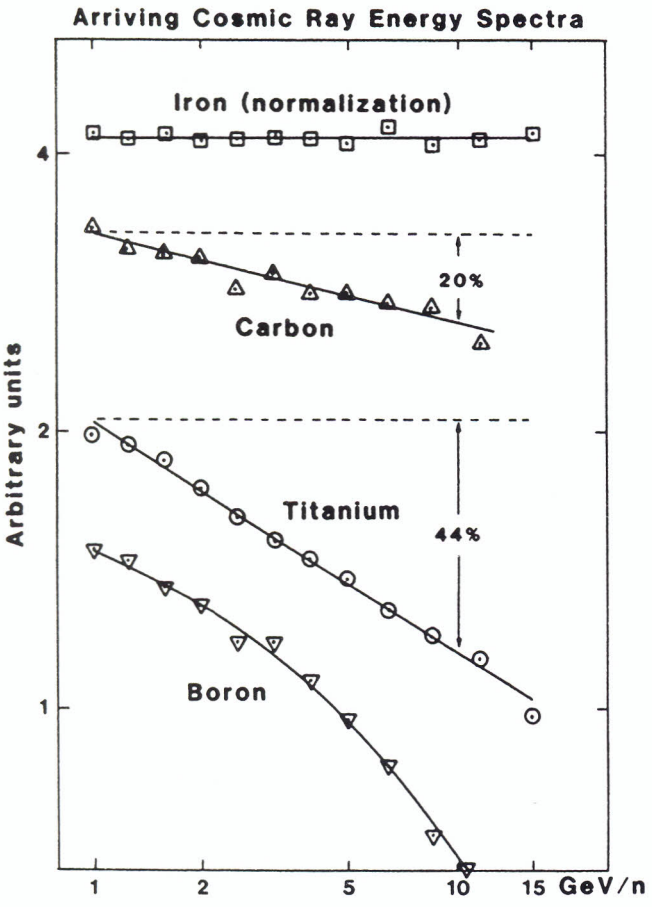
En annen prediksjon av *Leaky Box*-modellen gjelder vinkelfordelingen av strålingen. Modellen forutsetter at den alt overveiende del av strålingen har sin opprinnelse i den galaktiske skiven. For de relativt lavenergetiske ladede partiklene vil deres Larmorradier være mange størrelsesordner mindre enn skivens tykkelse, og enhver informasjon om retningen til kilden for strålingen vil være utvisket. Med økende energi vil avbøyningen bli mindre, med det resultat at man skulle observere tendenser til en økende anisotropi av strålingen med en større intensitet i retningen av det galaktiske plan. Denne predikterte økning med energien av den tunge komponent og av anisotropien, er ennå ikke definitivt eksperimentelt verifisert.

En annen gruppe teorier antar at forandringen i spekteret over 10^{15} eV skyldes spesielle ukjente forhold ved akselerasjonsmekanismen i kilden hvor strålingen oppstår.

Energispektrene av atomkjerner tyngre enn protoner kan også representeres med en potensiallov, men med en annen eksponent α enn for protoner. Figur 2 viser energispektra for de mest hyppige atomkjerner i den primære kosmiske strålingen. Et mer detaljert studium av disse spektra kan gi viktig informasjon om forplantningen av strålingen i vår galakse.

Det forhold at lette kjerner som Li, Be og B har meget liten naturlig forekomst i solsystemet, mens de er meget hyppige i den kosmiske strålingen, har vi tolket som at disse lettere kjerner blir produsert som spallasjonsprodukter (avskallingsprodukter) i kollisjoner mellom tyngre kjerner som C, N og O, og den interstellare materien. De samme forhold gjør seg gjeldende for elementgruppen Sc, Ti og V som regnes som spallasjonsprodukter av det meget dominerende grunnstoffet Fe i den kosmiske stråling. I figur 4 er presentert energispektrene for elementene B, C og Ti relativt til Fe. Av disse observasjoner kan man trekke en del slutninger som har relevans for spørsmålet om opprinnelsen til den kosmiske stråling.

Etter *Leaky Box*-modellen vil de høyenergetiske partiklene unnslippe lettere fra det galaktiske sys-



Figur 4. Energispektrene for atomkjernene av B, C og Ti i den kosmiske stråling relativt til Fe. Spektrene er fordelte vilkårlig langs ordinataksen.

tem enn de lavenergetiske. De går derfor kortere lengder gjennom den interstellare materie og produserer følgelig mindre mengder av sekundærpartikler. De lavenergetiske partiklene løper derimot lengre innenfor det galaktiske system og produserer derved flere lavenergetiske sekundærpartikler i overensstemmelse med de observerte spektra i figur 4.

Hvis derimot akselerasjonen av partiklene finner sted over meget lange tidsrom, dvs. at vi har en langsom suksessiv akselerasjon, må man vente at de mest energirike partiklene er de eldste. De må derfor ha gjennomløpt mest interstellar materie, og vi skulle finne det høyeste innholdet av sekundære kjerner i den høyenergetiske delen av spekteret. Dette er imidlertid ikke i overensstemmelse med observasjonene i figur 4.

Stråling med energi $> 10^{19}$ eV

Energi- og vinkelfordelingen til partikler med energi $> 10^{19}$ eV kan bare bestemmes ved å studere *extensive air showers* med store bakkeinstallasjoner med scintillasjonstellere eller *Fly's eye*-detektor. På grunn av den uhyre lave intensiteten som er av størrelsesorden ~ 1 partikkel/km^2 pr. århundre, er det meget delte meninger om strukturen av disse spektra. Av figur 3, kan man se at det er såvidt store feilgrenser på dataene i dette energiområdet at det er vanskelig å si noe definitivt om fortsettelsen av energispektret over $\sim 10^{19}$ eV. Det samme er tilfelle med vinkelfordelingen. Det vil i første rekke si spørsmålet om strålingen er isotrop i dette energiområdet, eller om det finnes anisotropier relativt til f.eks. det galaktiske plan, nærliggende galaksehoper (Virgo) eller liknende.

Disse strukturer har imidlertid en sterk relevans til problemet om opprinnelsen til den kosmiske stråling, f.eks. spørsmålet om strålingen er av galaktisk eller ekstragalaktisk opprinnelse. Man kan f.eks. belyse problemet i forbindelse med den hypotetiske *Greisen–Zatsepin cutoff* av den ultrahøyenergetiske delen av spektret. Med denne mener man følgende[4,5]:

Det er alminnelig antatt at hele universet er fylt av elektromagnetisk stråling med et termisk svart legemes spektrum korresponderende med en temperatur på 2,7 K. Et proton med en kinetisk energi $\geq 5 \cdot 10^{19}$ eV vil kunne kollidere uelastisk med slike fotoner, da lyskvantene vil ha en energi på ca. 300 MeV i protonets hvilesystem, dvs. de vil være over terskelverdien for uelastisk π-meson produksjon. Nær terskelen vil den dominerende prosessen være:

$$p + \gamma \rightarrow N^*(1236) \rightarrow \begin{cases} n + \pi^+ \\ p + \pi^\circ \end{cases} \qquad (3)$$

Man skulle derfor vente at på grunn av denne prosess vil en del av partiklene med opprinnelig energi $> 10^{19}$ eV få sin energi sterkt redusert hvis de har anledning til å strømme i tilstrekkelig lang tid over store avstander i verdensrommet. I det ekstreme tilfellet skulle man se et *cutoff* i energispektret ved ca. 10^{19} eV hvis partiklene har krysset gjennom 2,7 K strålingen i mer enn $\sim 10^9$ år. Et studium av denne hypotetiske *Greisen–Zatsepin cutoff* skulle derfor kunne gi viktige opplysninger om avstandene til kildene for den kosmiske stråling og om universaliteten av den kosmiske mikrobølge-bakgrunnstrålingen. Ved nøyaktigere målinger av energispektret $> 10^{19}$ eV, kunne man tenke seg to grensetilfeller:

Enten observerer man at det ikke er noen *Greisen–Zatsepin cutoff* ved 10^{19} eV, men at spektret forsetter til høyere energier med den samme eksponent α som for $E < 10^{19}$ eV. Dette vil indikere at kilden er i vårt eget melkeveisystem, eller ekstragalaktisk i en avstand av 'bare' noen få millioner lysår, da den midlere frie veilengde for Greisen–Zatsepin-mekanismen er av størrelsesorden 20 millioner lysår. Hvis den kosmiske

strålingen i dette energiområdet primært består av protoner, skulle man videre vente en økende anisotropi i energi med hensyn på det galaktiske planet hvis kildene er i vårt melkeveisystem.

Hvis man derimot observerer en *Greisen–Zatsepin cutoff*, vil det bety at kildene som produserer disse ultrahøyenergetiske partiklene må komme fra avstander som er større enn ca. 50 millioner lysår, og derfor er ekstragalaktiske. Målinger av eventuelle anisotropier vil kunne gi informasjon om disse partikler virkelig kommer fra fjerne galaksehoper, eller om strålingen er fordelt uniformt over hele universet. Man ville videre vente en økning i hyppigheten av de lette grunnstoffer relativt til f.eks. Fe, fordi de tyngre atomkjernene vil bli fotospaltet på grunn av de lange banene i det ekstragalaktiske rom.

De aller siste resultater fra *Fly's Eye*-detektoren synes å indikere at de ekstremt høyenergetiske kosmiske strålingspartiklene har en isotrop vinkelfordeling. Dette er et argument i favør av at den ultrahøyenergetiske komponent av strålingen er av ekstragalaktisk opprinnelse.

Vinkelfordeling

I tillegg til den relative hyppighet av grunnstoffene i den kosmiske stråling og deres energispektra, er vinkelfordelingen en viktig kilde til informasjon om strålingens opprinnelse. For de fleste av de ladede partikler vil imidlertid retningen til kilden for deres emisjon være fullstendig utvisket på grunn av det interstellare magnetfeltet. I visse områder av vårt galaktiske system har dette felt en relativt regelmessig struktur. I andre områder er det av en mer kaotisk form da det følger den ofte turbulente bevegelse av den interstellare materie. For ladede partikler med energi $\leq 10^{19}$ eV, observerer man derfor en meget nær isotrop vinkelfordeling av den kosmiske stråling som treffer toppen av jordens atmosfære.

Vinkelfordelingen av den elektrisk nøytrale komponent av den primære kosmiske stråling viser imidlertid tydelige strukturer. Denne består i all vesentlig grad av elektromagnetisk stråling fra radiobølger til ultrahøyenergetisk gammastråling. Da denne stråling ikke avbøyes i det interstellare magnetfeltet, vil den kunne gi viktige informasjoner om vinkelfordelingen av den kosmiske stråling i vårt melkeveisystem.

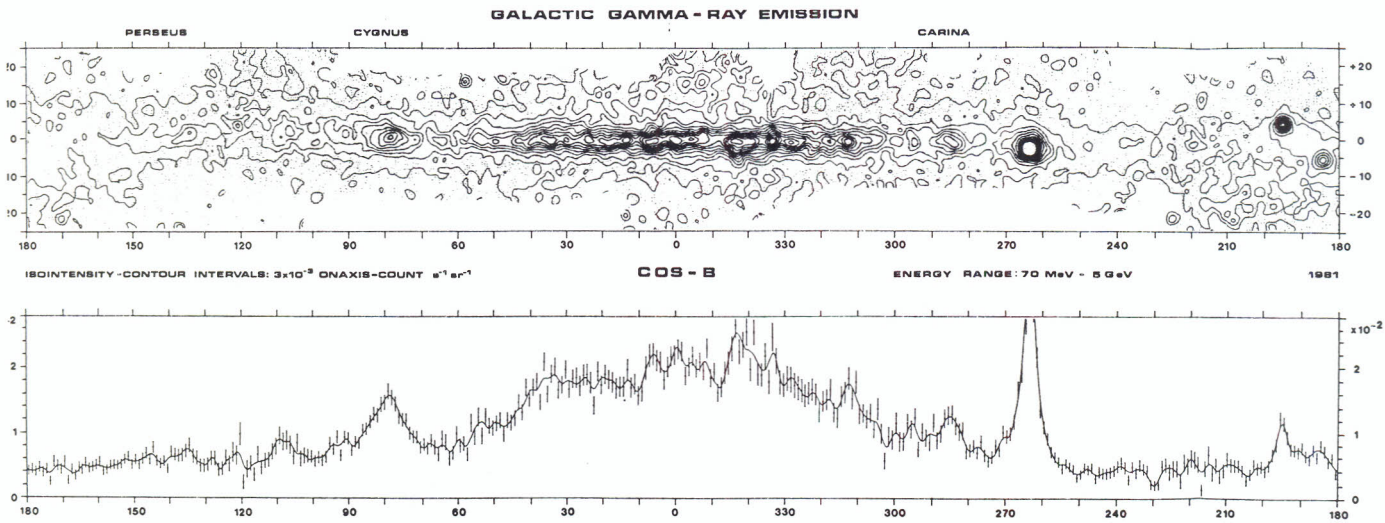
Den elektromagnetiske strålingen kan oppstå på flere måter. De viktigste prosessene er kollisjoner mellom relativistiske partikler i den kosmiske stråling og atomkjerner i den interstellare materien eller i stjernenes atmosfærer. Derved kan kjerner eksiteres og emittere gammastråling i form av et linjespektrum i energiområdet $\sim 1 - 10$ MeV. For høyere energier vil kollisjoner lede til produksjon av nøytrale π-mesoner som ved desintegrasjon gir to gammakvanter. Disse kollisjoner leder også til produksjon av ladede π-mesoner som ved $\pi - \mu - e$ desintegrasjon leder til energirike elektroner og dermed til en elektronkomponent i den kosmiske strålingen.

Elektromagnetisk stråling kan også oppstå ved bremsestråling og synkrotronstråling produsert av relativistiske elektroner. Videre kan gammastråling produseres av høyenergetiske elektroner ved en invers Compton-effekt, hvor elektronene kolliderer med lavenergetiske fotoner og overfører en vesentlig del av sine energier til disse slik at de blir til gammakvanter. Denne prosess leder til en øvre grense for energispektret av elektroner i den kosmiske stråling på ca. 3000 GeV ved at de mer høyenergetiske elektronene kolliderer med fotoner i den kosmiske bakgrunnstrålingen på 2,7 K. De høyeste energier som er observert i den primære elektronstrålingen er 1000–2000 GeV.

Spørsmålet om intensitetsfordelingen, energispektret og vinkelfordelingen til den elektromagnetiske komponent av den kosmiske strålingen, henger derfor intimt sammen med strukturen av den interstellare materie. Hvis man kjente "bildet" av den kosmiske stråling ved kilden for dens emisjon, skulle man kunne beregne fordelingen av den interstellare materie i verdensrommet – og omvendt. Den meget lave absorpsjon av gammastråling i energiområdet 10 MeV – 1 GeV, gjør at man nesten skulle kunne "se" fordelingen av den interstellare materien.

For å observere denne gammastråling, og dessuten være sikker på at den representerer en primærstråling i det interstellare rom og ikke er produsert i jordens atmosfære, har man i stor utstrekning benyttet satellitter. Den mest omfattende kartlegging av vinkelfordelingen av høyenergetiske fotoner som faller inn mot jorden er utført ved hjelp av NASA-satellitten SAS-2[6] og den europeiske COS-B[7].

Energien til fotonene ble bestemt ut fra de elektromagnetiske kaskadene som de produserte i gnistkamre i satellittene. Et celestisk gammastrålingskart av resultatet er vist i figur 5. Kartet viser tydelig en sterk anisotropi, med en diffus emisjon av gammastråling konsentrert i det galaktiske plan. Det mest interessante trekk er imidlertid registreringen av en rekke diskrete, kompakte områder av ekstremt høy strålingsintensitet. Disse områder kan identifiseres som velkjente astronomiske objekter som Cygnus-X3, Krabbetåken (figur 6), etc. Intensiteten av den høyenergetiske gammastrålingen er i overensstemmelse



Figur 5. Intensitetsfordelingen av galaktisk gamma-stråling i energiområdet 70 MeV – 5 GeV som funksjon av galaktiske lengdekoordinater. Den øvre figur viser fordelingen i et område $\pm 25°$ fra det galaktiske plan. Den nederste figur viser en fotometermåling av den samme intensitetsfordeling innenfor et område $\pm 5°$ fra det galaktiske plan. Målingene er utført med ESA-satellitten COS-B.

Figur 6. Krabbetåken. Supernovaeksplosjonen ble observert i 1054 og fant sted i en avstand av ca. 6500 lysår fra jorden.

med hva man måtte vente hvis intensiteten av den kosmiske stråling som vi observerer nær Jorden er den samme gjennom hele Melkeveisystemet.

Referanser

1. R.M. Baltrusaitis et al.: Nucl. Inst. Meth. A **240,** 410 (1985).
2. G. Gloeckler and J.R. Jokipii: Phys. Rev. Lett. **22,** 1448 (1969).
3. J. Ormes and P. Freier: Astrophys. J. **222,** 471 (1978).
4. K. Greisen: Phys. Rev. Lett. **16,** 748 (1966).
5. G.T. Zatsepin and V.A. Kuzmin: JETP Lett. **4,** 78 (1966).
6. C.E. Ficktel et al.: Astrophys. J. **198,** 163 (1975).
7. H.A. Mayer-Hasselwander et al.: Astron. Astrophys. **105,** 164 (1982).

∞

Væsker og væskeformer

Olav Steinsvoll *

Innledning

Fast stoff, flytende krystaller, væsker og gasser er noen av materiens tilstandsformer (fasetilstander) ordnet etter synkende ordnings- og kondensasjonsgrad. Innafor faststoffgruppa finner vi nesten alle de stoffene vi kjenner fra det praktiske liv, slik som metaller, kjeramer, halvledere, plaststoffer osv. Faststoff-fysikken kom sterkt etter andre verdenskrig, og en stor del av fysikkoppgavene i det gamle gymnaset gikk ut på å regne på gasslikninga, $pV = nRT$.

Under slike forhold har det vært lett å glemme væsketilstanden, selv om det karakteristiske for jorda er den store forekomsten av væsken H_2O i alle tilstandsformer, som damp, vann og is. Været bestemmes i høy grad av overgangene mellom disse tilstandsformene, og Golfstrømmen gir Norge og Vest-Europa et særlig gunstig klima selv om vi ligger langt mot nord.

Innen uorganisk kjemi er reaksjoner i vannløsninger viktige. Ioner kan danne komplekser og endre en væskes fysiske egenskaper. Kroppen vår består av opptil 80 % vann, og det er i vannløsninger at de viktige kjemiske livsprosessene kan foregå. Inne i kroppen virker blod (vann) også som transportmiddel for næring og avfallsemner. Plantene tar opp næring i vannløsninger og nytter vann som transportmiddel med kapillareffekter, osmotisk trykk og fordamping som drivmekanismer for transporten.

Faste stoff og gasser

Ved lave trykk opptrer ansamlinger av samme slags atomer enten som et tett fast stoff eller som en gass med liten tetthet, avhengig av temperaturen. La oss se på hvordan en beskriver gasser og faste stoffer teoretisk. For gasser ved høy temperatur bruker en kinetisk gassteori og statistisk mekanikk og finner formler som stemmer ganske bra med gassers virkelige oppførsel. Atomene er i stor fart og kolliderer med sine naboatomer. Mulige tiltrekkende vekselvirkninger mellom atomene spiller liten rolle. Vi kan nesten anta at de slett ikke vekselvirker, og oppførselen blir som av en ideell gass. Det er total uorden i atomenes romlige og tidsmessige posisjoner. Energiinnholdet i en gass finnes lett ved å summere atomenes kinetiske energier.

Avkjøles en gass, minker varmebevegelsene, og det ytre trykk kan presse den sammen. Når atomer kommer nær nok hverandre, begynner elektromagnetiske tiltrekkende krefter å virke mellom dem, f.eks. retningsbestemte kjemiske bindingskrefter. Av denne grunn ordner atomene i faste stoffer seg gjerne i svært symmetriske krystallgitre. Her kan en virkelig snakke om en struktur for stoffet, en fast romlig fordeling av atomer som bare endres lite av at de svinger om sine gjennomsnittsposisjoner. Symmetriene i krystaller gjør at naboforholdene til ett atom gjentar seg for tilsvarende atomer andre steder i krystallen. Vi kan derfor plukke ut ett vilkårlig atom i det indre og studere dets vekselvirkninger med naboer og fjernere atomer. Den potensielle energien for tilsvarende atomer blir den samme gjennom hele krystallen. Dette forenkler naturligvis den teoretiske behandlingen.

Væsker, mellom faste stoff og gasser

Ved høyere trykk opptrer væskeformen som en 'kile' eller mellomtilstand, mellom fast stoff og gass. Til sammenlikning ligger atomene i væsker nesten så nær hverandre som i faste stoffer, men de befinner seg i nesten samme uordningsgrad som i gasser, og er dessuten i stadig bevegelse. Atomene har derfor ingen likevektsposisjoner, og en må tenke struktur på en ny måte: I forhold til et tilfeldig valgt sentralatom vil væsken ha en øyeblikkstruktur. Ved en midling over alle øyeblikkstrukturer vil det se ut som om naboatomene ligger innafor en serie kuleskall rundt sentralatomet med likt sannsyn i alle rommets retninger, dvs. isotropt. Skallstrukturen blir vanligvis definert ved hjelp av den radielle parfordelingsfunksjonen $g(r)$, som beskriver sannsynet for at to atomsentre befinner seg i en avstand r fra hverandre i vårt "øyeblikksbilde". I væsker er derfor atomstrukturen og atomdynamikken nøye sammenbundet. Dette er hovedårsaken til vanskelighetene med å formulere en

*Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.

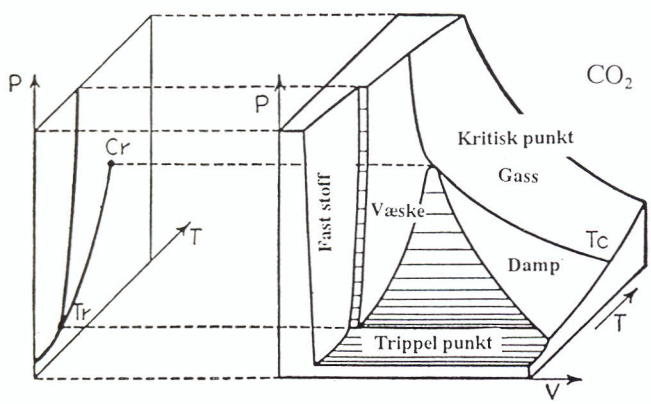
altomfattende væsketeori. En har derfor prøvd å nærme seg væsker både fra den faste tilstanden og fra gass-tilstanden når en skal bygge opp en teori.

Karakteristiske egenskaper

Tilstandsformen ytrer seg fysisk ved de karakteristiske egenskapene til væsker. Væsker renner ut av ei kran og fyller opp et kar mens de tar form etter karet og har konstant volum. Renninga kan gå mer eller mindre lett pga. forskjellig viskositet til væskene (sml. vann og sirup). Dette betyr at det eksisterer en indre friksjon i væskene. Det oppstår en fri overflate, et grensesjikt mellom f.eks. en gass eller damp, og en væske. Denne overflata er vel det mest karakteristiske vi legger merke til. Tenk bare på synet av mektige havbølger som hever og senker seg og beveger seg mot ei strand! Bølgene bryter, dråper skiller seg ut og forener seg deretter lett. På grunn av at væsker har tetthet som er nesten lik den faste tilstanden, har de lav kompressibilitet. Ved frysing, altså overgang til fast form av stoffet, endrer tettheten seg ofte bare med 1 %. De fleste væsker trekker seg sammen ved frysing, mens vann er et unntak og utvider seg ved overgang til is med 10 %. Vi vet at det skal vi være glade for!

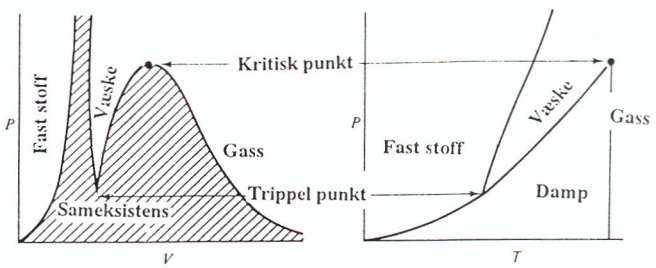
Tilstandsdiagrammer

Figur 1, viser et typisk tilstandsdiagram for et stoff som trekker seg sammen ved frysing, f.eks. CO_2.



Figur 1. I et romlig kartesisk koordinatsystem med akser som angir parametrene $p - V - T$ (trykk, volum, temperatur) har en tegnet inn eksistensflaten for likevektstilstander for et stoff som trekker seg sammen ved frysing, nemlig karbondioksid, CO_2. I det skraverte området kan flere fasetilstander ha likevektssamvær. Til venstre har en i et todimensjonalt koordinatsystem med akser p og T tegnet inn projeksjonen av fasegrensene for fast-, flytende- og gass-tilstanden. Kurvene kan da kalles henholdsvis smeltekurven, kokekurven og sublimasjonskurven.

Verdier for parametrene trykk, volum og temperatur, (pVT), går langs tre ortogonale akser, og tillatte parameterkombinasjoner som angir stoffets ulike stabile likevekts tilstandsformer ligger på tilstandsflater i dette rommet. Over en viss kritisk temperatur T_c, eksisterer stoffet bare i gassform eller som fast stoff, ved store trykk. Under denne temperaturen kan stoffet opptre både i dampform (dvs. en gassform som kan være i likevekt både med væskeformen og den faste tilstandsformen), væskeform og som fast stoff. I de skraverte områdene på figuren kan en viss mengde damp være i likevekt med en viss mengde væske, eller med en viss mengde fast stoff, ved tilstrekkelig lav temperatur. Likevektsstillingen avhenger av energiinnholdet i blandingen. Ved energitilførsel/borttaking kan denne likevekten forskyves. De skraverte områdene innholder derfor tofase-tilstander. De mest vanlige fasediagrammene vi presenteres for, kommer fram når en projiserer det tredimensjonale diagrammet inn i den todimensjonale $p - V$ flaten, eller den tilsvarende $p - T$ flaten, se figur 2. Vi ser da at den virke-



Figur 2. Den venstre figuren viser en projeksjon av eksistensflaten for stoffet ovenfor inn i $p - V$-planet. På samme måte som i figur 1, angir det skraverte området hvor flere faser kan ha likevektssamvær. Den høyre figuren viser eksistensflaten projisert inn i $p - T$-planet. Væsketilstanden utgjør en smal "kile" mellom damp/gass og fast stoff.

lige væsketilstanden ligger i et kileformet område, avgrenset av fryse/smelte-kurven og koke/kondensasjonskurven. Skjæringspunktet for disse to kurvene kalles *trippelpunktet*, $p_t T_t$, siden alle tre tilstandsformer kan være til stede i likevekt med hverandre i dette punktet. Volumet V_t, i dette punktet vil igjen variere med energien i systemet, se figur 1.

La oss innrette oss slik at vi kan studere hvordan en dampmengde av stoffet kondenserer til væske. Ved å avkjøle stoffet langsomt kan vi passere skillelinja mellom damp/væske og underkjøle dampen før den plutselig blir til væske. Vi kan også gå den andre veien og varme opp væsken og passere skillelinja før den begynner å koke og avgi damp (overheting). Oppførslen til stoffet er altså symmetrisk i forhold til denne skille-

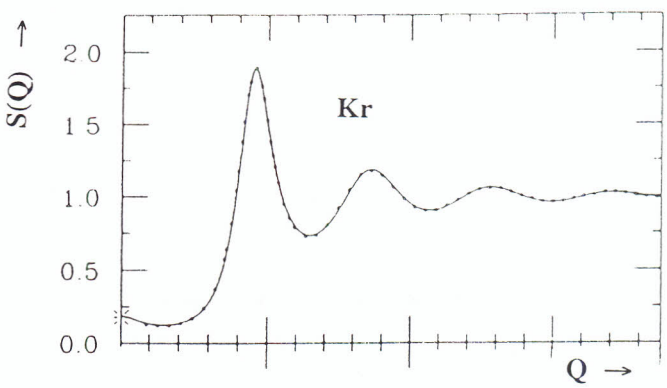
linja. Langs den andre skillelinja, mellom væske og fast stoff, kan vi underkjøle en væske og passere skillelinja med flere grader før væsken plutselig fryser til fast stoff. I den andre retningen, vil vi derimot finne at stoffet alltid smelter til væske ved en gitt temperatur dersom vi varmer det opp og trykket er konstant. Tilstandsendringen oppfører seg altså usymmetrisk langs denne grensekurven. Vann kan underkjøles med 40 grader før det plutselig fryser. Går vi tilbake til figur 1, ser vi at det skjer en brå endring av volumet ved kryssing av kurven væske/fast stoff, en faseovergang av 1. orden. Væsker har altså store vansker med å gå over til fast tilstand, men kan hjelpes på vei ved å tilsette urenheter eller små krystaller som kondensasjonskjerner eller krystallkimer.

Et fast stoff står imot både volum- og formendringer. Et felles trekk ved både gasser og væsker er at ingen av dem står imot formendringer eller skjærkrefter. De har derfor fått et fellesnavn, nemlig *fluider*. Over den kritiske temperaturen T_c, er det ingen fysisk forskjell på væske- og gasstilstanden for stoffet. Under T_c, kan væske- og gasstilstanden ha likevektssamvær. Akkurat ved T_c er overgangen mellom gass og væske en glidende myk overgang av 2. orden. En kan løpe kontinuerlig mellom gasstilstand og væsketilstand under T_c ved å varme gassen over T_c, trykke den sammen og så avkjøle den til væske. Selv om overgangen mellom væske og gass under T_c er brå, altså av 1. orden, så er det mer til felles mellom damp/gass-tilstanden og væske enn det er mellom væske og fast stoff. En modelltilnærming for væsker fra gass-sida ser derfor ut til å ha mest for seg. En kan lage gassmodeller og så øke trykket eller kondensasjonsgraden, for å etterlikne væsker.

Spredning av røntgen- og nøytronstråling fra væsker

For å lære mer om væsketilstanden, begynte en tidlig å undersøke den med røntgenspredning og seinere med nøytroner. En fant da at når en sendte en røntgenstråle med passende bølgelengde mot en væskeprøve, fikk en et spredningsdiagram på en fotografisk plate som besto av diffuse, konsentriske ringer med høyere intensitet rundt den direkte strålen. En slik ring er egentlig skjæringskurven mellom en spredningskonus med en bestemt åpningsvinkel i forhold til sentralstrålen og et plan, i vårt tilfelle en fotografisk plate. Det var allerede kjent at en bak en én-krystall fikk et såkalt Laue-diagram som besto av enkeltstående skarpe flekker som dannet et symmetrisk mønster rundt den direkte strålen. Dette er et uttrykk for at atomene i krystallen ligger fast i et romlig mønster eller gitter. Vi kan derfor få bekreftet to ting for væsker ved denne sammenlikninga: Ringene oppstår pga. at atomene i væsker ikke har noen orden over lange avstander (fjernorden). Det at ringene er uskarpe eller diffuse, betyr at atomene i væsker er i stadig bevegelse og kan bevege seg over hele væskevolumet, atomdynamikk og struktur er sammenvevd. Spredningen fra væsker fører derfor alltid med seg små energiendringer i den spredte stråling i forhold til den innkommende, og den må karakteriseres som uelastisk. Energiendringene kan måles med spesiell apparatur. Vi antar foreløpig at vår strålingsdetektor er like følsom for all stråling.

Ved spredning av nøytroner med bølgelengde av samme størrelsesorden som avstanden mellom atomene i væsken, fant en tilsvarende diffuse spredningskonuser rundt den direkte strålen. De spredte nøytronbølgene vekselvirker i takt (koherent), og væskeprøven vil virke som et spredningsgitter. Spredningen av nøytroner (og røntgenstråler) gir altså øyeblikksbilder av atomfordelinger som vi var interessert i. Lar vi en nøytrondetektor bevege seg på en arm rundt væskeprøven, vil den krysse en serie slike spredningskonuser og intensiteten vil variere. Figur 3 viser



Figur 3. Eksperimentelle punkter oppnådd ved målinger av spredningsfunksjonen $S(Q)$ for edelgassen krypton (Kr) ved hjelp av nøytronspredning. Til sammenlikning er det også tegnet inn en teoretisk kurve for forventet spredningsoppførsel for en modellvæske bygd på visse forutsetninger når det gjelder par-vekselvirkninger (fra Barocchi et al., 1993).

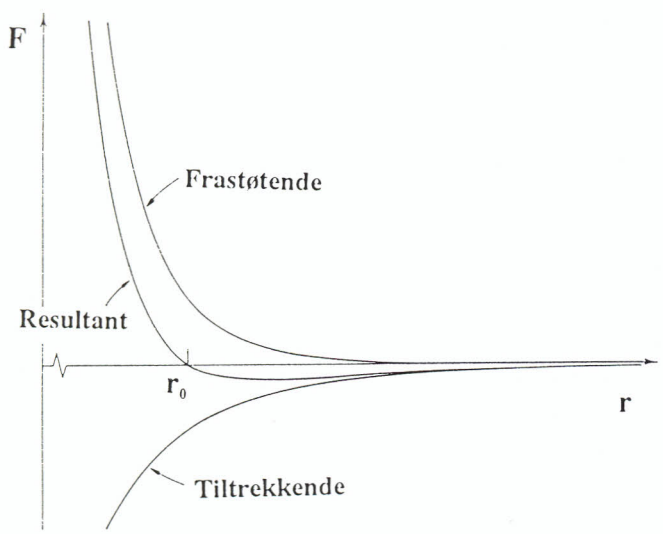
et slikt mønster målt på en enkel væske som flytende enatomig krypton. Langs førsteaksen er avsatt spredningsimpulsen Q (proporsjonal med spredningsvinkelen), og langs andreaksen er avsatt en korrigert spredningsintensitet $S(Q)$, se nedenfor. En ser at etter noen få maksima avtar spredningsintensiteten til en konstant verdi for store Q-verdier. Men det at det i det

hele tatt opptrer intensitetsvariasjoner i spredningen, må bety at det eksisterer spesielle ordningsformer, selv for væsker.

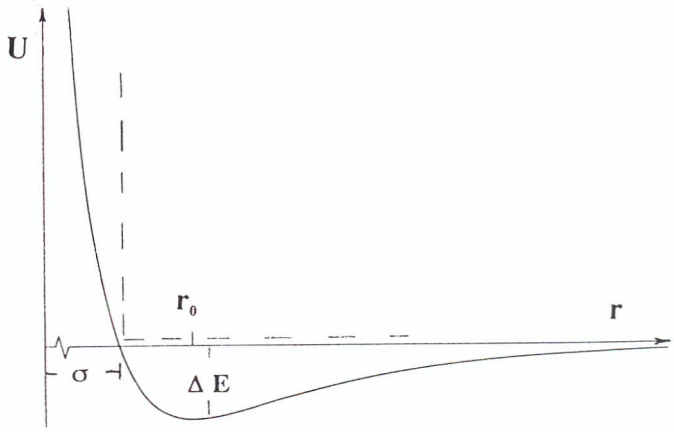
Hvordan kan dette forklares? Vel, Debye fant forklaringen i 1925: Atomene har en viss endelig størrelse og sentrene i atomene kan ikke komme hverandre nærmere enn en viss avstand, nemlig atomdiameteren. Dette gir opphav til det som kalles nærorden og dermed spredningsmaksima. En kan se dette fenomenet også i gasser.

Krefter mellom atomer

Når to atomer bringes nær hverandre, oppstår en tiltrekkende kraft av elektromagnetisk art, men når de kommer for nær hverandre, vil elektronskyene begynne å overlappe og gi opphav til en sterk frastøtende kraft. I en avstand r_0, vil de to kreftene være like sterke, og dette blir den gjennomsnittlige avstanden mellom de to atomene i særlig kondenserte tilstander som faste stoffer og væsker. Tiltrekkings- og frastøtingskreftene setter seg altså sammen til en resultantkraft $F(r)$, som er skissert i figur 4. Den kan utledes ved derivasjon av et energipotensial $U(r)$, som har en avstandsoppførsel som angitt på figur 5. Potensialet har en minimumsverdi i en avstand r_0 som tilsvarer likevektstilstanden i figur 4. Atomene "avskyr" gjensidig hverandres livsrom, et kulevolum med radius r_0, og det må være en sammenheng mellom posisjonen av de konsentriske ringene i spredningsmønsteret og størrelsen på dette kulevolumet.



Figur 4. Figuren framstiller avstandsforløpet for $F(r)$, resultanten av en frastøtende og en tiltrekkende kraft mellom to partikler i en generell væske.



Figur 5. Resultantkraften i figur 4 kan finnes ved derivasjon av et potensial $U(r)$ som har et avstandsforløp som på denne figuren. Det kalles Lennard–Jones-potensialet og kan skrives $U(r) = 4\Delta E[(\sigma/r)^{12} - (\sigma/r)^6]$. Potensialet krysser r-aksen ved σ og har et minimum ved r_0, ΔE. Den stiplete kurven viser avstandsforløpet for et potensial som opptrer mellom to "harde" partikler (kuler) uten tiltrekking.

Fourieromvending av målekurver

Når det gjelder spredning av bølger (for nøytroner: materiebølger) der detektoren ikke ser forskjell på kvanter og partikler med ulike bølgelengder, kan en vise at det består et direkte forhold mellom spredningsintensiteten, $I(Q)$, ved en bestemt vinkel og atomenes såkalte spredningsfunksjon $S(Q)$.

$$I(Q) = konst.\ S(Q) \qquad (1)$$

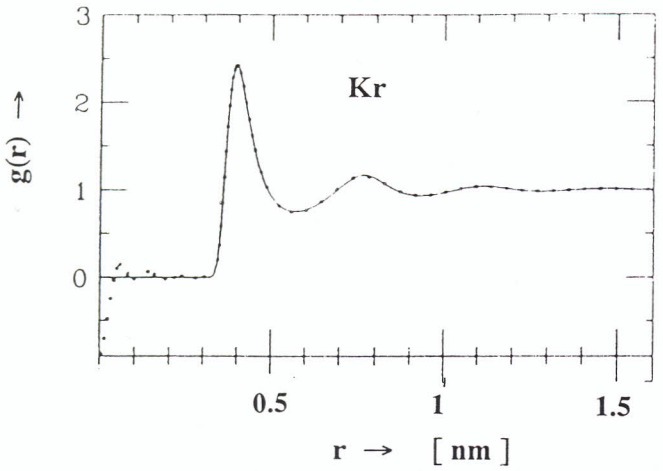
$S(Q)$ kan derfor utledes fra intensiteten $I(Q)$ ved å utføre diverse korreksjoner og dividere med konstantleddet. Ved passende integreringer kan en videre vise at funksjonene $[S(Q) - 1]$ og $[g(r) - 1]$ danner et fouriertransformert par slik at de kan finnes av hverandre av likningene:

$$S(Q) - 1 = (4\pi n_0/Q) \int [g(r) - 1]\, r\ sin(Qr)\, dr \qquad (2)$$

$$g(r) - 1 = (2\pi^2 n_0 r)^{-2} \int [S(Q) - 1]\, Q\ sin(Qr)\, dr \qquad (3)$$

der n_0 er den gjennomsnittlige talltettheten, og uttrykket $h(r) = [g(r) - 1]$ kalles den totale parkorrelasjonsfunksjonen. Ved å ta den fouriertransformerte av intensiteten som funksjon av spredningsvinkelen, finner vi altså den radielle par-

fordelingsfunksjonen $g(r)$, for væsken. Det viser seg at formen på denne kurven som funksjon av r, nesten ser ut som den eksperimentelt målte kurven som funksjon av Q, nemlig en avtakende bølgeformet kurve når r øker. De to kurvene er fouriertransformerte av hverandre. Figur 6 viser en slik parfordelingskurve, $g(r)$, som er beregnet for flytende krypton fra den eksperimentelt funne spredningskurven $I(Q)$, i figur 3.

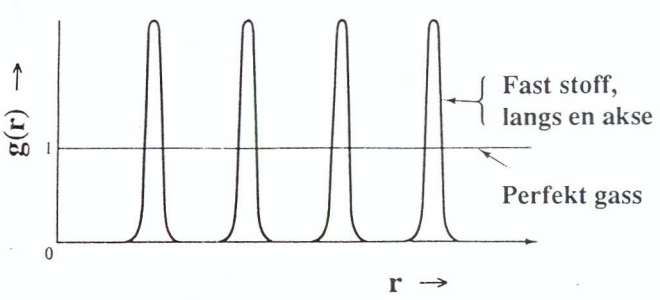


Figur 6. Figuren viser eksperimentelle $g(r)$-verdier som er kommet fram ved fourier-omvending av målepunktene for krypton i figur 3. Ved små r-verdier er $g(r)$ effektivt lik 0 et stykke som tilsvarer størrelsen av partiklene i væsken, men øker så til et maksimum for større r i en avstand som tilsvarer radien av det første kuleskallet av naboer rundt atomet.

Hva forteller g(r)-kurver oss?

Vi kan gjøre "bølgegangen" for $g(r)$-kurven forståelig ved å sammenlikne den med andre fordelingsfunksjoner som er lettere å forestille seg. La oss anta at vi har en kubisk krystall, og la et hjørneatom være utgangspunktet vårt. Hvis vi lar r gå langs en sidekant, vil vi finne smale gauss-funksjoner for $g(r)$ ved hver atomgitterposisjon bortover kanten, siden atomene svinger bare litt bort fra sine likevektsstillinger. Hvis vi på den annen side tar for oss en ideell gass, vil et vilkårlig atom som utgangspunkt ikke kunne influere på den jamne gjennomsnittsfordelinga av atomer i gassen, og vi får at $g(r) = 1$ hele veien når r øker, se figur 7. For væsker har derfor $g(r)$ stor likhet med den tilsvarende funksjonen for faste stoffer for små r-verdier, mens den for større r-verdier vil ha likhet med den tilsvarende funksjonen for gasser.

Analogt med disse enkle atomfordelingene kan vi med en gang si at r-verdien for det første maksimum

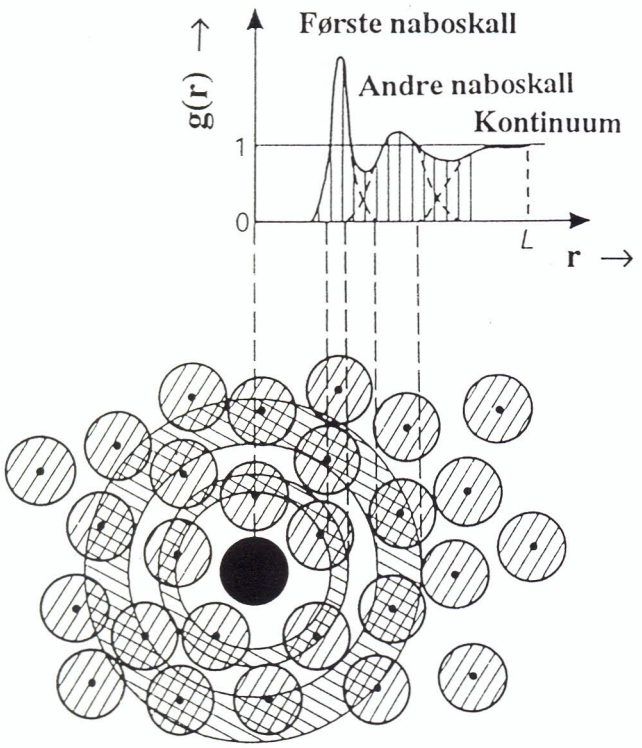


Figur 7. Raden av maksima viser fordelingsfunksjonen $g(r)$ for en krystall av fast stoff målt fra et bestemt atom langs en krystallakse. Linja for $g(r) = 1$ viser fordelingsfunksjonen for en perfekt gass: Ved alle avstander fra et atom kan en med samme sannsyn finne et atom.

for $g(r)$-kurven gir størrelsen av det som kalles det første atomkoordinasjonsskallet, dvs. avstanden fra ett atomsenter til den mest sannsynlige posisjonen for det nærmeste atomsentret. Det andre maksimumet gir på tilsvarende måte størrelsen av det andre skallet osv. En mer detaljert gjennomgang viser at bredden på toppen ved første maksimum er et mål for det gjennomsnittlige avvik av de nærmeste naboatomer fra den midlere atomavstanden, altså fluktuasjonene i væska. Arealet under en topp er proporsjonalt med det midlere atomære koordinasjonstallet, dvs. antall atomer som i middel har vekselvirkning med hverandre, se figur 8. Avstanden L, ut til der $g(r)$-kurven flater ut og får verdien 1, er et mål for det en kaller korrelasjonsavstanden (ξ), mellom atomer i væska. Bortenfor denne avstanden har et tilfeldig valt "senteratom" ikke vekselvirkning med andre atomer. Slike $g(r)$-kurver forteller oss derfor en rekke ting om væskens "indre liv". Q-verdiene for toppene av intensitet i de eksperimentelle dataene for $S(Q)$ er derfor uttrykk for karakteristiske inverse avstander i væsken.

Uelastisiteten i nøytronspredningen

Hvis detektoren er 'blind' for energiendringer, har vi ikke nyttiggjort oss all informasjonen som ligger i den spredte strålingen, nemlig spektret for uelastisk spredt stråling. Ved spredning av termiske (langsomme) nøytroner har vi en praktisk mulighet til å analysere hvor mye de spredte nøytronene i en viss retning har endret sin energi under spredningsprosessen. Under kollisjonen med væskens atomer eller molekyler kan nøytronene øke eller minske forekomsten av forskjellige bevegelsesmønstre i væsken. Energiendringene til nøytronene kan derfor gi opplysninger om hastighetsspektret av bevegelser på atomært nivå i en væske. På samme måten som i et fast stoff



Figur 8. Informasjonen som inneholdes i fordelingsfunksjonen $g(r)$ for en væske: *Avstanden* ut til første maksimum angir radien for første koordinasjonsskall av naboatomer, avstand til neste maksimum andre koordinasjonsskall osv. *Bredden* av første maksimum angir middelverdien av fluktuasjoner i avstandene ut til atomene i første skall osv. *Arealet* under et maksimum er et mål for hvor mange atomer som ligger innafor de enkelte skall, altså koordinasjonstallene. *Avstanden* L ut til der $g(r) = 1$, angir korrelasjonslengden, eller omtrentlig størrelse på en tetthetsfluktuasjon. På den nedre delen av figuren har en tegnet et plant snitt gjennom et atom omgitt av kuleskall av atomer som kan betegnes som første ordens naboer, andre ordens naboer osv.

kan en forestille seg at et mindre antall av partiklene i væsken er bundet sammen med "fjærer" som symboliserer samholdskreftene. I et slikt lite system kan nøytronene sette i gang kollektive svingninger ved å avgi energi og impuls, ikke med fononkarakter, men relakserende, overdempete svingninger. I andre tilfeller vil et nøytron kunne "sparke i gang" en enkelt partikkel. For hver enkelt bølgelengde i et sett av varierende inngående nøytronbølgelengder, kan en analysere energiendringene av nøytronene for ulike spredningsvinkler. En slik serie eksperimenter vil derfor gi en kolossal mengde informasjon om bevegelsene i væsken. For å tyde slike spredningsmønstre, må en sammenlikne med kompliserte teoretiske modeller for avstander og bevegelser i væsken. For en bestemt væskemodell må en da regne "baklengs" for å få en spredningskurve for modellen og sammenlikne den med eksperimentene. I løpet av de siste 30 åra har en gjort utrolig mange spredningseksperimenter med nøytroner på alle slags væskeformer og derved fått et ganske godt innblikk i hva som skjer med partiklene inne i væsker.

Væskeformer

Vi har allerede omtalt flytende krypton. Det er en representant for de såkalte *enkle væsker* med edelgassatomer som neon, argon, krypton, xenon og radon. (Vi har utelatt helium fordi kvantefenomener gjør oppførslen til væskeformen spesiell.) Disse er enatomige, og atomene har kulesymmetriske vekselvirkninger og oppfører seg grovt sett som harde kuler som frastøter hverandre. De har likevel en svært svak tiltrekking av van der Waals-karakter. En slik tiltrekkingskraft er naturligvis nødvendig for at gassene i det hele tatt skal kunne kondensere til væske. Dess "rundere" partiklene i væsken er, desto mindre er tiltrekkingskreftene. Disse enkle væskeformene har derfor en lav kritisk temperatur og et svært lite eksistensområde (neon 24,5–26,02 K, argon 84,0–87,5 K og krypton 116,6–120,3 K). En mengde målinger med nøytroner er utført på argon og krypton.

Flytende metaller kan lede både varme og elektrisitet og likner på sine faste tilstandsformer. I den flytende tilstanden ser det ut til at gapet mellom elektronbåndene viskes ut, og alle flytende metaller er derfor ganske like når det gjelder elektriske og optiske egenskaper. Tilstanden er nesten som i et plasma der de positive tunge ionene beveger seg langsomt i en "sjø" av lett bevegelige elektroner. To ioner frastøter hverandre på nært hold som harde kuler, men er omgitt av skjermende elektroner slik at tiltrekkingskrafta av coulomb-type blir noe redusert for litt større avstand. Kreftene har sfærisk symmetri, og væskeformen likner derfor kvalitativt på de enkle væskene. Vekselvirkningene er kraftigere, og eksistensområdet for væskeformen ligger høyere i temperatur og er også større. Natrium har smeltepunkt ved 371 og kokepunkt ved 1153 K, mens bly smelter ved 600 og koker ved 1890 K.

Som et eksempel på de såkalte *molekylærvæskene*, kan vi ta vann. Vannmolekylet, H_2O, er svært asymmetrisk og har et stort elektrisk dipolmoment. Dessuten kan hvert molekyl vekselvirke med andre ved såkalte hydrogenbindinger. I iskrystaller kjeder vannmolekyler seg sammen til en romlig heksagonal struktur. En har lenge ment at væskeformen inneholder klynger av

molekyler som har isstruktur. Sammenhengskreftene i vann er derfor uvanlig store og fører til høyt frysepunkt og stor spesifikk varme. Dette fører til at vann må ses på som en svært komplisert væske med en hel rekke sære egenskaper. I det siste har en faktisk begynt å tro at disse klyngene igjen har en ordnet romlig struktur, slik at vann i biologiske celler kan styre foldingen av viktige proteiner til stabile nøster med enzymvirkning (og selv bli styrt). Med utgangspunkt i at 80 % av kroppen vår er vann, har en biofysiker sagt: "Liv er vann som danser til tonene fra faste stoffer." Utsagnet får nå kanskje sin bekreftelse allerede på det laveste nivået av det vi kaller liv – samspillet mellom vann og proteiner.

Smelter en vanlig koksalt, $NaCl$, fås en væske som er ionisk ledende i motsetning til den faste formen som er en isolator. Slike *ionesmelter* brukes derfor i industrien ved utvinning av visse metaller. Aluminium fås ved elektrolyse i en ionesmelte av kryolitt, et fluorid, under tilførsel av aluminiumoksid. Metallet renner ut i bunnen av elektrolyseovnen mens oksygenet som utvikles, langsomt brenner opp elektroden på toppen.

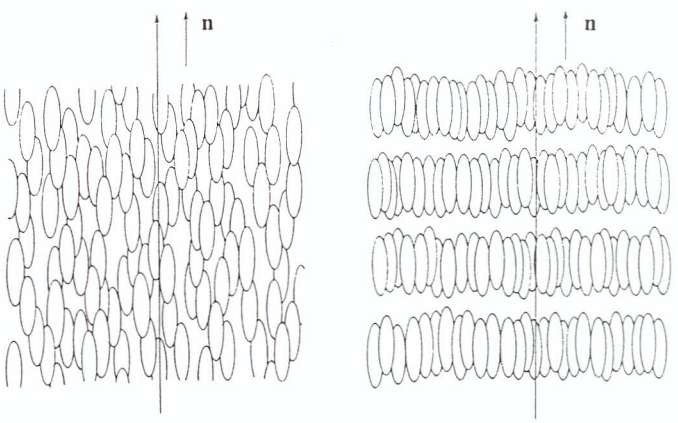
Glass er egentlig en væskeform der molekylene ligger uordnet, men der molekylenes bevegelsesmuligheter er svært begrenset. Det skjer likevel en langsom diffusjon, og en har faktisk målt at vindusglass som har stått vertikalt i noen hundre år er blitt tjukkere nederst!

Elektroviskøse væsker blir øyeblikkelig tjukkere og seigtflytende når de utsettes for elektriske felt. Dette kan nyttes ut i bremser og kløtsjer. Fine suspensjoner av magnetiske partikler i en væske gjør at væsken kan styres ved ytre magnetfelt. Slike *magnetiske væsker* kan brukes i roterende gjennomføringer som må være tette, f.eks. i magnetplatelageret på PC-er.

Strukturerte og komplekse væsker

Før servering rister en gjerne en salatdressing for å få en emulsjon av eddikk (vanndråper) i olje. På grunn av van der Waals-krefter mellom vanndråpene skiller dressingen seg raskt i to lag, eddikk og olje (1:3). Blandes derimot vann, olje og såpeaktige kjemikalier, fås en væske der olje opptrer i vann i små atskilte områder med såpemolekylene som tynne grenselag, monomolekylære hinner, mellom områdene. Væsken er stabilisert og kalles en *mikroemulsjon*. Disse har et stort bruksområde innen olje-, malings-, kosmetikk/legemiddel- og matvareindustri. Majones er en emulsjon der stoffer i egg (lecitin) muliggjør at små oljedråper svever i vann (3:1). Sukkerstoffer i vannet gjør vannet seigt og stabiliserer emulsjonen. Spesielle fettstoffer, fosfolipider, har såpeliknende egenskaper og kan også danne dobbeltlag, *membraner*, i vann. Væsken får på denne måten en kompleks indre struktur, gjennomtrengt og oppdelt av buktede og buktende membraner. Biologiske cellevegger er slike lipidmembraner forsterket med kolesterol- og protein-molekyler. Celleveggene får derved en enestående elastisitet. Naturen bruker ofte materialer og konstruksjonsprinsipper som fysikere og ingeniører kan lære mye av. Polymerer er lange, svært bøyelige molekyler, og inngår i plaststoffer. En *polymersmelte* blir en svært kompleks væske med sære egenskaper.

I en særklasse innafor de komplekse væskene står *de flytende krystallene*. Dette er en egen tilstandsform med ordningsgrad mellom krystaller og væsker. I dette tilfellet består væsken av svært langstrakte asymmetriske molekyler. Tyngdepunktene til molekylene kan ha en uorden som i en vanlig væske, mens molekylenes akser retter seg inn, se figur 9. (Ta også en titt ned i en pose med tørre havregryn!) Ordningen av molekylene i væsken over noe avstand går altså på *retning* og ikke på *sted* som i krystaller. Den forårsakes av svake van der Waals-krefter mellom molekylene. Innafor små områder av væsken kan den lokale orden av molekylaksene yttrykkes ved en enhetsvektor **n** som kalles direktoren. En har en *nematisk* flytende krystall.



Figur 9. Tegninga til venstre viser skjematisk hvordan en kan tenke seg ellipsoidformete molekyler ordne seg i en *nematisk flytende krystall*. Langaksene ligger stort sett parallelle i en retning n som kalles *direktoren*. Ordningen forekommer i områder med liten utstrekning, domener, og n peker i alle retninger når en går fra område til område. Ved å sette på et ytre felt, enten elektrisk eller magnetisk, kan en få nesten alle domenene til å rette seg samme vei. Ved litt lavere temperatur kan noen nematiske krystalltyper ordne seg ytterligere. Dette er vist i tegninga til høyre der molekylaksene har beholdt retninga n, men har skilt seg lagvis med en karakteristisk avstand: en har fått en *smektisk flytende krystall*.

Ytre elektriske og magnetiske felt kan brukes til å styre akseretningen for alle molekylene i en boks med en flytende krystall. I en slik orientert væske vil de fysiske egenskapene endre seg med retningen. Mønstrenes lengdeskala ligger i det samme området som synlig lys, og de har derfor merkelige optiske egenskaper som kan anvendes praktisk, f.eks. i en flytende krystall framviser (urskive, dataskjerm).

Ved litt lavere temperatur enn den nematiske fase, kan noen flytende krystalltyper ordne seg ytterligere: Molekylaksene beholder retningen til **n**, og har skilt seg lagvis med en karakteristisk avstand; en har fått en *smektisk* flytende krystall. Innafor hvert lag opptrer molekylene nesten som i en væske, mens væsken i en retning normalt på et lag likner en krystall. Når nøytroner spres fra slike orienterte flytende krystallprøver, ser en derfor både et væskespredningsmønster og dessuten smalere maksima som skyldes braggliknende spredning fra akseorienteringsmønstret. Spredningsintensiteten i de forskjellige maksima er dessuten avhengig av vinkelen mellom akseorienteringsretningen og spredningsplanet, altså om aksene står vinkelrett på planet eller ligger i planet. Ved reaktoren på IFE, Kjeller, har en derfor i lang tid brukt flytende krystallprøver i samband med nøytronspredning til å studere konveksjonsfenomener i væsker, altså innen hydrodynamikk. Når væsken i prøveboksen sirkulerer pga. temperaturforskjeller (danner konveksjonsceller), forstyrres akseorienteringen, og nøytronintensiteten varierer i takt med denne.

Sluttord

Det har vist seg at innafor feltet komplekse væsker og flytende krystaller har en fått et nytt område for utprøving av teorier for kritiske fenomener. I lang tid var slik utprøving forbeholdt faseoverganger innafor magnetisme. Ettersom en har syntetisert mer kompliserte typer flytende krystaller, har en oppdaget stadig nye faser og faseoverganger som må forklares. Området er blitt en tumleplass for skarpskodde teoretikere i nært samarbeid med eksperimentatorer!

Ordet *væske* er etterhvert blitt overtatt av andre deler av fysikken for å beskrive fenomener som har egenskaper som minner om væsker. Vi har f.eks. ovenfor brukt uttrykket "en sjø av elektroner" for å beskrive den tilstandsformen som elektronene i et smeltet metall befinner seg i. En annen elektron-"væske" er de omflakkende elektronene i et metall, fermivæsken. En ser også at når ordnede mønster av flukslinjer i en superleder bryter opp pga. temperaturendring eller felt, så nyttes verbet "smelter", som i vanlig tale betyr overgang til en væske. Væsker av alle slag, flytende krystaller og væskeanalogier, vil fortsette å fascinere fysikere i år framover. Med tiltakende kompleksitet følger gjerne nye egenskaper som både har ren fysisk interesse og tekniske anvendelser.

Litteratur

1. J.A. Barker and D. Henderson: *What is "liquid?" Understanding the states of matter.* Rev. Mod. Phys. **48** , 587 (1976)

2. F. Barocchi et al.: *Neutron Diffraction Study of Liquid Krypton.* Phys. Rev. Lett. **70** , 947 (1993)

3. J.D. Broek, R.J. Birgeneau, J.D. Litster and A. Aharony: *Liquids, crystals and liquid crystals.* Physics Today, juli (1989)

4. P.A. Egelstaff: *An introduction to the liquid state, 2. ed.* Oxford Science Publications, Clarendon Press, (1992)

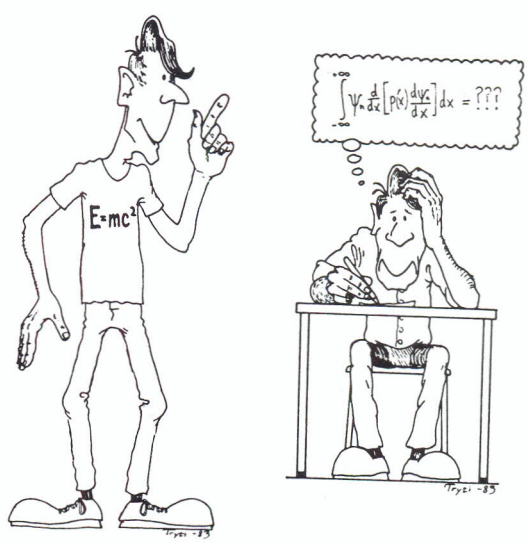
5. P.G. de Gennes and J. Prost: *The physics of liquid crystals, 2. ed.* Oxford Science Publications, Clarendon Press, (1993)

6. K. Stierstadt: *Magnetische Flüssigkeiten – flüssige Magnete.* Phys. Bl. **46** , 377 (1990)

7. B.T.M. Willis (ed.): *Chemical applications of thermal neutron scattering.* Oxford University Press, (1973).
   Inneholder en hel rekke gode artikler om undersøkelser av ulike væsker ved hjelp av nøytronspredning.

8. T.A. Witten: *Structured fluids.* Physics Today, juli (1990)

∞



Bokkronikk

Øystein Elgarøy og Øivind Hauge: Svein Rosseland. Fra hans liv og virke. Institutt for teoretisk astrofysikk, Universitetet i Oslo, 1994. (84 sider), 80 kr.

Vi kunne i fjor feire 100-års jubileet for professor Svein Rosselands fødsel. Som et ledd i markeringen av begivenheten har Øystein Elgarøy og Øivind Hauge laget et minneskrift. La det være sagt med en gang at dette er blitt en bok av høy kvalitet, først og fremst innholdsmessig, men også utstyrsmessig.

Svein Rosseland ble født på gården Rosseland i Nordheimsund i Hardanger, som den yngste av ni søsken. Allerede som barn utmerket han seg ved sin store vitebegjærlighet og evner helt utenom det vanlige.

Unge Svein begynte å studere ved Universitetet i Kristiania i 1917. Han tok eksamen i astronomi bifag samme år. På denne tid skjedde det meget innen fysikken; både relativitetsteori og kvanteteori var delvis etablert og delvis under utforming. Og det var slike emner den begavede Rosseland ønsket å studere.

Høsten 1920 gikk turen til København og til Niels Bohrs Institut for teoretisk Fysik som da var under oppbygning. Man kan med god grunn undre seg over at en fersk realstudent så tidlig kunne få adgang til å arbeide med en allerede internasjonalt berømt vitenskapsmann som Niels Bohr. Noe av årsaken var nok den sterke anbefaling som professor Vilhelm Bjerknes i et brev til Bohr gir sin tidligere assistent. Bjerknes påpeker at "Hans (Rosselands) interesser går aldeles bestemt i retning av teoretisk astronomi og teoretisk fysik." Det samme gir Rosseland selv uttrykk for i et personlig og respektfullt brev til Bohr. Dette brevet betegner innledningen til et livslangt vennskap. Vitenskapshistorisk sett er det meget fortjenestfullt at forfatterne gjør denne korrespondansen kjent for almenheten. Det var således også ukjent for denne anmelder at Rosseland og Bohr kom til å stå hverandre personlig så nær som det med all tydelighet fremgår av boken. Sammen dro Rosseland og Bohr i mai 1924 på fottur i Sveits og Italia. Rosseland har skrevet ned sine personlige erindringer om turen[1]. Beretningen gir et fornøyelig bilde av deres felles opplevelser og inneholder dessuten treffende karakteristikker av begges personlighet. Det hører med til historien at utgiftene til turen ble dekket med tilskudd fra Bohrs Nobelpris som han hadde fått i 1922.

Oppholdet i København har åpenbart betydd meget for Rosselands fremtidige virke som forsker. Som en kuriositet kan nevnes at den første publikasjon fra det nye instituttet i Blegdamsvej ble forfattet av Oskar Klein, senere professor i Stockholm, og Svein Rosseland[2]. Med full rett er Rosseland av Klein i eftertid blitt karakterisert som en av pionerene for innføringen av den nye atomteori i astronomien.

I 1928 ble Rosseland utnevnt til professor i astronomi ved Universitetet i Oslo. Store oppgaver lå her og ventet på ham. Astronomien var på den tid fortsatt henvist til lokaler i byens mer sentrale deler. Det gamle observatoriet var innviet i 1833 som universitetets første bygning. Både på grunn av beliggenhet og mangel på moderne instrumenter, var det imidlertid håpløst uegnet til sitt bruk. Takket være Rosselands innsats og anseelse startet Institutt for teoretisk astrofysikk på Blindern sin virksomhet i 1934 og er i dag fortsatt en høyst livskraftig institusjon.

Frem til 1941 hadde Rosseland sitt virke som usedvanlig aktiv universitetsprofessor ved dette institutt. Men våren dette året ble han oppfordret til å forlate Norge for å arbeide for de alliertes sak. Boken beskriver familien Rosselands dramatiske reise til USA via Stockholm–Moskva–Vladivostok–Tokyo–Honululu. Efter lesningen sitter man igjen med det inntrykk at både i USA og i Storbritannia ble Rosselands store teoretiske og praktiske evner sterkt utnyttet i den felles saks tjeneste. – Tilbake til Norge kom han først i 1946.

I en redegjørelse som denne er det ikke mulig å berøre alle Svein Rosselands aktiviteter. Men noen momenter er det viktig å omtale, ikke minst fordi de yngre generasjoner har lett for å overse den nære fortid.

Da Rosseland kom tilbake til Norge efter krigen, lå det mange oppgaver og ventet på ham. Han var da en internasjonalt anerkjent vitenskapsmann med stor erfaring både fra grunnforskning og anvendt forskning. Med rette påpekes det i boken at han nettopp var den mann norsk vitenskap trengte på dette tidspunkt. Det var nødvendig å finne den rette balanse mellom universitetsforskningen og den virksomheten som skulle utføres ved de organisasjonene for anvendt forskning som nå måtte bygges opp i vårt land. Dette var blitt klart i norske miljøer både ute og hjemme under krigen. Rosseland ble en viktig leder i dette arbeidet, og mange kloke synspunkter har han i denne sammenheng gjort seg til talsmann for. Det er fristende å sitere fra et foredrag han holdt i Videnskaps-Akademiet i Oslo i mai 1947: "Hvor ren og anvendt vitenskap kommer i konkurranseforhold, der er den rene vitenskap alltid den tapende part. Derfor . . . er det ren vitenskap som først og fremst må støttes med offentlige midler, nå i den industrialiserte vitenskaps tidsalder." Og han fort-

setter: "Den fremgangsmåten for statsstøtte som vitenskapsmenn over hele verden foretrekker, er at bidrag til vitenskapelig arbeide skal gis helt forutsetningsfritt, og at utdeling til spesielle forskningsformål skal foretas av vitenskapelig sakkyndige, allsidig sammensatte komiteer." Dette er synspunkter som fortsatt har høyeste aktualitet.

Også når det gjaldt oppbygningen av internasjonale prosjekter i efterkrigstiden, kom Rosseland til å spille en stor rolle. Hans internasjonale renommé betydde her meget. Nærmest selvsagt så han tidlig romforskningens muligheter og nedla et betydelig arbeide, selv om de bevilgende myndigheter ikke alltid fulgte fagfolkenes råd i disse spørsmål[3]. Det ble derimot gjort når det gjelder opprettelsen av NORDITA, Nordisk Institut for Teoretisk Fysik, i København[4] og CERN i Genève[5]. I disse miljøer høster norsk forskning stadig fruktene av Rosselands innsats og fremsyn.

Rosselands arbeide som universitetsmann på det lokale plan er heller ikke glemt i fremstillingen i boken. I 1951 tok han som dekanus ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet i Oslo, initiativet til den første Blindernutstilling som fant sted i tiden 30. august til 2. september samme år. Det ble en mektig mønstring av norsk naturvitenskap og en formidabel suksess. De studenter og universitetslærere som deltok, vil sent glemme den entusiasme og innsatsvilje som med dekanus som kilde bredte seg gjennom rekkene nedover helt til den yngste og mest uerfarne student.

Forfatterne gir leserne innsikt i nye sider ved Rosselands personlighet. På innsiden av omslagspermen til boken han baserte sine innføringsforelesninger i astrofysikk på, er gjengitt utdrag av to dikt av Schiller[6]. Disse har han nok flere ganger hørt Niels Bohr resitere. De nevnte Schiller-tekstene synes å markere seg gjennom sammensetninger av motsetninger eller paradokser som likevel viser seg å skjule en indre sammenheng. Med poetisk fremsyn foregriper Schiller i disse strofene tanker som har stor aktualitet i moderne fysikk. De siste linjer i sitatene lyder:

Nur Beharrung führt zum Ziel,
Nur die Fülle führt zur Klarheit,
Und im Abgrund wohnt die Wahrheit.

En i sannhet ydmyk og moralsk høyverdig ledetråd for en lang forskergjerning i naturvitenskapens tjeneste.

Et par mangler og unøyaktigheter må likevel påpekes i denne ellers utmerkede boken.

På tittelbladet er gjengitt et sjeldent karakterfullt portrett av professor Rosseland. Dessverre savnes den vesentlige opplysning at maleriet er laget av Alf Rolfsen.

På side 41 fortelles det om familien Rosselands hvileopphold i 1941, altså under krigen, på et landsted ved Cape Cod på østkysten av USA. Da avstanden fra Massachusetts til Florida er formidabel, er det neppe korrekt å hevde at dette er i naboskapet av rombasen på Cap Canaveral. Men dette er bagateller i den store sammenheng.

Boken er fengslende lesning. Man merker tydelig forfatternes hengivenhet og beundring for sin lærer og veileder.

La oss avslutningsvis understreke det bedrøvelige faktum at vi i Norge nesten totalt mangler biografier over våre fremste naturforskere. Det er min påstand at det foreliggende skrift betegner et første skritt på veien til å avbøte denne mangel. Ikke minst av denne grunn anbefales boken på det sterkeste. Måtte den få mange tiltrengte efterfølgere på samme eleverte nivå.

Til slutt en rent faktisk opplysning: Boken om Svein Rosseland er tilsalgs i Akademika på Blindern til hva man bør kalle en meget rimelig pris.

Litteratur

1. Svein Rosseland: *Efterlatte papirer. Personlige erindringer: Reisen til Sveits i mai 1924.*

2. O. Klein und S. Rosseland: *Über Zusammenstösse zwischen Atomen und freien Elektronen.* Zeitschrift für Physik **4**, 46 (1921).

3. J. Kriege: *The Prehistory of ESRO 1959/60.* ESA History Study Report, preprint ESA HSR-1, July (1992).

4. T. Gustafson: *Om NORDITAS Tillblivelse. – Föredrag vid 25-årsjubilet den 1. oktober 1982.* NORDITA preprint, NORDITA-86/24; NORDITA 1957–82. Jubileumshefte, København (1982).

5. A. Hermann, J. Kriege, U. Mersits and D. Pestre: *History of CERN. Vol. I.* North-Holland (1987).

6. Friedrich von Schiller: *Spruch des Konfucius 1 (1795); Spruch des Konfucius 2,* (1799).

Johannes M. Hansteen

∞

Bokomtaler

Otto Øgrim og Bjørn Ebbe Lian: Størrelser og enheter i fysikk og teknikk. Universitetsforlaget og Norges Standardiseringsforbund, 2. utg. 1994, (107 sider) 160 kr.

Dette er egentlig 6. utgave av Øgrim: *Størrelser og enheter i fysikken*, et kjent og kjært hjelpemiddel for nesten alle som underviser i fysikk, uansett på hvilket nivå. I forrige utgave, fra 1984, ble tittelen litt endret, avdelingsleder i Norges Standardiseringsforbund, B.E. Lian, ble medforfatter og Standardiseringsforbundet kom inn som medansvarlig forlegger. Formelt ble det dermed 1. utgave av en ny bok, godkjent av Standardiseringsforbundet, og dermed garantert å være i samsvar med norsk og internasjonal standard. Den skal altså trygt kunne benyttes som referanse f.eks. av lærebokforfattere.

Øgrims hefte kom første gang i 1962, bare to år etter at SI var vedtatt av Generalkonferansen for mål og vekt. Som tilsluttet Meterkonvensjonen var Norge fra da av forpliktet til å bruke SI, selv om vedtaket først ble offisielt godkjent ved lovendring og Forskrifter fra Justervesenet i 1977. Alt før 1960 hadde Norges Standardiseringsforbund nedsatt en egen komité: Standardiseringskomiteen for tekniske og fysiske størrelser og enheter, med oppdrag å utarbeide forslag til Norsk Standard for navn og symboler; et møysommelig og omfattende arbeid som også skulle koordineres med et tilsvarende arbeid i den internasjonale standardiseringsorganisasjonen, ISO. Først omkring 1970 forelå ISO-31 standardene for fysiske størrelser og enheter. Et par år senere var den tilsvarende norske serien, NS-1020, komplett. Øgrim var på den tiden medlem av den norske standardiseringskomiteen, og denne kunne i stor utstrekning nyte godt av det forarbeide han hadde gjort med sitt hefte. Det var et pionerarbeid han hadde utført. Førsteamanuensis Aars, som da var formann i komiteen, gav det en svært rosende omtale i FFV (s. 83, 1963) og uttrykte ønske om at det ville påskynde tempoet ved innføringen av SI. Selv født vel 20 år etter innføringen av metersystemet, visste han av egen erfaring hvor langsomt en slik prosess går.

Heftet fra 1962 var på 46 sider. Med 2. utgave i 1968, hadde det fått den utformingen som det siden har beholdt nesten uendret. De første utgavene inneholdt en rekke navn og symboler som den gang ikke var standardisert. Fra 1984 er det med noen få unntak (f.eks. tyngdetetthet og gammastrålingskonstant) bare standardiserte størrelsesnavn som er med. På den andre siden, er det gjort et skjønnsomt utvalg blant de standardiserte navnene. De som måtte ha bruk for andre størrelsesnavn, må ta seg bryet med å skaffe seg de relevante NS-ISO-31-standardene som det er vist til på bokas siste side.

De norske standardene er nå under revisjon. Komiteens forslag til endringer er tatt med i boka så langt de forelå da den gikk i trykken. Dette gjelder f.eks. *driv* som alternativ til bevegelsesmengde. *Massefart*, som ble brukt i de første utgavene av Øgrims bok, forsvant helt ut i 1984-utgaven, da den ikke ble godtatt i NS. Av forslag som komiteen har kommet med etter at boka gikk i trykken, kan nevnes at det nye prefikset for 10^{-24}, *yokto*, skal skrives med *k* og ikke med *c* (tilsvarende mikro og deka). Det skal nå hete protonets gyromagnetiske *koeffisient*, og ikke forhold (tabell, s. 16). Men hvorfor er denne størrelsen ikke definert ved hjelp av andre konstanter, slik det ellers er gjort i tabellen? Det skal også hete *ekvivalentdose* og ikke doseekvivalent. Noen flere eksempler kunne nevnes, men det dreier seg så langt jeg har sett, bare om mindre vesentlige avvik.

Av større forandringer i den siste utgaven kan nevnes at det i tillegg til de to symbolregistrene, ett for størrelser og ett for enheter, også er tatt med et register for størrelsesnavn, noe som sikkert flere enn meg har savnet i tidligere utgaver. Men hvorfor er ikke også enhetsnavn inkludert i det samme registeret? Det er dessuten en ny liste om orddannelser og generelle termer. Denne hjelper til å forstå hvorledes størrelsesnavn blir konstruert, og den kan brukes av dem som trenger navn på en størrelse som ikke forekommer i standardene. Men oppsettet av lista er ikke god. Den burde hatt en egen kolonne med overskrift *Term*. Sammenstillingen av termer og eksempler, i samme kolonne og med samme typer, virker forvirrende. Dessuten har ikke symbol for og definisjon av størrelsene som er valgt som eksempler, noe i denne lista å gjøre.

Boka har nå fått et forord. Det gir informasjon om typevalg. I forrige utgave stod denne informasjonen foran størrelseslista, og det er der den hører hjemme. Det samme typevalget er ikke nyttet konsekvent i resten av boka. Opplysninger om hensikten med boka, om hvor autoritativ den er og om kildene, som ofte nevnes i et forord, står i avsnittet Standardisering.

I likhet med de tidligere utgavene inneholder også denne opplysninger om en rekke enheter utenom SI. I 1962 var dette nødvendig. Boka var et hjelpemiddel ved overgangen til et nytt system. Den gangen var både de tre CGS-systemene, Det tekniske systemet (i mekanikk) og Det praktiske systemet (i elektroteknikk) i bruk. Dessuten ble det i videregående undervisning

brukt en del engelskspråklige bøker med britiske eller US-enheter. Nå er den tiden slutt. Listene over CGS-enheter og elektromagnetiske ligninger i Det gausske systemet er blitt arkaisk stoff. Bare noen av de mest kjente enhetene med egne navn, f.eks. gauss og ørsted, vil en fremdeles støte på. Disse burde vært tatt med i størrelseslista på samme måte som erg og dyn. Jeg tror ikke mange ville kommet til å savne CGS-enheten for elektrisk strøm eller lete i denne boka for å finne Maxwells ligninger i Det gausske systemet.

I mekanikken setter jeg spørsmålstegn ved den omfattende lista av britiske og US-enheter for volum, masse og trykk. At enhetene for varme står under avsnittet Mekanikk og ikke under Varme, finner en lett ut ved hjelp av registeret. Men er det fremdeles nødvendig å ta med at det eksisterer tre brukte definisjoner som gir litt forskjellige verdier for enheten kalori?

Spørsmålet om hva som skal være med og hva som ikke skal være med, er en smaksak. En kjernefysiker ser kanskje med tilfredshet at *fermi* er tatt med, men navnet er nå på vei ut, og symbolet F er nokså konsekvent avløst av fm, som samtidig står for den identiske størrelsen femtometer. På den andre siden, vil en nordlysforsker spørre hvorfor *rayleigh* = 10^{10} fotoner/(m^2s) ikke er med, til tross for at denne enheten stadig brukes bl.a. i nordlysforskningen?

I 1963 satte Aars spørsmålstegn ved en tegning av en hånd med åtte fingre som er nyttet for å illustrere et høyrehåndssystem. Jeg tror også at en mer naturtro hånd hadde vært å foretrekke. Kvaliteten på trykkingen synes jeg er blitt merkbart dårligere. Det har både med valg av svært blankt papir og med typevalg å gjøre. På begge måter var 1984-utgaven og spesielt 1968-utgaven, atskillig bedre.

Øgrims bok fra 1962 lettet uten tvil overgangen til SI for mange. Noen vil kanskje spørre om en slik bok fremdeles har sin berettigelse. Til det er svaret et ubetinget, "Ja"! Kravet til presise betegnelser vil alltid være viktig i fysikken. For 20–30 år siden var hovedhensikten å informere om de nye enhetene. Nå er enhetene i allmenn bruk. Heretter blir det bare spørsmål om endringer av noen få symboler og unntaksvis nye definisjoner av enheter. Enkelte foreldede enheter vil bli avskaffet, og det vil være aktuelt å standardisere noen flere størrelsesnavn. Men det vil ta lang tid å få gjennomført en konsekvent og korrekt bruk av navnene, og de nødvendige opplysningene må være lett tilgjengelige. Derfor trengs boka. At hensikten med boka er blitt en annen, burde kanskje gjenspeilt seg bedre i en ny utgave, enn det nå gjør. Men også slik den foreligger, gjør den god nytte. Forfatterne burde likevel vurdere å utarbeide et tillegg eller foreta en revisjon som sikrer full overensstemmelse med Norsk Standard når den nye NS-ISO-31-serien foreligger ferdig i 1995. Så kan den antagelig brukes uten endringer i 20 år framover.

Boka anbefales på det beste for fysikklærere, studenter, lærebokforfattere og ikke minst for alle som skriver populærartikler og pressemeldinger om fysikk.

Trygve Holtebekk

∞

G. Fraser, E. Lillestøl and I. Sellevåg: The search for infinity. Mitcell Beazley, 1994, (144 sider) 235 kr.

Den som skulle vera på leiting etter ei gåvebok til seg sjølv, til ein kollega eller sine nærmaste, bør sjå på denne boka.

I utgangspunktet er det ei populærvitskapleg bok om utforskinga av mikro- og makrokosmos frå dei eldste tider til i dag, frå den hellenske kulturen til dei siste oppdagingane frå dei store partkkelakseleratorane og Hubbleteleskopet. Det forførande er at det er ei bok som i kompleksitet ligg på tre ulike nivå slik at ho kan vera stimulerande for ulærde så vel som for lærde.

Det mest lettfattelege er biletstoffet på høgkvalitets papir, som er av det beste ein kan tenkje seg: Her er bilete av vitskapsmenn og -kvinner som er direkte rørande fordi dei er gamle og fordi dei ofte set personane inn i ein samanheng som fører oss attende til den tida dei gjev bilete frå. Her er Tycho Brahe i tårnet sitt, her er Ernest Walton i trekassa si under Cockcroft–Walton akselleratoren der han observerer alfapartiklar visuelt, her er bilete av *Prosjekt Poltergeist*-laget som oppdaga nøytrinoet og mange mange fleire. Her er fyrste røntgenfotografiet (av handa til fru Røntgen), fyrste boblekammerbiletet som viste at det var nøytrale straumar i veik vekselverknad, bilete av W-meson som desintegrerer og av kvark- og gluonjets.

Dei flottaste er likevel bileta frå makrokosmos: Det finaste biletet eg minnest å ha sett av Orion, røntgenbilete av Krabbepulsaren, restane av Supernova 1987A og av ein galaksehop 4 milliardar lysår borte, sett med Hubbleteleskopet. Alt dette er materiale som alle som kan sjå kan gle seg over.

Så er det ein serie med innskot om personar. Dette er stoff som er meir på vekebladnivå. Det er portrett, litt om det store som personane har gjort, og litt anekdoteprega stoff som ein kan le av eller irritere seg over. Det er heilt greitt, og ofte sjarmerande forsøk på å

menneskeleggjera personane. Ei og anna historie kan lesaren plukke med seg ut i det mondene selskapslivet.

Det som bind saman dette stoffet er forteljingar om korleis tenkjande menneskje har sett på naturen og korleis biletet vårt av det miste og det største har utvikla seg. Alle som har prøvd å skrive populært om kvantitativ vitskap veit at det er som å gå tur i eit minefelt fordi kollegaer les det. I det store og heile synest eg at teksta er underhaldande og godt skriven. Det hender nok at eg synest at forfattarane går over streken som når det gjeld å få personar som Einstein og Gamow til å stå fram som "vanlege menneske", men det er vel slikt ein må tåle. Det er trass i alt ikkje tale om ei pensumbok. Ikkje for det, det er mange av illustrasjonane som vi fagfolk kan ta over på transparentar for å live opp undervisninga på høgt nivå.

Boka er eit vellykka samarbeid mellom journalisten Inge Sellevåg, redaktøren dr. Gordon Frazer og professor Egil Lillestøl, og ho kjem venteleg snart også i norsk utgåve. Ho gjev mykje flott og nyttig stoff for pengane.

Hallstein Høgåsen

∞

Debatt

Fysikken i den videregående skolen

Jeg har med interesse lest noen artikler om fysikken i den videregående skolen i dette bladet. Den store lærebygningen som den klassiske teoretiske fysikken representerer er svært viktig og er grunnleggende for veldig mye i den moderne fysikken fra dette århundre. Det er betenkelig at dagens elever i 2FY fysikk ikke kommer i kontakt med begrepet *moment*. Det fysiske prinsippet for å bruke et spett, å vri på en skiftenøkkel eller å åpne en dør, er ikke tatt med i pensum i det hele tatt. Dette burde de som er ansvarlige for fagplanene i fysikk ta opp til ny vurdering slik at dette viktige fysiske begrepet blir lært av elevene i den videregående skolen. Noen ord om likevektssatsen og momentsatsen og derpå noen få regneeksempler kunne da f.eks. komme i forlengelsen av et kapittel om kraftbegrepet.

En annen ting som har opptatt meg i de senere år er symbolbruken i forbindelse med summer. Enkelte lærebøker i 2FY og 3FY innfører ikke summetegnet i forbindelse med Newtons 2. lov, $\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{F}_i = m\boldsymbol{a}$. I forbindelse med godkjennelse av et læreverk i fysikk for den videregående skole burde innføring av sigmanotasjonen være et helt nødvendig krav. Saken er nemlig den at når elever skal undersøke et bevegelsesproblem, så klarer ikke alle å holde styr på kreftene i systemet når flere krefter er til stede. De tenker $F = ma$ i Newtons 2. lov og tror at F betyr bare én kraft, mens den i mange situasjoner kan stå for en kraftsum.

Når det gjelder kvantemekanikk og partikkelfysikk i pensumet i den videregående skolen, så tror jeg at det som er med i dagens gjeldende fagplaner bør være fagstoff som elevene skal bli orientert om. Etter min mening er det viktig at elevene får vite litt om moderne fysikk og den forskningen som pågår, spesielt i CERN. Men den moderne fysikk burde aldri få så stor plass at den ville skyve bort viktige deler av den klassiske fysikk som fortsatt bør være sterkt vektlagt.

Per Christian Michelsen

∞

Trimoppgave 3/89 – Fram eller tilbake?

Problemet er hvilken vei en evakuert tank beveger seg når luft strømmer inn gjennom et hull bak. Jeg ble litt forbauset da jeg leste Jan Finjords (F's) kommentar i FFV 4/94, og så at også hans beregninger gav motsatt resultat av mine egne (FFV 1/90). Jeg advarte første gang jeg skrev om den evakuerte jernbanevognen, mot enkle elegante løsninger bygget på velkjente prinsipper. Nå vil jeg advare mot kompliserte løsninger bygget på avanserte teorier! For jeg mener å kunne vise at noe må være feil ved F's beregninger eller utgangspunkt. Jeg vil se på tanken i to situasjoner som begge fører til samme kvalitative resultat: *Tanken suges bakover.*

Situasjon 1: Når hullarealet S er svært lite, kan det regnes med uniformt trykk P_0 på utsiden av tanken og P_1 inne i tanken. P_1 øker langsomt med tiden inntil trykklikevekt. Det er lett å vise at i hvert øyeblikk er kraften på tanken lik differansen $F = (P_0 - P_1)S$, rettet ut av hullet, dvs. bakover. Siden det aldri er noen kraftresultant motsatt vei, vil slutthastigheten måtte være bakoverrettet.

Situasjon 2: La oss nå se på innstrømningen i en evakuert tank ut fra kinetisk gassteori. Siden vi bare ønsker svar på spørsmålet om forover eller bakover, er det nok å se på to molekyler med like og motsatt rettede driv $p = mv$, ett som treffer tanken rett foran (driv p) og ett som farer inn i tanken gjennom hullet bak (driv $-p$). Molekylet som treffer foran, skvetter tilbake etter et elastisk støt, og tanken får dermed en impuls $2p$. Molekylet som går inn gjennom hullet, vil

"absorberes" i tanken. Det vil, når det er kommet i likevekt med omgivelsene, ha overført en impuls $-p$ til tanken. Nettoresultatet er en impuls $-p$ til tanken *i bakoverretningen*. Midlinger over hastigheter og retninger for alle molekyler som går inn gjennom hullet, og for dem som treffer et tilsvarende areal S foran, gir en kraft P_0S rettet bakover. Når trykket i tanken er blitt større enn null, må vi også ta hensyn til molekylene som går *ut* av hullet. Resultatet forandres, men så lenge det er en nettostrøm av luft inn, vil det være en akselererende kraft i motsatt retning.

Begge betraktningsmåter viser at tanken suges bakover. Jeg er tilbøyelig til å tro at en riktig gjennomført gassdynamisk beregning må gi samme resultat.

Trygve Holtebekk

∞

Trim i FFV

FFVT 2/95

Et meget lite, men målbevisst insekt kryper på en uhyre elastisk strikk. Det starter fra strikkens ene ende med kurs mot den andre, opprinnelig en meter borte. Men turen blir gjort vanskelig ved at for hver centimeter insektet har krøpet, strekkes strikken slik at den blir en meter lengre. Vil insektet nå fram til enden av strikken?

Løsning FFVT 1/95

I oppgaven ble professor Funderi spurt av to kolleger, S og P, om han veiledet mange studenter. Han sa at han veiledet både hovedfagstudenter og doktorstudenter, og utfordret kollegene til å angi de to antallene. S fikk bare oppgitt summen av de to antallene på en papirlapp, mens P fikk oppgitt produktet av dem. P sa straks: "Nei, dette kan jeg ikke løse." "At du sier det, hjelper ikke meg," utbrøt S. "Ja, men da vet jeg hva de to tallene er!" sa P ettertenksomt. Og etter dette var også S i stand til å finne tallene. Leserens oppgave var å bestemme hvor mange personer Funderi veiledet.

Vanligvis veileder en professor et relativt lite antall personer, så vi starter med å undersøke små tall. Siden Funderi sier studenter i flertall for begge kategorier, må naturligvis hvert av tallene være minst 2.

Det er trivielt at antall veiledede personer er minst 7, fordi med $2+2$, $2+3$, $3+3$ eller $2+4$ studenter ville P øyeblikkelig vite svaret idet de tilsvarende produktene 4, 6, 9 og 8 alle kan skrives som et produkt av to faktorer på en entydig måte. For 7 studenter er det samme situasjon med $2+5$, men $3+4$ er litt mindre triviell. Riktignok kan ikke P ut fra produktet 12 skjelne mellom mulighetene $3\cdot 4$ og $2\cdot 6$, men S som vet summen 7, skjønner at dette ikke kan være $2+5$ (for da ville P straks visst svaret), men $3+4$. Siden den intelligente S *ikke* rakte handa i været, kan denne 7-student-situasjonen heller ikke forklare hendelsesforløpet.

Med 8 studenter er det tre situasjoner, $2+6$, $3+5$ og $4+4$, der $3+5$ muligheten igjen er utelukket. La oss se hvorledes de to aktørene ville tenke i det første tilfellet, altså med $2+6$ studenter.

At P straks sier at han ikke kan løse problemet, er naturlig, for med det oppgitte produktet 12 kan han ikke avgjøre hvilken av de to mulighetene $3\cdot 4$ eller $2\cdot 6$ som er korrekt. S som sitter med summen 8, har tre muligheter: $2+6$, $3+5$ eller $4+4$, svarende til produktene 12, 15, 16. S kan straks se bort fra $3+5$ (fordi med oppgitt produkt 15 ville P straks visst faktorene 3 og 5), men da de to andre alternativene ikke ville gitt P en entydig løsning, er det rimelig at han sier seg være lite hjulpet av P's spontane uttalelse.

Ettertanken setter nå inn hos P. Er hans mulighet $3\cdot 4$ sannheten, vil S sitte med summen 7, og – som forklart ovenfor – kunne annonsere tallene 3 og 4. Når S ikke gjør det, tenker P videre, må S altså ha fått alternativet, summen 8 (som tilsvarer tallene 2 og 6). P kan derfor nå si fra at han kjenner svaret.

Denne utviklingen hjelper S, som har valget mellom $2+6$ og $4+4$. S kan resonnere slik: "Med $4+4$ muligheten vil P sitte med produktet 16 og valget mellom to tilfeller, $2\cdot 8$ eller $4\cdot 4$. I det *første* tilfellet, der summen er 10, vil P innse at S har de to reelle mulighetene $2+8$ og $4+6$ (de andre tallparene, $3+7$ og $5+5$, ville straks gitt P løsningen), og at S har ingen mulighet til å velge mellom disse. I det *andre* tilfellet, der summen er 8, vil P innse at S har to reelle muligheter: $2+6$ eller $4+4$, men igjen være ute av stand til å velge mellom dem." Etter slik å ha funnet at $4+4$ muligheten *ikke* gir P grunnlag for å finne svaret, kan S resonnere seg til at $2+6$ muligheten derimot gjør det, som forklart ovenfor. Altså kan også S annonsere at han kjenner svaret: tallene 2 og 6.

Alt er altså forenelig med det oppgitte hendelsesforløpet, så dette er løsningen: *Funderi veiledet 8 personer, og tallene er 2 og 6.*

Det går fram av løsningen at de andre 8-studentsituasjonene, $3+5$ og $4+4$, ikke passer. Og at det ikke er løsninger med større tall, må en overbevise seg om ved å forsøke seg fram. Grovt sett er grunnen at med

store tall får S for mange muligheter til at kollegene kan gjennomføre tilsvarende argumentasjon.

Er det ikke utrolig å kunne trekke denne kvantitative informasjonen ut av en helt kvalitativ oppgavetekst?

∞

Nye Doktorer

Cecilia Marie Futsæther

Cand.scient. Cecilia Marie Futsæther forsvarte den 23. juni 1994, avhandlingen *Intracellular pH and Calcium Changes induced in Propionibacterium acnes by Non-ionizing Radiation and Low Frequency Electromagnetic Fields*, for dr.scient.- graden ved Universitetet i Trondheim. Oppgaven er utført ved Fysisk institutt, AVH, med professor Anders Johnsson som faglig veileder.

I løpet av de siste tiår har folks solingsvaner forandret seg betraktelig. Sydenturer og bruk av solarium har økt. Dette har ført til eksponering for ultrafiolett stråling, noe som igjen har gitt en økning i antall hudkrefttilfeller pr. år. I det siste er det blitt utviklet en metode for behandling av hudkreft som virker lovende. Et stoff - ALA - som omdannes til lysabsorberende porfyriner i celler, blir smurt på svulsten. Svulsten blir så bestrålt med rødt lys som absorberes av porfyrinene. Dette fører til reaksjoner som gjør at kreftcellene dør.

Futsæther har i sin oppgave studert cellulære reaksjoner på lys for en hudbakterie. Denne hudbakterien er involvert i hudsykdommen *acne vulgaris* (kviser). Flere typer forsøk er blitt gjort med disse bakteriene for å få en bedre forståelse av hva slags celleskader de blir påført av ultrafiolett stråling og ALA-lysbehandling.

Oppgaven omfattet også et studium av virkningen av lavfrekvente elektromagnetiske felt på hudbakterien. En del epidemiologiske undersøkelser har funnet en sammenheng mellom eksponering for elektromagnetiske felt og enkelte former for kreft, men denne sammenhengen er ennå uklar. Futsæther fant liten effekt av lavfrekvente elektromagnetiske felt på bakteriene.

Cecilia Futsæther ble utdannet cand.scient. ved Matematisk institutt, Avdeling for mekanikk, Universitetet i Oslo i 1989. Hun er nå ansatt som førsteamanuensis i miljøfysikk ved Institutt for tekniske fag, Norges landbrukshøgskole, Ås.

∞

Jorunn Skofteland Gislefoss

Sivilingeniør Jorunn Skofteland Gislefoss forsvarte den 2. desember 1994 avhandlingen *Carbon profiles in the Nordic Seas* for dr.ing.-graden ved NTH.

Avhandlingen omfatter et klimarettet studium av karbonopptaket i havet hvor de nordlige områdene er av spesiell betydning. Her blir et stort overskudd av CO_2 fra forbrenning av kull og olje tatt opp fra atmosfæren og transportert til bunnvannet i Atlanterhavet.

Doktorarbeidet gir et betydelig bidrag til utvikling av en metode for å måle mengden av CO_2 i sjøvann. Metoden består av en prosess hvor CO_2 blir 'ristet' ut av vannet med nitrogen som bæregass slik at ^{14}C, ^{13}C og oppløst uorganisk karbon (DIC) kan måles.

Doktoranden har utført karbonmålinger på sentrale dybdeprofiler på sommertokt med norske forskningsfartøyer, og har med månedlige prøver de siste 4 år utført tidsstudier av ^{13}C, DIC og CO_2-trykket i Norskehavet med værskipet Polarfront. Slike tidsserier er vesentlige for å studere CO_2-opptaket.

Den radioaktive isotopen ^{14}C har vært sporstoff for å studere nedsynkningen av karbon i Grønlandshavet og den videre transport til dypet av Atlanterhavet. ^{14}C kommer her fra de kjernefysiske prøvene i 1950- og 1960-årene. Senere har mye av dette overskuddet vært

i ferd med å fordele seg til vegetasjonen på landjorda og i havet, og har dermed gitt mulighet til å studere transporten av CO_2 fra atmosfæren til havet. For beregning av transporten og alderen av bunnvannet i Grønlandshavet og Norskehavet, har det hatt stor betydning å kunne sammenlikne karbonprofilene med målinger som ble utført for 10–20 år siden.

Måling av karbonprofilene i disse havområdene er en vesentlig videreføring av Radiologisk Daterings mangeårige engasjement vedrørende karbonkretsløpet i naturen. Med den rolle havet ser ut til å spille for klimaet, vil karbonprofiler, og spesielt tidsserier, være viktige elementer i framtidige klimamodeller.

Jorunn Gislefoss ble utdannet ved Fakultet for fysikk og matematikk i 1990. Hun fikk deretter dr.grads-stipend fra Norges forskningsråd fram til høsten 1994. Nå er hun ansatt som avd.ing. ved Nycomed Imaging AS, Lindesnes fabrikker.

∝

Randi Holmestad

Sivilingeniør Randi Holmestad forsvarte 5. desember 1994 avhandlinga *Quantitative Electron Diffraction. Energy Filtering and Studies of Bonding Effects in TiAl*, for dr.ing.-graden ved NTH.

Bakgrunnen for prosjektet har vært å undersøke muligheten for bestemmelse av bindinger i krystallinske materialer ved hjelp av en metode basert på spredning av elektroner. Eksperimentelle diffraksjonsbilder blir her sammenliknet med simulerte bilder pixel for pixel for å bestemme strukturparametre. Fra disse finner en ladningsfordelingen, som gir et bilde av bindingene i krystallen. Et svært interessant materiale – den intermetalliske forbindelsen $TiAl$ – er blitt studert med og uten en liten tilsats av mangan. For første gang er bindingsendringer på grunn av doping blitt dokumentert ved ladningsfordelingskart basert på eksperimentelle, energifiltrerte elektrondiffraksjonsbilder. For å nå den høye nøyaktigheten som er nødvendig i bindingsbestemmelse, er flere avanserte elektrondiffraksjonsmetoder benyttet og analysert. Et halvt års forskeropphold ved Arizona State University gjorde det mulig å bruke det aller siste i utstyr innen energifiltrering av elektrondiffraksjonsbilder.

Målet er å forstå sammenhenger mellom elektronisk struktur og makroskopiske egenskaper. I eksempelet med $TiAl$ er mangel på formbarhet ved lave temperaturer et stort problem. Dette kan delvis rettes opp ved en liten tilsats av mangan.

Hvis vi kan finne og forstå sammenhengen mellom elektronisk struktur og mekaniske egenskaper (f.eks. styrke og formbarhet) til materialer, vil dette kunne skape et helt nytt potensial for utvikling av nye materialer "skreddersydde" til bestemte formål.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk med professor Ragnvald Høier som hovedfaglærer. Randi Holmestad ble utdannet siv.ing. fra Fakultet for fysikk og matematikk ved NTH, i 1991.

∝

Øyvind Isaksen

Cand.scient. Øyvind Isaksen disputerte 25. november 1994 for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlingen *A Novel Approach to Reconstruction of Process Tomography Data*. Doktorarbeidet er utført ved Seksjon for anvendt fysikk og teknologi, Fysisk institutt, UiB.

En prosesstomograf avbilder prosessparametre i tid og rom, f.eks. olje/vann/gass-fordelingen i et produksjonsrør. Den må monteres *omkring* den prosessen som skal avbildes til forskjell fra en medisinsk tomograf hvor pasienten ofte kan plasseres *inne i* selve tomo-

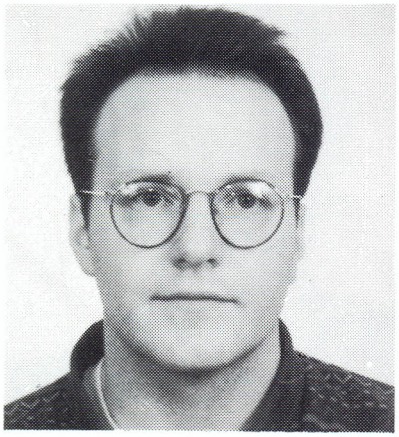
grafen lenge nok til at det kan genereres et stort antall målinger. Dette betyr at antall målinger som danner grunnlaget for å generere et bilde av objektet ofte blir mye mindre ved prosesstomografi enn i medisinsk tomografi. Derfor kan de algoritmene som konverterer målingene til bilder innen medisinsk tomografi ikke benyttes i prosesstomografi.

Isaksens doktorarbeid har vært konsentrert om å utvikle nøyaktige algoritmer som konverterer rådata til et bilde av olje/vann/gass-fordelingen. Den metoden han har utviklet, MOdell-basert Rekonstruksjon (MOR), medfører at nøyaktigheten i avbildningen blir vesentlig forbedret uten at antall målinger må økes. Metoden er blitt testet for rørstrømavbildning og for olje/vann/gass-separatoravbildning. Isaksens algoritmer vil ha anvendelser innen prosesstomografi generelt, da metoden tillater at selv et lite antall målinger kan transformeres til et nøyaktig bilde av prosessen.

Øyvind Isaksen ble utdannet cand.scient. ved Fysisk institutt, UiB, i 1989. Han har vært ansatt som høgskolelektor ved Statens sikkerhetshøgskole i Haugesund, og er nå assisterende avdelingsleder for Industriell instrumentering ved Christian Michelsen Research AS.

∞

Jan Langhammer



Sivilingeniør Jan Langhammer forsvarte 26. januar 1995 avhandlingen *Experimental studies of energy loss mechanisms in airgun bubble dynamics*, for dr.ing.-graden ved NTH.

Luftkanon er den mest brukte akustiske kilde i marin seismikk for leting etter olje og gass. Når den avfyres dannes en oscillerende luftboble i vannet som genererer den akustiske trykkpuls. Modellerte trykksignaturer har mindre energitap enn målte. Hensikten med doktorgradsarbeidet har vært å forstå de energitapsmekanismer som påvirker formen på trykkpulsen fra en luftkanon.

Avhandlingen har bestått i å måle trykkpulsen fra en liten luftkanon i en vanntank, mens temperaturen og viskositeten ble variert. Det ble funnet at temperaturen har innvirkning på viktige trykksignaturstørrelser, og energitapet økt med økende temperatur. Dette kan forklares med masseoverføringsmekanismer som kondensasjons- og fordampningsprosesser mellom luftboblen og vannet. Væskeviskositeten hadde bare små innvirkninger på trykkpulsen; dvs. at viskøse ledd i likningene som beskriver bobledynamikken har en neglisjerbar effekt på energidissiperingsmekanismene. Høyhastighetsfotografering ble brukt for å studere boblens overflate, form og turbulens i vannet nær bobleveggen. Holografi har vært benyttet for å studere overflaten av boblen og den genererte trykkpulsen. Det ble funnet at en av hovedgrunnene til at modellerte trykkpulser har mindre demping enn målte, er at luftboblen er en blanding av luft, vanndamp og muligens også små kondenserte vannpartikler.

Informasjonen som har vært oppnådd bidrar til en mer korrekt beskrivelse av fysikken i seismisk kildemodellering. Dette kan også bidra til konstruksjon av bedre og mer effektive marine seismiske kilder.

Doktorgradsarbeidet er utført ved IKU Petroleumsforskning AS i Trondheim, med professor Ole J. Løkberg, Institutt for fysikk, NTH, som hovedfaglærer og forsker Martin Landrø, IKU Petroleumsforskning, som faglig veileder. Jan Langhammer ble utdannet siv.ing. ved Fakultet for fysikk og matematikk, NTH, i 1991. Han er nå ansatt i PGS Exploration.

∞

Martin Lefstad

Cand.real. Martin Lefstad har forsvart dr.scient.-avhandlingen *Metallurgical speed limitations during*

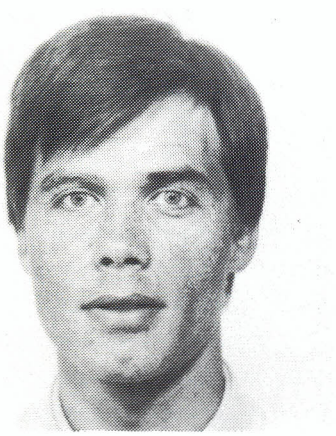
the extrusion of AlMgSi-alloys. Arbeidet er utført ved Fysisk institutt ved AVH i samarbeid med Institutt for maskinkonstruksjon og materialteknikk ved NTH.

Lefstad har i dette arbeidet studert hvordan metallurgiske reaksjoner i materialet påvirker overflatekvaliteten ved ekstrudering av aluminium (pressing av aluminiumsprofiler). Gjennom eksperimenter i en laboratoriepresse ved NTH/SINTEF er det påvist at oppsprekking/riving i profiloverflata under ekstrudering opptrer når temperaturen i materialet overstiger visse kritiske verdier. Disse kritiske temperaturene endres ved forskjellige mikrostrukturer i materialet før ekstrudering og de er knyttet til metallurgiske reaksjoner som svekker styrken i materialet. Arbeidet har også omfattet utvikling av teknikker for registrering av temperaturer inne i ekstruderingsverktøyet der temperaturendringene kan være store, det kreves derved god nøyaktighet ved posisjonering av temperatursensorene.

Martin Lefstad er utdannet ved Fysisk institutt, AVH, og er nå ansatt ved SINTEF, Avdeling for materialteknologi.

∞

Ivar Linnerud



Sivilingeniør Ivar Linnerud forsvarte 9. september 1994 avhandlingen *Many-body effects and optical properties of quantum wells* for dr.ing.-graden ved NTH.

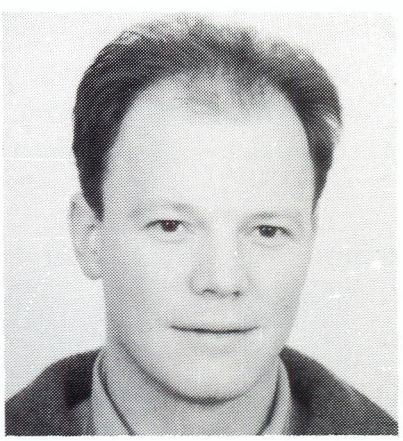
Hoveddelen av halvleder-elektronikken er i dag basert på silisium, men det finnes en rekke nisjer hvor silisium ikke kan gjøre nytten. Dette gjelder bl.a. for en del sensorer og optiske komponenter. Det har i en del år vært forsket på $Al_xGa_{1-x}As$ og andre sammensatte halvledere. x representerer her brøkdelen av Al som erstatter Ga i halvlederen. Denne halvlederen er svært gunstig for optiske komponenter bl.a. på grunn av at båndgapet, dvs. energigapet mellom valensbånd og ledningsbånd, tilsvarer foton-energien i synlig lys og det nær-infrarøde. Båndgapet kan varieres ved å variere x. Dette åpner muligheten for å lage halvledere med tynne sjikt der båndgapet avviker fra det omkringliggende. Disse sjiktene kan lages med tykkelser helt ned til noen få atomlag, og kvante-effekter trer da tydelig fram.

Blant fenomenene som er studert i avhandlingen er absorpsjon av elektroner som eksiteres over båndgapet. Hvis elektron/hull-konsentrasjonene er lave, dannes det *eksitoner* som er kvasi-partikler som skyldes Coulomb-vekselvirkningen mellom elektroner og hull. Eksitonene gir karakteristiske linjer i absorpsjonspekteret. Ved høyere elektron/hull-konsentrasjoner får vi i stedet en båndgapsreduksjon. Videre vil dielektrisitetsfunksjonen avhenge av ladningskonsentrasjonen. Disse effektene utnyttes blant annet til å lage halvleder-lasere der frekvensen kan moduleres. Elektroniske overganger mellom energinivåer i ledningsbåndet er også blitt studert. Denne effekten kan gi grunnlaget for infrarøde detektorer.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk med professor Koung-An Chao som hovedfaglærer og faglig ansvarlig. Linnerud ble utdannet sivilingeniør ved Institutt for fysikk, NTH, i 1984. Han er nå ansatt ved Norsk Elektro Optikk.

∞

Pål Tuset



Sivilingeniør Pål Tuset forsvarte 16. desember 1994 avhandlingen *Magnetoresistance in superconductors: Anisotropic* $Y_{1-X}Pr_xBa_2Cu_3O_7$ *thin films and mesoscopic aluminium structures,* for dr.ing.-graden ved Norges tekniske høgskole.

Energitap opptrer i superledere når magnetfeltlinjer beveges, f.eks. under påvirkning av transportstrømmer. Kartlegging av superledernes oppførsel i magnetfelt

er derfor viktig for å forbedre de superledende egenskapene med tanke på anvendelser.

I doktorarbeidet har Tuset studert muligheten for tapsfri strømtransport i høytemperatur superledere i sterke magnetfelt ved ulike temperaturer. I arbeidet er energitapet funnet å avhenge sterkere av superlederens orientering i forhold til magnetfeltet enn av vinkelen mellom strømmens retning og magnetfeltet (Lorentz kraft). Hvis magnetfeltet legges parallelt med gunstige materialretninger, vil magnetfeltet "låses" fast i prøven, og energitapet reduseres.

Arbeidet omfatter også observasjoner av kvanteeffekter ved svært lave temperaturer i superledende aluminiumsstrukturer der prøvens dimensjon er mindre enn karakteristiske bevegelseslengder for ladningsbærerne.

Prosjektet er utført ved Institutt for fysikk, med professor Kristian Fossheim som hovedfaglærer og forsker Michael G. Karkut som medveileder.

Pål Tuset ble utdannet ved Fakultet for fysikk og matematikk, NTH, i 1989. Han er nå post doc. ved fakultetets gruppe for superlederfysikk og er for tiden på gjesteopphold ved National High Magnetic Field Laboratory i Tallahassee, Florida.

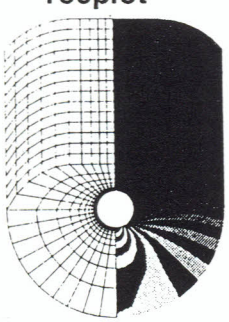
∞

Tecplot

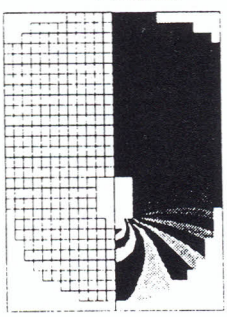
Visualisering/plotting for UNIX/DOS

Plotting med ikke-rektangulær grid
Multisone 3D visualisering
Kombinert shading/konturfyll
ASCII datafiler leses av Tecplot
Multi-vindu plott

Tecplot

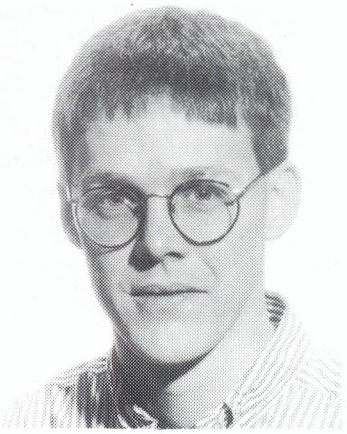


Andre



Arena Data AS
Blakstadmarka 26, 1370 Asker
Tlf: 66 90 29 00 Fax: 66 90 28 44
Email: info@arena.no

Kjetil Ullaland



Sivilingeniør Kjetil Ullaland disputerte 9. desember 1994 for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlingen *The design of a VLSI mixed analogue and digital modular ASIC processor for capacitance tomography.*

Moderne måleinstrumenter for forskning og industri består av en kombinasjon av sensorteknologi, mikroelektronikk og signalbehandling. Kontroll og styring av sensorer foregår gjerne i nær tilknytning til regneelementer som foretar matematiske operasjoner og digital signalbehandling av informasjonen før en bestemt kontrolloperasjon blir utført. Måleelektronikk og kontrollelektronikk kan med fordel integreres i en VLSI-krets (storskala-integrert-krets) ved å bruke en integrasjonsteknologi som tillater blanding av analoge og digitale kretsløsninger.

Ullalands avhandling beskriver et slikt måleinstrument beregnet for tomografisk måling av en rørstrøm med en olje/gass/vann-blanding. Målingen foretas ved hjelp av en kapasitiv metode med flere elektroder fordelt rundt røret. Den analoge elektronikken som er konstruert tillater simultan måling av 11 kapasitanspar slik at måletiden minimaliseres. Integrasjon av analog og digital elektronikk på samme brikke stiller store krav til den analoge elektronikkens støyimmunitet. Dette har Ullaland løst ved å bruke "Delta-Sigma modulatorer".

Ullaland har konstruert den digitale kontrollenheten som en fullverdig mikroprosessor (RISC). Den er beskrevet ved hjelp av et høynivåspråk (VHDL) som forenkler tilpasning til andre sensorsystemer eller kretsteknologier.

Kjetil Ullaland ble utdannet som siv.ing. ved NTH i 1989. Han påbegynte sitt dr.scient.-studium ved Fysisk institutt, UiB, i 1990.

∞

Nytt fra NFS

LOGO for Fysikkolympiaden i Oslo 1996

OSLO 1996
FYSIKK OLYMPIADE

I forrige nummer av FFV ble det lyst ut en idékonkurranse om logo for den 27. internasjonale fysikkolympiaden som arrangeres i Norge neste år. Det kom inn 49 forslag. Mange var inspirert av nordlysforskning og Birkelands og Störmers arbeider. Andre var inspirert av mer klassisk skolefysikk.

Forslagsstillerne var gjerne studenter og ansatte knyttet til fysikkmiljøer, men 23 forslag fikk vi fra en klasse i grafisk formgiving ved Oppegård videregående skole i Akershus. Klassen hadde brukt logokonkurransen som utgangspunkt for en skoleoppgave, og mange av elevene leverte nydelige mapper som viste hvordan de hadde arbeidet seg fra en idé til en endelig utformet logo. Det ble også vist hvordan logoen kunne brukes på brevark, konvolutter og på T-skjorter. Inspirerende kreativitet!

Siden vi bare ba om ideer i konkurransen, ble det bestemt at vi ikke skulle legge vekt på *gjennomføringen* ved bedømmingen. Høyt opp kom to forslag basert på nordlysfenomener (fra UiB og fra Sveits), enda høyere kom et forslag med et vikingskip som flyter på lysbølger (fra NTH) og øverst lå to forslag basert på lysbrytning gjennom prisme, hvorav ett var fra UiO. Det andre av disse prismeforslagene gikk helt til topps pga. sin enkelhet. Dette forslaget var utformet i skoleklassen fra Oppegård!

Vi har derfor en vinner av konkurransen, nemlig Anita Skogheim fra Strømmen i Akershus. Hennes forslag (som må justeres litt i teksten) er vist ovenfor. Premien er 1000 kr. Vi gratulerer!

∞

Nye medlemmer tatt opp 8. mai 1995:

Knut Stamnes
Geophysical Inst., University of Alaska
Fairbanks AK 99775-0800, USA

Harald Hovland
FFI / E, Boks 25, 2007 Kjeller

Harald Totland
Fysisk inst., UiO, Boks 1048 Blindern, 3016 Oslo

Arild Skedsmo
Schultzgt 7, 0365 Oslo

Frode Strisland
Herman Krags Vei 27–41, 7035 Trondheim

Kim Johannessen
Moholt Allé 5 - 02, 7035 Trondheim

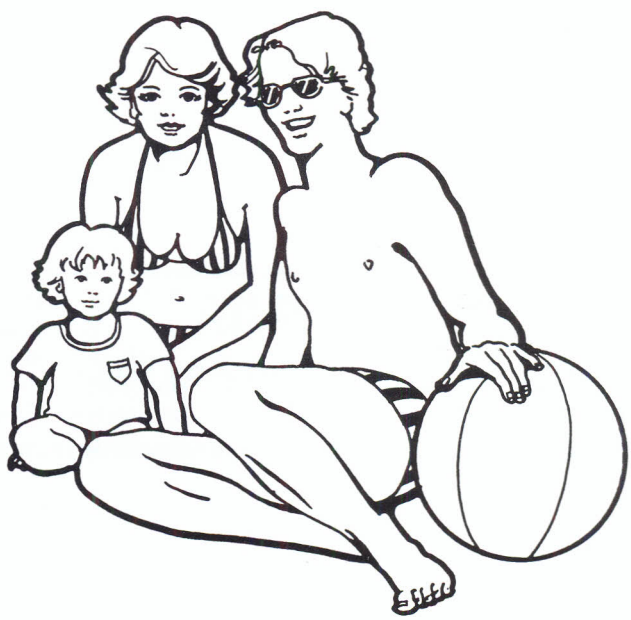
Ellen Karoline Henriksen
Fysisk inst., UiO, Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

Øystein Dugstad
Hundrebakke 13A, 6800 Førde

Inge Bjart Torkildsen
Olsviksåsen 148, 5079 Olsvik

Rolf Skatteboe
Norsk Romsenter, Boks 85 Smestad, 0309 Oslo

∞



GOD SOMMER!

KUNDEBLAD

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

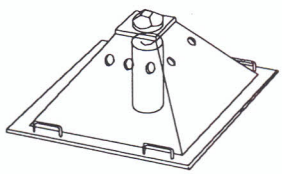
Doppler Current Meter DCM 12

Vi benytter ultralyd for måling av en rekke miljøparametre. I denne bunnmonterte enheten blir "back-scattered" ultralyd brukt for å måle strømmen i flere nivåer.

Enheten måler:

- Strømstyrke og -retning i 6 nivåer
- Vannstand
- Signifikant bølgehøyde

Enheten er egnet for å overvåke strømforholdene i havner og i trange seilingsleder.



Et produkt fra:

AANDERAA INSTRUMENTS

DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

Fanaveien 13B
5050 Nesttun-Bergen
Norge
Tlf. + 47 55 13 25 00
Fax + 47 55 13 79 50

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Visepresident:
Professor Egil Leer,
Inst. f. teor. astrofys., Univ. Oslo.

Styremedlemmer:
Stipendiat Leni Grant,
Nordlysobs., Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Professor Erlend Østgaard,
Fysisk inst., AVH, Univ. Trondheim.

Selskapets sekretær:
Gerd Jarrett,
Fysikkavd., IFE,
Boks 40, 2007 Kjeller.
Tlf.: 63 80 60 75 Fax.: 63 81 09 20
E-mail: gerd@ife.no
Postgiro: 5 88 38 89
Bankgiro: 5102.42.00012

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., NTH, Univ. 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-mail:
oivin.holter@fys.uio.no
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no

Postgiro: 0807 5 10 47 24
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement kr. 100. (Studenter kr. 50.)
Løssalg kr. 30 pr. nummer.