Fra Fysikkens Verden

Nr. 1 – 1995
57. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Henning Knutsen:
Derfor er det mørkt om natta 3

Tormod Riste:
Første atomreaktoren på Kjeller . 12

Fra Redaktørene 2
FFV Gratulerer 2
Indeks 1994 15
Bokkronikk 22
Bokomtale 24
Nye Doktorer 26
Dr.ing. Lise Trondsen Sagdahl
Trim i FFV 26
Konferanser 27
Hva skjer 28
Nytt fra NFS 28
Fysikermøtet 1995
Årsmøtet 1995
Konkurranse om logo
Nye medlemmer
Program for Fysikermøtet

FRA FYSIKKOLYMPIADEN 1994
Fra v.: Guiden Yao Xin, Tore Skaug, Håvard Pettersen, Halvor Møll Nilsen, Peter Krane Ysteng og Trond Lieng
(Foto: Ingerid Hiis Helstrup)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

I begynnelsen av 70-årene, da debatten om kjernekraft var på sitt hetestete, ble det i USA gjort en undersøkelse om hva som ble oppfattet som de viktigste dødsårsaker. Og resultatet: For de fleste var kjernekraft og tilliggende elendighet en av de viktigste. Vi har registrert resultatene fra en lignende undersøkelse i Norge, utført av Oslo Helseråd ca. ti år senere. Da var det AIDS som fikk æren av å være dødsårsak nr. 1. I begge tilfeller var folks tro noe fjernt fra de faktiske forhold, for å si det forsiktig. Nå inrømmer vi med en gang at vi ikke har "forsket på dette", som det heter i visse miljøer, men en skal være nokså troskyldig og naiv dersom en ikke ser en viss korrelasjon med de store avis-, radio- og TV-oppslag på den tid de to undersøkelsene ble foretatt. Det gir oss en ubehagelig følelse av at massemedia ikke bare forteller oss hva vi skal tro, men at det også er det vi faktisk ender opp med å tro. Dette er i seg selv et skremmende fenomen, og som vi langt fra er de første til å påpeke, men det er ikke vårt poeng her og nå. (Ozon er kanskje det aller beste eksemplet. For ti år siden visste kun noen få eksperter hva ozon var, noe som for så vidt er tilfellet også i dag; men nå lærer til og med barna i barnehagen om hullet i ozonlaget.)

I dag er det den radioaktive forurensning på Kolahalvøya, i nordlige havområder og andre steder i Russland, som framstilles som den største miljøtrussel mot Norge. Kostbare ekspedisjoner sendes av gårde på dramatisk jakt etter spormengder av forurensninger som aldri vil kunne nærme seg det naturlige nivået for radioaktivitet i havvann. Vi har lest om skremte finnmarkinger som har gardert seg med fluktsteder sør i landet, og om advarsler om katastrofal mangel på "atom"-beredskap nordpå. Og som tidligere aner vi en lang kø av frivillige som gjerne vil være med å nøre opp under ilden; også forvaltningen ser ut til å ha sikret seg "kølapp". I sin tid ble denne spesielle form for "massevirkningslov" utforsket av H.C. Andersen i hans fundamentale "paper": "Eventyret om fjæra som ble til fem høns," med utvilsom gyldighet også for dens (media)moderniserte versjon. Vi anbefaler dette "paper" som obligatorisk lesning, ikke bare i barnehavene. Men vi tror ikke at det vil ha noen virkning, dertil er nok for manges arbeidsplass avhengig av regelmessige miljø-"katastrofer".

∞

FFV Gratulerer

St. Olavs Orden til Tor Brustad

Tor Brustad er utnevnt til Ridder av 1. klasse av St. Olavs Orden for sin store innsats i biofysikk og medisinsk fysikk gjennom mer enn 40 år ved Radiumhospitalet.

Tor Brustad er hovedfagsfysiker fra Blindern (1953) med hovedoppgave i kjernefysikk, men det ble biofysikk og medisinsk fysikk han viet sin forskertid til. Det var ikke noe biofysikkmiljø i Norge for 40 år siden, og Brustad spilte en betydelig rolle i oppbyggingen av dette miljøet. Han fikk en del av sin grunnutdannelse ved University of California i Berkeley. Han brukte tunge ioner i molekylær og cellulær strålebiologi, og tok doktorgraden på dette ved Universitetet i Oslo i 1962. Brustad ble sjef for Avdeling for biofysikk ved Radiumhospitalet og senere sjef også for hospitalets Avdeling for medisinsk fysikk og teknikk. Brustad ble også knyttet til NTH som professor II og har i 25 år undervist i strålingsbiofysikk.

Brustads forskning har beveget seg fra kjernefysikk, via basal strålingsfysikk og hypertermi, og langt over mot grunnleggende studier av biologiske prosesser. Han har utviklet en vitalmikroskopi-teknikk som gjør det mulig å studere bevegelse av celler i levende vev.

Brustad er en miljøskaper og en glimrende foreleser, og hans avdeling ved Radiumhospitalet har vokst seg stor og betydningsfull. Vi gratulerer!

∞

Derfor er det mørkt om natta

Henning Knutsen *

Inne i en stor skog møter blikket trestammer i alle retninger. Når vi ser ut i det store universet, burde vel da himmelkula være helt dekket med stjerner. Men da ville jo hele himmelkula skinne like sterkt som sola. Men det er jo mørkt om natta! Hvorfor er altså stjernelyset så mye svakere enn sollyset? Filosofer, fysikere og astronomer har fundert på denne gåten. Moderne kosmologi mener at vi endelig har svaret.

Forskning er ingen disiplin der en uten videre kan dele på arbeidsoppgavene. Mennesker uten kreative evner får neppe fruktbare idéer om de arbeider på lag. Derfor er det særdeles viktig for et samfunn å ta vare på sitt talent og sin skaperkraft. Det som særmerker en god forsker, er ikke bare arbeidsevne og intelligens. Disse egenskapene er betydningsfulle, men langt fra tilstrekkelige. En god forsker har beholdt evnen til å *undre* seg. Det er ordet *hvorfor* som har brakt verden framover. En skikkelig vitenskapsmann/kvinne kan se det viktige og merkelige der de fleste kun ser det kjente og enkle.

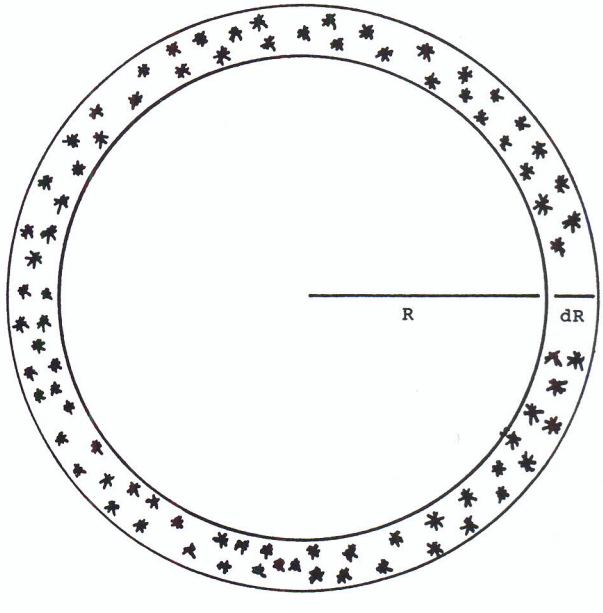
Svart som natta

All religion og mytologi viser at menneskene til alle tider har fundert over tilværelsen og sin egen rolle i den. Men det kreves et geni for å fatte at nattemørket representerer en viktig kosmologisk observasjon. Når det gjengse menneske i dag blir spurt om hvorfor det er mørkt om natta, vil de fleste uten videre svare at det er fordi sola da skinner på den andre siden av jorda. Men selv om sollyset gir oss dagen, forklarer *ikke* mangel på sollys nattemørket. For om natta skinner stjernene. Det fruktbare spørsmål er hvorfor stjernelyset er så mye svakere enn sollyset. Vi kan sammenlikne med en stor skog. Vi kan ikke se ut av skogen, for i alle retninger møter blikket før eller senere en trestamme (fig. 1). I et uendelig univers skulle blikket før eller siden møte ei stjerne.

Figur 1. Vi kan ikke se ut av en stor skog, for i alle retninger treffer blikket en trestamme.

En uendelighet av lys

Vi undersøker så dette fenomenet ved et fysisk resonnement der vi tar i bruk matematikkens presise språk. Vi betrakter da et kuleskall med radius R omkring observatøren vår (fig. 2). Dette kuleskallet har tykkelse dR. Vi setter effekten til ei middels stjerne lik L. Dette



Figur 2. Et kuleskall med radius R og tykkelse dR omkring observatøren.

* Høgskolen i Stavanger, Boks 2557, Ullandhaug, 4004 Stavanger.

er altså den lysenergien stjerna sender ut for hver tidsenhet. Denne energien brer seg ut i alle retninger fra stjerna. Den lysenergien som mottas av observatøren pr. tid og flate blir da $L/4\pi R^2$. Vi setter så antall stjerner pr. volum i universet til å være N og regner med at tettheten av stjernene er den samme overalt i hele universet. Kuleskallet vårt har volum $4\pi R^2 dR$, og inneholder da $N \cdot 4\pi R^2 dR$ stjerner. Fra dette kuleskallet mottar da observatøren pr. tid og flate energien:

$$\frac{L}{4\pi R^2} \cdot N \cdot 4\pi R^2 dR = LN dR. \qquad (1)$$

Vi ser da at mottatt energi er uavhengig av avstanden til kuleskallet. Ethvert slikt kuleskall bidrar altså med samme energimengde. Når vi summerer opp energien fra alle kuleskall i det uendelige universet, blir altså den energimengden vi mottar fra hele universet *uendelig* stor. I dette universet ville vi altså blitt grillet på øyeblikket. Men det stemmer nå ikke helt overens med erfaringen.

Lys og skygge

Men i dette resonnementet gjorde vi en grov feil. Vi tok ikke hensyn til at de stjernene som er nærmest observatøren, gjerne vil skygge for noe av lyset fra de stjernene som befinner seg langt borte. Vi skal nå undersøke hva denne skygge-effekten betyr. Etter Stefan–Boltzmanns lov har vi at den energi ε som ei stjerne sender ut pr. tid og flate er gitt ved:

$$\varepsilon = \sigma T^4 \qquad (2)$$

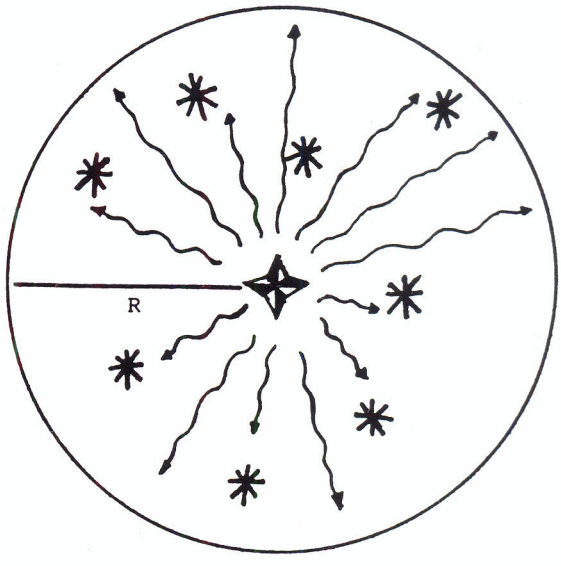
der σ er Stefan–Boltzmanns konstant og T er den absolutte temperatur. Hvis vi nå setter radius for ei stjerne til å være R_0, vil altså energien E_0 ei stjerne sender ut pr. tid, være:

$$E_0 = \varepsilon \cdot 4\pi R_0^2. \qquad (3)$$

Vi betrakter så ei kuleflate med radius R omkring den strålende stjerna vår (fig. 3). Den energien E som når fram til kuleflata er mindre enn E_0 på grunn av absorpsjon fra stjernene i kula.

Vi vil så finne ut hvor mye energi som blir absorbert og betrakter et kuleskall med absorberende stjerner omkring den strålende stjerna vår. Hver stjerne representerer da en blink med areal πR_0^2. Den absorberende flata til alle stjerner i kuleskallet blir da:

$$\pi R_0^2 \cdot N \cdot 4\pi R^2 dR = 4\pi^2 N R_0^2 R^2 \cdot dR \qquad (4)$$



Figur 3. Noen av energistrålene fra stjerna i sentrum av kuleskallet blir absorbert av andre stjerner i kula før de når fram til kuleskallet.

Forholdet mellom energien dE som blir absorbert i kuleskallet og energien som når fram til kuleskallet, blir da det samme som forholdet mellom den absorberende flata og arealet av hele kuleflata:

$$\frac{dE}{E} = -\frac{4\pi^2 N R_0^2 R^2 \cdot dR}{4\pi R^2} \qquad (5)$$

Vi integrerer denne likningen og får:

$$\int_{E_0}^{E} = -\int_0^R \pi N R_0^2 dR \qquad (6)$$

som igjen gir:

$$E = E_0 \cdot e^{-\pi N R_0^2 R} \qquad (7)$$

Vi tenker oss nå at vår egen jord ligger i avstanden R fra den strålende stjerna. Den delen E_{JORD} av energien fra stjerna som når fram til jorda, blir altså:

$$E_{JORD} = E\frac{\pi R_{JORD}^2}{4\pi R^2} \qquad (8)$$

der R_{JORD} er radius for jordkloden. Den energien $E_{MOTTATT}$ som jorda mottar fra alle stjernene i et kuleskall med radius R, blir da:

$$E_{MOTTATT} = E_{JORD} \cdot N \cdot 4\pi R^2 dR \qquad (9)$$

$$= E_0 \pi \cdot N \cdot R_{JORD}^2 e^{-\pi N R_0^2 R} dR$$

Denne energien fordeler seg over hele jordoverflata med areal $4\pi R_{JORD}^2$. Den energien vi mottar fra kuleskallet pr. tid og flate blir altså:

$$\frac{1}{4}E_0 N e^{-\pi N R_0^2 R} dR = \varepsilon \pi R_0^2 \cdot N \cdot e^{-\pi N R_0^2 R} dR \quad (10)$$

Vi regner så ut den energien Φ vi pr. tid og flate mottar fra alle kuleskall i hele universet.

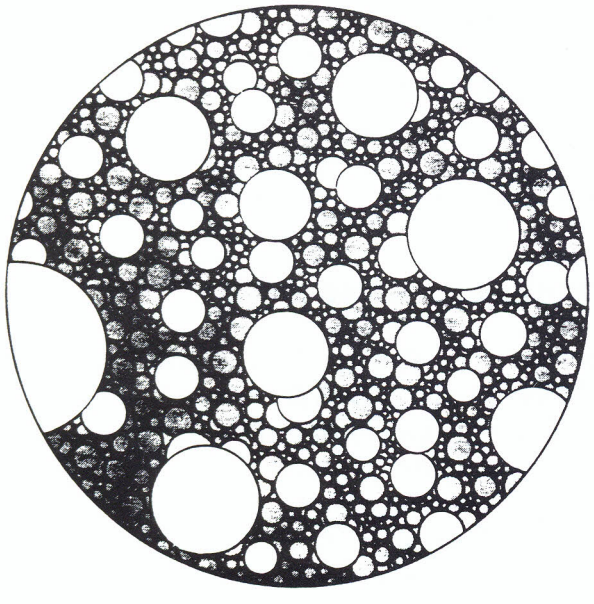
$$\Phi = \varepsilon \pi R_0^2 N \int_0^\infty e^{-\pi N R_0^2 R} dR = \varepsilon. \quad (11)$$

Vi ser da at energien som hver flate på jorda mottar, blir lik energien som stråles ut fra ei like stor flate på ei stjerne! Men sola er ei stjerne med en temperatur på snaue 7000 K. *Hele himmelkula skulle altså skinne som sola*, og vi ville bli stekt ganske ettertrykkelig til tross for skygge-effekten. Dette kvantitative resonnementet stemmer da perfekt med det intuitive bildet om at vi ikke kan se ut av en tilstrekkelig stor skog (fig. 1). Men resultatet vårt stemmer heller ikke nå med erfaringen, selv om vi tok hensyn til skygge-effekten.

Hva forsvant?

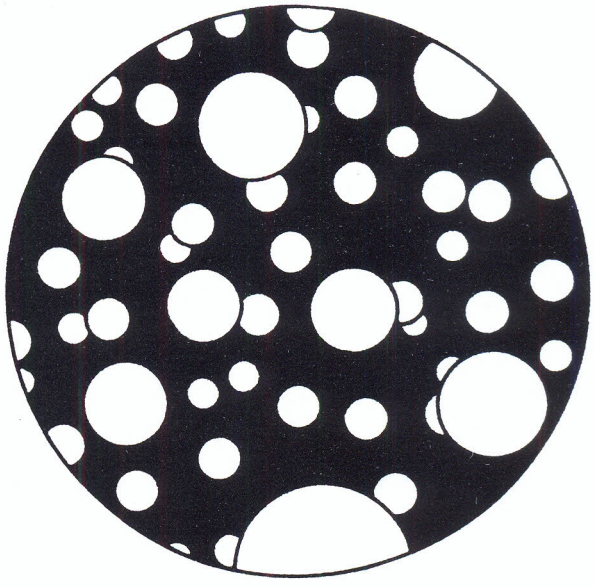
Gåten vi skal prøve å løse, er altså at til tross for at hele himmelen burde skinne som sola, så er det mørkt om natta. Dette gir to muligheter.

1) Vi tar som utgangspunkt at hele himmelkula faktisk er dekket av stjerner, men at de fleste av disse stjernene er usynlige (fig. 4). Spørsmålet blir da hvor det har blitt av stjernelyset.



Figur 4. Himmelkula er dekket av stjerner. Men de fleste av dem er usynlige.

2) Vi går ut fra at hele himmelkula *ikke* er dekket av stjerner (fig. 5). Da blir spørsmålet hvor det er blitt av disse stjernene.



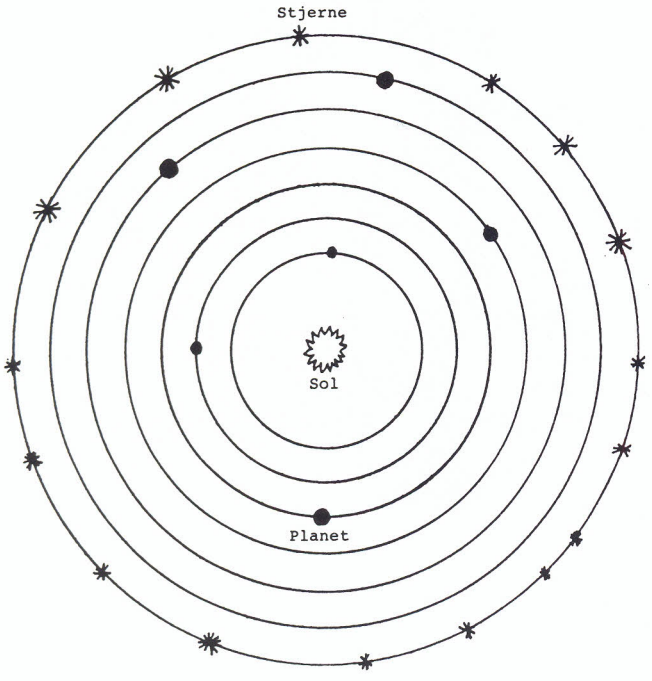
Figur 5. Himmelkula er *ikke* dekket av stjerner. Hvor er stjernene?

Folk har vekslet mellom å benytte disse spørsmålsstillingene for å løse gåten, og vi skal se på de forskjellige svarene. Folk i tidligere tider var like intelligente, oppfinnsomme og nysgjerrige som de er i dag. Men tiden går, og sosiale forhold og kultur forandres. Da forandres også interessefelt og tenkemåte. Selve verdensbildet er ikke evig og uforanderlig, men er stadig i forandring. Fysikerne eksperimenterer og observerer, og de finner faktisk fram til nye naturlover. Det som gir dagens menneske fordelen, er at vi har større *kunnskap* enn fortidens mennesker.

Gåten formuleres første gang

Den største revolusjon i verdensbildet representerer vel læren til den polske astronomen *Kopernikus*. Han dør i 1543, men i hans verk "De Revolutionibus Orbium", faller det geosentriske verdensbilde, og sola plasseres i verdens sentrum. Jorda blir nå kun en av seks planeter som går i bane rundt sola. Stjernene plasserer Kopernikus utenfor planetbanene i lik avstand fra sola (fig. 6).

Men den første som stiller spørsmålet om det manglende stjernelyset, er den engelske matematiker og astronom *Thomas Digges*. Han originale bidrag til kosmologien er at han sprer stjernene utover i et uendelig verdensrom. Men han får da et ubegrenset antall fjerne stjerner, og han ser at dette er gåtefullt. Han formulerer gåten i et verk fra 1576 og skal altså ha æren for å ha stilt det dype spørsmålet. Han besvarer gåten ved å erklære at de fjerne stjerner rett og slett er for svake



Figur 6. Verdensbildet til Kopernikus.

til å bli observert. Med tidens kunnskap var dette en fullverdig løsning.

Pionérene

Men den flittige *Johannes Kepler* (1571–1630) slår seg ikke til ro med dette. Han kritiserer verdensbildet til Digges og skriver om stjernene at "hvis de er soler av samme natur som sola, hvorfor utkonkurrerer ikke disse solene tilsammen vår egen sol i utstråling?" Kepler mente at himmelen var svart om natta fordi universet inneholdt for få stjerner til å dekke himmelkula. Hans univers var endelig og begrenset. I sentrum var sola, og stjernene var spredd utover. Men bortenfor stjernene var det rett og slett en svart vegg.

Otto von Guericke (1602–1686) var borgermester i Magdeburg. Han er mest kjent for eksperimentet med de såkalte magdeburgske halvkuler. Lufttrykkets betydning ble påvist ved at et helt lag av hester ikke greidde å trekke to kopper-halvkuler fra hverandre når luften var pumpet ut av hulrommet. Men denne herren interesserte seg også for gåten om den mørke nattehimmelen. Han er den første som benytter seg av analogien med hva vi observerer i en skog. Det finnes bare et endelig antall stjerner mener han, og bortenfor stjernene er det bare tom-rom. Universet er altså ifølge von Guercke å ligne med en liten skog med få trær, for den kan vi se ut av (fig. 7).

Den neste vi bør ta med i denne historiske gjennomgangen er *Edmund Halley* (1656–1742), som oppmuntret den ærverdige Newton til å publisere tidenes mest betydelige fysikk-verk, nemlig Principia. I Newtons kosmologi var det ubegrensede univers fullt av en uendelighet av stjerner. Halley hadde nok ikke samme fysiske intuisjon som Newton, for han forstod ikke at dette universet ville være ustabilt. Newton selv var helt klar over denne svakheten. Likevel skjønte Halley perfekt hvordan lyset fra individuelle stjerner blir svakere når avstanden blir stor. Lysstyrken avtar med kvadratet av avstanden. Derfor vil hver stjerne være usynlig bare den er langt nok unna. Men Halley antok at dette også gjelder lyset fra samtlige fjerne stjerner, og disse fjerne stjernene skulle da ikke kunne sees, selv med teleskop.

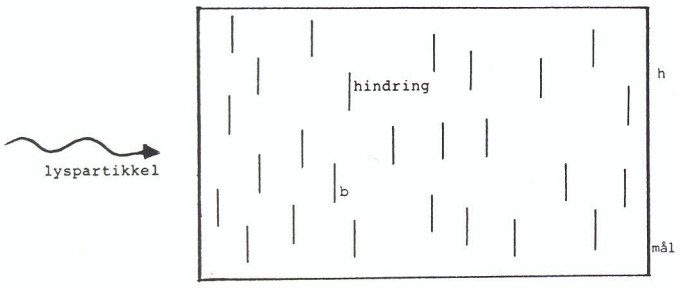
Figur 7. Vi kan se ut av en liten skog.

Han framførte i tillegg et nokså uklart argument om at lyset ikke kan deles opp i det uendelige. Halley la fram resultatene sine i Det Kongelige Samfunn i London i 1721, og Newton presiderte. Det er dem som har skumlet om at den nesten 80 år gamle Newton rett og slett sov. Derfor protesterte han ikke på slik slendrian.

Absorpsjon av stjernelys

Den unge *Jean-Philippe Loys de Chéseaux* (1718–1751) har et bedre grep på problemet. Han forstår faktisk at når vi betrakter konsentriske kuleskall, vil hvert skall bidra med like mye lys. Chéseaux var en ypperlig astronom, og ved å sammenlikne lysstyrken fra planetene og fra de sterkeste stjernene greidde han faktisk å få et overslag over avstanden til disse stjernene. Han kom fram til omtrent 4 lysår. I dag vet vi at avstanden til den nærmeste stjerna, Alfa i Kentauren, er 4,3 lysår. Resultatet til Chéseaux er altså ganske forbløffende.

Chéseaux stiller så det fundamentale spørsmålet om hvor langt vi kan se i en stor skog. Denne avstanden kaller vi bakgrunnsgrensen. Vi kan sammenlikne dette



Figur 8. Vi skyter på mål med bredde h. Hindringene har bredde b.

med å skyte på blink (fig. 8). Målet vårt har bredde h, og hver hindring har bredde b. Vi betegner antallet slike hindringer pr. flate med n. Vi sender så en lyspartikkel mot målet vårt, og regner ut sannsynligheten for at partikkelen skal ha blitt absorbert når den har beveget seg avstanden r:

$$\frac{bredde\ av\ alle\ hindringer}{bredde\ av\ mål} = \frac{b \cdot n \cdot h \cdot r}{h}$$

Når avstanden er blitt lik bakgrunnsgrensen er partikkelen helt sikkert absorbert, og sannsynligheten er 1.

$$bakgrunnsgrense = \frac{1/n}{b} = \frac{flate\ pr.\ hindring}{bredde\ av\ hindring} \tag{12}$$

Chéseaux måtte selvsagt utvide med en dimensjon og fastslo:

$$bakgrunnsgrense = \frac{volum\ pr.\ stjerne}{tverrsnitt\ av\ stjerne} \tag{13}$$

Avstanden han endte opp med var forskrekkelig, nemlig 300 billioner lysår. Men vi kan heller ikke se lenger ut i universet. Lyset fra stjernene som ligger lenger unna enn bakgrunnsgrensen blir absorbert. Chéseaux foreslo så at den mørke nattehimmelen skyldes ei slags væske som er fordelt i rommet, og noe lys blir absorbert av denne væska.

Løsningen til Chéseaux er presis lik løsningen til den lege og astronom som har fått gåten om den svarte nattehimmelen oppkalt etter seg. Den nevnes gjerne som *Olbers paradoks*. Mye kunne tyde på at arbeidet til *Heinrich Olbers* (1758–1840) er et plagiat av skriftet til Chéseaux. Struve ervervet nemlig biblioteket til Olbers i forbindelse med oppføringen av Pulkovo-observatoriet utenfor St. Petersburg. Blant bøkene finnes det skriftet av Chéseaux der han i et appendiks gir løsningen sin. Av andre publikasjoner vet vi at Olbers må ha lest deler av verket til Chéseaux. Men Olbers var kjent for å være både ærlig og nøyaktig med å oppgi kildene sine. Antagelig har han mange år tidligere lest appendikset til Chéseaux og siden glemt hvor han hadde idéen fra.

I alle fall påpeker Olbers at en linje som strekker seg fra øyet i hvilken som helst retning, må ende på overflata av ei stjerne. Men absorpsjons-løsningen han lanserer, viser at det viktige energi-begrepet ikke er avklart på hans tid. Han forstår ikke at stjernelys som blir absorbert av eventuelt stoff i rommet, vil varme opp dette stoffet til det sender ut like mye energi som det mottar. Han har ikke noen viten om hvor varme stjernene er og forstår ikke at vi ville bli stekt øyeblikkelig hvis hele himmelkula hadde samme lysstyrke som sola. Derimot er han glad for at vi ikke lever i et slikt univers. Det ville nemlig bli så vanskelig å bedrive astronomi i dette universet. Planetene ville jo bare gi seg til kjenne ved skygge-effekt.

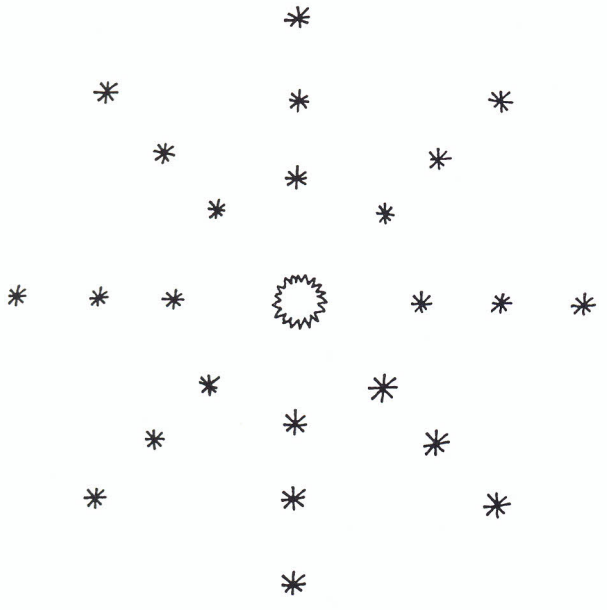
Vi kan tydelig se hvordan energi-begrepet utvikler seg hos *John Herschel* (1792–1871). Han sier rett ut at varme-stråling som blir absorbert, vil varme opp absorpsjonsmaterialet til det når samme temperatur som overflata på stjernene. Deretter vil dette materialet stråle ut like mye som det absorberer. Men så kommer det avslørende utsagnet om at dette argumentet bare holder for varmestråling, ikke for lys.

Geometriske løsninger

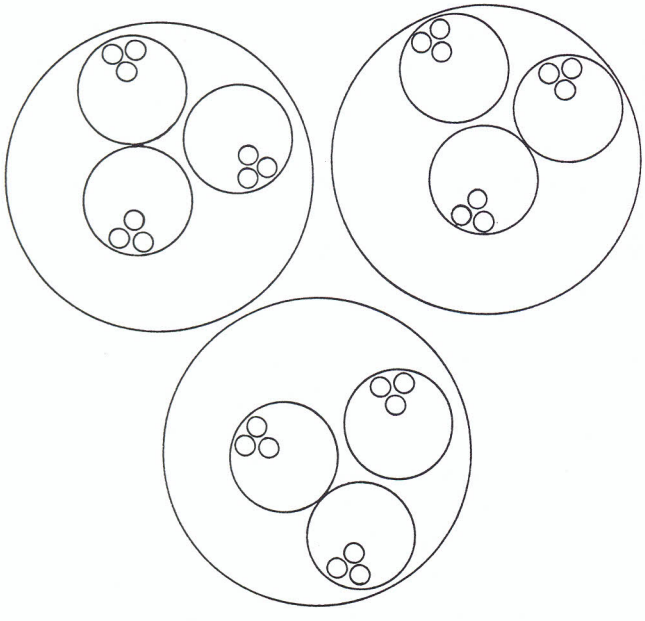
Det har selvsagt ikke vært mangel på eksotiske løsninger. *Edward Fournier d'Albe* foreslo at det kanskje eksisterte mørke stjerner. Mørke stjerner nær oss kunne da absorbere så mye lys fra de strålende bakgrunn-stjernene at nattehimmelen ble svart. Men et overslag over hvor mange slike mørke stjerner en trenger, er nokså nedslående. En må ha en billion mørke stjerner for hver vanlig stjerne for å løse gåten.

Den selvsamme Fournier d'Albe lanserte også en særs humørfylt løsning basert på at stjerner danner vakre geometriske mønstre (fig. 9). Stjernene nær oss absorberer igjen stjernelyset, men ved å justere mønsteret kan en få en passende absorpsjon.

I 1922 publiserte *Carl Charlier* en løsning som vi ennå ikke kan avvise som urealistisk. Denne løsningen tar som utgangspunkt at universet har en hierarkisk struktur. Stjernene er samlet i galakser. Galaksene er samlet i galaksehoper. Galaksehopene er igjen samlet i superhoper. I dag vet vi at dette er tilfelle. Men det er ikke avgjort om det finnes enda større strukturer. Carl Charlier gikk altså ut fra at strukturene bare vokser, det finnes ingen største slutt-struktur (fig. 10). Hver struktur representerer da en "skog", og denne modellen løser gåten hvis hver skog er liten nok til at vi kan se ut av den. Vilkåret for å se ut av skogen er jo at



Figur 9. Fournier d'Albes universmodell med geometrisk mønster.



Figur 10. Charliers hierarkiske univers.

størrelsen på skogen er mindre enn bakgrunnsgrensen for skogen. Når dette vilkåret er oppfylt på alle nivå, kan vi altså se uendelig langt og det finnes ingen bakgrunnsgrense. Dersom tettheten av objekter i struktur nummer i betegnes med n_i og størrelsen på struktur nr i og $(i-1)$ betegnes ℓ_i og ℓ_{i-1} blir altså vilkåret for å se ut :

$$\ell_i < (4/3\,\pi\ell_i^3/n_i) : \pi\ell_{i-1}^2 \qquad (14)$$

I 1915 framla *Albert Einstein* den generelle relativitetsteorien. Mesteparten av moderne kosmologi er basert på Einsteins gravitasjonsteori. Denne teorien åpner for nye geometriske muligheter. Universet kan da være såkalt lukket. Det har et endelig volum, men ingen grenser. En lysstråle vil da kunne gå rundt hele universet og vende tilbake til utgangspunktet. Vi skulle da kunne se vårt eget bakhode bare vi er tålmodige nok. Så sent som i 1967 mente f.eks. Jaki at dette kunne forklare Olbers paradoks. Hvis omkretsen av det lukkede univers er mindre enn bakgrunnsgrensen, kan nemlig ikke lyset som vender tilbake til kilden, fylle universet. Men nå finnes det små avvik på grunn av gravitasjonelle uregelmessigheter. En lysstråle vil derfor ikke ende nøyaktig tilbake i kilden, men gjerne gå mange ganger rundt universet før absorpsjon. Hvis bakgrunnsgrensen er større enn omkretsen av universet, betyr det at vi ser hver stjerne mange ganger. Igjen ser vi da ut i en uendelig stor "skog" av stjerner, og himmelen burde skinne som sola.

Rødforskyvning

I 1948 formulerte *Bondi, Gold og Hoyle* den såkalte Steady-State-kosmologien. Den tar som utgangspunkt at i stor skala er universet likt overalt og alltid. Men forskyvningen mot den røde enden av spekteret av spektrallinjene fra de fjerne galakser tolkes dithen at universet utvider seg som en bolledeig som står til heving. Altså beveger galaksene seg fra hverandre. Nye galakser må da erstatte de gamle galaksene for at strukturen i universet skal forbli uforandret. Det løser en ved å bryte prinsippet om energi-konservering. En lar rett og slett partikler oppstå av det tomme intet. Men det er så få partikler som skal til, at det ikke er noe håp om å måle denne effekten.

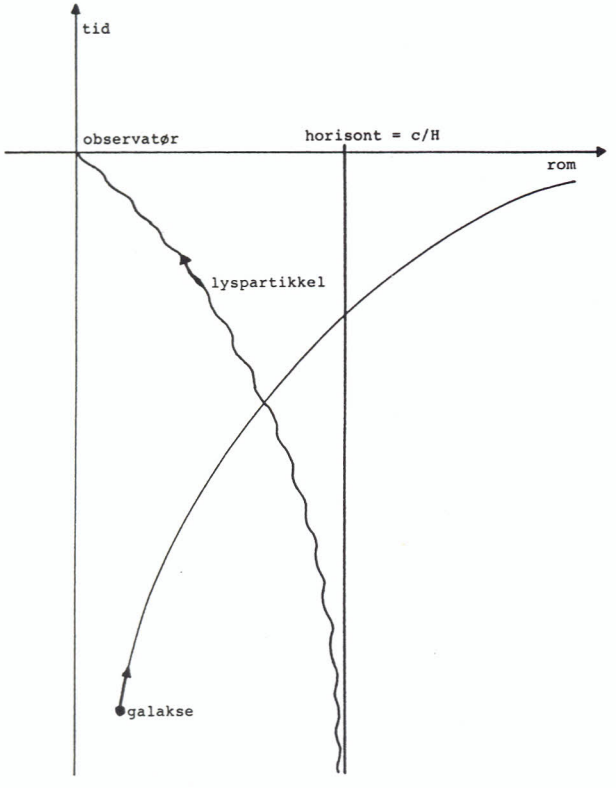
I dette universet gjelder Hubbles lov som gir sammenhengen mellom avstanden r fra en observatør til en galakse og farten v til galaksen:

$$v = Hr \qquad (15)$$

H er her den såkalte Hubbles konstant.

Vi ser da umiddelbart at det finnes en horisont. Der har galaksene en ekspansjonshastighet som er lik lyshastigheten. Lyspartikler som sendes mot observatøren fra galakser bortenfor horisonten, blir da å sammenlikne med folk som prøver å gå mot fartsretningen på et transportband; de greier ikke å bevege seg dit de vil, fordi gangfarten er for liten i forhold til hastigheten på bandet. Strukturen for tid og rom for denne universmodellen er gitt i figur 11.

Nå er sammenhengen mellom energien E og bølgelengden λ for stråling gitt ved Plancks lov:



Figur 11. Tid-rommet i Steady-State-universet.

$$E = h \cdot c/\lambda \qquad (16)$$

h er her Plancks konstant og c er lyshastigheten.

Men når universet utvider seg, øker bølgelengden til strålingen, og strålings-energien vil avta. Når en regner nøyaktig, ser en at hele himmelkula vil være dekket av stjerner i denne universmodellen. Men vi observerer ikke stjernene nær horisonten, for lyset fra disse stjernene rødforskyves med en faktor på en billion. Rødforskyvningen er altså forklaringen på den svarte nattehimmelen i Steady-State-modellen. Men i dag vet vi at denne modellen ikke beskriver det univers vi lever i, for modellen kan ikke forklare bakgrunnstrålingen fra kosmos på 2,7 K. Denne bakgrunnstøyen er derimot et vesentlig trekk ved de relativistiske universmodeller, de såkalte "big-bang"-modeller. Spørsmålet blir da om ekspansjons-effekten er forklaringen på Olbers paradoks for "big-bang"-kosmologien.

Energi-argumentet

Nå har den eminente kosmolog og populærforfatter *Edward Harrison* gitt et slående enkelt argument for at det må være noe fundamentalt galt med spørsmålstillingen for Olbers paradoks. En har jo Einsteins berømte formel for sammenhengen mellom energi E og masse m; nemlig $E = mc^2$. I tillegg har vi Stefan–Boltzmanns lov for energi-tettheten ρ i stråling som er i likevekt med sine materielle omgivelser:

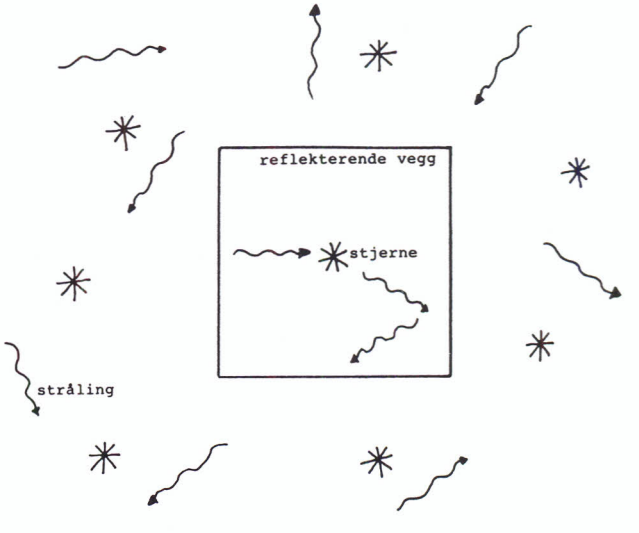
$$\rho = \frac{4\sigma}{c} T^4 \qquad (17)$$

det T er den absolutte temperatur.

Hvis vi da tenker oss at all materie i universet ble forvandlet til stråling, kan vi altså finne den temperaturen som da ville rå i universet. Den blir bare på 20 K, og altså langt fra den temperaturen vi finner ved overflata til stjernene. Energitettheten ville rett og slett være omtrent som energitettheten i månelyset vi ser. Det eksisterer altså for lite energi (altså for få stjerner) til å fylle universet med stråling som er like energirik som ved stjerneoverflatene.

Harrison viser også ganske elegant hvordan Olbers paradoks kan løses kvalitativt. Han tenker seg da at hver stjerne omgir seg med en boks med reflekterende vegger (fig. 12). Hver boks har samme volum som det gjennomsnittelige volum av rommet hver stjerne har til rådighet. Tiden stjerna bruker på å fylle boksen med stjernelys, er lik tiden som går med fra lyset som blir utsendt av stjerna, igjen blir absorbert av stjerna. Dette er da tiden det tar før vi har likevekt mellom stråling og materie. Men tenker vi oss boksen fjernet, er denne tiden den samme som tiden det tar før lyset fra stjerna når bakgrunns-grensen. Dette er altså tiden som går med før universet er fyllt med stråling. Ved å regne enkelt på dette problemet finner en at denne tiden er mye større enn både levetiden for stjernene og alderen på universet.

En kan også benytte denne argumentasjonen for å finne et kvalitativt svar på betydningen av universets



Figur 12. Boks i kosmos med reflekterende vegger.

ekspansjon for løsningen på Olbers paradoks. En lar da boksen ekspandere på samme vis som universet. Når strålingen fra stjerna treffer veggene og reflekteres, vil disse virke som lyskilder i bevegelse. En får da den velkjente Doppler-effekt. Når lyskilden fjerner seg, blir spektrallinjene forskjøvet mot rødt, og energien til lyset blir svekket. Når en da regner litt nøyaktig på dette, finner en at stjernelyset i boksen ikke er svakt fordi boksen utvider seg, men fordi boksen (og altså stjerna) inneholder så lite energi. Harrison har også vist at energien i en ekspanderende boks ikke er mindre enn halvparten av energien i en statisk boks. Når energien må reduseres fra energi-tettheten ved stjerneoverflata til energitettheten vi finner i verdensrommet for å være overens med virkeligheten, kan altså ikke ekspansjonen i "big-bang"-modellen forklare dette.

Gåten løses kvalitativt

Vi skal nå se at den løsningen av Olbers paradoks som fremdeles er gyldig, slett ikke er av ny dato. Vi vil da også avsløre hvem som bør få æren for sin klare tankegang. Men vi minner om at den samlede kunnskap fra tidligere generasjoner er vesentlig for nye idéer.

Allerede i 1676 fant dansken *Ole Rømer* lyshastigheten ved å undersøke uregelmessigheter i formørkelsen av Jupiter-månene. For oss er det særdeles viktig at lyset forplanter seg med en endelig hastighet og ikke instantant. Skrekk-forfatteren *Edgar Alan Poe* (1809–1849) var meget interessert i astronomi og sa at "rom og varighet er ett". I verket "Eureka" fra 1848 sier han at "Var rekken av stjerner uendelig, ville himmelbakgrunnen vise oss et jevnt lys slik som Galaksen viser, siden det absolutt ikke kunne finnes noe punkt i hele bakgrunnen der det ikke ville eksistere ei stjerne". Poe har altså forstått at nattemørket representerer en gåte. Men han løser den ved å si at "avstanden til den usynlige bakgrunnen er så umåtelig at ingen stråle fra den ennå har vært i stand til å nå oss i det hele tatt". Dessverre greidde ikke Poe å akseptere løsningen sin, men foretrakk rett og slett Keplers løsning.

Omkring 1850 avklares så energi-begrepet. En skjønte da at termodynamikkens 1. lov om energibevaring og termodynamikkens 2. lov om økende uorden gjelder både for varme og lys. Den tyske astronomen *Johann Heinrich Mädler* (1794–1874) forkastet Olbers løsning, og i 1861 skriver han: "Lyshastigheten er endelig; et endelig tidsrom har passert siden Skapelsen begynte til våre dager, og vi kan derfor bare se himmel-legemene ut til den avstanden lyset har tilbakelagt i løpet av dette endelige tidsrommet." Det virker som om Friedrich Engels, kampfellen til gamle Karl Marx, var den eneste som virkelig merket seg argumentet til Mädler. Engels berømmer argumentasjonen i sitt verk "Naturdialektikk". Men dette ble ikke kjent til tross for at boka til Engels var populær. Det kommer nok av at manuskriptet ikke var ferdig da Engels døde. Revisjonisten Bernstein tok over skriftet og publiserte ikke skriftet til Engels. Bernstein rådførte seg nemlig med selveste Einstein, og han mente at dette skriftet ikke hadde betydning hverken for fysikken eller for fysikkens historie. Skriftet ble først trykket i russisk oversettelse i 1927. Det kom på engelsk først i 1940 med forord og notater ved den berømte britiske biolog og marxist Haldane.

Gåten løses kvantitativt

Den som først løste gåten både korrekt og kvantitativt, var den allsidige og produktive *William Thomson, Lord Kelvin* (1824–1907). Dessverre ble ikke dette arbeidet hverken tatt med i hans samlede "Mathematical and Physical Papers" eller i hans fullstendige bibliografi. Det må være forklaringen på at denne løsningen ble oversett.

Kelvin er jo kjent for at han virkelig undret seg over hvorfor stjernene skinner. Han tok dem ikke for å være evigvarende lyskilder. Kelvin mente at stjernene stråler ut energi fordi de frigjør gravitasjonsenergi ved sammentrekking. I dag vet vi at dette slett ikke er energikilden for vanlige stjerner, men er en kilde som bare gjør seg gjeldende i helt spesielle og korte faser i ei stjernes liv. Men tankegangen var avgjørende for Kelvins behandling av Olbers paradoks. Siden stjernene bare har strålt en endelig tid, kan vi ikke se lenger ut i universet enn alderen til stjernene multiplisert med lyshastigheten.

Vi kan da finne ut hvor stor del av himmelkula som er dekket av stjerner. Vi betrakter igjen figur 2 og finner hvor stor del av himmelkula som er dekket av stjernene i kuleskallet. Altså får vi:

$$d\alpha = \frac{overflate\ av\ stjerner\ i\ skall}{overflate\ av\ himmelkule} \qquad (18)$$

$$= \frac{4\pi R^2 dR\ N\ \pi R_0^2}{4\pi R^2}$$

Men vi husker at vi må ta med skygge-effekten fra likning (7). Altså må vi multiplisere med eksponensialfaktoren $e^{-\pi N R_0^2 R}$.

Vi integrerer så denne likningen for å finne ut hvor stor del av himmelkula som er dekket av stjernene som ligger nærmere oss enn avstanden r og får:

$$\alpha(r) = \frac{1}{\gamma}\int_0^r e^{-R/\gamma}dR = 1 - e^{-r/\gamma}, \qquad (19)$$

der vi har benyttet likning (12) og skrevet γ for bakgrunnsgrensen $= 1/\pi R_0^2 N$.

Fra resultatet til Chéseaux husker vi at bakgrunnsgrensen var en uhyggelig stor avstand. Etter det vi nå vet om levealderen til stjernene eller alderen på selve universet, kan vi trygt sette $r << \gamma$. Vi rekkeutvikler da eksponensialfunksjonen i likning (19) og får :

$$\alpha \approx r/\gamma \qquad (20)$$

Når vi i likning (11) bytter øvre integrasjonsgrense med avstanden r til de ytterste observerbare stjernene, får vi altså energien Φ_{obs} vi mottar pr. tid og flate fra de stjernene vi kan observere:

$$\Phi_{obs} = \frac{\varepsilon}{\gamma}\int_0^r e^{-R/\gamma}dR = (1 - e^{-r/\gamma})\varepsilon. \qquad (21)$$

Altså har vi også:

$$\alpha(r) = \frac{\Phi_{obs}}{\varepsilon} = \frac{energitetthet\ av\ mottatt\ stjernelys}{energitetthet\ ved\ stjerneoverflate}. \qquad (22)$$

Fra likning (20) og (22) har vi altså løsningen på gåten Olbers paradoks: *Det er mørkt om natten fordi størrelsen på det synlige univers er så mye mindre enn bakgrunnsgrensen.* Størrelsen på det synlige univers er bestemt av to faktorer; lyshastighet og levealder på stjernene, eller for den saks skyld, alderen på universet selv. Bakgrunnsgrensen er også bestemt av to faktorer; stjernetettheten og størrelsen på stjernene.

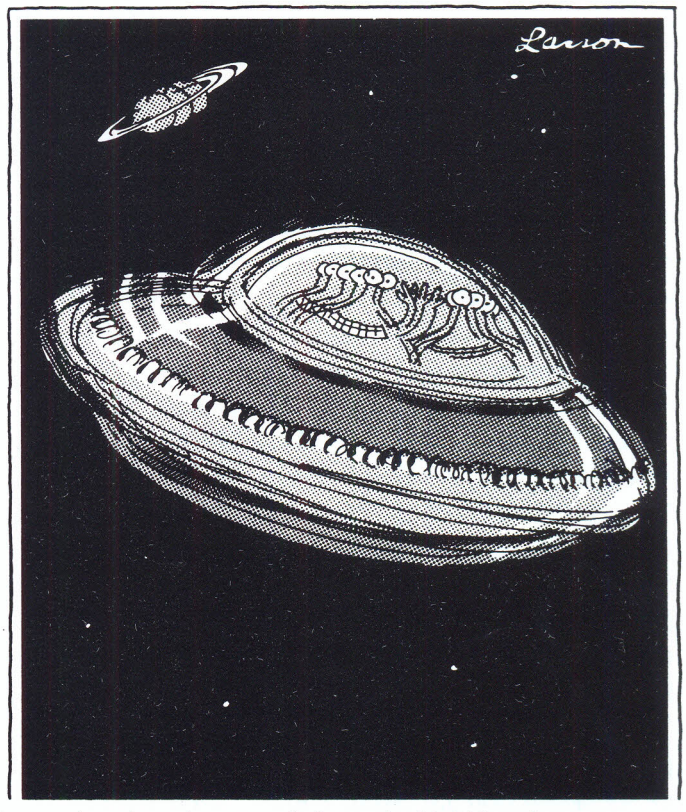
Han traff godt dikteren som vokste opp i hjembygda mi, da han forkynte: "Ung må verden ennu være."

Litteratur

Nedenfor følger ei liste over den *beste* populærlitteraturen jeg har funnet om Olbers paradoks:

1. Edward Harrison: *Darkness at Night. A Riddle of the Universe.* Harvard University Press, (1987).
2. Edward Harrison: *Why the sky is dark at night.* Physics Today, **27**, Feb., 30 (1974).
3. Edward Harrison: *The dark night sky paradox.* American Journal of Physics, **45**, 119 (1977).
4. Edward Harrison: *The paradox of the Dark Night Sky.* Mercury, July-August, 83 (1980).
5. Edward Harrison: *The Dark Night-Sky Riddle : A "Paradox" That Resisted Solution.* Science, **226**, 941 (1984).
6. Edward Harrison: *Kelvin on an old, celebrated hypothesis.* Nature, **332**, 417 (1986).
7. Øyvind Grøn: *Olbers' paradoks.* Astronomisk Tidsskrift, **6**, 73 (1973).
8. Stanley L. Jaki: *Olbers', Halley's or Whose Paradox.* American Journal of Physics, **35**, 200 (1967).
9. Otto Struve: *Some Thoughts on Olbers' Paradox.* Sky and Telescope, March, 140 (1963).
10. Frank J. Tipler: *Johann Mädler's Resolution of Olbers' Paradox.* Quarterly Journal Royal Astronomical Society, **29**, 313 (1988).
11. Paul S. Wesson: *Olbers' Paradox Solved at Last.* Sky and Telescope, June, 594 (1989).

∞



Another photograph from the Hubble telescope

Den første atomreaktoren på Kjeller

Tormod Riste *

Den 29. juli 1951 vart den første reaktoren på Kjeller sett i gang. I Europa var det då berre Storbritannia og Frankrike som hadde ein reaktor, og hendinga vekte oppsikt langt utanfor landets grenser. Reaktoren var eit nederlandsk–norsk samarbeid, og årsaka til at nettopp desse landa kom til å gå saman om prosjektet går tilbake til 30-åra.

1930-åra

I 1932 oppdaga Harold Urey tungtvatn, D_2O. Ved spalting av vatn med likestraum fann han at utviklinga av reint hydrogen skjer raskare enn for deuterium, slik at ein etter kvart får ei oppkonsentrering av D_2O. Allereie våren 1933 søkte dosent (seinare professor) Odd Hassel i Oslo hjelp frå Norsk Hydro til liknande elektrolyse-eksperiment. Overingeniør (seinare professor) Jomar Brun gjorde ei kort tid nokre vellukka forsøk, men først nokre månader etter, i 1934, vart det sett i gang produksjon av tungtvatn i større skala. Dette skjedde etter at IG Farbenindustrie hadde vist interesse for produktet.

I 1932 skjedde ein annan viktig ting: J. Chadwick oppdaga nøytronet. I åra fram til 1939 vart det gjort fleire viktige oppdagingar om nøytronet sine eigenskapar, dei fleste av E. Fermi: termalisering, dvs. nedbremsing av farten ved kollisjon mot lette atom (hydrogen, deutron osv.), danninga av transuranar, utsending av forseinka nøytronar i kjernereaksjonar.

I 1939 oppdaga Hahn og Strassmann fisjonsprosessen, og mange innsåg straks at her låg eit enormt potensial for energi til bruk både i krig og fred. Såleis fekk professor W.J. de Haas i Leiden (han med de Haas–van Alphen-effekten) utverka at det vart innkjøpt ti tonn grovraffinert uranoksyd (*yellowcake*) frå Union Miniere i Belgia. Som vist nedanfor, vart dette ei direkte årsak til det nederlandsk–norske samarbeidet på Kjeller.

To dager før krigsutbrotet i 1939 kom ein fransk publikasjon frå Joliot og medarbeidarar om oppdaginga av kjedereaksjon av fisjon i uran. Deretter vart det lagt lok på vidare informasjon om utnyttinga av desse oppdagingane til etter krigen.

Etter atombomba

I august 1945 eksploderte atombombene i Hiroshima og Nagasaki. Både publikum og forskarar rundt om i verda var i villreie om kva prinsipp desse bombene bygde på. Den amerikanske Smyth-rapporten gav svar på dette. Han gir inga detaljert oppskrift på reaktorar og bomber, men gjorde det klart at dei strategiske materiala var uran, super-rein grafitt og tungtvatn, og dessutan plutonium som kunne produserast i ein reaktor. Det kom også fram opplysningar om den første reaktoren i Chicago i desember 1942.

I mange land vart det diskutert korleis ein skulle få i gang forsking på og med reaktorar. Argumenta for dette var energikjelder til elektrisk kraft eller framdrift av skip, isotopproduksjon, rein forsking eller som ledd i det nasjonale forsvaret. At det militære aspektet var eit viktig moment også for dei tradisjonelt nøytrale landa, kan vi i ettertid lese av m.a. svenske og sveitsiske rapportar. I Sveits fekk den faglege atomenergikommisjonen (SKA) i februar 1946 eit hemmeleg oppdrag om "å konstruere ei sveitsisk bombe eller andre militære hjelpemiddel basert på prinsippet til atomvåpen." Det første leddet for å nå eit slikt mål var å byggje ein reaktor. Det vart snart klart for SKA at landet verken hadde den faglege eller den tekniske kunnskapen ein trengde for å nå dette målet åleine. Liknande konklusjonar drog ein i andre små land, så som Belgia, Danmark, Nederland og Sverige. Såleis heiter det i eit nederlandsk dokument: "Vi må lære oss å tenkje på ein heilt annan skala enn den nederlandske, på ein vesteuropeisk skala."

Norske ambisjonar

I Norge var det menn med større ambisjonar: Odd Dahl og Gunnar Randers. Den sjølvlærde Odd Dahl hadde i perioden 1927–36, saman med M.A. Tuve og L.R. Rafstad, utført ein serie tekniske bragder ved Carnegie-

* Institutt for energiteknikk (IFE), Kjeller

instituttet i USA, m.a. bygging av eit høgvoltanlegg for akselerasjon av protonar og heliumkjerner. I 1936 kom han heim og vart knytt til Christian Michelsen-instituttet (CMI), der han m.a. bygde eit liknande anlegg for kreftbehandling ved Haukeland sjukehus. Gunnar Randers var ein svært lovande astrofysikar, som nok var utsett til eit professorat i Oslo. Han kom til USA som stipendiat i 1939, og var ved Chicago-universitetet på den tida då den første reaktoren vart bygd i 1941–42. I dei siste åra av krigen arbeidde han med militær forsking ved Malvern i England. I denne tida kom han i lag med fleire norske forskarar, m.a. Helmer Dahl, Fredrik Møller og Sverre Pettersen. Dei såg alle for seg behovet for ein sterkare innsats i norsk forsking, som eit ledd i gjenreisinga av landet etter krigen. Særleg var dei opptekne av problemet med å organisere den anvendte forskinga.

Ein god medspelar i dette arbeidet fekk dei, då krigen var slutt, i professor Svein Rosseland. Han gjekk særleg inn for å få i gang sivil anvendt forsking i Norge. Eit resultat av dette var opprettinga av Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) sommaren 1946. I april same året vart Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) etablert med Gunnar Randers som sjef for fysikkavdelinga. Han meinte at eit forsvar mot atomvåpen kravde at ein i det minste hadde teknisk og vitskapleg kunnskap på atomenergifeltet. Med den politiske velviljen som forsvaret hadde i kjølvatnet av krigen, trudde han at det skulle vere råd å få pengar av forsvarsbudsjettet til bygging av ein reaktor. Han hadde inga tru på at dette kunne la seg realisere innafor dei trange budsjettrammene for universitetet, og dette var ein av grunnane til at han ikkje satsa på ein akademisk løpebane. Han gav seg til å rekne på kjedereaksjonen med tungtvatn og uran, og prøvde å utforme planane for eit atomenergiprogram. I dette fekk han god hjelp av Odd Dahl som tende på Randers sin idé om ein reaktor. Bergens-miljøet, med Odd Dahl/CMI og Bjørn Trumpy/Bergens Museum (seinare Universitet), vart ein viktig støttespelar. Dei var alt i gang med planar om bygging av ein Van de Graaff-akselerator og ein betatron.

Forsvarsminister Oscar Torp støtta førebuinga av eit atomforskingsprogram ved å løyve pengar til fire stipendiatar til England og Frankrike, og til uranleiting i Norge. Velviljen vart ikkje mindre då Jens Christian Hauge tok over som forsvarsminister i 1946.

Militært eller sivilt prosjekt?

Planane om eit reaktorprosjekt i regi av Forsvarsdepartementet møtte sterk motstand frå universitetshald i Oslo og Trondheim. Fysikarane (seinare professorane) Hole, Tangen og Wergeland retta skarp kritikk mot planane i eit brev til Kyrkje- og undervisningsdepartementet i oktober 1946. Dei gjorde framlegg om ein fysikk-kommisjon, samansett av fysikkprofessorar ved dei norske universiteta, som skulle disponere og fordele alle statlege midlar til atomforsking.

Randers meinte at forfattarane av brevet ikkje greidde å skilje mellom grunnforsking og anvendt forsking. Han hadde likevel venta at det kunne bli strid om prosjektet, og hadde foreslått for Hauge at det måtte vere eit ope prosjekt. Striden om styringa av reaktorprosjektet fekk likevel ei heldig løysing. Det vart oppretta eit atomutval på 14 medlemmer under NTNF, og heile ni av dei kom frå universitetsmiljøa. Formannen i utvalet var professor Rosseland, som kom til å spele ei viktig rolle for den endelege organiseringa av reaktorprosjektet. Det enda med at løyvingane til prosjektet skulle disponerast i samråd med NTNF. Dette kom som tillegg til ein stortingsproposisjon, vedteken i juli 1947, som gav ei løyving på 5 millionar frå forsvarsbudsjettet til bygging av ein reaktor. Og endå viktigare: Institutt for Atomenergi (IFA) vart oppretta ved årsskiftet 1947–48 som eit eige, sivilt institutt under NTNF. Forskingsrådet oppnemnde så ein plan- og byggjekomité med seks medlemmer. Randers vart formann og Odd Dahl nestformann. Med i komiteen var også professorane Tangen og Wergeland.

Konstruksjonsplanane for reaktoren

Våren 1946 kom Gunnar Randers og Odd Dahl for alvor i gang med dei konkrete planane for ein reaktor, eller ei "mile" som det den gongen heitte. Dahl meinte at han ville få oversikt over problema ved å sette i gang med å teikne. Nokre av dei teoretiske problema som reiste seg, og som Randers prøvde å løyse, var avhengige av tilgang på fysiske måleparametrar. Desse parametrane fanst berre i hemmelege arkiv i USA og Storbritannia. "La oss dra på spiontur til USA!" vart løysingsorda for dei. I juni la dei i veg, og stolte på at dei gode kontaktane begge hadde i amerikanske forskingsmiljø ville hjelpe dei. I New York kjøpte dei eit billeg filmkamera, og i Washington kvar sin fyllepenn og ein gamal Studebaker. I løpet av ein månad kryssa dei kontinentet og besøkte fleire forskingsinstitutt. Dei fekk låne ein del rapportar som dei fotograferte av på hotellrommet.

Dahl var ei stund særleg oppteken av tanken om ein homogen reaktor, ein med uransalt oppløyst i vatn. Ved grove overslag kom dei til at denne enkle tekniske løysinga ville vere brukbar viss talet på nøytronar

per fisjon var større enn 2,5. Nokre av "spiondokumenta" viste så at talet truleg var 2,47, og dermed ville denne tekniske løysinga vere for risikabel. Derimot fann dei at det både teknisk og økonomisk skulle vere mogleg å byggje ein heterogen reaktor, ein med uranstavar i tungt vatn. I hovudkvarteret til Manhattan District-prosjektet (dvs. atombombeprosjektet frå krigens dagar) fekk dei også bekrefta at Norge hadde dei nødvendige føresetnadene for å byggje ein atomreaktor, men ikkje for å lage atombomber.

Det var eit stort hell for framdrifta av prosjektet at både Dahl og Randers hadde så gode personlege kontakter, og at reisa kom i stand så tidleg som sommaren 1946. I august kom Mc Mahon-lova som sette forbod mot formidling av atomekspertise til framande land. Ei oppmjuking av denne lova kunne berre kome på tale dersom det kom ein internasjonal avtale under FN. Men russarane sette ein stoppar for det for fleire år framover.

Då det finansielle grunnlaget for reaktorprosjektet var sikra, kunne meir mannskap settast inn. På den teoretiske sida hadde Randers forskarar på FFI (eller FF som det heitte den gongen). Spesielt må ein nemne matematikaren Jan Garwick. I Bergen hadde Dahl hjelp av fleire ved CMI; av desse kan nemnast elektronikk-ingeniørane Nils Hidle og Haakon Sandvold. Dahl sjølv stod for det mekaniske konstruksjonsarbeidet, og han gjekk inn for dristige, men enkle løysingar. Reaktortanken vart ein 3 mm tjukk aluminiumsylinder som skulle halde 10 tonn tungtvatn. Tanken hang som ei pære under vekta av vatnet. Gjennom tanken gjekk det seks tverrgåande kanalar, og desse måtte ikkje losne frå tankveggen når tanken forandra fasong. Kontrollplatene vart plasserte utanfor tanken, innafor grafittreflektoren. Det vesentlege av dette konstruksjonsarbeidet strakte seg over ein månad, og storparten var nattarbeid. Det heitte at Dahl produserte ei teikning på 0,5 m^2, ferdig for verkstad pr natt, og at det til dette gjekk med tre blyantar og 16 Sorte Mand sigarar.

Det kom mange åtvaringar mot dette dristige prosjektet. Ein av dei skeptiske fysikkprofessorane sende etter tre dagars intenst studium i USA eit åtvarande telegram til Kyrkje- og undervisningsdepartementet og bad om at prosjektet måtte stoppast i vitskapens namn.

I januar 1948 var prinsippskissene for reaktoren klare, og prosjektpersonellet flytta inn i dei tyske offisersbygga på Kjeller. Randers og Dahl gav seg sjølv ein tre-års frist for å få reaktoren i drift. Men det var fleire lause endar, først og fremst korleis ein skulle få uran til brenselstavane.

På leiting etter uran

Eitt av problema for dei landa som ville byggje reaktorar dei første åra etter krigen var å skaffe uran. I 1943 hadde USA og Storbritannia inngått ein avtale om oppkjøp av urankjeldene i den vestlege verda, og dei hadde i 1945 kontroll med 97 % av det som var utvunne. Frankrike hadde ein del, men berre til eige bruk.

Under planlegginga av FFI i 1945 vart det løyvt 60 000 kr til uranleiting. I grove trekk var forekomstane kjende frå før. Den eine var alunskiferen på Austlandet. Denne inneheld ca. 100 g/tonn, og det ville ta lang tid å utvinne nok (nokre tonn) til reaktorbrensel. Den andre typen av forekomstar var pegmatittgangar i Evje, Vats og andre stader, som hadde ein rikare konsentrasjon av uran. Ein gjekk inn for å satse på Einerkilen i Evje. På det meste var 15–20 mann i arbeid ved gruvene der. Dessutan var forskarar ved NTH i gang med å studere den kjemiske utlutinga og vidare prosessering av uranoksidet.

I 1948, då byggjearbeidet tok til på Kjeller, vart det etter kvart klart at tilgangen på uran ville bli ein flaskehals. Det ville ta altfor lang tid å få fram nok uran, og ein hadde heller ikkje nok kunnskap om heile prosessen frå råmaterial til brenselelement.

Randers reiste til Sverige, som hadde opparbeidd ein større kompetanse på denne prosessen, men fann at det ville ta for lang tid å vente på at den svenske produksjonen ville bli stor nok. Det vart sendt ein førespurnad til USA om kjøp av uran og grafitt. Den amerikanske atomenergikommisjonen fekk saka i januar 1949, men det drygde heilt til mars 1950 før det endelege avslaget kom. Av moment som kunne ha ført til eit positivt svar var amerikanarane si frykt for at franskmennene skulle få kontroll med reaktorutviklinga i Europa. Den franske toppfiguren Joliot var ein erklært kommunist, og Frankrike høyrde difor ikkje til det gode selskapet USA–Storbritannia. Avgjerande for det endelege avslaget var truleg avsløringa av spionasjen til Klaus Fuchs og andre.

Både Frankrike og Storbritannia hadde fått kjøpe tungtvatn i Norge, og Randers sette sitt håp til at det ville vere råd å få grafitt og uran frå desse landa. Trass i Randers sine gode kollegiale forhold til britane, avslo dei å hjelpe. Grunnen til avslaget var ønsket om å ta vare på det gode forholdet til USA. Franskmennene gjekk med på å levere grafitt. Dei hadde heilt sidan 1946 vist velvilje mot IFA ved å ta imot stipendiatar, og ved å la Dahl og Randers få innsyn i oppbygginga av den første, vesle reaktoren Zoë i 1948. Lew Kowarski var då komen tilbake til Frankrike frå Canada der han

Fra Fysikkens Verden

56. årgang
1994

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 1994

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 1994

Nr. 1:

Fra Redaktørene 2
Nobelprisen i fysikk 1993
Erlend Østgaard 2
Erratum: Bokkronikk 3
Framvekst og framtid for kjernekraft
Olav Steinsvoll 4
Good Heavens! (Story) 10
Kontroll av den norske 1 kg riksprototypen
Thor Myklebust 11
Konferanser 14
Bjarne Stugu: Spåtind-konferansen i partikkelfysikk
Per Osland: Teoretisk fysikk møte på Kronen Gaard
Innhold FFV 1993 16
Bokkronikk: Andrej Sakharov: Memorarer.
Aschehoug, 1990.
Trygve Holtebekk 20
Bokomtaler 23
George F.R. Ellis: Before The Beginning.
Cosmology Explained. Bogars/Bowerdean, 1993.
Nigel Henbest: Universet. En reise gjennom rom og tid.
Grøndal Dreyer, 1993.
Stephen W. Hawking: Svarte hull og babyuniverser
og andre essays. Cappelen, 1993.
Nye Doktorer 26
Dr.scient. Jakob Gakkestad
Dr.ing. Ann Rigmor Nerheim
Trim i FFV 27
Hva skjer 28
Rondablikkseminaret 1994
Seminar i petroleumsfysikk
Biofysikkmøte 17–19. mars 1994
Nytt fra NFS 25
Fysikermøtet 1994
Årsmøtet 1994
Nye medlemmer
Program for Fysikermøtet

Nr. 2:

Fra Redaktørene 34
Top-kvarken funnet?
Andrei I. Davydychev og Per Osland 34
Isaac Newton som teolog, universitetspolitiker og
'Warden and Master of the Mint'
Gustav Marthinsen 36
Elektriske modeller for human hud –
beskrivelse eller forklaring?
Ørjan G. Martinsen og Sverre Grimnes 44
En Mathcad Leksjon i Kvantemekanikk
Hans H. Grelland 49
Kompleksitet, eit nytt tverrfagleg forskingsfelt
Tormod Riste 52
Bokomtaler 54
A. Rupert Hall: All was Light. An introduction to
Newton's Opticks. Clarendon Press – Oxford, 1993.
Steingrim Skavlem: Fysikk og virkelighet.
Alma Mater Forlag A/S, 1993.
Nils Skogen: Fysikk utan svarte boksar.
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, 1993.
Nye Doktorer 56
Dr.scient. Åse Ballangrud
Dr.ing. Cecilie Berg
Dr.scient. Vidar Frette
Dr.ing. Bjørn Petter Jelle
Dr.ing. Gunnar Kopstad
Dr.scient. Hans Christian Guren
Dr.scient. Jøran Moen
Dr.scient. Jon Børre Ørbæk
Trim i FFV 61
Hva skjer 62
Nasjonalt nettverk for naturfagutdanning
Landskonferansen om fysikkundervisning

Nr. 3:

Fra Redaktørene 66
FFV Gratulerer 66
Svein Rosseland – Han skrev sitt navn mellom stjernene
Øystein Elgarøy 67
Relativistiske universmodeller
Øyvind Grøn 75
Konferanse: Rosseland-symposiet 16–17. juni 1994
Oddbjørn Engvold 83
Bokkronikk: G. Smoot og K. Davidson: Rynker i tiden. Aschehoug, 1994.
Øivin Holter 84
Bokomtale 86
A. Brekke og A. Egeland: Nordlyset – kulturarv og vitenskap. Grøndahl Dreyer, 1993.
Nye Doktorer 87
Dr.ing. Ulrik Hanke
Dr.ing. Torgeir Nakken
Dr.scient. John Birger Stav
Dr.scient. Torolf C. Wedberg
Trim i FFV 89
Hva skjer 90
"MedFys-dagene", 10.–12. november 1994
Seminar om fysikken i skolen
Seminar i mikroelektronikk og sensorteknologi
Nytt fra NFS 91
Årsmøtet 1994
Årsmelding 1993–1994
Stipend
Nye medlemmer

Nr. 4:

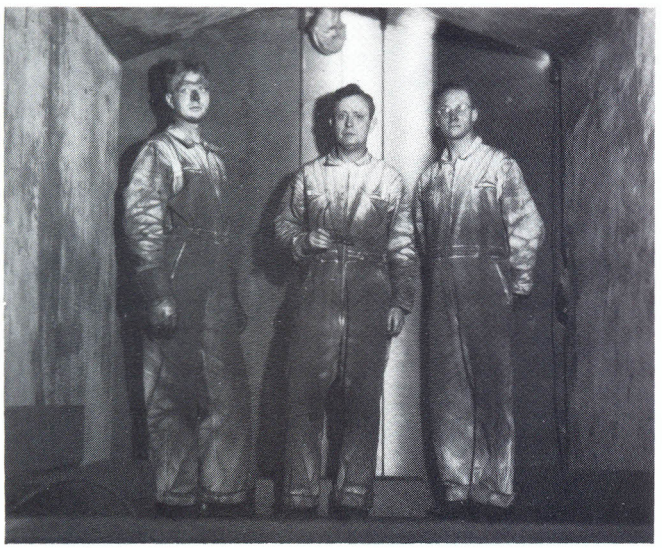
Fra Redaktørene 98
In Memoriam: Odd Dahl
Jan S. Vaagen 98
Hva skjer 99
Seminar i biomaterialers fysikk
Kristian Birkeland preger 200-kronerseddelen
Alv Egeland 100
ALOMAR – Romfysikk og miljøforskning
Eivind V. Thrane 103
Ozonlag og UV-stråling
Thormod Henriksen 108
Nobelprisen i fysikk 1994
Olav Steinsvoll 114
Fra Fysikkens Historie 116
Sem Sæland: Fra Nordlys-expeditionen 1899–1900
Bokkronikk: A.R. Nielssen og A. Petterson: Nordlyspionerene. Menneskene og observatoriet på Halddetoppen i Alta. Grøndahl Dreyer, 1993.
Karl Måseide 118
Bokomtaler 121
A.C. Phillips: The Physics of Stars. John Wiley & Sons, 1994.
R.D. Blandford, A. Hewish, A.G. Lyne and L. Mestel: Pulsars as Physics Laboratories. Oxford University Press, 1993.
FFV-trim 3/89 – en hjemsøkelse
Jan Finjord 123
Trim i FFV 125
Nye Doktorer 125
Dr.scient. Einar Grønvoll
Dr.scient. Bjarte Kileng
Dr.ing. Katrin Nord-Varhaug
Nytt fra NFS 127
Fysikkpriser 1995

∞

Forfatter–register

Davydychev, Andrei I. og Per Osland:
Top-kvarken funnet? 34
Egeland, Alv:
Kristian Birkeland preger 200-kronerseddelen 100
Elgarøy, Øystein:
Svein Rosseland –
Han skrev sitt navn mellom stjernene 67
Engvold, Oddbjørn:
Rosseland-symposiet 1994 83
Finjord, Jan:
FFV-trim 3/89 – en hjemsøkelse 123
Grelland, Hans H.:
En Mathcad leksjon i kvantemekanikk 49
Grimnes, Sverre og Ørjan G. Martinsen:
Elektriske modeller for human hud –
beskrivelse eller forklaring? 44
Grøn, Øyvind:
Relativistiske universmodeller 75
Henriksen, Thormod:
Årsmelding 1993–1994 92
Henriksen, Thormod:
Ozonlag og UV-stråling 108
Holtebekk, Trygve:
Bokkronikk: Andrej Sakharov: Memoarer.
Aschehoug, 1990 20
Holtebekk, Trygve:
Bokomtale: A. Rupert Hall: All was Light.
An introduction to Newton's Optics.
Clarendon Press – Oxford, 1993 54
Holtebekk, Trygve:
Bokomtale: Asgeir Brekke og Alv Egeland: Nordlyset –
kulturarv og vitenskap. Grøndahl Dreyer, 1993 86
Holter, Øivin:
Bokkronikk: G. Smoot og K. Davidson: Rynker i tiden.
(Oversatt av Einar Bøgseth.) H. Aschehoug & Co, 1994. .. 84
Jarrett, Gerd:
Årsmøtet 1994 91
Knutsen, Henning:
Bokomtale: George F.R. Ellis: Before The Beginning.
Cosmology Explained. Bogars/Bowerdean, 1993 23
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Nigel Henbest: Universet.
En reise gjennom rom og tid. Grøndahl Dreyer, 1993 24
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Stephen W. Hawking: Svarte hull
og babyuniverser og andre essays. Cappelen, 1993 25
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Steingrim Skavlem: Fysikk og virkelighet.
Alma Mater Forlag A/S, 1993 55
Knutsen, Henning:
Bokomtale: A.C. Phillips: The Physics of Stars.
John Wiley & Sons, 1994 121
Knutsen, Henning:
Bokomtale: R.D. Blandford, A. Hewish, A.G. Lyne
and L. Mestel: Pulsars as Physics Laboratories.
Oxford University Press, 1993 122
Marthinsen, Gustav:
Isaac Newton som teolog, universitetspolitiker
og 'Warden and Master of the Mint' 36
Martinsen, Ørjan G. og Sverre Grimnes:
Elektriske modeller for human hud –
beskrivelse eller forklaring? 44
Myklebust, Thor:
Kontroll av den norske 1 kg riksprototypen 11
Måseide, Karl:
Bokkronikk: Alf Ragnar Nielssen og Arvid Petterson:
Nordlyspionerene. Menneskene og observatoriet
på Halddetoppen i Alta. Grøndahl Dreyer, 1993 118
Osland, Per:
Teoretisk fysikk møte på Kronen Gaard 19
Osland, Per og Andrei I. Davydychev:
Top-kvarken funnet? 34
Riste, Tormod:
Kompleksitet, eit nytt tverrfagleg forskingsfelt 52
Steinsvoll, Olav:
Framvekst og framtid for kjernekraft 4
Steinsvoll, Olav:
Nobelprisen i fysikk 1994 114
Stugu, Bjarne:
Spåtind-konferansen i partikkelfysikk 14
Sæland, Sem:
Fra Nordlys-expeditionen 1899–1900 116
Thrane, Eivind V.:
ALOMAR – Romfysikk og miljøforskning 103
Vaagen, Jan S.:
In Memoriam: Odd Dahl 98
Øgrim, Otto:
Bokomtale: Nils Skogen: Fysikk utan svarte boksar.
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, 1993 56
Østgaard, Erlend:
Nobelprisen i fysikk 1993 2

∞



Figur 1. Tre av dei som stabla grafitt til JEEP I, den første Kjeller-reaktoren. Frå venstre: Gudbrand Jensen (seinare direktør i Norges standardiseringsforbund), Odd Dahl og Morten Boogardt (seinare professor i reaktorfysikk i Nederland).

hadde vore ein av dei leiande reaktorkonstruktørane. Frankrike kunne ikkje levere uran, men lova alt i 1948 å hjelpe til med raffineringa av uran. Same året tilbaud franskmennene seg, gjennom ambassaden i Paris, å inngå ein samarbeidsavtale med Norge. I ettertid er det klart at dette skulle vere første ledd i eit franskdominert europeisk samarbeid om atomenergi. Dette kan vi også lese ut av B. Goldsmidt si skildring av Gunnar Randers' besøk 1950. Han (B.G.) sette som vilkår at Frankrike skulle gå inn som partnar i det norske reaktorprosjektet. Når den norske regjeringa ikkje beit på tilbodet i 1948, var det ut frå ønsket om å ha eit godt forhold til USA. Når Randers var imot tilbodet, var det også fordi franskmennene tilbaud seg å raffinere uran, men utan norsk innsyn i teknologien. Det norske avslaget var eit stort vonbrot for franskmennene: *"A chance of a first international collaboration had been lost."*

Redninga for det norske reaktorprosjektet kom frå Nederland. Franskmennene trudde det var ein bløff frå Randers si side då han ymta frampå om at han hadde ein utveg for å skaffe uran frå eit anna land.

"Love at first sight"

I januar 1950 kom den nederlandske fysikaren H. Kramers til Sverige for å diskutere samarbeidsplanane om eit reaktorprosjekt som nemnt ovanfor. Han kom også innom Norge for å forhandle om tungtvatn, og for å besøkje venen Svein Rosseland. Denne tok ein telefon til Randers, som bad Kramers sette seg i ein bil og kome til Kjeller. Møtet mellom Kramers og Randers er av ein nederlandsk historikar karakterisert som *"love at first sight."* Arbeidet med bygging av reaktoren og laboratoria rundt var allereie kome langt, og alt dette var samla i eit sivilt institutt utanfor det militære området. For Randers var utsiktene til åtte tonn uranoksid frå Nederland, som hadde vore gøymt og nesten gløymt sidan 1938, og dessutan tilgang på nederlandsk fagkompetanse, viktige moment. Etter to dagars samtale vart Kramers og Randers samde om at det nederlandske prosjektet burde erstattast av eit norsk–nederlandsk samarbeid i Norge, og dei laga utkast til ein avtale der også andre land kunne gå med når reaktoren var ferdig. Kramers fekk vanskar med å få aksept for forslaget i Nederland. Rett nok oppfylte Kjeller-prosjektet eit viktig vilkår for eit eventuelt samarbeid: at det var eit sivilt tiltak utan binding til forsvaret. Vanskane gjekk m.a. på forholdet til dei andre samarbeidslanda, Belgia, Danmark og Sverige, og tanken om å investere i eit anna land. Ein avgjerande faktor for at dei gjekk inn for ein samarbeidsavtale var at britane sa seg villige til å byte den nederlandske *"yellowcake"* med metallisk uran. Dette skjedde sommaren 1950, etter at britane hadde fått amerikansk aksept for ein slik bytehandel.

I 1951 vart så samarbeidsorganisasjonen JENER *(Joint Establishment for Nuclear Energy Research)* stifta. Uranstavane kom til Kjeller først i juni, og allereie 29. juli greidde den nederlandske og den norske staben å gjennomføre ei vellukka oppkøyring av reaktoren.

Figur 2. Frå første oppkøyringa av reaktoren, 29. juli 1953. Ved kontrollpulten Gunnar Randers og Haakon Sandvold (seinare direktør i Årdal og Sunndal verk). I framgrunnen Odd Hidle (seinare direktør i O. Mustad & Søn A.S).

Faglege komplikasjonar

Det var på ingen måte opplagt at dette prosjektet skulle lukkast. Dei tekniske løysingane var m.a. avhengige

av gode nok fysiske data. I 1950 hadde Kramers og Cockroft diskutert varmeovergangen frå uranoksid-elementa til tungtvatn. Cockroft kom til at uranstavane hadde for stor diameter for det planlagde effektnivået: Sentret av staven ville få så høg temperatur at det var fare for at den termiske utvidinga ville sprengje kapslinga rundt stavane. Dahl og Randers hadde ingen data for varmeleiingsevna i uranoksid, men brukte talet for porselen og meinte dei var på nokså trygg grunn. Kramers fann at temperaturfallet i aluminiums-kapslinga ville vere større enn det nordmennene rekna med, og at dette også ville gje for høg stavtemperatur. Her kom Dahls praktiske sans inn: Ein tekjele er like varm utanpå som inni, så Kramers sine utrekningar kunne ikkje stemme. (Randers skriv i ettertid at Cockroft og Kramers kan ha forveksla kcal og cal). Tvilen var der, likevel. Hadde Cockroft rett, måtte effekten reduserast kraftig frå dei planlagde 100 kW, og prosjektet ville vere av lita interesse.

Det var difor glede over det britiske tilbodet om metallisk uran som har ei langt betre varmeleiingsevne. Men andre usikre moment låg på lur, m.a. dette: Hadde røyrkapslinga ein optimal indre diameter i forhold til diameteren på uranstavane, var temperaturkontakten god nok i heile effektområdet, og var det nok uran i reaktoren? Utrekningane var først gjort for oksid-element med 66 mm diameter, men dei metalliske elementa var berre 25 mm tjukke. Ein valde då ei løysing med å kople saman to element i kvar stavposisjon – ei ny og dristig løysing. Av andre utradisjonelle løysingar var den med kontrollstavar utanfor kjernen, ikkje i kjernen, ein idé som gav ein enkel men uprøvd konstruksjon.

Det var difor spenning under oppstarten, men alt gjekk godt. Det har vel aldri, verken før eller sidan, vorte bygt ein vassmoderert reaktor på så kort tid. Dei direkte utgiftene til prosjektet var 5,2 mill. I tillegg kom eit lån (seinere gåve) frå Norsk Hydro på 8 tonn tungtvatn, som då hadde ein verdi på 12 millionar. Norsk Hydro var ein viktig industriell støttespelar i heile prosjektfasen.

Internasjonale relasjonar

Randers arbeidde heile tida for at aktiviteten rundt reaktoren skulle vere open for alle nasjonar, og at også andre land skulle opne for fri utveksling av informasjon. Dette var det vanskeleg å gå med på for stormaktene, særleg for USA. At amerikanske forskarar sette pris på det norske initiativet var tydeleg, for til Kjeller kom fleire amerikanarar for kortare eller lengre tid. Men også Sverige, Sveits, Italia, Jugoslavia, Argentina, India, Japan osv. sende folk for å arbeide på Kjeller saman med den nederlandsk–norske staben. Til opninga av reaktoren 28. november 1951, kom den norske kongen, kronprinsen og statsministeren. Frå utlandet kom nobelprisvinnarane Bohr, Cockroft, Lawrence og Svedberg, og mange andre kjende vitskapsmenn. Også franskmennene Kowarski og Perrin kom, trass i det franske vonbrotet om det tapte samarbeidet.

Figur 3. Frå opninga av reaktoren. Odd Dahl forklarar reaktoren sin verkemåte for Kong Haakon.

Randers øvde også påtrykk på amerikanarane gjennom FN for å få dei til å gje opp si restriktive haldning til utlevering av informasjon. Når dei endeleg gav opp denne haldninga i 1953, var eit norsk initiativ same året truleg ein av dei utløysande faktorane. Då vart den første internasjonale konferansen om reaktorteknologi halden i Oslo med omlag 100 spesialistar frå 19 land. USA drygde med å akseptere innbydinga, men innsåg vel at dei åleine ikkje kunne stogge tiltaket. Dei sende ein delegasjon på ti mann, rett nok med ein begrensa talefridom om ting som enno var hemmelege.

I desember 1953 kom Eisenhowers *"Atoms for peace"*-plan som gav høve for andre land til å kjøpe reaktorar frå USA. Dette fekk konsekvensar for det norsk–nederlandske samarbeidet. Etter JENER-avtalen skulle det i neste omgang byggjast ein kraft-

Figur 4. Frå den aller første konferansen om reaktorar i Oslo, 1953. Gunnar Randers flankert av to frå den amerikanske delegasjonen, dei seinare så kjende Alvin Weinberg (til venstre) og Milton Edlund.

produserande reaktor i Nederland, og planlegginga av denne var komen godt i gang på Kjeller. No gjekk nederlendarane i staden inn for å kjøpe ein reaktor frå USA. Dette førde til at nordmennene gjekk vidare med planlegginga av den nye reaktoren, og la den til Halden. Samarbeidsorganisasjonen JENER vart oppløyst i 1959, og vart avløyst av ei rekkje samarbeidsprosjekt som varde heilt til 1980.

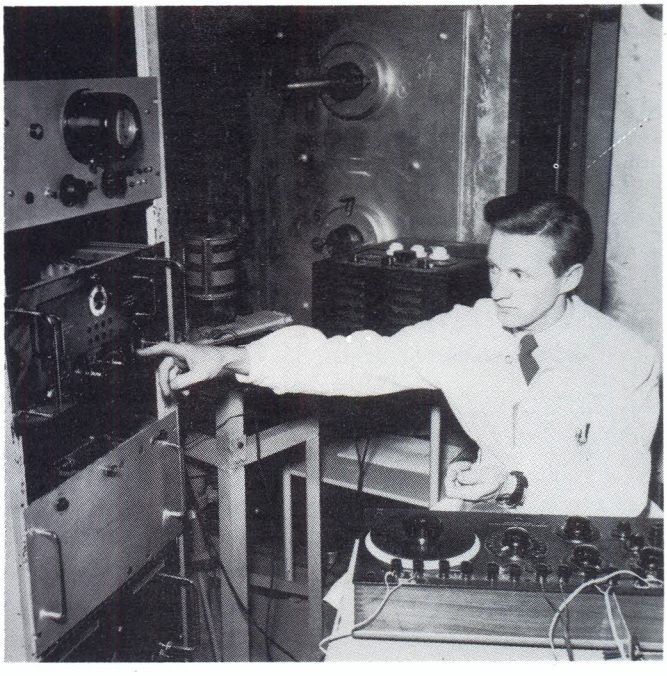
Randers kom til å spele ei viktig rolle i FN sitt arbeid for kontroll av atomenergi. Han vart personleg rådgjevar for Dag Hammarskjöld, og fekk ansvaret for planlegginga av den første Genève-konferansen i 1955 om fredeleg utnytting av atomenergi, der russarane kom med for første gong.

Den faglege aktiviteten ved reaktoren

Bruken av reaktorar i rein og anvendt forsking galdt nye og delvis ukjente arbeidsområde då reaktoren JEEP kom i drift i 1951. I ettertid ser vi at utbyttet av reaktoren JEEP vart anten mindre eller større enn det ein hadde vona, avhengig av kva bruksområde ein ser på. På dei områda der ein har lukkast best, var det viktig at ein kom så tidleg i gang. Det gjeld m.a. produksjonen av radioaktive isotopar der IFA (no IFE) har greidd å gjere eit bra innhogg i den europeiske marknaden.

På det området som ligg nærast for lesarane av dette tidsskriftet, i fysikk, greidde ein snart å sette sitt namn på verdskartet. Og her var utgangspunktet det beste; ja, kanskje har norske fysikarar aldri hatt så heldig utgangsposisjon: Med reaktoren JEEP hadde ein ei nøytronkjelde på høgde med dei aller fleste i 1951. I USA hadde ein tre reaktorar med omlag same styrke, i Argonne, Brookhaven og Oak Ridge. Frankrike og England hadde og kvar sin reaktor i same klasse, berre Chalk River i Canada hadde ein som var vesentleg sterkare.

Nøytronstrålane opna for forsking på nye problem, og gav ein nye angrepsvinklar på gamle problem. To fagområde kom i fokus: kjernefysikk og faststoffysikk. På det første området vart det gjort ei rekkje eksperiment på nøytron-innfangingsreaksjonar og på studiet av fisjonsprosessen, som har sett merke etter seg. Størst var innsatsen på nøytronspreiing frå faste stoff. Ein amerikansk gjesteforskar gav oss ein god start til å studere magnetiske stoff. Grunnlaget for slikt arbeid var lagt i Oak Ridge i dei føregåande åra, men statistiske og dynamiske fenomen var framleis upløgd mark. Frå Kjeller kom det difor publikasjonar som er blant dei aller første når det gjeld kritiske fenomen og elementæreksitasjonar både i ferri-



Figur 5. Forfattaren med måleapparatur anno 1953; stoppeklokka i handa og fingeren på start/stopp-knappen på 'scaleren'.

og antiferromagnetiske stoff. Sidan kom liknande arbeid på umagnetiske stoff, m.a. den første verifiseringa av Onsagers todimensjonale Ising-modell. Også i den metodologiske utviklinga har Kjeller sett merke etter seg, i nye teknikkar og bruk av polariserte nøytronar, og i utviklinga av monokromatortyper for nøytronar.

Med ein reaktor så tidleg som i 1951, fekk vi eit forsprang på minst fem år på dei fleste andre land. Desse landa har no reaktorar som i styrke langt overgår den norske JEEP II. Den gode starten vi fekk har vore til nytte ved at vi får innpass til dei beste anlegga, i alle fall så lenge vi er i stand til å generere gode problem.

Referansar

1. G. Randers: *Lysår.* Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, (1975).
2. *Festskrift til Odd Dahl.* John Griegs Boktrykkeri, Bergen, (1968).
3. J. Brun: *Brennpunkt Vemork 1940–45.* Universitetsforlaget, Oslo, (1985).
4. A. Forland: *Atomer for krig eller fred?* Institutt for forsvarsstudier, nr 2, (1988).
5. A. Forland: *På leiting etter uran.* ibid. nr 3, (1987).
6. J.M. van Splunter: *Love at first sight.* ibid. nr 2, (1994).
7. A.C. Pappas: *Energi via kjernekraft.* Fra Fysikkens Verden **55**, nr 2, s 35 og nr 3, s 69, (1993).
8. B. Goldsmidt: *Atomic Rivals.* Rutgers University Press, s 337, (1990).
9. J.A. Goedkoop: *Kjeller's impact in the Netherlands.* Forelesing ved IFE, Kjeller, (upublisert) (1992).
10. K.E. Larsson: *Kärnkraftens historia i Sverige.* Kosmos, s 121, (1987).
11. P. Hug: *La genèse de la technologie nucléaire en Suisse.* Relations internationales, no. 68, s 325, (1991).
12. O. Steinsvoll: *Nøytronet 60 år.* Fra Fysikkens Verden **54**, nr 2, s 70, (1992).
13. O. Steinsvoll: *Nøytronfysikkens utvikling.* ibid. nr 4, s 100, (1992).

∞

Husk Kontingenten!

Bokkronikk

Francis Crick: The Astonishing Hypothesis. The Scientific Search for the Soul. Charles Scriber's Sons, New York, 1994, (317 sider) $ 25,–.

En bok om nevrovitenskap og nevrofilosofi.

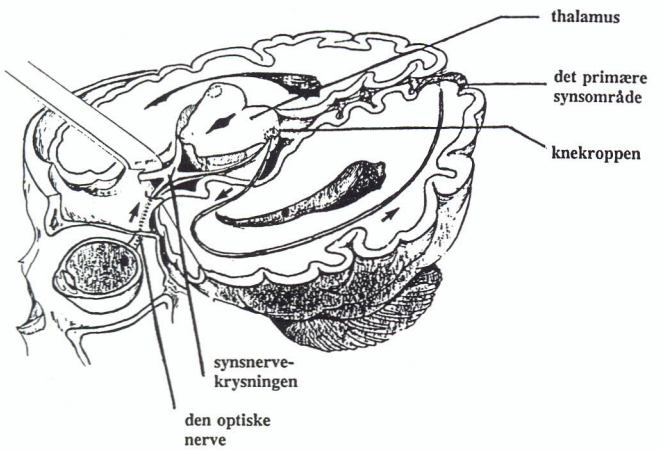
What is mind? No matter.
What is matter? Never mind.

Forestill deg at du ser en farget gjenstand, for eksempel en gul tennisball som farer gjennom luften, men ballen og den gule fargen er ikke på samme sted til samme tid; fargen synes å henge noe etter i bevegelsen. Utenkelig sier du? Ikke ifølge moderne hjerneforskning. Nevrologer mener å ha funnet personer med en type hjerneskade som fører til slike opplevelser.

Fra før visste vi at synsapparatet splitter opp virkeligheten i enkelte fysiske komponenter, og at noen av dem, slik som bevegelse og farge, har to forskjellige signalveier fra netthinne til synsbark (de raske magnocellulære synsbanene bærer informasjonen om bevegelse og de langsommere parvocellulære synsbanene om farge). Men bevegelse og farge behandles tydeligvis også i separate områder av hjernen, og det tar en viss tid før informasjonen fra det ene området når det andre. Derfor, hevdes det, består det egentlige problemet i hvorledes ball og farge kan knyttes sammen til en enhet. Dette kalles for bindingsproblemet. Om dette og andre fascinerende funn fra synsforskningen kan en lese i boken til nobelprisvinneren Francis Crick, oppdageren av strukturen til DNA.

Forholdet mellom fysiske naturprosesser og mental aktivitet var inntil for noen år siden et emne som var forbeholdt en eksklusiv gruppe av filosofer. Problemet har i årenes løp gitt opphav til mange filosofiske retninger; dualisme, fysikalisme, reduksjonisme, for å nevne noen. Men med utviklingen av moderne hjerneforskning, kunne plutselig den filosofiske refleksjonen knyttes til eksperimentelle data. Dette bærer nå frukter. Ved Salk-instituttet i California, prøver Francis Crick sammen med sine kolleger å klarlegge hvorledes hjernen virker og spesielt hva det er som foregår når vi ser. I likhet med Patricia S. Churchland i *Neurophilosophy* (MIT Press, 1986), er tyngdepunktet i forsøket på å nærme seg våre mentale funksjoner forskjøvet mot naturvitenskap.

Cricks bok har en grunnholdning som vil oppleves som provoserende for mange. Den overraskende hypotesen som tittelen henspeiler på, uttrykker han med Al-



Figur 1. Snitt gjennom hjernen som viser synsbanene fra øyet til det primære synsområdet i hjernebarken. Ifølge Per Brodal (Sentralnervesystemet, TANO, 1990) er *thalamus* en omkoblingsstasjon for alle baner som leder impulser til hjernebarken. Den har stor innflytelse på den generelle aktivitet i hjernebarken og dermed på bevissthetstilstanden.

ice in Wonderland slik: "Du er ikke noe annet enn en hop av nerveceller." Dine gleder og sorger, dine assosiasjoner, din hukommelse, selvfølelse og frie vilje, kort og godt din bevissthet, er bare uttrykk for aktiviteten til store grupper av nerveceller i hjernen, kalt nevroner. Siden denne aktiviteten er en strøm av korte elektriske pulser som forplanter seg i et nettverk av nevroner, altså som en fysisk prosess, er spørsmålet hva dette kan ha å gjøre med min bevisste erfaring.

Selv om bevisstheten er det sentrale tema, nekter Crick å definere hva han vil mene (og ikke vil mene) med 'bevissthet'. Til sitt forsvar sier han at en ikke vinner en strid ved å diskutere hva som menes med ordet 'strid'... En annen nobelprisvinner, Sir John C. Eccles, hevdet at bevisstheten utviklet seg hos mennesker og høyerestående dyr for å integrere den store og kaotiske mengde av adskilte "sanse-input" til hjernen. I tillegg kunne en tenke seg at bevisstheten aktivt selekterer de sansedata som er relevante for organismen i øyeblikket, og at den assosierte nevrale aktiviteten styres eller moduleres av kontekst og organismens interesse eller forventning.

Framveksten av bevissthet skjedde etter Eccles' mening parallelt med utviklingen av visuelle sanseorganer, og dette førte til viktige fordeler i det naturlige utvalg. Det er altså god grunn for Crick å konsentrere seg om synssansen når han vil studere nevrobiologiske bevissthetsprosesser. Visuell oppmerksomhet for eksempel, må involvere slike prosesser. Crick bruker visuelle illusjoner for å illustrerer hvorfor våre heller naive idéer om synsprosessen er feilaktige, og han bruker mye plass på å vise hva det er som trenger en forklaring. Spredt utover i boken finner en beskrivelser av et utvalg av aktuelle eksperimentelle resultater fra de siste årenes psykofysiske og nevrobiologiske forskning. Det er ingen lett oppgave å gi en slik oversikt i en tid hvor det fortløpende publiseres nye resultater i *Nature* og *Science*. Denne oversikten alene gjør boken vel verdt å lese. Etter en diskusjon om nevrale prosesser i hjernen, kommer han til slutt til at den beste hypotesen er at området som koordinerer bevisstheten ligger i thalamus – i den midtre, indre delen av hjernen (se figur). Thalamus kalles ofte for porten til hjernen fordi hovedstrømmen av informasjon går gjennom den. Herfra påvirkes og registreres aktiviteten i en rekke andre hjerneområder. Visuell bevissthet, for eksempel, kan illustreres som et *search-light* – en fokusering av oppmerksomheten på et begrenset område. Men oppmerksomhet, eller bevissthet, forutsetter etter Cricks mening foruten thalamus, også aktivitet i mange andre hjerneområder, på samme måte som en dirigent ikke kan frambringe musikk uten et orkester.

Tittelen på boken sier forbausende lite om innholdet. Eksistensen av en 'sjel', uavhengig av legemet, og som ikke er gjenstand for vitenskapelige lover, blir avvist som en myte allerede på side 4. Det som gjenstår som tilgjengelig for vitenskapelige undersøkelser er 'bevisstheten', og Crick argumenterer sterkt for at nå er tiden moden for å angripe dette problemet eksperimentelt. *'Mind'* er like interessant og mystisk som *'Matter'*, og kanske lar bevissthet seg avlede av de fysiske prosessene i og mellom nevroner. Men jeg vil tro at kausalitetsproblemet må overvinnes først. Selv om en kan peke på nevrale korrelater til tenkning og subjektiv kvalitativ sansning, er de ikke beviser på en årsak–virkning sammenheng.

Mens oversikten over nyere tids hjerneforskning er fyldig og representativ, blir en rekke temaer som er sentrale for å forstå hva bevissthet er, utelatt (det som på engelsk ofte blir kalt for *"the mind-body problem"*). Dette gjelder for eksempel en drøfting av tenkning og språk (Består en tanke av ord, eller springer de begge ut fra en felles nevral prosess? Hva med billedlige uttrykksformer?). Crick unngår også snedig å behandle sansekvalitetenes plass innenfor den nevrofysiske rammen han skisserer. Han drøfter ikke hvorledes vår private opplevelse av til eksempel rødhet, surhet, smerte, og andre kvalitative egenskaper kan oppstå eller være korrelert med elektriske og kjemiske nerveprosesser i hjernen. Dette kan være en effektiv strategi når formålet er å poengtere naturvitenskaplig framfor humanistisk/psykologisk metode, men den etterlater seg store spørsmålstegn. Gjentatte spark til filosofisk

tenkning gjør at boken heller bidrar til å øke kløften mellom de humanistiske og de naturvitenskapelige kulturer enn å fremme forståelse for bevissthetsproblemets kompleksitet.

I innledningen siterer han den ukonvensjonelle britiske psykologen Stuart Sutherlands definisjon av bevissthet: " ... for å være (seg) bevisst, er det bare nødvendig å merke den ytre verden. Bevissthet er et fascinerende, men ubegripelig fenomen; det er umulig å angi hva den er, hva den gjør, eller hvorfor den utviklet seg. Ikke noe leseverdig er blitt skrevet om den." Dette minner om Ludwig Wittgensteins påpekning av språkets manglende evne til å fatte erfaringen av kvalitative egenskaper, og som kom til uttrykk i hans imperativ: "Ti om det du ikke kan tale om." Cricks holdning er en annen; med innsikt behandler han de bevistthetsprosesser som preger synsakten og som det både kan tales og skrives om, og kun disse. Dette er utvilsomt en styrke i naturvitenskapelig sammenheng. At andre uttrykk for hjerneaktivitet, som musikk, bildende kunst og åndsvitenskap generelt, må ofres i en slik sammenheng kan en jo velge å se på som en utfordring.

Om Francis Crick har skrevet noe leseverdig om bevissthet, vil avhenge av ens eget ståsted. Den pedagogiske vinklingen gir i hvert fall rikelig grunnlag for egne refleksjoner og motforestillinger. Jeg kan anbefale boken for alle som er opptatt av naturvitenskap og filosofi, og som vil vite mer om den levende hjerne og nevrovitenskap. Den er både spennende og lettlest, og gir et tankevekkende perspektiv over et ungt forskningsfelt.

Arne Valberg

∞

Bokomtale

Laszlo P. Csernai: Introduction to Relativistic Heavy Ion Collisions. John Wiley & Sons Ltd. 1994, (304 sider) 675 kr.

Midt i 70-årene førte den teknologiske utvikling til at man for første gang kunne studere kjernereaksjoner med tunge atomkjerner som prosjektiler med energier opp til flere hundre MeV pr. nukleon. Atomkjernekollisjoner i dette energiområdet fører til kraftig oppvarming og komprimering av atomkjernen. Disse nye mulighetene stimulerte mangfoldige eksperimentelle og teoretiske studier av kjernemateriens tilstandsligning og viste sammenhengen mellom kjernefysikk og den statistiske fysikk. Før disse eksperimentene kom i gang visste man svært lite om egenskapene til hadronisk materie bortsett fra ved grunntilstanden for kjernestoffet med normal tetthet og temperatur. Kjennskap til tilstandsligningen til kjernematerie ved høye tettheter og temperaturer er ikke bare av grunnleggende betydning i kjernefysikken, men er også nødvendig for å forstå supernovaeksplosjoner og nøytronstjerner. Både mekanismen i supernovaeksplosjoner og stabiliteten av nøytronstjerner er svært avhengige av kompressibiliteten til kjernematerien, og tungionekollisjonene ga de første mulighetene til å studere disse betingelsene i laboratoriet.

Tungionefysikken gikk også videre til enda høyere energier, og midt i 80-årene ble tunge ioner akselerert til 15 GeV pr. nukleon i Brookhaven og 200 GeV pr. nukleon i CERN. I eksperimenter med slike prosjektilenergier nærmer man seg det såkalte ultrarelativistiske energiområdet. I kollisjonene skjer en ekstra voldsom sammentrykning av atomkjernene, og tettheten i kollisjonsområdet øker til et nivå der kjernenes proton- og nøytronstruktur antas å "smelte". Dette resulter i et eksitert system av frie kvarker og gluoner, som er blitt kalt et kvark–gluon plasma. Man tror at inntil ca. ett mikrosekund etter "big-bang", besto universet av et slikt kvark–gluon plasma. Det har derfor betydelig kosmologisk interesse å studere dette plasmaets egenskaper.

Relativistisk tungionefysikk er et helt nytt interdisiplinært forskningsfelt i skjæringspunktet mellom kjerne- og partikkelfysikk. Ved å kombinere metoder og begrep fra begge disipliner, er det laget en ny innfallsport til studiet av materien og de grunnleggende vekselvirkninger. I partikkelfysikken studeres elementære vekselvirkninger og materiens grunnleggende byggestener. I tradisjonell kjernefysikk er den sterke vekselvirkningen skjermet og kan bare beskrives i fenomenologiske teorier. Materien er imidlertid utstrakt i rommet og viser fram interessante kollektive trekk. Slike kollektive fenomen kan ikke uten videre forutsies bare fra kjennskap til de elementære vekselvirkninger. Relativistiske tungionekollisjoner gir mulighet til å studere en materie som er bygget opp av sterkt vekselvirkende partikler, i en kombinasjon av elementære vekselvirkninger og byggestener hentet fra partikkelfysikk og et mer "makroskopisk" kjernefysisk kollektivt siktepunkt.

I studiet av tungione-kollisjoner ved intermediære og relativistiske energier utfoldes i dag en intens eksperimentell og teoretisk aktivitet, og det har vært en stor tilstrømning av studenter til dette nye forskningsfeltet. I undervisningen av disse studentene har

man lenge følt savnet av en passende lærebok på innføringsnivået. Det finnes riktignok en stor litteratur på feltet, men denne er i form av vitenskapelige publikasjoner og rapporter og egner seg dårlig til undervisningsformål. Derfor er det svært velkomment at professor Laszlo Csernai i Bergen nå utgir sin lærebok *'Introduction to Relativistic Heavy Ion Collisions'* på John Wiley & Sons, som verdens første lærebok i sitt slag. Professor Csernai har arbeidet med tungionekollisjoner gjennom mange år. Han nyter internasjonal anerkjennelse innenfor dette feltet, og er en ofte sitert forfatter og foreleser. Hans nye lærebok bygger på forelesningsserier og kurs som er gitt ved University of Minnesota og Universitetet i Bergen i tidsrommet 1985 til 1992.

Boka gir på 304 sider en grunnleggende innføring i høyenergi tungionefysikk, og behandler emner som er aktuelle for å kunne forstå og beskrive fysikken for både intermediære og ultrarelativistiske energier. Forfatteren sier at boka skal være en innføringsbok for både eksperimentalister og teoretikere. Boka gir kommentarer om eksperimentelle muligheter og begrensninger, men er først og fremst en behandling av tungionefysikken med vekt på det teoretiske verktøy som står til disposisjon for fysikeren. Imidlertid er det nyttig at eksperimentalister og teoretikere sammen lærer tungionefysikkens språk for bedre å kunne forstå de grunnleggende problemstillinger og være mest mulig relevante i sin forskning. Dette feltet er så nytt at siktepunktene ofte skifter, og et nært samarbeide mellom teoretikere og eksperimentalister er ønskelig for en fruktbar faglig utvikling. Dette også fordi de eksperimentelle oppstillingene i dag er kompliserte og kostbare, og planleggingsfasen og den eksperimentelle utførelse strekker seg ofte over mange år. Derfor er stadig oppdatert teoretisk innsikt av stor nytte for eksperimentalfysikere, og boka anbefales også for disse.

Boka gir i første del en kortfattet beskrivelse av størrelser og begreper som er nødvendige for å kunne gi en beskrivelse av det kompliserte mangelegemesystem som en relativistisk tungionekollisjon fører til. Basert på såkalt transportteori for relativistiske systemer er det utviklet reaksjonsmodeller for kollisjonene. Disse er på den ene siden hydrodynamiske modeller der man betrakter et system av to kolliderende væskedråper, noe som forutsetter liten midlere fri veilengde i kollisjonen; og på den annen side intranukleære kaskademodeller hvor man antar at den midlere frie veilengden er betydelig større enn for eksempel kjernekraftens rekkevidde. Kaskademodeller har karakter av klinkekulemodeller, men kan modifiseres i en *'mean-field'* tilnærmelse som beskrevet i for eksempel VUU (Vlasov–Uheling–Uhlenbeck) og lignende modeller. Alle disse modellene og grunnlaget for dem, den relativistiske transportligningen, er diskutert i boka. Videre er tilstandsligningen for kjernematerien og dens elementer diskutert, og hvorledes relevante størrelser har sammenheng med observable som måles i reaksjonstudier. Boka synes å være mest grundig i diskusjonen av den relativistiske hydrodynamiske modell for kjernekollisjoner. Dette er lett å forstå ut fra at viktige eksperimentelle data har en likefram og tilfredsstillende beskrivelse i en slik modell. En annen fordel med modellen er at sammenhengen med viktige størrelser i tilstandsligningen for kjernematerie som tetthet, temperatur og entropi er lett forståelige i modellen. Også fra et rent pedagogisk synspunkt forsvarer derfor en fyldig behandling av "væskedråpe-modeller" sin plass i en innføringstekst til dette feltet.

Boka inneholder også et introduksjonskapitel om letingen etter kvark–gluon plasmaet og gir en oversikt over de signaturer som indikerer faseovergang fra hadronisk materie til kvark–gluon plasma. Boka introduserer de elementer fra grunnleggende QCD som er viktige for å forstå disse. Den nevner også de viktigst eksperimentelle resulater som er relevante for slike studier. Til slutt har forfatteren et kort kapitel om sammenhengen mellom astrofysikk og tungionefysikk, noe som for mange kanskje er den mest interessante anvendelsen av denne nye fysikken.

Lesing av boka forutsetter kjennskap til relativistisk mekanikk, statistisk fysikk og elementer av kjerne- og partikkelfysikk. Med dette grunnlaget i orden, gis leseren en omfattende innføring i det store emnet som relativistisk tungionefysikk har utviklet seg til. Særlig har de grunnleggende begreper vedrørende reaksjonsmodeller, kjernemateriens tilstandsligning og transportteori blitt gjenstand for diskusjon, noe som må være riktig i en innføringstekst. Det gjør også boka instruktiv at forfatteren for hvert kapitel har inkludert belysende *'assignments'* med fullstendige løsninger. I en innføringstekst kunne en eksperimentalfysiker ønske at flere sammenhenger ville blitt utledet i teksten eksplisitt og at begreper ville blitt fyldigere diskutert. Dette er i noen grad bøtet på ved at forfatteren ved slutten av hvert kapitel har en rikelig referanseliste til utfyllende litteratur.

Forfatteren har utarbeidet en trykkfeilliste, og svært nyttig for forelesere, en *'viewgraph'*-serie for hele teksten som kan fås ved elektronisk post til: [csernai@fi.uib.no].

Gunnar Løvhøiden

∞

Nye Doktorer

Lise Trondsen Sagdahl

Sivilingeniør Lise Trondsen Sagdahl har tatt graden doktor ingeniør ved Norges tekniske høgskole med avhandlingen: *Eksperimentelle studier av fluksdynamikk i høytemperatur superledere.*

Eksperimentelle studier av fluksdynamikken i de nye superlederne er viktig for å finne en teoretisk beskrivelse av fysikken til disse nye materialene. Dette har avgjørende betydning for teknologisk anvendelse av høytemperatur superledere i kabler, magneter, mikroelektronikk osv. Målet er å erstatte de konvensjonelle superlederne med høytemperatur superledere i en rekke anvendelser.

Superledere kan lede elektrisk strøm uten motstand under en kritisk temperatur. Før 1986 var høyeste påviste kritiske temperatur –250 °C. Disse superlederne måtte kjøles i flytende helium. Høytemperatur superledere har derimot en kritisk temperatur på opptil –138 °C og kan kjøles i flytende nitrogen som er mye billigere og lettere å håndtere enn helium.

I doktorgradsarbeidet har Sagdahl brukt tre eksperimentelle teknikker for å studere magnetisk fluksdynamikk i høytemperatur superledere. Forskjellige superledere er studert og sammenliknet med vekt på teknologiske anvendelse av materialene. Resultatene er sammenholdt med stadig nye teorier for fluksbevegelse med vekt på området nær den såkalte irreversibilitetslinjen i felttemperaturplanet.

Avhandlingen er utført ved Institutt for fysikk med professor Kristian Fossheim som hovedfaglærer. Lise Trondsen Sagdahl ble utdannet ved Fakultet for fysikk og matematikk i 1990.

∞

Trim i FFV

FFVT 1/95

Professor Funderi ble spurt av to kolleger, S og P, om han veiledet mange studenter. "I år veileder jeg både hovedfagstudenter og doktorstudenter," sa han, "og så intelligente som dere er, kan dere kanskje finne ut noe om hva de to antallene er når du, S, får oppgitt summen av dem på denne papirlappen, og du, P, produktet av dem på dette papiret." Som sagt, så gjort. 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. "Nå gjør også jeg det," sa S.

Spørsmål til leseren: Hvor mange personer veiledet Funderi?

Løsning FFVT 4/94

a) Oppgaven etterspurte vekta av en metallkule med egenvekt 5 når det er boret et 10 cm langt hull gjennom kula.

Øyensynlig mangler en opplysning, f. eks. hullets diameter (eller kuleradien). Med full tillit til at problemredaktøren stiller bare løsbare problemer, konkluderer du at kjennskap til hulldiameteren er unødvendig, og da velger du naturligvis spesialtilfellet hulldiameter lik *null*. Med "hull"-lengden $2H$, blir volumet $\frac{4}{3}\pi H^3$, og vekta blir $5\pi/6 = \underline{2{,}6\ \text{kg}}$.

Med begrenset tillit må du vise at det er unødvendig å kjenne kuleradien R, eller eventuelt hullradien

$$r_{hull} = \sqrt{R^2 - H^2}.$$

En kan benytte standard integrasjonsmetode for omdreiningslegemer, men her er et elementært argument: La hullet være vertikalt, og gjør et vannrett snitt i høyde h over ekvatorialplanet. I sirkelringen som framkommer i snittet, er ytre radius $r_y = \sqrt{R^2 - h^2}$. Arealet av sirkelringen blir da

$$\pi r_y^2 - \pi r_{hull}^2 = \pi(R^2 - h^2) - \pi(R^2 - H^2) = \pi(H^2 - h^2),$$

uavhengig av R! Og kulevolumet som kan tenkes framkomme ved å addere volumene av løvtynne skiver av tykkelse Δh, som framkommer ved kutt i høydene $h = 0, \pm\Delta h, \pm 2\Delta h, ..., \pm H$, må da være uavhengig av R!

b) Spørsmålet var om 1. nyttårsdag faller like ofte på lørdag som på søndag.

Kalenderregelen om at bare hundreår som er delelige med 400 er skuddår, gjør perioder på 400 år interessante. En periode på 400 år inneholder $400 \cdot 52$ uker, pluss $2 \cdot 97$ ekstradager fra skuddårene, pluss 303 ekstradager fra de andre årene. Da de 497 ekstradagene er lik 71 uker, inneholder 400 år et *helt* antall uker. Etter 400 år begynner kalenderen altså på igjen med samme ukedag.

Neste skritt er å telle opp hvor ofte 1. januar faller på lørdager og søndager i en periode på 400 år, ut fra kjennskapet til at 1.1.1995 var en søndag. Siden 7 ikke går opp i 400, kan de 400 nyttårsdagene *ikke* falle like ofte på alle av ukens dager.

Opptellingen lettes ved å merke seg at en 28-årsperiode der hvert fjerde år er skuddår, inneholder et *helt* antall uker, idet ekstradagene fra de 7 skuddårene gir 2 uker, og ekstradagene fra de øvrige 21 årene blir 3 uker.

La oss se på perioden fra 1.1.1995 til 31.12.2394. Første nyttårsdag i 1996 faller på mandag, i 1997 på onsdag, i 1998 på torsdag osv. En finner lett at i 28-årsperioden fram til 31.12.2022 faller nyttårsdag fire ganger på hver av ukens dager, og det vil gjelde *alle* 28-årsperioder der hvert fjerde år er skuddår, som 2023–2050 og 2051–2078. Så langt demokratisk fordeling på ukedagene. Nyttårsdag 2079 er altså igjen søndag, og i perioden 2079–2100 finner en 2 nyttårsdager på søndag og 2 på lørdag, og at nyttårsdag 2101 er lørdag. I 2101–2128, 2129–2156 og 2157–2184 er det igjen likefordeling, og nyttårsdag 2185 er igjen lørdag. I perioden 2185–2200 teller en lett opp 2 nyttårsdager på lørdag og 3 nyttårsdager på søndag, og finner at nyttårsdag 2201 er torsdag. Igjen tre uinteressante 28-årsperioder til og med 2284, med nyttårsdag 2285 igjen på torsdag. I perioden 2285–2300 finner en igjen 2 lørdager og 3 søndager, og dessuten at 1.1.2301 er tirsdag. Etter tre uinteressante 28-årsperioder må det opptelling til fra tirsdag 1.1.2385 til og med 1.1.2394, som gir én lørdag (1.1.2388) og én søndag (1.1.2389).

Alt i alt har vi i løpet av 400 år funnet et overskudd på 2 søndager, relativt til lørdager, så *første nyttårsdag faller oftere på søndag enn på lørdag*!

∞

Konferanser

Teoretisk fysikk møte på Utstein kloster

Faggruppen for generell teoretisk fysikk organiserte i helgen 11.–13. november 1994, et faglig møte på Utstein kloster, Mosterøy. Dette var faggruppens tredje møte i Utstein-serien – det første var i 1992.

Der var spesielt invitert to fra NORDITA, Paul Hoyer og Jari Kinaret. Deltakerne ellers kom i hovedsak fra universitetene i Bergen, Oslo og Trondheim, samt Høgskolen i Stavanger. Fem av deltakerne var doktor- og hovedfagsstudenter. Et nytt innslag i år var deltakelse av tre østeuropeiske M.Sc.-studenter fra Universitetet i Bergen.

Lørdagen og søndagen ble brukt til innledende foredrag av Kinaret og Hoyer, om fraksjonell kvante-Hall-effekt og kjerne-effekter ved harde prosesser som finner sted på kjerner. Ved møtet var det dessuten presentasjoner av de øvrige deltakernes aktuelle forskning, innen astrofysikk (Engvik og Østgaard), kaos og komplekse systemer (Frøyland, Grelland), kjernefysikk (Danas, Mocsy, Vaagen), partikkelfysikk (Davydychev, Høgåsen, Osland, Tarasov) og flere andre grener av den teoretiske fysikk (Andersen, Burgess, Koncsik, Olaussen).

NORDITA støttet møtet ved å dekke reise og opphold for Paul Hoyer og Jari Kinaret. Norsk Fysisk Selskap støttet møtet med 5000 kr som ble fordelt som reisestipend til doktor- og hovedfagsstudentene.

Utstein kloster har en meget spesiell atmosfære som egner seg godt for denne type møter, og er nå "landfast" via tuneller.

Per Osland

∞

Fysikkforum for lærere

Skolelaboratoriet i realfag ved Universitetet i Bergen har i flere år arrangert Fysikkforum, et seminar for fysikklærere i videregående skole, på dagen for Operasjon dagsverk. Arrangementet er meget populært, og samler rundt 50 lærere, vesentlig fra Hordaland, men også fra nabofylkene.

Hvert år velges en programkomité for neste år. Denne, sammen med fysikkrepresentanten i skolelaboratoriets råd, lager programmet som er av fysikkfaglig og pedagogisk art. I 1994 ble følgende emner tatt opp:

Jan Marius Olsen: *Har vi tid og utstyr til demonstrasjonsforsøk i fysikkundervisningen?*
Jon Bjordal: *Romfysikk som forskningsfelt.*
Bjarne Stugu: *Statistisk behandling av måledata i fysikk.*
Nils Agnar Eldholm: *Synspunkter på tilvalgsstoff brukt i prosjektarbeid.*
Anders Ruud: *Synspunkter på eksamen og sensur i 3Fy i 1994. Hva med muntlig eksamen?*

I 1994 ble det for første gang også arrangert et Fysikkforum i Sogn og Fjordane. Dette ble holdt på Nordfjordeid, og samlet 26 lærere fra de fleste videregående skoler i fylket. Et entusiastisk lokalmiljø ved Eid vidaregåande skule fikk det i gang. Hovedforelesningen ble gitt av Kjartan Olafsson, som snakket om nordlys og nordlysforskning. Resten av dagen gikk med til å presentere ideen med tiltaket og drøfte fremtidig organisering. Lærerne fra Sogndal påtok seg å arrangere Fysikkforum i Sogn og Fjordane i 1995; det ser dermed ut til at også dette kommer i faste former.

I Bergen arrangeres det også et Biologiforum etter samme modell.

∞

Hva skjer

Rondablikkseminaret 1995

Det årlige seminaret i kondenserte fasers fysikk og kjemi vil som vanlig bli holdt på Rondablikk Høyfjellshotell, 2650 Kvam, i tiden 21–24. september. For å dekke forskjellige nasjonale faglige interesser har styret i Faglig gruppe for kondenserte fasers fysikk, etter forslag fra forskerne, foreløpig invitert følgende forelesere:

D. Slottfelt-Ellingsen: *Material science at SINTEF*
W.R. Salaneck: *Conducting polymers*
D. Gibbs: *X-ray scattering of surfaces*
P. Fischer: *Magn. scattering by neutron diffraction*
H. Herrmann: *Granular materials*
J. Higgins: *Block copolymers*
C. Benakker: *Quantum transp., mesoscopic physics*

I tillegg vil det bli et invitert foredrag innen elektrondiffraksjon / mikroskopi. Som vanlig vil det bli IBM prisforedrag, korte innlegg og eventuelt postere. Spørsmål og påmelding til NFS' sekretær, Gerd Jarrett. Se adresse på baksiden.

∞

Nytt fra NFS

FYSIKERMØTET 1995

Fysikermøtet vil i år bli holdt i Tromsø fra mandag 19. til onsdag 21. juni. Møtet blir arrangert av Fysikkseksjonen, og vil bli avviklet på universitetsområdet. De fleste foredrag (og posters) vil finne sted i Medisin–Helsefag-bygget.

Da mange i Tromsø har sin faglige aktivitet innen "polar fysikk" (nordlys-, magnetosfære- og plasmafysikk), vil en del av programmet være preget av dette fagområdet. Forskning i nordområdene er preget av internasjonalt samarbeid, og det vil bli presentert oversikter over forskningsprosjekter som spenner over optisk nordlys, miljøfysikk, satelittovervåking etc. Et spennende tema vil bli de fantastiske resultatene fra det korrigerte Hubble-teleskopet.

Vi vil ha en spesiell seksjon med presentasjon av et nytt fagområde, anvendt fysikk. Et annet tema som opptar oss her i nord er beredskapen for atomulykker.

Det skal selvfølgelig være en festmiddag, og det er reservert plass i en av de større restaurantene ved havna mandag kveld.

For de som ønsker å løse sitt proteinbehov i egen regi, arrangeres det en fisketur med ferge på tirsdag. Fiskeutstyr blir utlånt, og byssa blir satt til disposisjon.

Hvis været i Tromsø blir som i fjor, bør en ta med seg badedrakt, solbriller og solkrem. Været kan dog slå om, og her er det et stort intervall av muligheter. Vi anbefaler at deltakere på forhånd ringer Vervarslinga i Tromsø (77 68 40 44) og ber om samtale med vakthavende meteorolog.

Det presenteres en foreløpig timeplan for møtet i foreliggende nummer av FFV. En mer presis plan vil bli etablert når deltakere har meldt seg på. Forslag til forelesere mottas gjerne. Send forslag til: Ove Harang, Nordlysobservatoriet, 9037 Tromsø, Tel: 77 64 51 50, Fax: 77 64 55 80, e-mail: harang@phys.uit.no

Reisestipend til Fysikermøtet

Styret i NFS har som tidligere bevilget penger til reisestipend for lærere i skoleverket og hovedfagsstudenter som ønsker å delta på Fysikermøtet i Tromsø i juni 1995. De som mottar stipend slipper å betale registreringsavgift. Søknad sendes til styret ved Gerd Jarrett. Se adresse på bladets bakside.

Hilsen arrangementskomiteen

∞

ÅRSMØTET 1995

Norsk Fysisk Selskap innkaller herved til årsmøte på Universitetet i Tromsø onsdag 21. juni 1995, kl 1015. Saker som ønskes tatt opp under møtet må være innsendt til styret senest 3 uker før.

Sakliste:

1. Godkjenning av innkalling og sakliste
2. Årsmelding
3. Norsk Fysikkråd
4. Regnskap for NFS og FFV
5. Budsjett for 1995 og 1996 for NFS og FFV
6. Valg:
   a) visepresident
   b) 2 styremedlemmer
   c) 2 varamedlemmer
   d) 2 revisorer
   e) 1 vararevisor
7. Fysikermøtet 1996
8. Eventuelt

Februar 1995
Styret

∞

KONKURRANSE OM LOGO

Norge har ansvaret for den 27. internasjonale fysikk-olympiade for elever i den videregående skolen i juli 1996. Til denne må vi ha en logo som kan trykkes på brosjyrer, program, T-skjorter, medaljer osv. Kan *du* lage forslag til logo for fysikk-olympiaden i Norge?

Vinneren får en "premie" på 1000 kr, og navnet vil bli gjengitt i heftet som gis ut etter konkurransen.

- Logoen bør helst ha noe med fysikk å gjøre,
- den bør være enkel,
- den bør kunne gjengis uten farger (selv om farger muligens kan benyttes i noen sammenhenger),
- det er en fordel om den har tilknytning til Norge.
- OL i Norge blir den 27. (3^3) i rekken. – Kan det gi noen ekstra ideer?

Merk at det er idéskisser vi er ute etter. Detaljert utforming vil andre ta seg av.

Forslag må være mottatt senest 7. april 1995. Husk å føre på eget navn og adresse. Hyggelig om du også forklarer ideen bak utkastet med noen få ord.

Send forslag til: Arnt Inge Vistnes, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, P.b. 1048, Blindern, 0316 Oslo. (Fax. 22 85 56 71, tel. 22 85 56 46, E-mail: a.i.vistnes@fys.uio.no)

∞

Nye medlemmer tatt opp 13. januar 1995:

Lektor Geir Arge
Åssiden terrasse 12, 1160 Oslo

Lektor Trond Ekern
Edv. Munchs vei 73, 1063 Oslo

Student Tom R. Grønlien
Sogn studentby, rom 8450, 0858 Oslo

Dr. V.H. Hansteen
Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO
Boks 1029 Blindern, 0315 Oslo

Siv.ing. Ketil Hokstad
IKU Petroleumsforskning A/S, 7034 Trondheim

Lektor Torun M. Høier
Bleikerfaret 5, 1370 Asker

Student Kristine M.E. Johansen
Bjørn Trumpys hus, rom 306, Allégt. 55, 5507 Bergen

Student Pal Koncsik
Fysisk inst., UiB, Allégt. 55, 5007 Bergen

Cand.scient. Ole Martin Løvvik
Fysisk inst., UiO, Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

Stipendiat Anders Malthe-Sørensen
Fysisk inst., UiO, Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

Student Agnes Mocsy
Fysisk inst., UiB, Allégt. 55, 5007 Bergen

Lektor Odd Terje Nilsen
W. Wilhelmsens vei 105, 1347 Hosle

Forsker Frode Berg Olsen
FFI, Avd. våpen og materiell, Boks 25, 2007 Kjeller

Lektor Bjørnar Pettersen
Blåsbortvn. 15A, 0873 Oslo

Student Danas Ridikas
Fysisk inst., UiB, Allégt. 55, 5007 Bergen

Lektor Øystein Rollag
Reistadhagen 9, 1360 Nesbru

Student Ørnulf Sandbæk
Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO
Boks 1029 Blindern, 0315 Oslo

Førsteamanuensis Ola Sveen
Fysisk inst., UiO, Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

Forsker Pål Tuset
Inst. for fysikk, NTH, 7034 Trondheim

∞

Foreløpig program for Fysikermøtet i Tromsø 19. – 21. juni 1995

Time	Mandag 19.june	Tirsdag 20. June	Onsdag 21. June	Time
0900	Registrering:	I. Røeggen (UiTø) "Intermolekylære vekselvirkninger"	L.J.Sham (UCSD) "Manybody Theory for Everybody"	0900
1000	Pause	Pause	Pause	1000
1015	Åpning: O. Harang Rektor O. D. Mjøs	Paneldebatt: Forskningsrådet og fysikk	Årsmøte	1015
1030	R. Fosbury: "The Hubble Space Telescope".	Paneldebatt (forts)	Årsmøte(forts.)	1030
1200	Lunch	Lunch	Lunch	1200
1315	Birkeland forelesning: A. Egeland: "Birkeland - mennesket og forskeren."	Anvendt Fysikk:	Prisvinnerforedrag.	1315
1400	T.Brundtland: "Terella- en demonstrasjon"	Anvendt fysikk (forts.)	A. Grimnes."Fagplan-arbeidet for fysikk i videregående skole"	1400
1445	Pause	Pause	Pause	1445
1500	Påmeldte foredrag	Påmeldte foredrag: Presentasjoner EISCAT-Polar radar ALOMAR-UNIS	Påmeldte foredrag	1500
1600	Prof. Ove Havnes (UiTø) "Støvplasma"	Besøk: Norges Fiskeri-Høyskole	Prof. T.Sikkeland: "Radioaktive forurens-ninger på Kola - er det noe å bry seg om?"	1600
1645	Gruppemøter	Busstur til Ringvassøy	O. Harbitz: "Kjernekraftuhell på Kola - er vi beredt?"	1645
1730	EISCAT - besøk	Havbrukstasjonen i Kårvika.	Avslutning	1730
2000	Festmiddag Arctandria	Fisketur med ferge fra Kårvika.		2000

PÅMELDING TIL
FYSIKERMØTE I TROMSØ mandag 19.-onsdag 21. juni 1995

Navn: ..... Telefon:.....

Adresse:..... Telefax:.....

..... E-mail:.....

..... Signatur:.....

Jeg melder på ..... personer til EISCAT besøk den 19. juni

Jeg melder på ..... personer til **festmiddag** 19. juni (Kr. 490.- pr. person).

Jeg melder på ..... personer på havbruksbesøk med **fisketur** 20. juni (Kr. 300.- pr. person)

Jeg ønsker å presentere et kort **foredrag** (maksimalt 15. minutter):

Tittel: .....
.....

Jeg vil eventuelt være interessert i å presentere dette som poster Ja☐ Nei ☐

Jeg ønsker **innkvartering** for .... voksne og ..... barn for nettene (sett kryss):

☐17-18/6 ☐18-19/6 ☐19-20/6 ☐20-21/6 ☐21-22/6

Hotellalternativer (nummerer rutene etter prioritering):

☐ Polar Hotel	☐ Enkeltrom, kr. 575.-	☐ Dobbeltrom, 480.-	☐ Trippelrom, 600.-
☐ Kongsbakken	☐ Enkeltrom, kr. 350.-	☐ Dobbeltrom, 450.-	☐ Trippelrom, 600.-
☐ Skipperhuset	☐ Enkeltrom, kr. 370.-	☐ Dobbeltrom, 470.-	
☐ Tromsø Vandrerhjem	☐ Enkeltrom, kr. 260.-	☐ Dobbeltrom, 390.-	
☐ Sydspissen Permsenter	☐ Enkeltrom, kr. 240.-	☐ Dobbeltrom, 380 .-	
☐ Grand Nordic	☐ Enkeltrom, kr. 995.-	☐ Dobbeltrom,	

Alle prisene er pr. rom pr. natt og inkludert frokost (untatt Permsenteret).

Hotellene ligger i Tromsø sentrum bortsett fra Permsenteret som ligger på Sydspissen. Det går busser fra byen til Universitetet (bill. kr. 15.-).

Møtet holdes på Universitetsområdet. Foredragene holdes på "MH-bygget", som ligger nord for IMR-bygget.

Konferanseavgift: Kr. 500.- ved registrering før 1/5, kr. 600,- etter 1/5.
Gratis for lektorer i den videregående skole og for studenter.

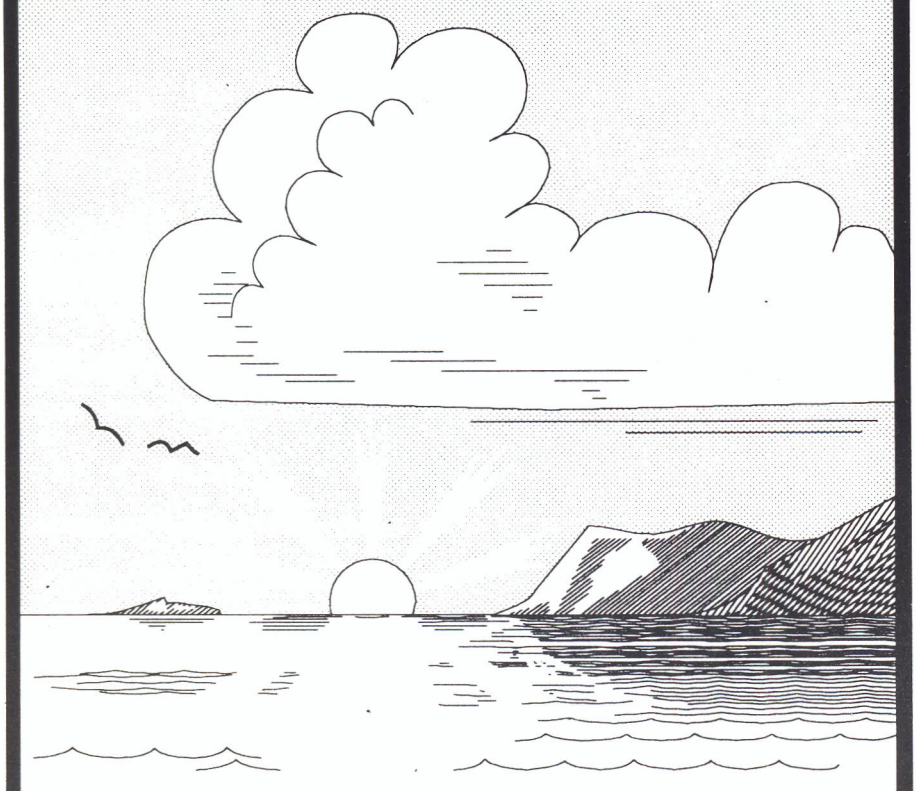
Påmelding innen 1. mai (eller snarest mulig hvis innkvartering er nødvendig) til:
"Fysikermøtet 95", Nordlysobservatoriet, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø.
(Bankgiro 6420.05.19998)

Eventuelle spørsmål om arrangementet kan rettes på telefon 77 64 51 51

Dette skjema i utfylt stand kan faxes til "Fysikermøtet 95", Telefax 77 64 55 80

KUNDEBLAD

VÆR – KLIMA – MILJØ



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

AANDERAA INSTRUMENTS

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

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

Returadresse:

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

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.